

5000

**ลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท
เอส ที เอส กรีน จำกัด และแนวทางการจัดการเบื้องต้น**

นายสุรชัย วุฒิวงศ์

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาวิทยาศาสตร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2551

**Wastewater Characteristics from Environmental
Laboratory of STS Green Company Limited
and Its Initial Management Guideline**

Mr. Surachai Wuttiwong

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Public Health in Industrial Environmental Management

School of Health Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2008

หัวข้อการศึกษาคั่นคว่ำอิสระ ลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท
เอส ที เอส กรีน จำกัด และแนวทางการจัดการเบื้องต้น
ชื่อและนามสกุล นายสุรชัย วุฒิวงศ์
แขนงวิชา สาธารณสุขศาสตร์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ปิติ พูนไชยศรี

คณะกรรมการสอบการศึกษาคั่นคว่ำอิสระได้ให้ความเห็นชอบการศึกษาคั่นคว่ำอิสระฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ปิติ พูนไชยศรี)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศีวะเดชาเทพ)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ อนุมัติให้รับการศึกษา
คั่นคว่ำอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศีวะเดชาเทพ)

ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

วันที่ 8 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ ลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม
 ของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด และแนวทางการจัดการเบื้องต้น
ผู้ศึกษา นายสุรชัย วุฒิวงศ์ **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม)
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ปิติ พูนไชยศรี **ปีการศึกษา** 2551

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด (2) นำเสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเบื้องต้น

วิธีการศึกษาเป็นการวิจัยเชิงสำรวจระยะสั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน พ.ศ. 2552 น้ำเสียที่ศึกษาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ (1) น้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากกระบวนการวิเคราะห์สารแขวนลอยทั้งหมด ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในตัวอย่างน้ำทะเล (2) น้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์บีโอดี ในตัวอย่างน้ำเสียชุมชนในแต่ละกลุ่มได้ทำการเก็บตัวอย่างเป็นตัวแทนของแต่ละวันจนครบ 5 วันทำการ จากนั้นนำมาผสมรวมกันและเก็บตัวอย่างเป็นตัวแทนเพื่อศึกษาลักษณะน้ำเสียโดยนำไปวิเคราะห์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สารแขวนลอยทั้งหมด น้ำมันและไขมัน ชัลไฟด์ คลอไรด์ โลหะหนัก ซี และ กลิ่น จากนั้นทำการศึกษางานวิจัย หนังสือ บทความ คู่มือ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อสรุปลักษณะน้ำเสียและนำเสนอแนวทางการจัดการเบื้องต้น

ผลการศึกษาพบว่า น้ำเสียที่ศึกษามีลักษณะสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ (1) มีโลหะหนักบางชนิดปนเปื้อนเกินมาตรฐานกำหนดซึ่งเกิดจากสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ (2) มีสภาพเป็นกรดแก่เนื่องจากการใช้กรดเข้มข้นหลายชนิดในการวิเคราะห์ และ (3) มีของแข็งละลายน้ำสูง โดยปรากฏได้ทั้งในน้ำเสียที่เป็นน้ำทะเลและน้ำเสียชุมชน ซึ่งจากการศึกษาการใช้สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์แต่ละดัชนีคุณภาพน้ำตามวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ พบว่า ในภาพรวมน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการแห่งนี้จะมีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสามประการก็ได้ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดแก่เป็นพื้นฐาน สำหรับแนวทางการจัดการน้ำเสียเบื้องต้นมี 4 ขั้นตอนคือ (1) การแยกประเภทน้ำเสียออกเป็นน้ำทะเลและไม่ใช่น้ำทะเล และแบ่งเป็นประเภทย่อยออกเป็นกลุ่มที่มีโลหะหนักและกลุ่มที่ไม่มีโลหะหนัก (2) การรวบรวมและบรรจุ (3) การจัดเก็บในห้องจัดเก็บเฉพาะ และ (4) การบำบัด ซึ่งมี 3 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย ขั้นตอนแรก น้ำเสียที่มีโลหะหนักจะทำการบำบัดโดยการตกตะกอนทางเคมี จากนั้นแยกตะกอนออกเพื่อรวบรวมส่งไปกำจัดภายนอก ส่วนน้ำที่เหลือจะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง ส่วนขั้นตอนสุดท้ายเป็นการบำบัดเพื่อลดค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดซึ่งมีทางเลือกการบำบัดหลายวิธีก่อนปล่อยสู่ภายนอก

ลักษณะน้ำเสียและแนวทางการจัดการที่ได้นำเสนอข้างต้นจะเป็นประโยชน์สำหรับห้องปฏิบัติการของบริษัท ฯ และผู้สนใจทั้งในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรมและบริษัทเอกชน โดยสามารถนำไปศึกษาต่อยอดและประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับห้องปฏิบัติการของแต่ละแห่งได้

คำสำคัญ น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ แนวทางการจัดการ

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาค้นคว้าอิสระ เรื่องลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัดและแนวทางการจัดการเบื้องต้นซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษิตตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาวิทยาศาสตร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สามารถสำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนรวมทั้งได้รับข้อเสนอแนะจากหลายฝ่าย ซึ่งผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมายัง รองศาสตราจารย์ ปิติ พูนไชยศรี ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาและประธานกรรมการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ กรรมการสอบ ที่กรุณาให้การปรึกษาและเสนอแนะความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่อการบรรลุผลในการศึกษาค้นคว้าอิสระ นอกจากนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด ทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์รวมถึงให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์

ในท้ายที่สุดนี้ ต้องขอขอบพระคุณต้นสังกัดของข้าพเจ้า บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด โดย คุณพรนภิส สุคโต และคุณสุวัชร บัวแย้ม หัวหน้าของข้าพเจ้าที่ได้กรุณาให้การสนับสนุนงบประมาณด้านการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียและสถานที่ตลอดระยะเวลาศึกษา

สุรัชย์ วุฒิวงศ์

สิงหาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การศึกษา	2
กรอบแนวคิดการศึกษา	2
ขอบเขตของการศึกษา	4
ข้อตกลงเบื้องต้น	4
ข้อจำกัดในการศึกษา	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	7
ความหมายของน้ำเสีย	7
น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ	7
ประเภทห้องปฏิบัติการที่เป็นแหล่งกำเนิดของเสีย	8
ประเภทของเสียจากห้องปฏิบัติการ	9
โลหะหนักในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ	13
พิษอันเกิดจากโลหะหนัก	16
ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสีย	19
งานวิจัยด้านการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ	46
กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	51
ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา	51
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การเก็บรวบรวมข้อมูล	52
การวิเคราะห์ข้อมูล	53
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	55
ลักษณะของเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม	
ของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด จากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง.....	55
ผลการวิเคราะห์น้ำเสียสารละลายเคมีจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม	
ของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด(Cross-sectional Study)	60
แนวทางการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม	
ของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด เบื้องต้น.....	69
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ	79
สรุปผลการศึกษา	79
ข้อเสนอแนะ.....	83
บรรณานุกรม	85
ภาคผนวก	88
ก กฎหมายที่เกี่ยวข้อง.....	89
ข ใบรับรองผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ.....	97
ประวัติผู้ศึกษา	103

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	ชนิดของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจากการวิเคราะห์ พารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยวิธีของ AWWA 14
ตารางที่ 2.2	ชนิดของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำเสียของห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี 15
ตารางที่ 2.3	ค่า pKsp และ Ksp ของโลหะไฮดรอกไซด์ โลหะซัลไฟด์ และโลหะคาร์บอเนต 25
ตารางที่ 2.4	ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดมลสารออกจากน้ำเสีย ด้วยสารเคมีต่าง ๆ 26
ตารางที่ 2.5	Effluent Levels Achievable in Heavy Metals Removal 29
ตารางที่ 2.6	สรุปคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานตามประกาศ กระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน 49
ตารางที่ 4.1	ดัชนีคุณภาพน้ำ วิธีการและสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์สำหรับตัวอย่างน้ำ ที่ส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ บริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด 56
ตารางที่ 4.2	ผลการตรวจวัดค่า pH อุณหภูมิและปริมาตรของน้ำเสียสารละลายเคมี ที่เกิดจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล ในแต่ละวัน 61
ตารางที่ 4.3	ผลการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำในตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมี ที่เกิดจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล ในแต่ละสัปดาห์ 63
ตารางที่ 4.4	ผลการตรวจวัดค่า pH อุณหภูมิและปริมาตรของน้ำเสียสารละลายเคมี ที่เกิดจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียชุมชน ในแต่ละวัน 65
ตารางที่ 4.5	ผลการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำในตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมี ที่เกิดจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียชุมชนในแต่ละสัปดาห์ 67

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการศึกษา	3
ภาพที่ 2.1 แนวทางการจัดการของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ	22
ภาพที่ 2.2 ความสามารถในการละลายน้ำของโลหะไฮดรอกไซด์และโลหะซัลไฟด์ ระดับ pH ต่างๆ.....	24
ภาพที่ 2.3 กระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี(Coagulation-Flocculation Process)....	30
ภาพที่ 2.4 ชุดทดลอง Jar Test และลักษณะผลการทดลองที่ปรากฏโดยทั่วไป	31
ภาพที่ 2.5 ผลของระดับ pH ที่มีต่อกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี	32
ภาพที่ 2.6 ลักษณะ โครงสร้างของถ่านกัมมันต์	39
ภาพที่ 2.7 ตัวอย่าง โครงสร้างการทำงานของระบบดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์	40
ภาพที่ 2.8 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบปรับ pH อย่างอัตโนมัติ	41
ภาพที่ 2.9 กลไกการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านเยื่อเมมเบรนแบบออสโมซิส และออสโมซิสผันกลับ.....	44
ภาพที่ 2.10 กลไกการทำงานของระบบแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง.....	45
ภาพที่ 3.1 ผังขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการสำหรับ 1 ตัวอย่าง.....	54
ภาพที่ 4.1 แนวทางการจัดการเบื้องต้นสำหรับน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ ของบริษัท ฯ กรณีศึกษา.....	76
ภาพที่ 4.2 แนวทางการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการของบริษัทฯ ในภาพรวมเบื้องต้น.....	78

บทที่ 1

บทนำ

1. ความจำเป็นและความสำคัญของปัญหา

ห้องปฏิบัติการทดสอบทางเคมี ซึ่งพบได้ในหลายภาคส่วน อาทิ ในสถาบันการศึกษา บริษัทเอกชน โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ห้องปฏิบัติการเหล่านี้เป็นแหล่งที่มีกิจกรรมทางด้านการใช้สารเคมีในกระบวนการที่ทำให้เกิดของเสียทั้งที่ไม่เป็นอันตรายและเป็นอันตรายอยู่เป็นประจำซึ่งสร้างปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม โดยห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ในประเทศไทยปัจจุบันยังไม่มีระบบบำบัดและกำจัดของเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ของเสียอันตรายส่วนหนึ่งจะถูกปล่อยทิ้งลงท่อระบายน้ำโดยมิผ่านการบำบัดอย่างถูกต้องหรือผ่านการบำบัดไม่สมบูรณ์ส่งผลให้ของเสียนั้นยังมีความเป็นอันตรายแฝงอยู่และไหลไปรวมกับท่อน้ำทิ้งรวมและถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป(กรมควบคุมมลพิษ 2548)

สำหรับห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบทางเคมีแห่งหนึ่งที่มีปัญหาดังกล่าว โดยตั้งอยู่ใกล้คลองชลประทานสาธารณะคลองสี่ ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ได้เริ่มเปิดให้บริการตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2551 เพื่อรับตรวจวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ(Parameter) ที่กำหนดตามกฎหมายควบคุมคุณภาพน้ำ อาทิ มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคาร โรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำทะเล และแหล่งน้ำใต้ดิน เป็นต้น การดำเนินการวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ ได้อ้างอิงวิธีการตาม Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 21st edition (2005) ซึ่งมีการใช้สารเคมีหลายชนิด ในบางดัชนีมีการใช้สารเคมีที่โลหะหนักเป็นองค์ประกอบ เช่น การวิเคราะห์บีโอดี ซีโอดี แอมโมเนีย ไนเตรท-ไนโตรเจน เป็นต้น บางดัชนีมีการใช้สารเคมีที่มีความเป็นกรดหรือด่างร่วมในการวิเคราะห์ด้วย นอกจากนี้การนำตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่างๆ ที่มีการปนเปื้อนสารพิษ หรือสิ่งเจือปนอยู่แล้วมาทำการวิเคราะห์ทำให้น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการมีลักษณะที่มีสารปนเปื้อนที่เป็นอันตราย หรือมีสถานะที่ผิดแผกจากคุณสมบัติของน้ำในแหล่งน้ำใกล้เคียงเป็นอย่างมาก

ปัจจุบันน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด ได้ระบายลงสู่บ่อเกรอะ (Septic Tank) ที่มี 2 Chamber มีปริมาตรรวม 1.5 ลูกบาศก์เมตร สำหรับพักน้ำเสียให้ตกตะกอนและปล่อยให้น้ำล้นออกไปโดยมิได้มีการบำบัดที่ถูกต้องตามหลักวิชาการตามลักษณะของน้ำเสีย ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อวันจะมีปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียจากส่วนอื่น ๆ ของอาคาร แต่จากการที่ได้ระบายออกสู่คลองสาธารณะเป็นประจำอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญได้

ดังนั้นการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทดสอบทางเคมีที่มืองค์ประกอบที่เป็นพิษจึงมีความสำคัญในการปกป้องสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม การศึกษาลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องกระทำก่อนเพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับห้องปฏิบัติการต่อไป ซึ่งแนวทางดังกล่าวยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์การศึกษา

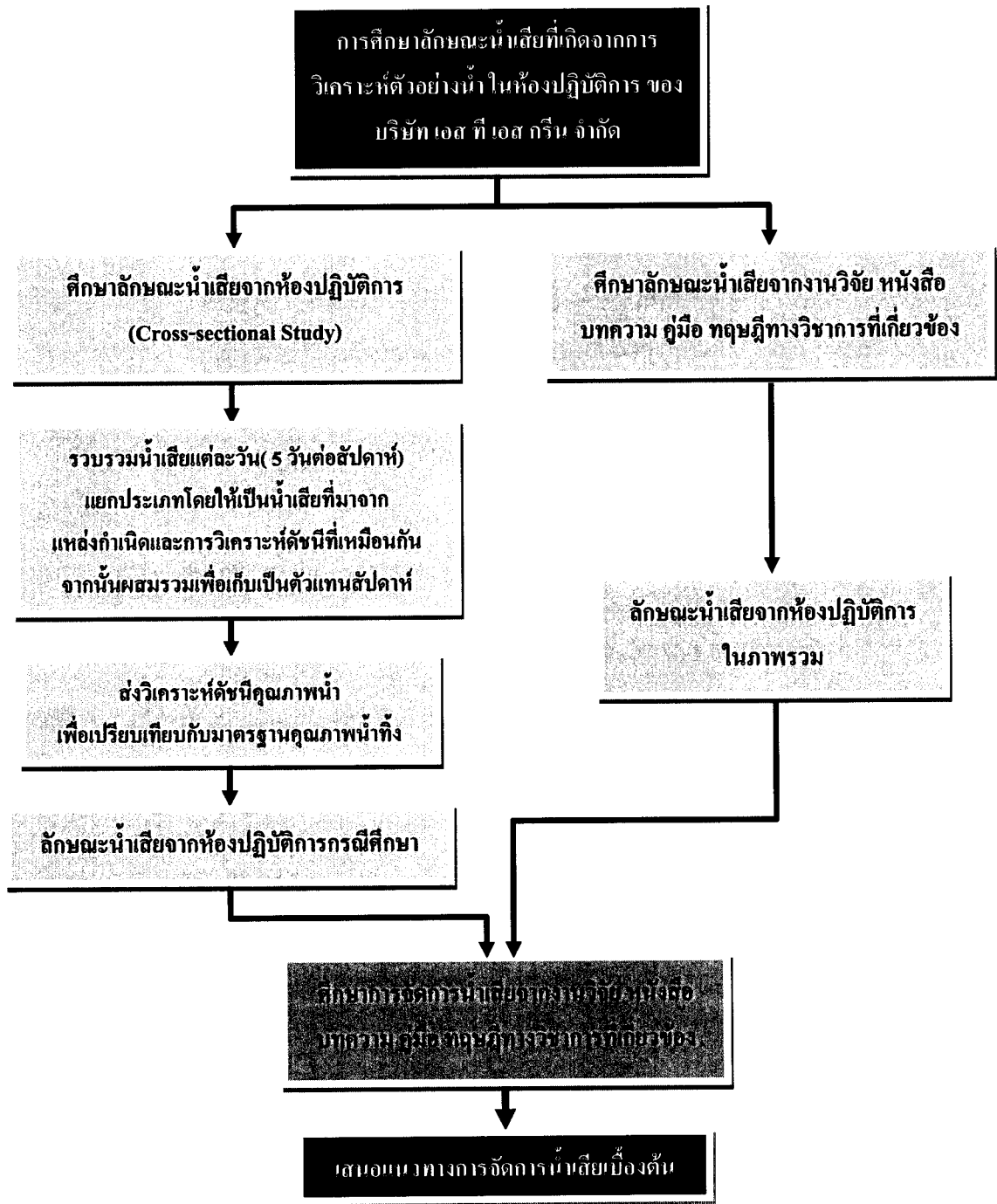
2.1 เพื่อศึกษาลักษณะของน้ำเสียที่เกิดจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด

2.2 เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเบื้องต้นให้เหมาะสมสอดคล้องกับลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้น

3. กรอบแนวคิดการศึกษา

กระบวนการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการมีการใช้สารเคมีที่มีความเป็นกรดหรือด่าง รวมทั้งมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีโลหะหนักและสารที่เป็นพิษชนิดต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับดัชนีที่ทำการวิเคราะห์ แม้ว่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อวันจะมีน้อยเมื่อเทียบกับน้ำเสียจากส่วนอื่นของอาคาร แต่ลักษณะน้ำเสียมีความเข้มข้นของสารเคมีสูงซึ่งมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมอยู่และมีการดำเนินการวิเคราะห์อยู่เป็นประจำ หากน้ำเสียเหล่านี้ปล่อยสู่แหล่งน้ำโดยตรงจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพการแพร่กระจายของโลหะหนักและสารพิษต่าง ๆ ซึ่งทำให้น้ำบริเวณดังกล่าวมีความไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของทรัพยากรชีวภาพในน้ำและการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำในด้านอื่น ๆ เช่น ทางด้านเกษตรกรรม ดังนั้นเมื่อได้ทำการศึกษาลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากห้องปฏิบัติการโดย

การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Study)ซึ่งเป็นการศึกษาระยะสั้น(Cross-sectional study)แล้ว จากนั้นจะทำการศึกษาแหล่งข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการลักษณะน้ำเสียและการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ เช่น งานวิจัย บทความ หนังสือ คู่มือและทฤษฎีทางวิชาการ ซึ่งจะช่วยให้มองเห็นภาพรวมของลักษณะน้ำเสียและสามารถนำเสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียเบื้องต้นได้ ดังแสดงกรอบแนวคิดการศึกษาในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการศึกษา

4. ขอบเขตของการศึกษา

4.1 ทำการศึกษาลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด ดังนี้

4.1.1 ศึกษาลักษณะน้ำเสียจากงานวิจัย หนังสือ คู่มือ บทความหรือทฤษฎีทางวิชาการที่เกี่ยวข้องร่วมกับการสำรวจภายใน และการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อนำเสนอข้อมูลลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการของบริษัท ฯ ในภาพรวมที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

4.1.2 ศึกษาลักษณะน้ำเสีย(Cross-sectional Study) ซึ่งมีส่วนผสมหลักระหว่างตัวอย่างน้ำที่ส่งเข้ามาวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ในช่วงเวลาที่ศึกษา โดยทำการเก็บรวบรวมน้ำเสียในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน พ.ศ. 2552 จากนั้นจึงนำน้ำเสียดังกล่าวไปวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) อุณหภูมิ(Temperature) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(Total Dissolved Solids) สารแขวนลอยทั้งหมด(Total Suspended Solids) ซัลไฟด์(Sulfide) น้ำมันและไขมัน(Oil & Grease) คลอไรด์(Chloride) และโลหะหนัก ซึ่งประกอบด้วยเซลีนียม(Selenium) แคดเมียม(Cadmium) ตะกั่ว(Lead) โครเมียม(Hexavalent Chromium) แบเรียม(Barium) นิกเกิล(Nickel) ทองแดง(Copper) สังกะสี(Zinc) และแมงกานีส(Manganese)

4.2 เปรียบเทียบผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการแห่งนี้กับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กำหนดโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

4.3 เสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียเบื้องต้น โดยใช้ข้อมูลลักษณะน้ำเสียที่ศึกษาได้ ร่วมกับการศึกษางานวิจัย หนังสือ คู่มือ บทความหรือทฤษฎีทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง

5. ข้อตกลงเบื้องต้น

5.1 น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม คือ น้ำเสียสารละลายเคมีซึ่งเป็นของเหลวที่เกิดจากการผสมกันของตัวอย่างน้ำที่ทำวิเคราะห์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

5.2 ดัชนีที่ใช้วิเคราะห์น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ เป็นดัชนีตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน แต่เป็นเฉพาะดัชนีที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด สามารถวิเคราะห์ได้ในช่วงเวลา

ที่ทำการศึกษา ซึ่งบางดัชนีไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากความไม่พร้อมทางด้านบุคลากรและเครื่องมือขณะนั้น

6. ข้อจำกัดในการศึกษา

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการครั้งนี้ไม่สามารถรวบรวมให้ครอบคลุมการวิเคราะห์ในทุกดัชนีคุณภาพน้ำและทุกแหล่งน้ำต้นกำเนิดได้ทั้งหมด เนื่องจากข้อจำกัดดังนี้

6.1 ข้อจำกัดด้านเวลาโดยเป็นการศึกษาระยะสั้น(Cross-sectional Study) ทำให้ได้ผลการศึกษาลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์เฉพาะบางดัชนี ๆ ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาศึกษา

6.2 ช่วงเวลาที่ศึกษาส่วนใหญ่มีตัวอย่างน้ำที่ส่งเข้าทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมีต้นกำเนิดจากแหล่งน้ำทะเล ส่วนน้ำจากแหล่งอื่นมีน้อย

6.3 ห้องปฏิบัติการแห่งนี้ยังไม่สามารถวิเคราะห์ทุกดัชนี ๆ ที่กำหนดในมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งได้ เนื่องจากเป็นห้องปฏิบัติการเกิดใหม่ ที่ยังไม่พร้อมด้านบุคลากรและเครื่องมือ เช่น เครื่องมือวิเคราะห์โลหะหนักสามารถติดตั้งและดำเนินการวิเคราะห์ได้บางดัชนีเมื่อปลายเดือนมีนาคม พ.ศ. 2552 ที่ผ่าน ซึ่งเป็นช่วงปลายของภาคการศึกษาที่ 2/2551

7. นิยามศัพท์เฉพาะ

7.1 น้ำเสียสารละลายเคมี หมายถึง ของเหลวที่เป็นส่วนผสมของตัวอย่างน้ำที่ทำการวิเคราะห์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

7.2 โลหะหนัก หมายถึง คือกลุ่มโลหะที่มีความเป็นพิษหากสะสมในร่างกายแม้จะมีปริมาณน้อย ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ เซเลเนียม(Selenium) แคดเมียม(Cadmium) ตะกั่ว(Lead) โครเมียม(Hexavalent Chromium) แบเรียม(Barium) นิกเกิล(Nickel) ทองแดง(Copper) สังกะสี(Zinc) และแมงกานีส(Manganese)

7.3 สารเคมี หมายถึง สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด

7.4 มาตรฐาน หมายถึง มาตรฐานดัชนีคุณภาพน้ำตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน(ภาคผนวก ก)

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 ห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด โดยพนักงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำแนวทางการจัดการน้ำเสียเบื้องต้นที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้งาน ได้ผลจริง ซึ่งช่วยลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี

8.2 ผู้ที่อยู่ในแวดวงการทำงานที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการหรือผู้ที่สนใจสามารถนำข้อมูลการศึกษาลักษณะน้ำเสียและแนวทางการจัดการจากห้องปฏิบัติการแห่งนี้ไปศึกษาต่อยอด โดยลงลึกในรายละเอียดของน้ำเสียอันเกิดจากการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำอื่น ๆ เพื่อกำหนดแนวทางการจัดการได้เหมาะสมสำหรับห้องปฏิบัติการของตนเอง

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของน้ำเสีย

“น้ำเสีย” ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้ความหมายไว้ว่า “เป็นของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น” อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดความหมายของน้ำเสียไว้ว่า “ของเหลวที่เป็นส่วนผสมของสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์และตัวอย่างน้ำที่ทำการวิเคราะห์”

แหล่งกำเนิดน้ำเสียหลักเกิดจาก 2 แหล่ง ได้แก่ 1) แหล่งกำเนิดที่มีแหล่งที่มาที่แน่นอน (Point Source) นั่นคือมีจุดปล่อยน้ำเสียที่ชัดเจน ตรวจสอบโดยการเก็บตัวอย่างไปทำการตรวจวิเคราะห์ได้ง่าย เช่น น้ำเสียจากอาคาร บ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม อาคารสำนักงาน เป็นต้น 2) แหล่งกำเนิดที่มีแหล่งที่มาไม่แน่นอน (Non Point Source) ประเภทนี้จะหาจุดที่ระบายทิ้งของเสียที่ชัดเจนไม่ได้ เนื่องมีการระบายออกหลายจุด ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมต่าง ๆ

2. น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ

น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ เป็นแหล่งกำเนิดที่มีแหล่งที่มาที่แน่นอน (Point Source) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ น้ำเสียที่เป็นสารละลายเคมีซึ่งเกิดจากกระบวนการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ และน้ำเสียจากการล้างภาชนะ ซึ่งมักมีการปนเปื้อนของสารเคมี ทั้งที่เป็นกรดแก่ ต่างแก่ ตัวทำละลายอินทรีย์ ตัวทำละลายอนินทรีย์ และสารที่มีองค์ประกอบของโลหะหนัก ลักษณะดังกล่าวเมื่อพิจารณาตามความหมายของวัตถุอันตราย (Hazardous Substance) ที่กำหนดในพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 พบว่าน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการจัดว่าเป็นวัตถุหรือของเสียอันตรายประเภทหนึ่ง เนื่องจากน้ำเสียดังกล่าวอาจประกอบด้วยลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างตามความหมายของวัตถุอันตรายในพระราชบัญญัติฉบับดังกล่าว ดังนี้

- 1) วัตถุระเบิดได้
- 2) วัตถุไวไฟ
- 3) วัตถุออกซิไดซ์และวัตถุเปอร์ออกไซด์
- 4) วัตถุมีพิษ
- 5) วัตถุที่ทำให้เกิดโรค
- 6) วัตถุกัมมันตรังสี
- 7) วัตถุที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม
- 8) วัตถุกัดกร่อน
- 9) วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง
- 10) วัตถุอย่างอื่น ไม่ว่าจะเป็เคมีภัณฑ์หรือสิ่งอื่นใดที่อาจจะทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการของ ศิษยา บุญมานุช (2542) พบว่า สารพิษและโลหะหนักในน้ำเสียจากการล้างภาชนะมีปริมาณน้อยมากหรือไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน หากสามารถแยกน้ำเสียประเภทสารละลายเคมีภายหลังการทดลองมิให้ปนเปื้อนน้ำล้างภาชนะโดยเด็ดขาด ดังนั้น การจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ จึงพิจารณาเฉพาะน้ำเสียที่เป็นสารละลายเคมี ซึ่งน้ำเสียส่วนนี้แม้ว่าจะมีปริมาณน้อยในแต่ละวัน แต่มักจะมีความเข้มข้นของสารพิษสูง จึงมีความจำเป็นต้องใช้การบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมให้ได้มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำภายนอก ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำภายนอกต่อไป

3. ประเภทห้องปฏิบัติการที่เป็นแหล่งกำเนิดของเสีย

ห้องปฏิบัติการที่เป็นแหล่งกำเนิดของเสียประเภทต่าง ๆ สามารถจำแนกออกได้ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ 2548)

3.1 ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ เภสัชวิทยา และทันตกรรมรวมทั้งห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาล ของเสียอันตราย ได้แก่ ของเสียจากสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดและรักษาโรค ฟอรั่มัลดีไฮด์ สารเคมีในกระบวนการถ่วงรูป ตัวทำละลาย ปรอท สารเคมีที่เป็นพิษ สารที่มีสมบัติกัดกร่อนและสารเคมีอื่น ๆ สารกัมมันตรังสี ก๊าซพิษของเสียติดเชื้อ และวัสดุที่ปนเปื้อนของเสียติดเชื้อ เป็นต้น

3.2 ห้องปฏิบัติการในสถาบันการศึกษา เช่น ห้องทดลองของมหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน รวมทั้งห้องปฏิบัติการของหน่วยงานด้านการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ของเสียส่วนมากเกิดจากห้องปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอนคือ ภาควิชาเคมี ส่วนภาควิชาอื่น ๆ ที่มีการทดลอง ได้แก่ ภาควิชาธรณีวิทยา ฟิสิกส์ วิศวกรรม เป็นต้น โรงเรียนมัธยมและอาชีวศึกษาก่อให้เกิดของเสียประเภทสารเคมีด้วยเช่นกัน โดยเกิดจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนในวิชาศิลปะ และชั้นเรียนในชั่วโมงฝึกปฏิบัติการ

3.3 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์/ปฏิบัติการพัฒนาและวิจัย (Research and Development Laboratory) ของเสียจากหน่วยงานพัฒนาและวิจัยเป็นสารเคมีอินทรีย์จำพวกกรด-ด่าง ตัวทำละลายอินทรีย์ โลหะ สารเคมีที่ยังไม่ได้ใช้วิเคราะห์ สารเหลือจากปฏิกิริยาเคมีและของเสียจากกระบวนการล้างอัดขยายภาพ ตลอดจนของเสียประเภทน้ำมันจากอุปกรณ์ เครื่องใช้ใน ห้องปฏิบัติการเพื่อการพัฒนาและวิจัย เป็นต้น โดยห้องปฏิบัติการประเภทนี้มักก่อให้เกิดของเสียที่มีความหลากหลายและปริมาณมากกว่าของเสียจากห้องปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน

3.4 ห้องปฏิบัติการทดสอบสินค้า/ควบคุมคุณภาพ (Quality Control Laboratory) ของเสียจากห้องปฏิบัติการประเภทนี้ มีลักษณะคล้ายกับของเสียจากห้องปฏิบัติการพัฒนาและวิจัย แตกต่างกันตรงที่ จะมีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่ได้มาตรฐานรวมอยู่ด้วย

4. ประเภทของเสียจากห้องปฏิบัติการ

4.1 การคัดแยกของเสียจากห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไป สามารถคัดแยกของเสียจากห้องปฏิบัติการ ได้ดังนี้(กรมควบคุมมลพิษ 2548)

4.1.1 ของเสียติดไฟได้(Ignitable Waste) คือ ของเสียที่เป็นของแข็งหรือของเหลว ที่มีจุดวาบไฟ(Flash Point) ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ถูกเป็นไฟได้เมื่อเกิดการเสียดสี ouch ความชื้น ปฏิกิริยาภายใน หรือเป็นก๊าซอัดที่จุดระเบิดได้ เป็นสารออกซิไดซ์

4.1.2 ของเสียกัดกร่อน(Corrosive Waste) คือ ของเสียที่มีค่า pH น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 หรือ pH มากกว่าหรือเท่ากับ 12.5 สามารถกัดกร่อนเหล็กกล้าชั้น SAE 1020 (Society of Automotive Engineers) ได้มากกว่า 6.35 มิลลิเมตรต่อปี ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

4.1.3 ของเสียว่องไวปฏิกิริยา(Reactive Waste) คือ ของเสียที่มีสภาพไม่คงตัว ทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วและรุนแรงกับน้ำ รวมกับน้ำได้ของผสมระเบิดได้ เกิดก๊าซพิษ หรือเป็นสารที่มี ไฮยาไนด์ กำมะถัน เมื่อ pH 2-12.5 จะเกิดก๊าซพิษ ไอพิษหรือควันพิษ

4.1.4 ของเสียเป็นพิษ(Toxic Waste) คือ ของเสียที่มีอันตรายต่อสุขภาพอนามัย ทำให้ตายได้ในปริมาณที่น้อย เป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง เป็นสารก่อมะเร็ง หรือสกัดแล้วมีโลหะหนัก หรือสารพิษมากกว่ามาตรฐานที่กำหนด รวมของเสียที่ถูกชะล้างได้(Leachable Waste) ซึ่งเมื่อนำมา สกัดด้วยวิธีมาตรฐานแล้ว มีปริมาณโลหะหนักหรือสารที่มีพิษ เช่น ตะกั่วปรอท สารหนูปนเปื้อน อยู่ในน้ำสกัดเท่ากับหรือมากกว่ามาตรฐานกำหนด

4.1.5 ของเสียติดเชื้อ(Infectious Waste) คือ ของเสียที่มีเชื้อโรคปนอยู่ในปริมาณ หรือความเข้มข้นที่สามารถทำให้เกิดโรคได้ และเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อได้

4.1.6 ของเสียกัมมันตรังสี(Radioactive Waste) คือ ของเสียซึ่งประกอบหรือ ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีที่ไม่ใช่แล้วในระดับกัมมันตรังสีสูงเกินกว่าเกณฑ์ปกติในธรรมชาติหรือ เกิดจากการผลิตซึ่งปนเปื้อนด้วยวัตถุกัมมันตรังสี

4.1.7 ของเสียอื่น ๆ (Miscellaneous Waste) คือ ของเสียใด ๆ ที่ไม่เข้าข่ายของเสีย ประเภทใดประเภทหนึ่ง แต่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้

4.2 การแบ่งกลุ่มของเสียจากห้องปฏิบัติการ จากการจำแนกในข้อที่ 4.1 สามารถนำมา แบ่งกลุ่มของเสียจากห้องปฏิบัติการออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้(กรมควบคุมมลพิษ 2548)

4.2.1 ของเสียสารเคมี ของเสียสารเคมีได้แก่ สารจากปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างเหลือ จากการวิเคราะห์ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เคมีเสื่อมสภาพเพื่อให้เกิดความปลอดภัยควรเก็บ แยกของเสียสารเคมีไว้ในห้องเก็บของเสียหรือตู้ควัน โดยเฉพาะ หากภาชนะบรรจุมีการรั่วไหล หรือหกหล่น อาจทำให้เกิดปฏิกิริยารุนแรง เกิดเป็นก๊าซพิษปริมาณมาก จนก่อให้เกิดเพลิงไหม้หรือ ระเบิดได้ ของเสียสารเคมีบางชนิดแม้ว่าจะแยกเก็บต่างภาชนะแล้วก็ตามแต่ไม่ควรวางไว้ใกล้กัน เช่น ไม่ควรเก็บสารที่เป็นกรดและด่างหรือกรดและของเสียอินทรีย์ไว้ในห้องเก็บเดียวกัน นอกจากนี้จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติการเข้ากันได้และไม่ได้ของสารเคมีแต่ละชนิดด้วย ของเสีย สารเคมีแบ่งออกได้ดังนี้

1) **สารประกอบอินทรีย์(Organic Compounds)** เป็นสารประกอบคาร์บอนที่ อาจจะมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย อาทิ ออกซิเจน ไนโตรเจน ไฮโดรเจน ฮาโลเจน ฟอสฟอรัสและกำมะถัน เมื่อนำมาจัดเป็นหมวดหมู่ตามสมบัติทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน หรือกล่าวได้

ว่าเป็นการจัดตามหมู่ฟังก์ชันของสารนั้น(หมู่ฟังก์ชัน คือ อะตอมที่มีอยู่ในโมเลกุล ซึ่งทำให้โมเลกุลนั้น ๆ มีปฏิกิริยาเคมีเฉพาะตัว) สามารถแบ่งได้เป็นหมู่ต่าง ๆ ดังนี้

- (1) กรดคาร์บอกซิลิก(Carboxylic Acids)
 - (2) กรดอินทรีย์อื่น ๆ (Other Organic Acids)
 - (3) กรดเฮไลด์และแอนไฮไดรด์(Acids Halides and Anhydrides)
 - (4) ไธออล(Thiols)
 - (5) ผลิตภัณฑ์กรดอื่น ๆ (Other Acid Derivatives)
 - (6) สารประกอบไนโตร(Nitro Compounds)
 - (7) สารประกอบอินทรีย์กำมะถันอื่น ๆ(Other Organic sulfur compound)
 - (8) สารประกอบเอนไนโตร(N-nitro Compounds)
 - (9) สารประกอบฮาโลเจนอื่น ๆ (Other Halogenated Compounds)
 - (10) สารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์(Organic Peroxides)
 - (11) สารไฮโดรคาร์บอน(Hydrocarbon)
 - (12) สารไฮโดรคาร์บอนที่มีฮาโลเจนเป็นองค์ประกอบ(Halogenated Hydrocarbon)
 - (13) สีย้อมและสีเม็ดต่าง ๆ (Dyes and Pigments)
 - (14) อัลดีไฮด์และคีโตน(Aldehydes and Ketones)
 - (15) อีเทอร์(Ether)
 - (16) เอมีน(Amines)
 - (17) แอลกอฮอล์และฟีนอล(Alcohols and Phenol)
- 2) สารประกอบอนินทรีย์(Inorganic Compounds) แบ่งเป็นหมู่ได้ดังนี้
- (1) ฟอสฟอรัส(Phosphorous)
 - (2) ฟอสฟอรัส[V]ออกไซด์(Phosphorous [V]Oxide)
 - (3) โลหะต่าง ๆ (Metal)
 - (4) สารเคมีประเภทประจุบวกหรือลบ
 - (5) สารประกอบไฮไดรด์ของอโลหะ(Non-metal Hydrides)
 - (6) เฮไลด์และกรดเฮไลด์หรืออโลหะต่าง ๆ(Halides and Acid Halide or Non-metal)
 - (7) ไฮดราซีนและสารประกอบไฮดราซีน (Hydrazine and Substituted Hydrazines)

3) สารเคมีประเภท *Organic-Inorganic* สารเคมีประเภทนี้รวมพวกโลหะอินทรีย์ (Organometallics) โลหะคาร์บอนิล (Metal Carbonyl) อโลหะอัลคิลและแอริล (Non-metal Alkyl and Aryls) สารประกอบอินทรีย์ปรอท (Organomercury Compounds) และ แคลเซียมคาร์ไบด์ (Calcium Carbide)

4.2.2 ของเสียดูดเชื้อ ได้แก่ ซากชิ้นส่วนของมนุษย์หรือสัตว์ทดลอง สารคัดหลั่ง เลือด จากร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์ สารเคมีที่ใช้ในการบำบัดรักษามะเร็ง ฟอรั่มัลดีไฮด์ (จากการฟอกไต การปฏิบัติทางเวชศาสตร์ การชันสูตรศพ ฯลฯ) เถ้าหรือเศษเหลือจากการเผาของเสียดูดเชื้อ วัสดุที่ปนเปื้อนของเสียดูดเชื้อและของเสียจากระบวนการอบแห้งทำลายเชื้อโรค การจัดการของเสียดูดเชื้อต้องดำเนินการแยกจากของเสียประเภทอื่นไม่ปะปนกับของเสียทั่วไป เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการจัดการของเสียดูดเชื้อในขั้นต่อไป กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้จำแนกของเสียดูดเชื้อออกเป็น 6 กลุ่มดังนี้

1) วัสดุ ซาก หรือชิ้นส่วนของมนุษย์หรือสัตว์ ที่ได้และเป็นผลมาจากการผ่าตัด การตรวจชันสูตรศพ การใช้สัตว์ทดลองที่ทดลองเกี่ยวกับโรคติดต่อรวมทั้งวัสดุที่สัมผัสในการดำเนินการนั้น

2) วัสดุที่ใช้ในการให้บริการทางแพทย์ เช่น พลาสเตอร์ สำลี ผ้าพันแผล ท่อยาง ผ้าก๊อซ ผ้าตา ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งสัมผัสหรือสงสัยว่าจะสัมผัสกับเลือด ส่วนประกอบของเลือด เช่น น้ำเหลือง เม็ดเลือดต่าง ๆ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือด สารคัดหลั่งจากร่างกาย เช่น ปัสสาวะ เสมหะ น้ำลาย น้ำเหลือง หนอง เป็นต้น

3) ของมีคมที่ใช้ในกิจกรรมดังกล่าว เช่น ใบมีด กระบอกฉีดยา หลอดแก้ว ภาชนะที่ทำด้วยแก้ว สไลด์ แผ่นกระจกปิดสไลด์ ทั้งที่ใช้ในการบริการการวิจัยและในห้องปฏิบัติการ

4) เชื้อและอาหารเลี้ยงเชื้อและวัสดุที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและในการวิจัยที่สัมผัสกับเชื้อทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ เชื้อโรคและชีววัตถุต่าง ๆ อาหารเลี้ยงเชื้อ งานเลี้ยงเชื้อที่ใช้แล้ว ตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการถ่ายเชื้อหรือกวนเชื้อ

5) วัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิต และภาชนะบรรจุ ได้แก่ วัคซีนป้องกันโรคโปลิโอ หัด หัดเยอรมัน โรคคางทูม วัคซีนโรคไข้รากสาดน้อยชนิดที่รับประทานได้ เป็นต้น

6) มูลฝอยทุกประเภทที่มาจากห้องติดเชื้อร้ายแรง เช่น ห้องแยกผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรงที่ต้องระวังเป็นพิเศษ ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายสูง เป็นต้น

4.2.3 ของเสียกัมมันตรังสี ได้แก่ ของเสียในรูปของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซที่ประกอบหรือปนเปื้อนด้วยสารกัมมันตรังสี ในระดับความแรงของรังสีสูงกว่าเกณฑ์ปลอดภัย ซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และวัสดุอื่น ๆ ไม่เป็นประโยชน์อีกต่อไป (สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ 2544)

5. โลหะหนักในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ

ลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการจัดเป็นของเสียสารเคมีที่เป็นพิษ (Toxic Waste) พบว่ามีองค์ประกอบที่สำคัญและสร้างปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้มาก โดยเฉพาะกับสิ่งมีชีวิต คือ โลหะหนัก เนื่องจากโลหะหนักมีความเป็นพิษแม้จะมีปริมาณน้อย เป็นกลุ่มธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 4 ขึ้นไป และส่วนใหญ่เป็นธาตุที่อยู่ในกลุ่ม Transition metals ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดิน ดินตะกอนที่อยู่ในน้ำ รวมถึงการสะสมอยู่ในสัตว์น้ำ ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำในชีวิตประจำวัน คนเรามีความเสี่ยงต่อการนำโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายผ่านทางอาหารหรือดื่มน้ำที่มีสารเหล่านี้ปนเปื้อนอยู่ โดยเฉพาะชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณโรงงานที่ขาดจิตสำนึกซึ่งมักจะลักลอบเทของเสียลงดินหรือลงแม่น้ำ มีการกำจัดกากของเสียอย่างผิดวิธี ทั้งนี้เนื่องจากต้องการลดรายจ่าย โลหะหนักบางชนิดสามารถให้ทั้งคุณและโทษต่อสิ่งมีชีวิต ขึ้นกับชนิดของสิ่งมีชีวิตและปริมาณที่ได้รับเข้าไป ตัวอย่างเช่น แบททีเรียต้องการโคบอลต์ (Cobalt-Co) ทองแดง (Copper-Cu) แมงกานีส (Manganese-Mn) โมลิบดีนัม (Molybdenum-Mo) แวนาเดียม (Vanadium-V) และสังกะสี (Zinc-Zn) ในปริมาณที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะที่มากเกินไปจะสร้างสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์เหล่านี้ ส่งผลให้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (พรพรรณ พนาปวุฒิกุล 2549)

จากรายงานของสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2539) เกี่ยวกับสภาพน้ำทิ้งและการใช้สารเคมี-ชีววัตถุในเกษตรกลางบางเขน ที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ทั้งในแหล่งน้ำและตะกอนดิน โดยพบว่า น้ำทิ้งจากอาคารห้องปฏิบัติการเคมีมีโลหะหนักปนเปื้อนค่อนข้างสูง นอกจากนี้ สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2540) ได้ประมาณการไว้ว่า การวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ โดยวิธีของ AWWA (American Water Work Association) จะมีโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางเคมี ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจากการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ
โดยวิธีของ AWWA

พารามิเตอร์	ชนิดโลหะหนักที่ปนเปื้อน	วิธีวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน
Acidity	Na	Potentiometric
Alkalinity	-	Potentiometric
Suspended Solids	-	Dried at 103-105°C
Total Dissolved Solid	-	Dried at 180 °C
MLSS	-	Dried at 103-105°C
MLVSS	-	Ignited at 500°C
SV30	-	Volumatic
Dissolved Oxygen	Mn, K, Na	Acide Modification of Lodometric Method
Biological Oxygen Demand	Mn, K	Acide Modification (5 day)
Chemical Oxygen Demand	Hg, Cr, Fe, K	Potassium Dicromate Digestion
TKN	B, Hg, K, Na,	Kjeldahl
Ammonia – Nitrogen	B	Distillation
Organic – Nitrogen	B, Hg, K, Na	Distillation
Nitrate – Nitrogen	Cd	Cadmium Reduction
Nitrite – Nitrogen	-	Colorimetric
Phophorus	Mo, K, Sb	Stannous Chloride
Sulfide	Zn	Titrate
Cyanide	Na	Distillation, Pyidine Barbituric Acid
Phenol	K, Fe, Na	Direct Photometric
Heavy metal	ขึ้นกับชนิดของโลหะหนัก	Atomic Absorption Spectrophotometer
Fat, Oil & Grease	-	Soxhlet Extraction
Formaldehyde	Na	Spectrophotometric
Residue Chlorine	-	DPD Colorimetric
Chloride	Ag, K	Argentometric
Pesticide Residues	-	GC/MS
Detergent and Liquid Detergent	-	Spectrophotometer
Radioactive Materials	-	Calantation

ที่มา : สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย(2540)

จากการศึกษาของชุตติธร มุลทองน้อย (2543) พบว่า การตรวจวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำที่มีการใช้สารเคมีที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบในการตรวจวัดมีด้วยกัน 5 ชนิด ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved Oxygen, DO) บีโอดี(Biological Oxygen Demand, BOD) ซีโอดี(Chemical Oxygen Demand, COD) แอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน ทำให้เกิดโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางเคมี ดังสรุปในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ชนิดของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำเสียของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี

ดัชนีคุณภาพน้ำ	สารเคมีที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ	ชนิดของโลหะหนัก
1.ออกซิเจนละลายน้ำ(DO)	-MnSO ₄ .H ₂ O	Mn
2.บีโอดี (BOD)	-MnSO ₄ .H ₂ O -MgSO ₄ .7H ₂ O -FeCl ₃ .6H ₂ O	Mn Mg Fe
3.ซีโอดี (COD)	-K ₂ Cr ₂ O ₇ -Ag ₂ SO ₄ -HgSO ₄ -[Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O]	Cr Ag Hg Fe
4.แอมโมเนียไนโตรเจน	-HgI ₂	Hg
5.ไนเตรทไนโตรเจน	-Cadmium Granular	Cd

ดังนั้นการที่น้ำทิ้งในแต่ละวันจากห้องปฏิบัติการจะมีโลหะหนักปนเปื้อนหรือไม่จะขึ้นอยู่กับการใช้สารเคมีในการวิเคราะห์นั้น มีองค์ประกอบของโลหะหนักหรือไม่ อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนโลหะหนักสามารถเกิดขึ้นได้จากตัวอย่างน้ำจากแหล่งที่มีโอกาสปนเปื้อน อาทิ กรณีเป็นตัวอย่างน้ำที่มาจากแหล่งน้ำใกล้เขตอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงสูงต่อการปนเปื้อนโลหะหนักหรือพื้นที่ทำน้ำของเหมืองแร่โลหะ เป็นต้น

6. พิษอันเกิดจากโลหะหนัก

สำหรับโลหะหนักบางชนิด เช่น ปรอท (Mercury-Hg) และแคดเมียม (Cadmium-Cd) จัดเป็นสารพิษต่อร่างกาย ที่มีพิษร้ายแรงมากต่อมนุษย์ โดยมีรายละเอียดแหล่งที่มาและผลกระทบของการมีโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดสะสมอยู่ในร่างกายดังนี้

ปรอท (Mercury-Hg)

สารปรอทเป็นส่วนประกอบหลักของสารอมัลกัมที่ใช้อุดฟัน (Amalgum) ปรอทยังมีในสีทาบ้าน และใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตแบตเตอรี่และการสกัดแร่เงินและทอง จุลินทรีย์บางชนิดสามารถเปลี่ยนสารปรอทให้เป็นสารประกอบ Methylated Mercury (CH_3Hg^+ และ $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$) ซึ่งมีความเป็นพิษสูง โลหะหนักรวมทั้งปรอทมักปนเปื้อนมากับน้ำดิบที่จะมาผลิตน้ำประปาและอาหารซึ่งจะเป็นพวกปลาทะเลที่มีวงจรชีวิตยาว เช่น ปลาทูน่า และปลาค็อด ทั้งนี้เนื่องจากปรอทไหลไปตามน้ำจืดออกสู่ทะเล และเข้าสู่วงจรอาหาร ปลาทะเลจึงกินเข้าไปและสะสมอยู่ในหัวปลา อาการป่วยเนื่องจากพิษของปรอทโดยทั่วไป มีตั้งแต่ ปวดท้องรุนแรง ปวดศีรษะ ปวดตามเนื้อตัวชา ความจำเสื่อม ไม่มีสมาธิ ซึมเศร้า เพราะปรอทส่วนใหญ่ไปสะสมที่มันสมองของมนุษย์ โดยอยู่ในไขมันซึ่งมีจำนวนมากที่สมอง ทำให้เป็นอันตรายต่อระบบประสาท ผลกระทบนี้มีบทบาทอย่างมากต่อการพัฒนาสมองและระบบประสาทของทารกในครรภ์ และเด็กเล็ก เพราะระบบประสาทของเด็กกำลังอยู่ในช่วงการพัฒนา (จนกระทั่งอายุ 14 ปี) แต่ระยะวิกฤตจะอยู่ในช่วงสัปดาห์แรกๆ ของการตั้งครรภ์ และผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจไม่ปรากฏในช่วงแรกคลอด แต่จะแสดงอาการเด่นชัดในช่วงหลัง ดังนั้นองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา จึงมีคำแนะนำให้สตรีมีครรภ์ สตรีในวัยเจริญพันธุ์ แม่ที่กำลังให้นมบุตร และเด็ก หลีกเลี่ยงการบริโภคปลาบางชนิด เช่น ปลาค็อด ปลา King Mackerel เนื่องจากมีสารปรอทสะสมอยู่ในปริมาณสูง (พรพรรณ พนาปวุฒิกุล 2549)

แคดเมียม (Cadmium-Cd)

แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำ โดยมาจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานทำสี และ โรงงานทำพลาสติก พิษของสารแคดเมียม คือ ถ้าได้รับปริมาณมากในทันที อาจทำให้เกิดโรค อีไต อีไต (“Itai-Itai” disease) มีผลให้กระดูกเปราะ และปวดอย่างรุนแรง ถ้าได้รับสารในปริมาณน้อยแต่เป็นเวลานาน จะก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ไตทำงานผิดปกติ ภาวะกระดูกพรุน ขาดสมาธิ ความจำเสื่อม บางครั้งซึมเศร้า บางครั้งร่าเริง (Manic Depressive Behavior) ถ้ามีอาการอ่อนเพลียอาจหมดสติและตายได้ (พรพรรณ พนาปวุฒิกุล 2549)

สำหรับอันตรายจากพิษของโลหะหนักชนิดอื่น สามารถสรุปได้ดังนี้

ตะกั่ว (Lead-Pb)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมมีการใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก โดยตะกั่วเป็นส่วนผสมอยู่ในแบตเตอรี่ บัดกรีโลหะ สก๊อตโลหะ สายเคเบิล ยาฆ่าแมลง เครื่องเคลือบดินเผา การผลิตสี ตัวพิมพ์ การผลิตกระสุน ฯลฯ เมื่อร่างกายได้รับพิษของตะกั่ว จะมีการปวดท้องรุนแรง มีความรู้สึกถึงรสหวานในปากคล้ายอมโลหะ เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ชัก ปวดรอบสะดือ พบเส้นตะกั่วสีเงินบริเวณเหงือก (Lead Line) นอกจากนี้อาจเกิดอาการโลหิตจางเนื่องจากตะกั่วไปขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบิน

สารหนู (Arsenic-As)

สารหนู ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น หลอมโลหะ ยาปราบศัตรูพืช น้ำยาดับกลิ่น ผลิตภัณฑ์รักษาเนื้อไม้ ทำแก้ว และเครื่องดินเผา สารหนูเป็นธาตุที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย อย่างไรก็ตามตัวสารหนูเองและซัลไฟด์ของสารหนูไม่เป็นอันตราย แต่สารประกอบอื่น ๆ ของสารหนูมีพิษอย่างรุนแรง อาการพิษของสารหนู คือ ระบายท้อง โรคผิวหนังตามซอกมุมต่าง ๆ เป็นตุ่มแข็งใส พอง ผิวหนังแข็งดำ โดยเฉพาฝ่าเท้า ผิวหนังหลุดลอกคล้ายใบไม้ผลัดใบ มีจุดคล้ายเม็ดฝนที่บริเวณสัมผัส เมื่อได้รับสารหนูเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิด มะเร็งผิวหนัง มะเร็งปอดได้

แมงกานีส (Manganese-Mn)

อุตสาหกรรมที่มีการใช้แมงกานีส เช่น ถ่านไฟฉาย ถลุงโลหะ ผลิตสี ทำสีย้อมผ้า ทำแก้วให้มีสี ฟอกหนัง ทำปุ๋ย ทำน้ำยาฆ่าเชื้อโรค หล่อเหล็กเหนียว เป็นต้น อาการอันเกิดจากการได้รับแมงกานีสเกินขนาด คือ เป็นไข้ ปวดเมื่อยลำตัว ปอดอักเสบ ไม่มีความรู้สึก หดกำลัง มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง เกิดอาการฝ่อของสมอง(Brain Atrophy) มีอาการทางจิตประสาท เดินคล้ายไก่หัวซุนไปข้างหน้า กล้ามเนื้อหดเกร็ง เคลิบเคลิ้ม

โครเมียม (Chromium-Cr)

อุตสาหกรรมที่มีการใช้โครเมียม เช่น ชุบโลหะ ผลิตยา / อาหาร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พิมพ์ผ้า งานล้างฟิล์ม ฟอกหนัง ปูนซีเมนต์ เป็นต้น การได้รับโครเมียมมากเกินไปจะเกิดอาการเป็นพิษ มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ทางเดินหายใจอักเสบ จมูกโหว่ ผิวหนังอักเสบ ทางเดินอาหารอักเสบ เป็นแผลที่ลำไส้ ถ้าได้รับโครเมียมเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งผิวหนังและปอดได้

ทองแดง (Copper-Cu)

ถ้าร่างกายได้รับทองแดงมาก เช่น โดยการรับประทานในปริมาณมากกว่า 15 มิลลิกรัม จะมีผลต่อทางเดินอาหาร ทำให้เกิดอาการคลื่นเหียน อาเจียน ท้องเสีย ทองแดงจะเข้าไปสะสมในตับ ไต และสมอง อาจทำให้เกิดอาการ โลหิตจาง แต่ถ้าร่างกายขาดทองแดงจะมีผลต่อการเจริญเติบโต การสร้างกระดูก การสืบพันธุ์ การสร้างเยื่อเกี่ยวพัน การสร้างเม็ดเลือด การทำงานของหัวใจ

สังกะสี (Zinc-Zn)

สังกะสีที่พบในธรรมชาติอยู่ในรูปซัลไฟด์ คาร์บอเนต ออกไซด์ และ ซิลิเกตของสังกะสี อาการพิษของสังกะสี จะมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร เกิดการอักเสบและปวดท้องอย่างรุนแรง หากมีอาการเรื้อรัง จะปวดศีรษะ ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ อ่อนเพลียคล้ายเป็นไข้แต่สามารถหายได้หากไม่ได้รับเข้าไปอีก

นิกเกิล (Nickel- Ni)

โดยทั่วไปร่างกายจะรับผ่านทางอาหาร เป็นสารชักนำให้เกิดโรคมะเร็งในช่องจมูก โพรงจมูกและ ปอด จะมีผลยับยั้งกิจกรรมของเอ็นไซม์เมื่อเข้าสู่ร่างกาย ส่วนใหญ่มักสะสมอยู่ตามกระดูกสันหลัง สมอง ปอด และหัวใจ อาการพิษแบบเฉียบพลัน คือ ปวดหัว มึนงง คลื่นไส้ อาเจียน แน่นหน้าอก หายใจขาดช่วง ตัวเขียวเพราะขาดออกซิเจน อ่อนเพลียมาก และมีเลือดออกในปอด

ซีเลเนียม (Selenium-Se)

ซีเลเนียมเป็นสารที่จำเป็นต่อร่างกายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในปริมาณน้อย แต่หากรับเข้าไปมากเกินไปจะเกิดพิษต่อร่างกาย โดยจะมีอาการ ฟันผุ ผิวหนังซีดและลอกออก โรคปวดไขข้อ ระบบการย่อยอาหารผิดปกติ ผมหงอกและเป็นสาเหตุในการก่อมะเร็ง

เหล็ก (Iron-Fe)

เหล็กที่อยู่ในน้ำส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ เฟอร์รัส (Fe^{2+}) และ เฟอร์ริก (Fe^{3+}) ขึ้นอยู่กับค่า pH และปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ เหล็กเป็นธาตุที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต ถ้าร่างกายได้รับมากเกินไป จะมีอาการท้องเดิน ผิวหนังมีสีของเหล็ก แต่ถ้าร่างกายขาดธาตุเหล็กจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตช้าลง ง่วงซึม อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น ความต้านทานโรคลดลง

แบเรียม (Barium-Ba)

แบเรียมหากรับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากจะมีผลต่อระบบประสาทและระบบหัวใจ ทำให้เกิดความดันโลหิตสูง

เงิน (Silver-Ag)

เป็นส่วนประกอบในสารฆ่าเชื้อและยาหยอดตา อาการเป็นพิษจากการรับสารประกอบเงินมากเกินไปจะทำให้เกิดจุดสีคล้ำ ที่ผิวหนัง ตา เรียกว่าอาการ Argyria

7. ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ มีหลายแบบตามความเหมาะสมกับลักษณะน้ำเสีย ซึ่งอาจประกอบด้วยสารอินทรีย์และอนินทรีย์ สารเคมีหรือโลหะหนักปนเปื้อน มีความเป็นกรดหรือด่างเข้มข้น เป็นต้น โดยทั่วไปการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

7.1 การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Processes) การบำบัดประเภทนี้ทำหน้าที่แยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย เป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำเสีย มีหลักการว่า สิ่งปนเปื้อนที่มีอนุภาคใหญ่กว่า 1 ไมครอน สามารถแยกออกจากน้ำเสียได้โดยใช้กลไกหรือกระบวนการทางกายภาพ หากอนุภาคมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำจะใช้วิธีปล่อยให้ตกตะกอน หากมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าหรือเท่ากับน้ำ จะใช้วิธีทำให้ลอยสู่ผิวน้ำแล้วแยกออก เป็นต้น การบำบัดประเภทนี้ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง(Screening) การดักหรือกวาดที่ผิวน้ำ(Skiming) การตกตะกอน(Sedimentation) การทำให้ลอย(Floatation)และการกรอง(Filtration)

7.2 การบำบัดน้ำเสียทางเคมี-กายภาพ (Chemical-Physical Processes) การบำบัดประเภทนี้มีหลักการว่า สิ่งปนเปื้อนที่มีอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน อนุภาคเหล่านี้จะไม่สามารถแยกออกจากน้ำด้วยกลไกทางกายภาพอย่างง่าย ๆ ได้ และหากเป็นอนุภาคที่แบคทีเรียไม่สามารถย่อยสลายได้ การแยกออกจากน้ำจำเป็นต้องใช้กลไกหรือกระบวนการทางเคมี-กายภาพอย่างเหมาะสม ได้แก่ การดูดซับด้วยถ่าน การแลกเปลี่ยนประจุ ออสโมซิสผันกลับ การกรองแบบอัลตรา และการแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง

7.3 การบำบัดน้ำเสียทางเคมี (Chemical Processes) การบำบัดประเภทนี้เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย และแยกสิ่งเจือปนนั้นออกจากน้ำเสีย มีหลายรูปแบบโดยรูปแบบหนึ่งอาจเหมาะกับการบำบัดสารเคมีกลุ่มหนึ่ง แต่อาจไม่เหมาะสมกับสารเคมีอีกกลุ่มหนึ่ง จึงต้องเลือกให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการบำบัดที่ต้องการ โดยอาจแบ่งออกได้ดังนี้

7.3.1 การปรับสภาพความเป็นกรดต่าง (pH Adjustment) เป็นการปรับสภาพน้ำเสียที่มีความเป็นกรดสูงด้วยด่าง และปรับสภาพน้ำเสียที่มีความเป็นด่างสูงด้วยกรด เพื่อให้มีสภาพความเป็นกรดต่างเหมาะสมต่อกระบวนการบำบัดในขั้นต่อไป และไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อปล่อยทิ้งออกไป

7.3.2 การตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation) หรือตกผลึกทางเคมีเป็นกระบวนการเติมสารเคมีเข้าไปเพื่อเปลี่ยนสภาพสารปนเปื้อนที่ละลายในน้ำเสีย (Soluble) ให้อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble) ทำให้สามารถตกตะกอนและกำจัดออกได้ง่ายขึ้น เช่น การกำจัดฟอสฟอรัส การกำจัดโลหะหนักด้วยการตกตะกอนทางเคมี

7.3.3 การสร้างรวมตะกอนเคมี (Coagulation-Flocculation) เป็นการเติมสารเพื่อให้เกิดการรวมตัวของสารแขวนลอยซึ่งตกตะกอนได้ยากให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและน้ำหนักมากขึ้นจนตกตะกอนได้

7.3.4 กระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-Reduction) เป็นการเติมสารออกซิแดนท์ หรือสารรีดักแทนท์ ไปทำปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนสารมลพิษที่ย่อยสลายยากให้อยู่ในรูปที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้น หรือเปลี่ยนสารเคมีที่เป็นพิษให้อยู่ในรูปที่มีพิษน้อยลงหรือไม่มีพิษ

7.4 การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological Processes) การบำบัดประเภทนี้เป็นการใช้ประโยชน์จุลินทรีย์และ/หรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในการเปลี่ยนสภาพมลสารในน้ำเสียให้อยู่ในสภาพของสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยอาจเป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนก็ได้ ระบบนี้ได้แก่

7.4.1 ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบแขวนลอย ใช้จุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตแขวนลอยอยู่ในน้ำเสียทำการย่อยสลายมลสารต่าง ๆ ระบบนี้มีหลายรูปแบบทั้งแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก เมื่อจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสียเสร็จสิ้น จะทำการแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำด้วยวิธีการตกตะกอน ได้แก่ ระบบบ่อปรับเสถียรหรือบ่อฝัง (Stabilization Pond) ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon:AL) ระบบแอกติเวตเต็ดสลัดจ์หรือระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge :AS)

7.4.2 ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบติดผิว ใช้จุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตอยู่บนตัวกลางทำการย่อยสลายมลสารต่างๆ ที่อยู่ในน้ำเสียที่ไหลผ่านตัวกลางนั้น ระบบนี้มีหลายชนิดทั้งแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก เมื่อจุลินทรีย์ที่เกาะบนตัวกลางหลุดร่อนออกมา จะทำการแยก

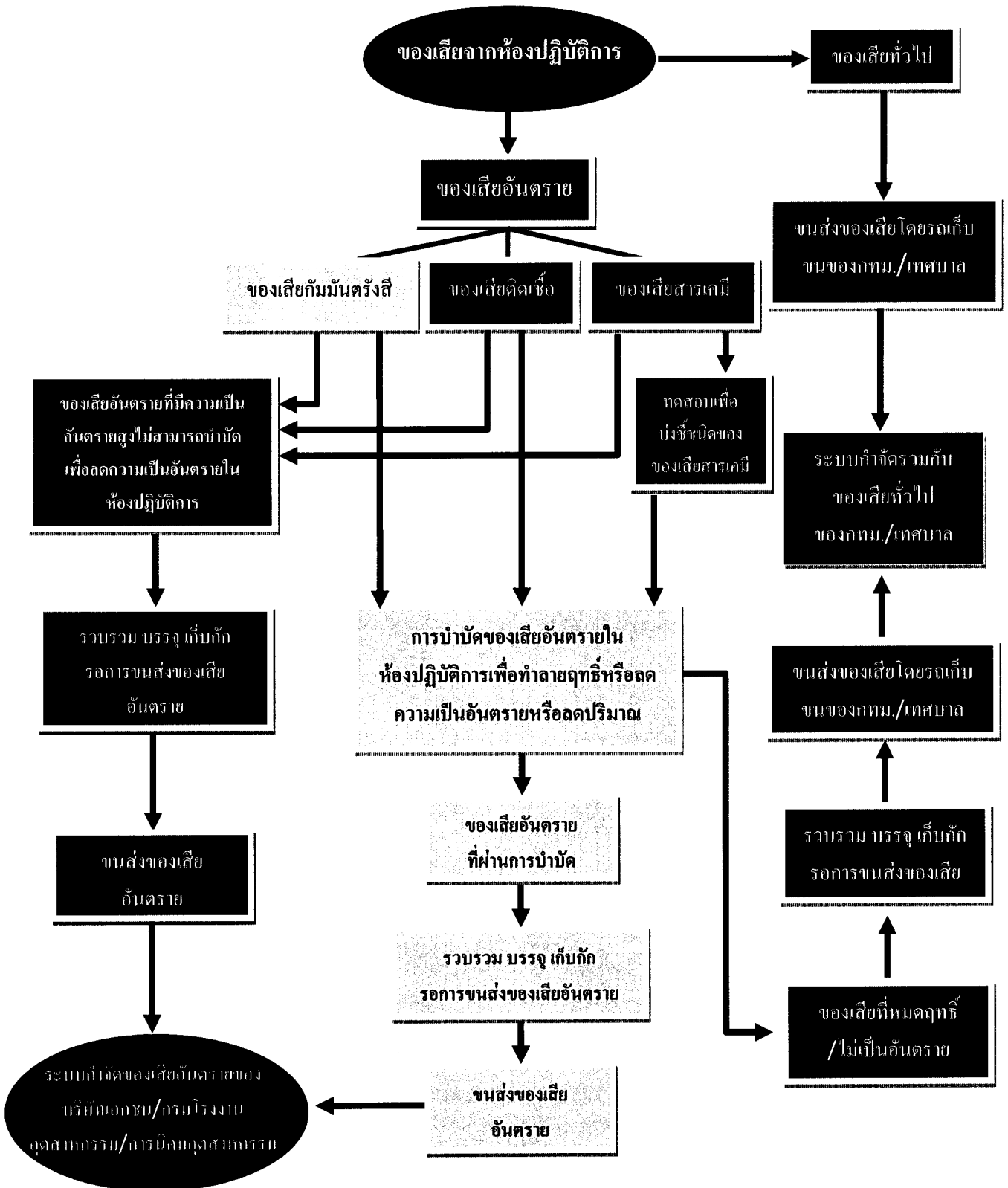
จุลินทรีย์ออกจากน้ำด้วยวิธีการตกตะกอน ได้แก่ ระบบโปรยกรอง(Trickling Filter) ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ(Rotating Biological Contactor: RBC) และระบบติดผิวอื่น ๆ

7.4.3 ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบอื่น ๆ เป็นระบบที่ช่วยเสริมระบบหลักในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นหรือช่วยบำบัดตะกอนที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดหลัก เช่น ระบบแอนแอโรบิก ระบบกึ่งต่อเนื่อง การกำจัดสารอาหาร การฆ่าเชื้อโรคในระบบบำบัดน้ำเสีย

8. ทฤษฎีการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทดสอบทางเคมี

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทดสอบทางเคมีส่วนใหญ่เกิดจากน้ำที่ส่งมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการผสมกับสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีต่าง ๆ ซึ่งมักมีลักษณะที่มีความเป็นกรดหรือเป็นด่างสูง มีโลหะหนักปนเปื้อน บางกรณีเช่นน้ำตัวอย่างเป็นน้ำทะเลก็จะมีความเค็มในรูปของคลอไรด์สูง ดังนั้นการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทดสอบทางเคมีที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสียข้างต้น โดยมีแนวทางและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

8.1 แนวทางการจัดการในภาพรวม แนวทางการจัดการของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการใด ๆ ลำดับแรกจะต้องมีการสำรวจข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อแยกของเสียออกเป็นประเภทต่าง ๆ ประกอบด้วย กลุ่มของเสียอันตรายและกลุ่มของเสียทั่วไปซึ่งกลุ่มของเสียทั่วไปสามารถส่งไปกำจัดยังระบบกำจัดของหน่วยงานท้องถิ่น แนวทางนี้จะช่วยลดปริมาณและค่าใช้จ่ายในการกำจัด ของเสียอันตรายจะทำการแยกประเภทย่อยออกเป็น 3 ประเภทคือ ของเสียสารเคมี ของเสียติดเชื้อ และของเสียกัมมันตรังสีซึ่งของเสียเหล่านี้ต้องพิจารณาว่าสามารถบำบัดเพื่อทำลายฤทธิ์หรือลดความเป็นอันตรายในห้องปฏิบัติการได้หรือไม่ถ้าดำเนินการได้ จะได้ของเสียอันตรายที่หมดฤทธิ์หรือไม่เป็นอันตราย ให้ทำการรวบรวม บรรจุ เก็บกัก และขนกำจัดให้ถูกวิธีร่วมกับระบบกำจัดของเสียทั่วไปของหน่วยงานท้องถิ่น หากยังคงเป็นของเสียอันตรายอยู่ แต่อาจมีปริมาณลดลงหรือลดความเป็นอันตรายลง หรือยังคงมีอันตรายสูง ให้รวบรวม บรรจุ เก็บกัก และขนกำจัดด้วยความระมัดระวังตามวิธีการกำจัดของเสียอันตรายแต่ละประเภทที่ถูกต้อง ภาพที่ 2.1 ได้แสดงแนวทางการจัดการของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการในภาพรวม(กรมควบคุมมลพิษ 2548)



ภาพที่ 2.1 แนวทางการจัดการของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ

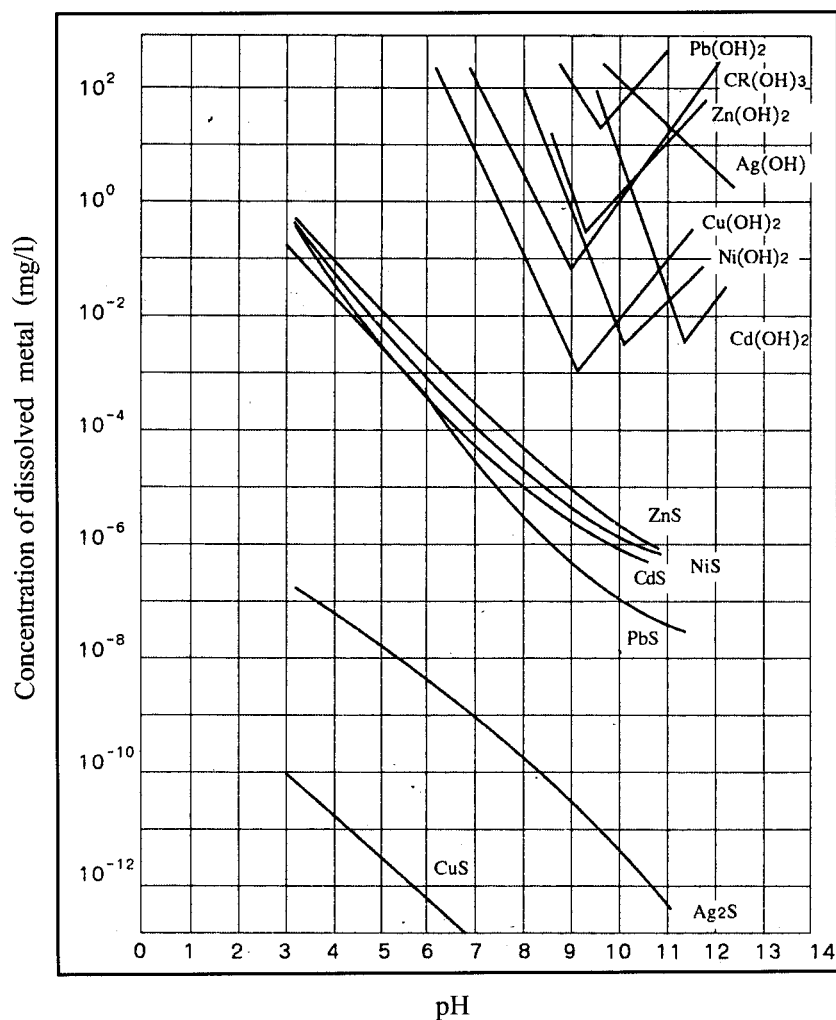
8.2 การบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการที่มีโลหะหนักปนเปื้อน การกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียมีหลายวิธีและขั้นตอน ขึ้นอยู่กับสภาพและปริมาณของน้ำเสียและวัตถุประสงค์ในการบำบัด โลหะหนักเป็นสารมลพิษที่เป็นอันตรายแม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อยโดยมักพบอยู่ในรูปที่มีประจุ $2+$ ได้แก่ Pb^{2+} Zn^{2+} Fe^{2+} Ni^{2+} Cd^{2+} Cu^{2+} และ Mn^{2+} เป็นต้น การกำจัดโลหะหนักมีหลายวิธีวิธีที่ได้ผลวิธีหนึ่ง ได้แก่ วิธีตกตะกอนทางเคมี ยกเว้น โครเมียมในรูปประจุ $6+$ (Cr^{6+}) จะต้องทำการรีดิวซ์ให้อยู่ในรูปประจุ $3+$ (Cr^{3+}) ซึ่งมีความเป็นพิษน้อยลงก่อน อย่างไรก็ตามน้ำเสียที่มีโลหะหนักปนเปื้อนมีแนวทางในการบำบัดโดยใช้วิธีทางเคมี (Chemical Processes) ซึ่งมีหลายวิธีที่น่าสนใจประกอบด้วย 1) การตกตะกอนทางเคมี 2) การสร้างและรวมตะกอนทางเคมี 3) กระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน นอกจากนี้ยังมีวิธีการบำบัดทางเคมี-กายภาพ (Chemical-Physical Processes) ประกอบด้วย 4) การแลกเปลี่ยนประจุ และ 5) การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ดังนี้

8.2.1 การตกตะกอนทางเคมี (Chemical precipitation)

1) หลักการ โลหะหนักแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายน้ำแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับของ pH ดังในภาพที่ 2.2 หรือพิจารณาได้จากค่า K_{sp} ซึ่งในทางทฤษฎีสารประกอบของโลหะหนักที่มีค่า K_{sp} สูงกว่าจะละลายน้ำได้มากกว่า (มันสิน ตัมพุลเวศน์ 2542) นั่นคือเหลืออยู่ในน้ำปริมาณมากกว่า ดังตารางที่ 2.3 น้ำที่มี pH ต่ำโลหะหนักสามารถละลายน้ำได้ดี บางครั้งอาจมีของแข็งแขวนลอยต่ำจนดูเหมือนน้ำใส หรือเห็นเป็นสีอื่น ๆ แต่แท้จริงยังคงมีโลหะปนเปื้อน การเพิ่ม pH จะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของโลหะหนักลดลง ดังนั้นแนวทางนี้จะเป็นกระบวนการเติมสารเคมีเข้าไปเพื่อปรับ pH ทำให้สารโลหะหนักเปลี่ยนสภาพจากที่ละลายในน้ำเสีย (Soluble) ให้อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble) ทำให้สามารถตกตะกอนและกำจัดออกได้ง่ายขึ้น โดยอาศัยกลไกสำคัญ คือ การทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาค การลดความหนาของชั้นตะกอน และการเกาะติดผิวและการเชื่อมกัน

สำหรับการปรับเพิ่ม pH สามารถกระทำได้โดยการเติมสารเคมีประเภทเบส (Base) เช่น ปูนขาว (Lime ; $Ca(OH)_2$) โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟ ($NaOH$) เพื่อให้เกิดเป็นโลหะไฮดรอกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ หรือการตกตะกอนในรูปโลหะซัลไฟด์โดยใช้สารละลายฟอสฟอรัสซัลไฟด์ โซเดียมซัลไฟด์ หรือ โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ อย่างไรก็ตาม โลหะหนักแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายแตกต่างกันที่ระดับ pH แตกต่างกัน ซึ่งการหาระดับ pH และปริมาณการเติมสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับกำจัดโลหะหนักแต่ละชนิดเพื่อได้ผลที่ถูกต้องสำหรับน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดใด ๆ มักกระทำได้โดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งงานทดสอบที่ต้องทำ ได้แก่

การหา Titration Curve ที่เกิดจากการเติมสารเคมีในปริมาณต่าง ๆ และการทำ Jar Test เพื่อหา
ระดับ pH และปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 2.2 ความสามารถในการละลายน้ำของโลหะไฮดรอกไซด์และโลหะซัลไฟด์
ที่ระดับ pH ต่างๆ

ที่มา : ปิติ พูนไชยศรี (2543) “ การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี” ในประมวลสาระชุดวิชา
การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยที่ 6 หน้า 35
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช นนทบุรี

ตารางที่ 2.3 ค่า pK_{sp} และ K_{sp} ของโลหะไฮดรอกไซด์ โลหะซัลไฟด์ และโลหะคาร์บอเนต

ไอออนโลหะ หนัก	โลหะไฮดรอกไซด์		โลหะซัลไฟด์		โลหะคาร์บอเนต	
	pK_{sp}	K_{sp}	pK_{sp}	K_{sp}	pK_{sp}	K_{sp}
Cd^{2+}	13.6	2×10^{-14}	26.1	7.9×10^{-27}	11.3	5×10^{-12}
Co^{2+}	14.8	1.6×10^{-15}	24.7	2×10^{-25}	12.8	1.6×10^{-13}
Cr^{+3}	30.2	6.3×10^{-31}	-	-	-	-
Cu^{2+}	19.7	2×10^{-20}	35.2	6.3×10^{-36}	9.9	1.2×10^{-10}
Hg^{2+}	23.7	2×10^{-24}	51.8	1.6×10^{-52}	16.1	7.9×10^{-17}
Mn^{2+}	12.7	2×10^{-13}	15.2	6.3×10^{-16}	10.7	2×10^{-11}
Ni^{2+}	14.7	2×10^{-15}	20.5	3.2×10^{-21}	8.2	6.3×10^{-9}
Pb^{2+}	14.9	1.2×10^{-15}	27.9	1.2×10^{-28}	13.1	7.9×10^{-14}
Sn^{2+}	27.8	1.6×10^{-28}	25.0	10^{-25}	-	-
Zn^{2+}	16.9	1.2×10^{-17}	22.8	1.6×10^{-23}	10.8	1.6×10^{-11}

ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ (2542)

การเกิดการตกตะกอนทางเคมีจะมีมากน้อยเพียงใดต้องพิจารณาค่า pH หลังจากการเติมสารเคมีและเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้ว ซึ่งโดยทั่วไปค่า pH ที่สูงกว่า 7 จะมีการตกตะกอนที่ได้ผลดี ดังในตารางที่ 2.4 แสดงค่า pH ที่เหมาะสมและชนิดสารเคมีที่เติมเพื่อกำจัดมลสารในน้ำเสีย

ตารางที่ 2.4 ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดมลสารออกจากน้ำเสียด้วยสารเคมีต่าง ๆ

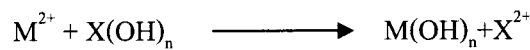
มลสารที่ละลาย อยู่ในน้ำเสีย	สารเคมีที่เติม ผสมลงไป	ค่า pH ที่เหมาะสม	สารเคมี ที่ตกตะกอนได้
Aluminium	Lime	5	Al(OH)_3
Arsenic	Ferric Chloride	8	AsCl_2
Barium	Sodium Sulfate	10	BaSO_4
Cadmium	Lime	9.5-12	Cd(OH)_2
Chromic	Lime	8.0-9.5	Cr(OH)_3
Cupric	Lime	9-10	Cu(OH)_2
Ferric	Lime	7	Fe(OH)_3
Fluoride	Lime	12	CaF_2
Manganese	Lime	10	Mn(OH)_2
Mercury	Sodium Sulfide	8.5	HgS
Nickel	Lime	10	Ni(OH)_2
Phosphorus	Ferric Chloride	7	FePO_4
Plumbic	Lime	6-10	Pb(OH)_2
Selenium	Sodium Sulfide	6.5	SeS_2
Silver	Sodium Chloride	8	AgCl
Stannic	Lime	4-4.5	Sn(OH)_2
Zinc	Lime	5-6	Zn(OH)_2

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2542)

2) *รูปแบบการตกตะกอน* ระบบการตกตะกอนโดยทั่วไป ประกอบด้วย ขั้นตอนกระบวนการทางเคมี คล้ายกับการสร้างและรวมตะกอน(ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 8.2.2) คือ เริ่มจากการกวนเร็วเพื่อผสมสารเคมีให้เข้ากันกับน้ำเสีย ตามด้วยการกวนช้าเพื่อให้เกิดตะกอนขนาดใหญ่ จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการตกตะกอนต่อไป Wentz (1970) ได้จำแนกการบำบัดน้ำเสีย โดยวิธีการตกตะกอนทางเคมีออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

(1) *การตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์(Hydroxide Precipitation)*

การตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์ เป็นตกตะกอนโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์เติมลงไปเพื่อทำปฏิกิริยาดังสมการต่อไปนี้

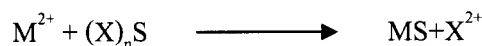


เมื่อ	M^{2+}	คือ	โลหะไอออน
	X	คือ	ธาตุหมู่ 1 หรือธาตุหมู่ 2
	n	คือ	จำนวนอะตอมของไฮดรอกซีไอออน

ช่วง pH ที่โลหะในน้ำเสียดกตะกอนในรูปนี้ได้ดี คืออยู่ในช่วง pH 8-11 เมื่อผ่านกระบวนการเสร็จสิ้นแล้ว จะมีโลหะที่หลงเหลืออยู่น้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(2) *การตกตะกอนในรูปของซัลไฟด์(Sulfide Precipitation)* สำหรับการ

ตกตะกอนรูปของซัลไฟด์ จะใช้สารเคมีที่เป็นสารประกอบซัลไฟด์ เช่น โซเดียมซัลไฟด์ (NaS_2) โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ ($NaHS$) เติมลงไปลงในน้ำเสีย โดยมีปฏิกิริยาแสดงดังสมการ



โดยทั่วไปโลหะซัลไฟด์มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยกว่าโลหะไฮดรอกไซด์มาก ข้อดีประการหนึ่ง พบว่า ปฏิกิริยาสร้างตะกอนแข่งกับซัลไฟด์ไม่ขึ้นอยู่กับค่า pH แต่มีข้อเสีย คือตะกอนซัลไฟด์ของโลหะหนักมักมีขนาดเล็กและเกิดฟล็อก (Floc) เล็กมาก ทำให้ตกตะกอนได้ยาก นอกจากนี้ปฏิกิริยาที่เกิดจากสารประกอบซัลไฟด์อาจทำให้เกิดก๊าซพิษ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในขณะที่เคราะห์จึงต้องควบคุมให้มีระดับ pH สูงกว่า 8 เพื่อป้องกันการเกิดก๊าซดังกล่าว ข้อเสียอีกประการคือ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังคงมีซัลไฟด์หลงเหลืออยู่

การกำจัดโลหะหนักด้วยปูนขาวหรือโซดาไฟจึงยังคงได้รับความนิยมมากกว่าการใช้สารเคมีตัวอื่น ๆ (มันลิน ตันทูลเวศม์ 2542)

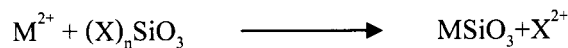
(3) การตกตะกอนในรูปของคาร์บอเนต(Carbonate Precipitation)

การตกตะกอนโลหะบางชนิดในรูปของคาร์บอเนตให้ผลดีกว่าการตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ เช่น แคลเซียมและตะกั่ว เนื่องจากสามารถทำได้ในระดับ pH ที่ต่ำกว่า การตกตะกอนของแคลเซียมและตะกั่วในรูปของคาร์บอเนตเกิดขึ้นที่ pH ประมาณ 7.8-8.5 ในขณะที่การตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์ต้องควบคุม pH ให้อยู่ที่ระดับประมาณ 10 หรือมากกว่า สำหรับสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนในรูปคาร์บอเนต ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ดังสมการ



(4) การตกตะกอนในรูปของซิลิเกต(Silicate Precipitation) สารเคมีที่ใช้

ในการตกตะกอนในรูปซิลิเกต ได้แก่ โซเดียมเมตตาซิลิเกต(Na_2SiO_3) โซเดียมซิลิเกต($\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$) หรือแคลเซียมเมตตาซิลิเกต(CaSiO_3) โดยมีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังสมการ



(5) การตกตะกอนเคมีในรูปของโพลิเมอร์(Polymer Precipitation) โพลิ-

เมอร์เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ ใช้เป็นสารช่วยในการตกตะกอนที่สามารถนำไปใช้กับตะกอนที่มาจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นแรกและขั้นที่สอง กลไกสำคัญคือ การทำลายประจุและการใช้สารอินทรีย์โพลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาค โดยทั่วไปในการปรับสภาพกากตะกอนที่เกิดจากน้ำเสียชุมชน นิยมใช้สารโพลิเมอร์ประเภทแคทอออนิกก่อนที่จะนำกากตะกอนมาผ่านขบวนการแยกน้ำออกจากกากตะกอน ส่วนกากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการบำบัดทางเคมีนั้นการใช้สารโพลิเมอร์ประเภทแอนไอออนิกจะให้ผลที่ดีกว่าประเภทแคทอออนิก (นิตยา สุโพธิ์เงิน 2541) อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสำคัญของกระบวนการกำจัดโลหะหนักด้วยการตกตะกอนทางเคมี คือการปรับระดับ pH ให้เหมาะสมต่อการตกตะกอนโลหะชนิดนั้น ๆ Eckenfelder (2000) ได้เสนอแนะสารเคมีและวิธีการในการกำจัดโลหะหนักบางชนิดในน้ำเสีย สรุปได้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 Effluent Levels Achievable in Heavy Metals Removal

Metal	Achievable Effluent Concentration, mg/l	Technology
Arsenic	0.05	Sulfide Precipitation with Filtration
	0.005	Ferric Hydroxide Co-precipitation
Barium	0.5	Sulfate Precipitation
Cadmium	0.05	Hydroxide Precipitation at pH 10-11
	0.05	Co-precipitation with Ferric Hydroxide
	0.008	Sulfide Precipitation
Copper	0.02-0.07	Hydroxide Precipitation
	0.01-0.02	Sulfide Precipitation
Mercury	0.01-0.02	Sulfide Precipitation
	0.001-0.01	Alum Co-precipitation
	0.0005-0.005	Ferric Hydroxide Co-precipitation
Nickel	0.12	Hydroxide Precipitation at pH 10
Selenium	0.05	Sulfide Precipitation
Zinc	0.1	Hydroxide Precipitation at pH 11

ที่มา : Eckenfelder, W. Wesley. *Industrial Water Pollution Control*. 2000.

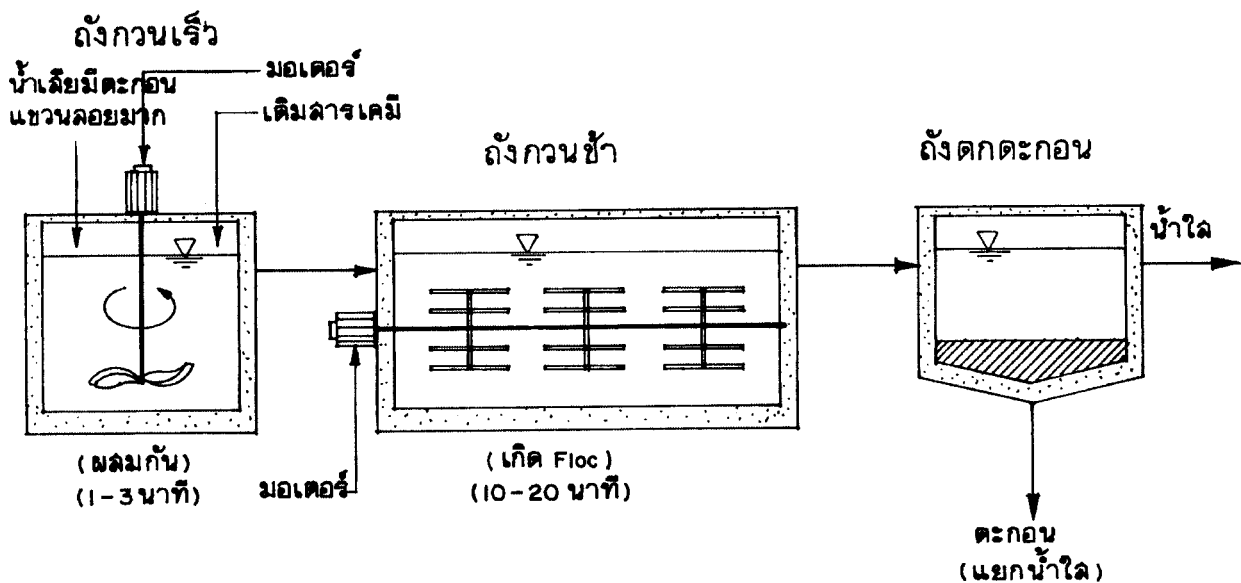
ในกรณีที่มีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นต่อวันไม่มากนัก ดังเช่นน้ำเสียประเภทสารเคมีจากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ การบำบัดโลหะหนักอาจใช้การบำบัดแบบที่ละเทหรือแบบ Batch คือ จัดให้มีถังรองรับน้ำเสีย 2 ถัง แต่ละถังสามารถบรรจุน้ำเสียได้ 1 วัน เมื่อถึงแรกเต็ม (ขณะที่กำลังเติมน้ำเสียในถังที่สอง) ให้ทำการเติมสารเคมีสร้างตะกอนและทำการปรับ pH ที่เหมาะสม จากนั้นปล่อยให้ตกตะกอน แต่ถ้ามีปริมาณน้ำเสียมากจะต้องใช้ระบบบำบัดต่อเนื่องที่จะต้องมีการลงทุนมากขึ้น

8.2.2 การสร้างและรวมตะกอนทางเคมี (Coagulation-Flocculation)

1) หลักการ ลักษณะน้ำเสียในบางครั้งมีของแข็งแขวนลอยสูงมากสังเกตได้จากน้ำที่มีสีขุ่น ซึ่งของแข็งดังกล่าวอาจตกตะกอนได้ง่ายภายในระยะเวลาไม่นาน แต่น้ำเสียบางแหล่งเกือบจะไม่ตกตะกอนเลยแม้ได้ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน การบำบัดน้ำเสียที่มีของสารแขวนลอย

สูงด้วยวิธีทางชีวภาพอาจก่อปัญหาในการควบคุมและอาจทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียล้มเหลวได้ การกำจัดสารแขวนลอยจึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่ควรต้องกระทำก่อนเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว

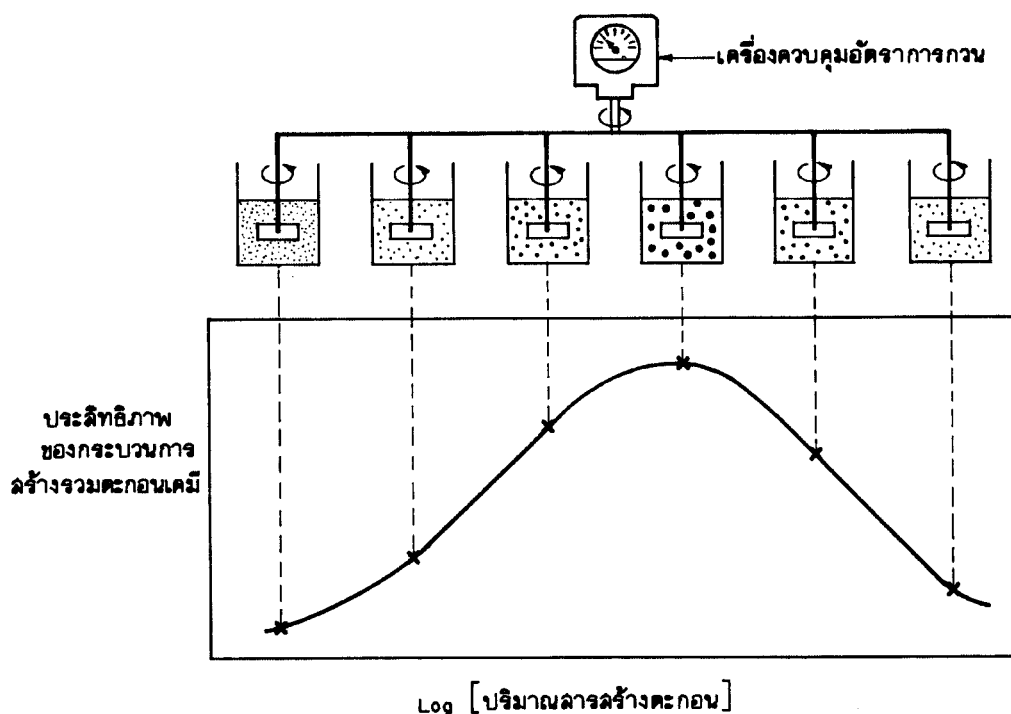
การสร้างและรวมตะกอนทางเคมี เป็นวิธีการทางเคมีเพื่อกำจัดของแข็งแขวนลอยซึ่งตกตะกอนได้ยากด้วยตนเอง ของแข็งลักษณะเช่นนี้มักเรียกว่า คอลลอยด์ (Colloid) ซึ่งมีขนาดเล็กและเบามาก การใช้สารเพื่อสร้างตะกอนให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้ตกตะกอนง่ายขึ้น มี 2 กระบวนการหลัก ดังแสดงในภาพที่ 2.3 คือ ขั้นตอนแรก เป็นการเติมสารเคมีพวกสารสร้างตะกอน (Coagulants) ไปผสมกับน้ำเสียในถังกวนเร็วเพื่อทำให้สารเคมีกระจายไปรวมตัวกับน้ำเสียได้อย่างรวดเร็วทั่วถึง และลดเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์จนเกิดกลุ่มฟล็อก(Floc)ขนาดเล็กจำนวนมาก สารเคมีเหล่านี้ ได้แก่ สารส้ม ปูนขาว เกลือของเหล็ก เป็นต้น ขั้นตอนที่สอง คือ การกวนอย่างช้า ๆ เพื่อให้เกิดสภาพรวมตะกอน (Flocculation) ซึ่งกลุ่มฟล็อก(Floc)จะเกิดการเกาะรวมกันจนมีขนาดใหญ่และหนักมากขึ้น กระทั่งสามารถตกตะกอนได้ สาเหตุที่ต้องมีการกวนช้า(Slow mixing) เพื่อไม่ให้สภาพการเกาะกันเกิดการแตกหลุดจากกัน และมีการรวมตัวกันได้มากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.3 กระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี(Coagulation-Flocculation Process)

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์ (2542)

สำหรับ การหาปริมาณสารสร้างตะกอน(Coagulants) ที่ต้องใช้ในการสร้างรวมตะกอน จำเป็นต้องทำการทดลองเนื่องจากเป็นปฏิกิริยาก่อนข้างซับซ้อน วิธีการหนึ่งได้แก่ การทำจาร์เทสต์(Jar Test) ซึ่งเป็นชุดการจำลองการตกตะกอน ประกอบด้วยบีกเกอร์ 6 ใบ ที่มีใบพัดในการกวนตัวอย่างน้ำทุกบีกเกอร์พร้อมกัน โดยกำหนดให้มีอัตราเร็วในการกวนเร็ว กวนช้าเหมือนกัน แต่เปลี่ยนค่า pH และปริมาณสาร โคลแอกกูแลนต์ในแต่ละบีกเกอร์ เพื่อหาระดับ pH และปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมต่อการตกตะกอน ดังภาพที่ 2.4

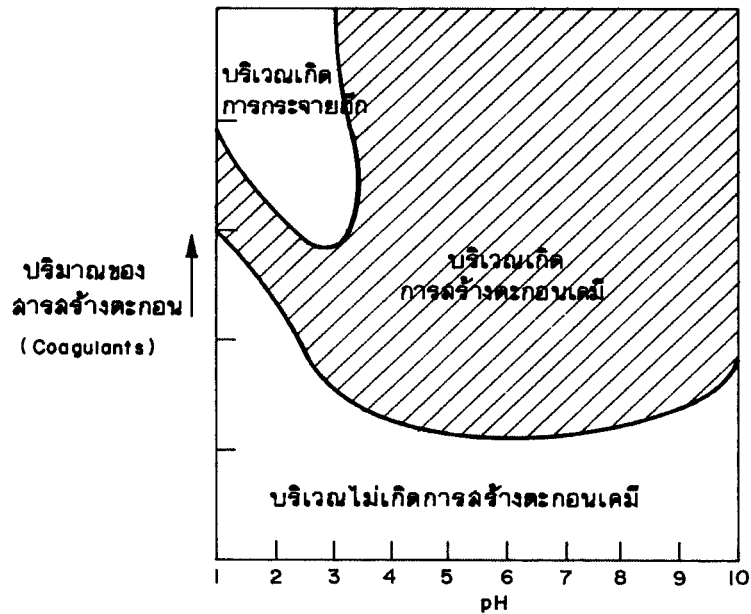


ภาพที่ 2.4 ชุดทดลอง Jar Test และลักษณะผลการทดลองที่ปรากฏโดยทั่วไป

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์ (2542)

2) สารสร้างและสารช่วยสร้างตะกอนและปฏิกิริยาการบำบัดน้ำเสีย สารสร้างตะกอนทางเคมี(Coagulants) ในการบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ เช่น สารส้ม เพอร์ร็อกซัลเฟต เพอร์ริกซอลท์ โซเดียมอลูมิเนต เป็นต้น นอกจากนี้หากต้องการให้ประสิทธิภาพของการสร้างและรวมตะกอนได้ดีจำเป็นต้องมีการเติมสารช่วยสร้างตะกอน(Coagulation Aid) เช่น กรด ค่าง Activated Silica สารโพลีอิเล็กโทรไลต์ (Polyelectrolytes) ดินเหนียว เป็นต้น โดยมีระดับ pH เป็นปัจจัยสำคัญ เพราะหากมีระดับ pH ที่เหมาะสมอาจไม่จำเป็นต้องเติมสารสร้างตะกอนมากเกินไป

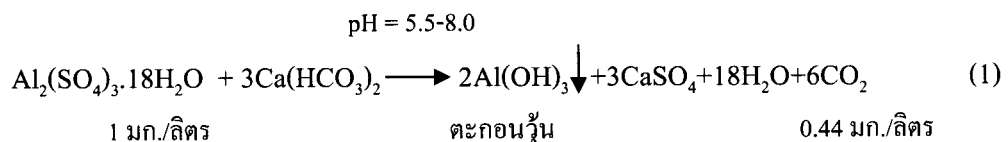
และเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปฏิกิริยา ดังภาพที่ 2.5 โดยสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอนและปฏิกิริยาการบำบัดน้ำเสีย (เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ 2542) มีรายละเอียดดังนี้



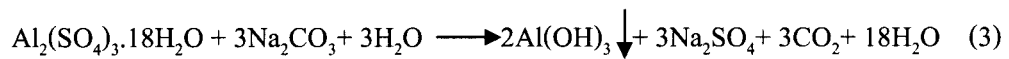
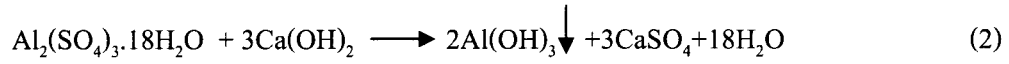
ภาพที่ 2.5 ผลของระดับ pH ที่มีต่อกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (2542)

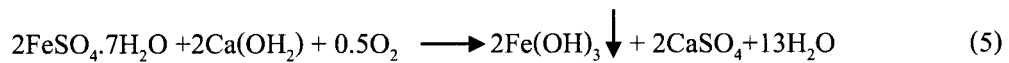
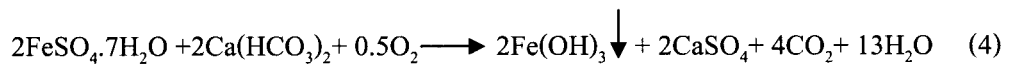
(1) สารส้ม หรือสาร Aluminium Sulfate เป็นสารสร้างตะกอนที่นิยมใช้กันมากที่สุด มีสูตรเคมีคือ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 666.7 มีทั้งที่อยู่ในสภาพเป็นก้อน ผงหรือของเหลว เมื่อสารส้มทำปฏิกิริยากับน้ำเสีย ซึ่งถ้ามีสภาพเป็นด่าง (Alkalinity) จะเกิดตะกอนวุ้นรูปร่างคล้ายหัวเข็มหมุดของ $Al(OH)_3$ (Aluminium Hydroxide) ดังสมการ(1) คือเมื่อสารส้ม 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับน้ำเสียจนลดปริมาณด่าง (Alkalinity) 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของ $CaCO_3$ และเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ 0.44 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CO_2



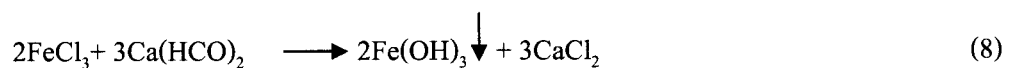
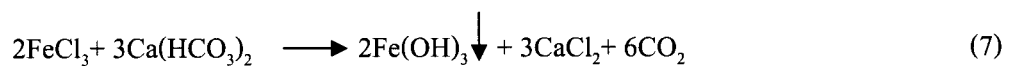
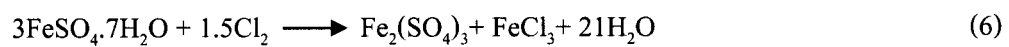
ถ้าน้ำเสียไม่มีสภาพต่าง จำเป็นต้องเติมต่างผสมลงไปเพื่อเพิ่มสภาพต่างในน้ำเสีย เช่น เติม ปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) หรือพวก Soda ash (Na_2CO_3) ดังแสดงในสมการที่ (2) และ (3)



(2) *Ferrous Sulfate* หรือเรียกว่า Copperas มีลักษณะผลึกสีเขียวแห้ง สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำเสียที่มีสภาพต่าง (Alkalinity) ได้แต่ค่อนข้างช้ามาก ทำให้จำเป็นต้องใช้ปูนขาวเติมผสมลงมาเพื่อเพิ่มค่า pH ขึ้นจนเกิดตะกอนของ Ferric Hydroxide ดังแสดงในสมการ (4) และ (5)



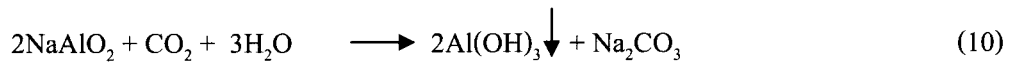
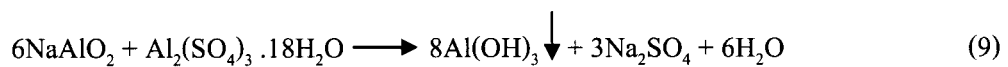
ถ้าน้ำสาร Ferrous Sulfate ผสมกับคลอรีนจะทำให้ได้สาร $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ และสาร FeCl_3 หลังจากนั้นจึงนำไปผสมกับน้ำเสียที่มีสภาพต่างอยู่แล้วหรือมีปูนขาวผสมลงไปช่วย เพื่อเพิ่มค่าสภาพต่าง ซึ่งจะได้ตะกอนของ Ferric Hydroxide ดังแสดงในสมการ (6) ถึง (8)



(3) *Ferric Salts* ที่นิยมใช้ทั่วไปคือ Ferric Sulfate และสาร Ferric Chloride ซึ่งเป็นสารสร้างตะกอนเคมี ดังที่ได้แสดงไว้แล้วในสมการ (7) และ (8) ข้อดีของ Ferric Salts มีดังต่อไปนี้

- ก. สามารถสร้างรวมตะกอนเคมีได้ดีในช่วง pH 4 ถึง 9
- ข. ตะกอนเคมีของ Ferric จะมีน้ำหนักมากพอสมควรทำให้มีการตกตะกอนได้ดี
- ค. สามารถกำจัดสีของน้ำเสียได้พอสมควร

(4) *Sodium Aluminate* เป็นสารที่อาจใช้ผสมกับสารส้มหรือผสมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อให้เกิดตะกอนของ Aluminum Hydroxide โดยไม่ต้องใช้ปูนขาวหรืออื่น ๆ เพื่อเพิ่มค่าสภาพด่างในน้ำเสียดังแสดงในสมการ (9) และ (10)



(5) *ด่างและกรด* พวกด่างและกรดเป็นสารเคมีที่ช่วยในการปรับ pH ให้ได้ค่า pH ที่อยู่ในช่วงเหมาะสมสำหรับกระบวนการสร้างรวมตะกอนทางเคมี สารจำพวกด่างได้แก่ ปูนขาว NaOH Na_2CO_3 เป็นต้น สารจำพวกกรดได้แก่ กรดซัลฟูริก กรดฟอสฟอริก เป็นต้น ซึ่งจัดเป็นสารช่วยสร้างตะกอน

(6) *Activated Silica* เป็นสารช่วยสร้างตะกอนอีกสารหนึ่ง มีคุณสมบัติเป็นประจุลบ(-) ทำหน้าที่ช่วยให้ตะกอนที่ถูกสร้างตะกอนทางเคมีรวบรวมมีขนาดใหญ่กว่าเมื่อไม่ใช้พวก Activated Silica เนื่องจาก Activated Silica ไปเกาะติดกับพวกโลหะไฮดรอกไซด์ ทำให้ตะกอนมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากขึ้น สาร Activated Silica ยังช่วยลดปริมาณการใช้ของสารสร้างตะกอนลงด้วย

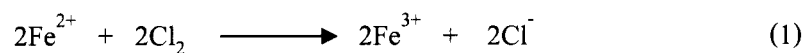
(7) *Polyelectrolytes* สารนี้จะมีอยู่ในสามลักษณะ คือ สารที่มีประจุลบ คือ สาร Anionic Polyelectrolytes สารที่มีประจุบวก คือ สาร Cationic Polymers และสารที่มีทั้งประจุลบและประจุบวก คือ Polyamphotytes สาร Polyelectrolytes ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดตะกอนทางเคมีได้เร็ว โดยอาศัยการดูดซับ(Adsorption) การสะเทิน(Neutralization) และการเชื่อมต่อกัน (Interparticle Bridging) ซึ่งเป็นสารช่วยสร้างตะกอนอีกสารหนึ่ง

(8) *ดินเหนียว* เป็นตัวช่วยเพิ่มน้ำหนักของตะกอนฟล็อก(Floc) ที่ได้ใช้สารสร้างตะกอนเคมี ซึ่งส่งผลให้มีการตกตะกอนได้เร็ว ซึ่งเป็นสารช่วยสร้างตะกอนอีกสารหนึ่ง

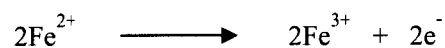
8.2.3 กระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน(Oxidation-Reduction)

1) หลักการ การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน เป็นการเติมสารเคมีเพื่อไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน(การถ่ายเทอิเล็กตรอน) - รีดักชัน(รับอิเล็กตรอน)กับสารมลพิษในปริมาณที่พอเหมาะและมีระยะเวลาเพียงพอในการทำปฏิกิริยา เพื่อเปลี่ยนสารที่มีพิษให้อยู่ในรูปของสารที่มีพิษน้อยลงหรือไม่มีพิษ หรือเปลี่ยนจากสารที่ย่อยสลายยากให้อยู่ในรูปที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายและเร็วขึ้น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน หรือปฏิกิริยารีดอกซ์(Redox) แยกออกเป็น 2 ขั้นตอน/ครึ่งปฏิกิริยา ดังนี้

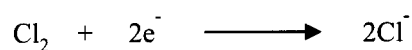
ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง เฟอร์ริกไอออน (Fe^{2+}) กับคลอรีน (Cl_2) ได้เป็นเฟอร์รัสไอออน (Fe^{3+}) และคลอรีนไอออน (Cl^-) ดังสมการ



(1) ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน(Oxidation) เป็นครึ่งปฏิกิริยาที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนของสารที่ให้อิเล็กตรอนซึ่งเรียกว่าสารรีดักแทนต์(Reductant หรือ Reducing Agent) จากสมการ เฟอร์ริกไอออนเป็นสารรีดักแทนต์ถูกออกซิไดซ์ไปเป็นเฟอร์รัสไอออน โดยครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันแสดงดังสมการ



(2) ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน(Reduction) เป็นครึ่งปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน และเรียกสารที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนว่า สารออกซิแดนต์(Oxidant หรือ Oxidising Agent) จากสมการ(1) สรุปได้ว่า คลอรีนเป็นสารออกซิแดนต์(ตัวรับอิเล็กตรอน)หรือกล่าวได้ว่า คลอรีนถูกรีดิวซ์ไปเป็นคลอไรด์ไอออน โดยมีครึ่งปฏิกิริยารีดักชันแสดงดังสมการ



ทั้งนี้พารามิเตอร์หนึ่งที่บอกว่าสารใดมีแนวโน้มที่จะเป็นตัวให้หรือรับอิเล็กตรอน ได้แก่ค่า Oxidation Reduction Potential (ORP) ซึ่งเป็นค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า มีค่าอยู่ในช่วง -1,400 ถึง 1,400 มิลลิโวลต์ โดยสารที่มีค่า ORP เป็นบวกจะมีแนวโน้มที่รับอิเล็กตรอน

ได้มากกว่า ขณะที่สารที่มีค่า ORP เป็นลบจะมีแนวโน้มให้อิเล็กตรอนมากกว่า ตัวอย่างเช่น น้ำธรรมชาติซึ่งมีออกซิเจนละลายอยู่นั้นจะมีค่า ORP เป็นบวก เนื่องจากออกซิเจนมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิแดนท์หรือตัวรับอิเล็กตรอนที่ดี ในทางกลับกันค่า ORP ของน้ำเสียซึ่งมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มากจะมีค่าเป็นลบ เนื่องจากสารอินทรีย์ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นสารรีดักแทนท์ที่ดี

2) การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน

(1) เปลี่ยนสารที่ย่อยสลายได้ยากให้อยู่ในรูปที่ย่อยสลายง่ายและเร็วขึ้น

สารเคมีบางอย่าง เช่น สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ หรือมีโครงสร้างเป็นวงจะย่อยสลายยาก กระบวนการบำบัดทางชีวภาพจึงอาจไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงมีการเติมสารออกซิแดนท์เข้าไปเพื่อสลายพันธะ โดยกลไกอาจมีหลายชั้น ตัวอย่างเช่น เมื่อฟีนอลถูกออกซิไดซ์ด้วยโอโซน จะเกิดสารตัวกลางมากกว่า 22 ชนิดและมีกลไกการเปลี่ยนแปลงเป็นโครงสร้างที่ย่อยสลายได้มากขึ้นตามลำดับ ดังนี้

ก. เปลี่ยนจากแอลกอฮอล์เป็นอินทรีย์และกรดอินทรีย์

ข. ออกซิเจนเข้าไปแทนที่ใน Aromatic Ring และ

ค. สลายพันธะคู่ของคาร์บอน

ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิแดนท์ที่เดิม ระยะเวลาที่ทำปฏิกิริยาและลักษณะน้ำเสีย อย่างไรก็ตาม การออกซิไดซ์สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยากส่วนใหญ่จะมีผลไปลดค่า COD และทำให้ค่า BOD เพิ่มขึ้น หรืออัตราส่วนระหว่างค่า BOD ต่อ COD เพิ่มขึ้น

(2) เปลี่ยนสารที่เป็นพิษให้มีพิษน้อยลงหรือไม่มีพิษ ตัวอย่างเช่น เมื่อ

สารพิษไซยาไนด์(CN⁻) ถูกออกซิไดซ์ด้วยคลอรีน จะเปลี่ยนรูปไปเป็นไซยาเนต(CNO⁻) ซึ่งมีความเป็นพิษน้อยกว่าไซยาไนด์ถึง 1,000 เท่า หรือเมื่อโครเมียมอยู่ในรูปที่มีวาเลนซ์ 6+ (Cr⁶⁺) จะมีความเป็นพิษมาก แต่ถ้าเปลี่ยนไปเป็นรูปที่มี วาเลนซ์ 3+ (Cr³⁺) ด้วยกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน เป็นต้น

(3) กำจัดกลิ่นและสี นอกจากจะใช้กระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชันเพื่อ

วัตถุประสงค์ทั้งสองข้างต้น ยังมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการออกซิไดซ์ซัลเฟอร์(H₂S , SO₄²⁻) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นและการออกซิไดซ์สีที่ปนเปื้อนในน้ำเสียด้วย

ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชันทางเคมี คล้ายกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีโดยทั่วไป กล่าวคือ ประกอบด้วยระบบการป้อนสารเคมีลงไปในน้ำเสีย และระบบการตรวจวัดและควบคุมลักษณะน้ำเสีย เช่น pH ความเข้มข้นสารเคมี เป็นต้น กรณีที่สารมลพิษมีความเข้มข้นต่ำ และปริมาณน้ำเสียไม่มากนัก ก็อาจกระทำได้ในถังผสมโดยไม่ต้องมีระบบซับซ้อน แต่ถ้ามีสารมลพิษปริมาณมาก ๆ ก็อาจต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา(Catalyst) หรือควบคุมความดันและอุณหภูมิให้สูงขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้นและเร็วขึ้น เช่น กระบวนการ Wet air oxidation(WAO) เป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้กันโดยทั่วไปในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทที่มีความเป็นพิษ หรือย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก

3) สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน

(1) สารออกซิแดนท์ เป็นสารที่ออกซิไดซ์หรือรับอิเล็กตรอนจากสารพิษที่ต้องการบำบัด ได้แก่ โอโซน (O_3) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(H_2O_2) โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) คลอรีน(Chlorine)

(2) สารรีดักแทนท์ เป็นสารเคมีที่รีดิวซ์หรือให้อิเล็กตรอนแก่สารมลพิษที่ต้องการกำจัด ได้แก่ เฟอร์รัสซัลเฟต($FeSO_4$) โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์($NaHSO_3$)หรือเติมโซเดียมไบซัลไฟด์($Na_2S_2O_3$) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์(SO_2)

4) ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน ปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ในกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการดังนี้

- (1) ชนิดและปริมาณของสารมลพิษที่จะกำจัด
- (2) ประสิทธิภาพ ปริมาณ ราคาของสารออกซิแดนท์และรีดักแทนท์
- (3) วิธีการเตรียม การป้อนสารเคมีลงไปในระบบบำบัด
- (4) ความปลอดภัยและ By-product ที่เกิดจากปฏิกิริยา
- (5) ปริมาณและลักษณะของน้ำเสียที่ต้องการบำบัด เช่น pH เป็นต้น

ดังนั้น วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้สารออกซิแดนท์และสารรีดักแทนท์ที่เหมาะสม จึงควรนำตัวอย่างน้ำเสียมาทดลองหาปริมาณสารเคมีที่ใช้กับประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษที่ต้องกำจัดในห้องปฏิบัติการ

8.2.4 วิธีการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) เป็นกระบวนการแยกสิ่งสกปรกที่อยู่ในรูปอนุภาคมีประจุ(Ion) ในน้ำเสียออกมาโดยใช้สารแลกเปลี่ยนประจุ(Ion Exchanger) ในกรณีที่มีสิ่งสกปรกในรูปของประจุมากแต่มีความสกปรกในรูปอื่นน้อยซึ่งการบำบัดด้วยวิธีอื่น

ไม่เหมาะสม เช่น น้ำเสียที่มีประจุของโลหะหนักชนิดต่าง ๆ อาทิ Ni, Cr, Zn เป็นต้น แต่วิธีนี้ไม่ค่อยมีการนำมาใช้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียมากนัก โดยมักจะนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำใช้ของโรงงานที่ต้องการน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง

1) สารแลกเปลี่ยนประจุ สามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ

(1) ซีโอไลต์ (Zeolite) เป็นสารประกอบอนินทรีย์ใช้แลกเปลี่ยนกับประจุบางชนิด เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} และ NH_4^+ เป็นต้น

(2) เรซิน (Resin) เป็นสารแลกเปลี่ยนประจุที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดในปัจจุบัน สังเคราะห์ขึ้นจากโพลีเมอร์ วิธีที่ใช้เรซินในการแลกเปลี่ยนประจุโดยการใส่เรซิน ประจุลบ (Anion Resin) บรรจุอยู่ในถังและปล่อยให้ น้ำเสียไหลผ่าน โลหะต่าง ๆ ในน้ำเสียในรูปของไอออนที่มีประจุบวกจะถูกแลกเปลี่ยนกับ H^+ ของเรซิน ทำให้น้ำทิ้งที่เกิดขึ้นไม่มีโลหะหนัก เนื่องจากเรซิน ได้เก็บไอออนโลหะไว้รอกำจัดอย่างถูกวิธี หรือหากมีการล้างฟื้นฟูสภาพเรซิน จำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำที่ถูกใช้ในการล้างฟื้นฟูสภาพเรซินนี้ (มันส์ ดัชนีอุตสาหกรรม 2542) ซึ่งการบำบัดโดยวิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

2) ขั้นตอนการทำงานของวิธีการแลกเปลี่ยนประจุ มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การแลกเปลี่ยนประจุ (Service) เป็นช่วงที่น้ำเสียไหลผ่านชั้นของสารแลกเปลี่ยนประจุ เช่น เรซิน ซึ่งไอออนในน้ำเสียจะเข้าไปเกาะกับเรซินแทนประจุแลกเปลี่ยนของเรซิน

(2) การล้างย้อน (Backwash) เมื่อมีการแลกเปลี่ยนไประยะหนึ่งจะทำให้เกิดการอุดตันของชั้นของสารแลกเปลี่ยนประจุ สาเหตุมาจากสารแขวนลอยที่มากับน้ำเสีย จึงจำเป็นต้องมีการล้างย้อนเพื่อกำจัดสารแขวนลอยออก ซึ่งการล้างย้อนยังช่วยป้องกันไม่ให้อนุภาคของสารแลกเปลี่ยนประจุจับตัวกันเป็นก้อนอีกด้วยและทำให้เกิดการเรียงตัวใหม่ที่จะช่วยมีการกระจายน้ำผ่านได้อย่างสม่ำเสมออีกด้วย

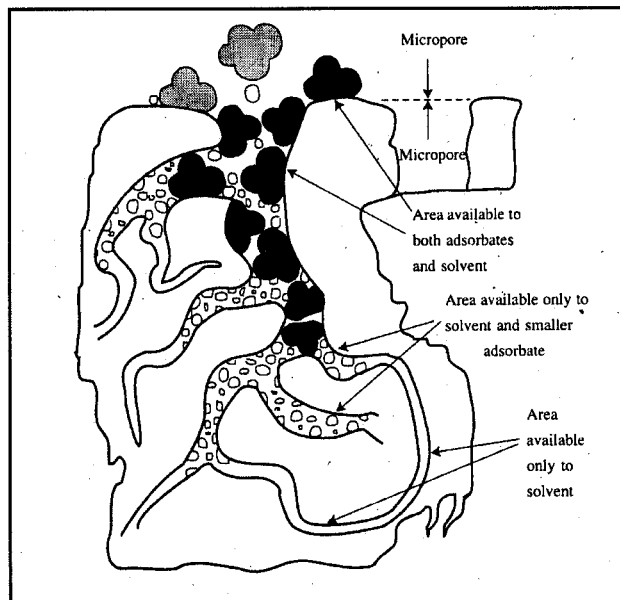
(3) การฟื้นฟูสภาพ (Regeneration) เมื่อสารแลกเปลี่ยนประจุ เช่น เรซินมีการแลกเปลี่ยนจน ไอออนที่ใช้แลกเปลี่ยน (Na^+) หมดไป เรซินนั้นจะหมดความสามารถแลกเปลี่ยนประจุชั่วคราว จึงต้องทำการฟื้นฟูสภาพใหม่ โดยการกำจัดไอออนที่แลกเปลี่ยนมาจากรน้ำ แล้วทำการเติมไอออนที่ใช้แลกเปลี่ยนให้กับเรซินใหม่ สารที่ใช้เติมไอออน เรียกว่า Regenerant เช่น NaCl ซึ่งใช้ในการเติม Na^+ หรือ Cl^- ให้กับเรซิน ส่วนจะเป็นการเติมตัวใดนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของเรซิน

(4) การชะล้างสารเคมี(Rinse) เป็นขั้นตอนต่อจากการฟื้นฟู โดยเป็นการล้างสาร Regenerant ออกด้วยน้ำสะอาด โดยจะทำการล้าง 2 ลักษณะต่อเนื่อง คือ

ก. ชะล้างแบบช้า(Slow Rinse) โดยการปล่อยน้ำสะอาดไหลผ่านชั้นสารแลกเปลี่ยนประจุในอัตราเท่ากับอัตราการทำ Regeneration ซึ่งทำให้สาร Regenerant ที่ตกค้างจำนวนมากถูกชะล้างออกมา

ข. ล้างแบบเร็ว(Fast Rinse)การปล่อยน้ำไหลผ่านชั้นสารแลกเปลี่ยนในอัตราสูงขึ้น โดยทั่วไปจะใช้อัตราเร็วเท่ากับอัตราการแลกเปลี่ยนประจุ ซึ่งทำให้สาร Regenerant ที่ตกค้างเพียงเล็กน้อยถูกชะล้างออกมา

8.2.5 การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ เป็นการแยกสิ่งสกปรกทั้งในรูปสารอินทรีย์และอนินทรีย์ออกจากน้ำเสียโดยการให้น้ำเสียสัมผัสกับผิวของถ่านกัมมันต์(Activated carbon)ซึ่งเป็นตัวดูดซับ(Adsorbent) ถ่านกัมมันต์มี 2 แบบ ได้แก่แบบเม็ดหรือแบบเกล็ดและแบบผง ถ่านกัมมันต์เกิดจากการเผาของแข็งอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูง เช่นไม้ กระจุกสัตว์ ถ่านหินบางชนิด โดยจะมีรูพรุนจำนวนมาก ซึ่งพื้นที่ผิวและรูพรุนจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับสิ่งสกปรกในน้ำเสีย โครงสร้างของถ่านกัมมันต์ดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ลักษณะโครงสร้างของถ่านกัมมันต์

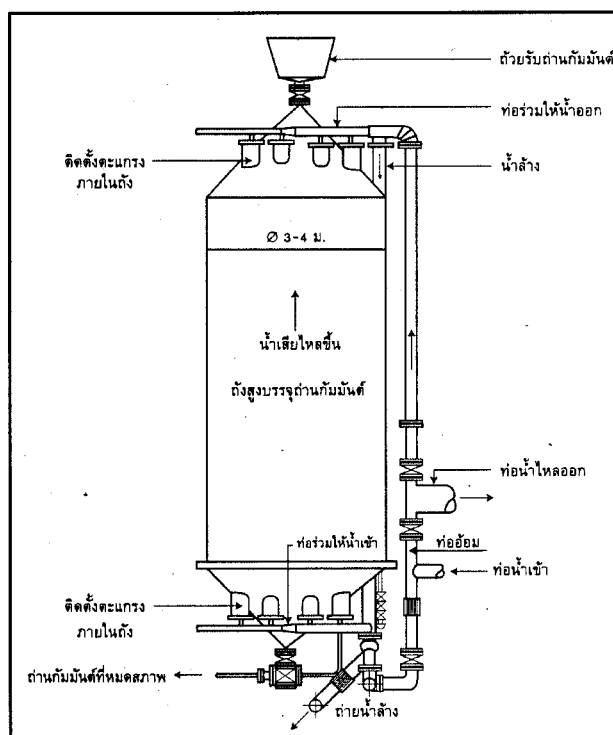
ที่มา : สมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ (2543) “การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพและเคมี-กายภาพ”

ในประมวลสาระชุดวิชา การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยที่ 5
หน้า 257 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี

กลไกการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ มี 3 ขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

- 1) การเคลื่อนย้ายเชิงมหภาค(Macrotransport) เป็นการเคลื่อนที่ของสารถูกดูดซับผ่านน้ำเข้าสู่พื้นที่ผิวของสารดูดซับ
- 2) การเคลื่อนย้ายเชิงจุลภาค(Microtransport) เป็นการแพร่กระจายของสารถูกดูดซับเข้าหาช่องว่างภายในหรือรูพรุนของพื้นที่ผิวสารดูดซับ
- 3) การดูดซับ(Adsorption) เป็นการเกาะยึดติดกันระหว่างสารถูกดูดซับและสารดูดซับ โดยอาศัยแรงทั้งกายภาพและทางเคมี(Physicochemical force)

การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย มักจะใช้ต่อจากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น เช่น ลดค่า BOD COD ให้ต่ำลง การลดค่าสีในน้ำทิ้งก่อนระบายออกนอกโรงงาน สำหรับตัวอย่างโครงสร้างระบบดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่าง โครงสร้างการทำงานของระบบดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

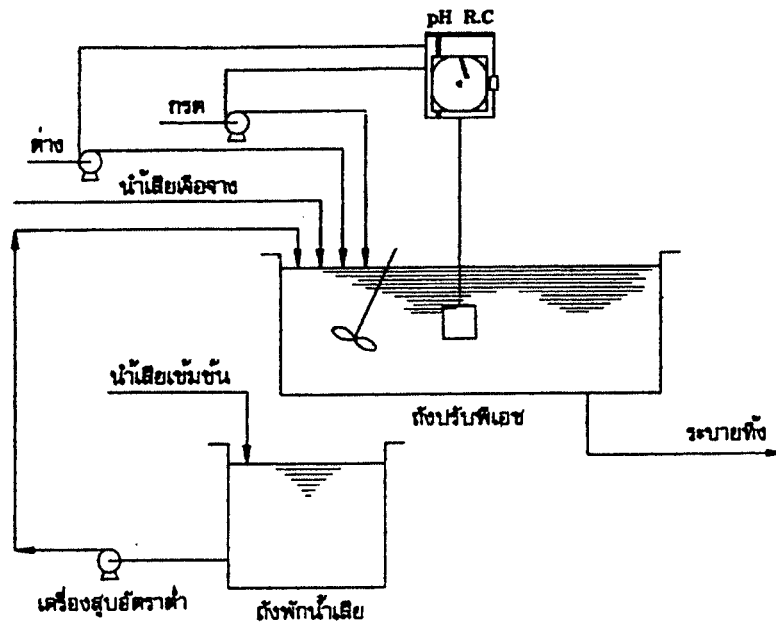
ที่มา : สมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ (2543) “การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพและเคมี-กายภาพ”

ในประมวลสาระชุตวิชา การจัดการคุณภาพน้ำใน โรงงานอุตสาหกรรม หน่วยที่ 5

หน้า 259 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี

8.3 การบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการที่มีความเป็นกรดหรือด่างแก่

8.3.1 การปรับสภาพความเป็นกรดด่าง (pH Adjustment) โดยทั่วไปน้ำเสียที่ผ่านการทดลองจากห้องปฏิบัติการมักมีความเป็นกรดหรือด่างแก่ ทำให้มีความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเพราะมีฤทธิ์กัดกร่อนและเป็นพิษจากการเจือปนด้วยสารเคมีประเภทต่าง ๆ ดังนั้นการปรับความเป็นกรดด่างจึงมีความสำคัญ โดยเป็นการปรับสภาพน้ำเสียที่มีสภาพความเป็นกรด ($\text{pH} < 7$) ด้วยการเติมด่าง และปรับสภาพน้ำเสียที่มีความเป็นด่าง ($\text{pH} > 7$) ด้วยการเติมกรด เพื่อให้ น้ำเสียมีสภาพความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการบำบัดขั้นต่อไป และเมื่อปล่อยน้ำเสียทิ้งลงสู่แหล่งน้ำก็มีความจำเป็นต้องมีสภาพความเป็นกรดเป็นด่างในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมหรือเทียบได้กับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งหรือแหล่งน้ำ หากปฏิกิริยาระหว่างกรดและด่างทำให้ สารละลายมีสภาพเป็นกลางจะเรียกว่าปฏิกิริยาสะเทิน (Neutralization) โดยมีลักษณะของระบบปรับ pH ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบปรับ pH อย่างอัตโนมัติ

ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2542)

สารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพน้ำเสียที่มีความเป็นกรด คือสารเคมีที่เป็นด่าง ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนตหรือปูนขาว(CaCO_3) โซเดียมคาร์บอเนต (NaCO_3) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH หรือ Caustic soda) เป็นต้น สำหรับสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพน้ำเสียที่มีความเป็นด่าง คือสารเคมีที่เป็นกรด ได้แก่ กรดซัลฟูริก(H_2SO_4) กรดไฮโดรคลอริก(HCl) กรดไนตริก(HNO_3) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) เป็นต้น

สำหรับการที่จะทราบถึงปริมาณสารเคมีที่ต้องการใช้ในการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างนั้น วิธีการหนึ่งคือการไตเตรท คือ ทำการไตเตรทด้วยน้ำเสียที่มีสภาพความเป็นกรดด้วยการเติมด่างลงไป และทำการวัด pH ขณะที้อย ๆ เติมด่างที่ทราบความเข้มข้นจะพบว่าด่างที่เติมลงไปจะทำปฏิกิริยากับกรดในน้ำเสียทำให้น้ำเสียมีค่า pH ค่อยๆ เพิ่มขึ้นหรือมีความเป็นกรดลดลงจนกระทั่งเมื่อด่างทำปฏิกิริยากับกรดหมดพอดีน้ำเสียก็จะมีสภาพเป็นกลาง($\text{pH} = 7$) แต่ถ้าเติมด่างอีกก็จะทำให้น้ำเสียกลายเป็นด่าง ส่วนการไตเตรทด้วยน้ำเสียที่มีสภาพความเป็นด่างด้วยการเติมกรด มีปฏิกิริยาเป็นไปในทางกลับกัน ทำให้ความเป็นด่างของน้ำเสียค่อยๆ ลดลง จนกระทั่งกรดทำปฏิกิริยากับด่างได้หมดพอดี น้ำเสียจะมีสภาพเป็นกลาง แต่ถ้าเติมกรดเพิ่มเข้าไปอีกจะทำให้น้ำเสียมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น

8.4 การบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการที่มีของแข็งละลายน้ำในปริมาณสูง น้ำเสียที่มีลักษณะดังกล่าวจะมีเกลือละลายอยู่มาก เช่น น้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ด้วยน้ำทะเล โดยพบอยู่ในรูปของสารประกอบคลอไรด์ โดยมีโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นส่วนใหญ่ และมีเกลือของแมกนีเซียม(MgCl_2)ผสมอยู่ด้วย ลักษณะน้ำเสียที่ปรากฏมักจะมีค่า TDS และค่าคลอไรด์สูง นอกจากนี้ น้ำจากแหล่งอื่นก็อาจมีค่าสูงได้เช่นกัน สำหรับคลอไรด์ จัดเป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งเป็นลักษณะทางเคมีของน้ำเสียประเภทหนึ่ง คลอไรด์พบอยู่ทั่วไปในน้ำธรรมชาติมีที่มาจากหลายแหล่ง ดังนี้ (ปีติ พูนไชยศรี 2543)

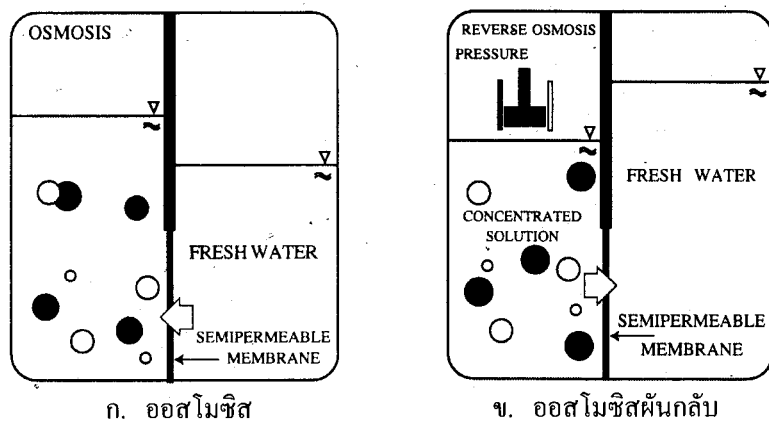
- 1) น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน เกิดจากคลอไรด์ในปัสสาวะคนวันละ 6-9 กรัม
- 2) จากน้ำทะเลซึ่งมีปริมาณคลอไรด์ประมาณ 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 3) คลอไรด์จากผิวดินทั่ว ๆ ไป
- 4) คลอไรด์จากน้ำใต้ดินบริเวณที่มีเกลือสินเธาว์
- 5) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งที่มีคลอไรด์ เช่น โรงงานปลาป่น โรงงานผลิตภัณฑอาหารทะเล เป็นต้น

แหล่งข้างต้นเป็นต้นกำเนิดน้ำเสียที่จะส่งมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แต่ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้างต้นนี้มีการใช้สารเคมีที่อาจมีคลอไรด์หรือสารเคมีในรูปของเกลือสารประกอบคลอไรด์ปนเปื้อนเพิ่มเติม เช่น NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 เป็นต้น ในน้ำที่มีคลอไรด์ปนอยู่ประมาณ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้น้ำมีรสกร่อย ค่อนข้างเค็มทำให้ไม่นิยมดื่ม คลอไรด์ในน้ำมักจะพบอยู่รวมเป็นพันธะเคมีกับ โซเดียม แคลเซียม หรือแมกนีเซียม สำหรับกรณีที่เป็นน้ำทะเลจะมีคลอไรด์ไอออนมากกว่าไอออนชนิดอื่น คือ $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ คลอไรด์ละลายน้ำได้ง่ายและมีเสถียรภาพสูงจึงมักปรากฏในน้ำได้โดยมีปริมาณค่อนข้างคงที่ หากน้ำเสียที่มีคลอไรด์ปนออกมาสู่แหล่งน้ำภายนอกมากจะทำให้ดินเสื่อมสภาพได้ทางหนึ่งซึ่งจะมีผลกระทบต่อผลิตผลทางการเกษตรรวมถึงสัตว์น้ำในแหล่งน้ำบริเวณนั้น

จากการรวบรวมแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียที่มีค่า TDS สูง พบว่า มีวิธีการบำบัดหลายวิธีที่สามารถนำมาประยุกต์ได้ โดยเฉพาะวิธีการบำบัดน้ำเสียทางเคมี-กายภาพ (Chemical-Physical Processes) เหมาะสำหรับสิ่งปนเปื้อนซึ่งมีอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน อนุภาคเหล่านี้จะไม่สามารถแยกออกจากน้ำด้วยกลไกทางกายภาพอย่างง่าย ๆ และหากอนุภาคเหล่านี้เป็นสารที่แบคทีเรียไม่สามารถย่อยสลายได้ การแยกสิ่งปนเปื้อนดังกล่าวออกจากน้ำเสียจำเป็นต้องใช้กลไกหรือกระบวนการทางเคมี-กายภาพที่เหมาะสม จึงจะสามารถแยกอนุภาคออกมาได้ และจากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดคลอไรด์ในน้ำเสียของเอกรินทร์ (2547) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมัน ซึ่งมีคลอไรด์ในระดับสูงถึง 5,500-6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีปริมาณน้ำเสียต่อวันประมาณ 7 ล้านลิตรต่อวัน พบว่า การบำบัดคลอไรด์มีกระบวนการทางเคมี-กายภาพที่เหมาะสม 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการออสโมซิสแบบผันกลับ (Reverse Osmosis) 2) วิธีการแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง (Electrodialysis) และ 3) วิธีการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) ทั้ง 3 วิธีมีประสิทธิภาพในการลดคลอไรด์ได้สูงทำให้ค่า TDS ลดลงมากตามไปด้วย สำหรับหลักการบำบัดของแต่ละวิธีมีดังนี้

8.4.1 วิธีการออสโมซิสแบบผันกลับ (Reverse Osmosis) โดยธรรมชาติ ถ้าหากนำสารละลายเข้มข้นสูงและน้ำบริสุทธิ์มาใส่ภาชนะที่กั้นไว้ด้วย เมมเบรนในระดับที่เท่ากัน เมื่อทิ้งไว้ระยะหนึ่งน้ำจะเคลื่อนที่หรือแพร่ผ่านเมมเบรนจากด้านที่มีความเข้มข้นต่ำไปสู่ด้านที่มีความเข้มข้นสูง กลไกนี้เรียกว่า ออสโมซิส ส่วนแรงดันที่เกิดจากความต่างระดับของน้ำเรียกว่า แรงดันออสโมซิส (Osmotic Pressure) แต่ถ้าหากใช้แรงดันภายนอกที่มีขนาดมากกว่าแรงดันออสโมซิสมากลงบนผิวหน้าด้านที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง จะทำให้น้ำเกิดการเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกับกรณีแรก นั่นคือ เคลื่อนจากด้านที่มีความเข้มข้นสารละลายสูงไปสู่ด้านที่มีความเข้มข้นสารละลายต่ำ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis) ดังภาพที่ 2.9 เป็นระบบ

ที่สามารถแยกมลสารที่ขนาด 4×10^{-7} ถึง 6×10^{-5} มิลลิเมตร ด้วยการกรองผ่านแผ่นกรองแบบเยื่อกึ่งซึมผ่านได้ (Semi-permeable Membrane) นิยมใช้กรองน้ำกร่อย (Brackish Water) เช่น กรองให้ค่า TDS 4,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้เหลือ TDS 250 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่นิยมใช้กรองน้ำทะเล เนื่องจากสิ้นเปลืองพลังงานและจะมีอายุของระบบกรองสั้น (เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์ 2542) ระบบนี้จะต้องเดินระบบตลอดเวลา เนื่องจากหากหยุดเดินระบบจะเกิดตะกรันบนผิวเมมเบรน นอกจากนี้ยังมีปัญหาจากการอุดตันและการเสียหายของ membrane ได้ง่ายหากน้ำเสียที่นำมาบำบัดมีการปนเปื้อนสูง ดังนั้นหากต้องการใช้ระบบนี้ น้ำเสียจะต้องนำไปผ่านขั้นตอนการบำบัดขั้นต้นก่อน (Pretreatment) เพื่อสร้างสภาวะที่เหมาะสมก่อนเข้าระบบ RO เช่น การกำจัดสารแขวนลอย การกำจัดสารประกอบคลอไรด์ (Chloride) ที่จะทำให้เกิดการเสียหายของ membrane การปรับ pH และ อุณหภูมิ การกำจัดไขมันและน้ำมัน เป็นต้น



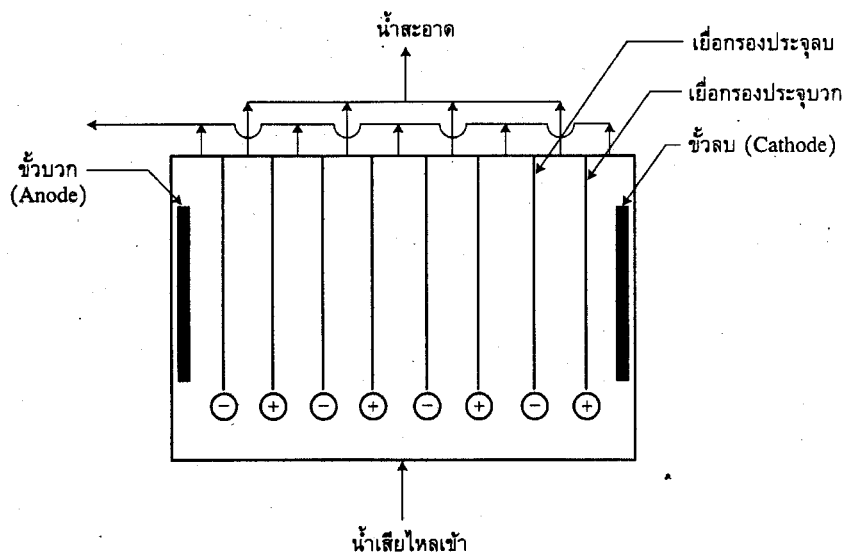
ภาพที่ 2.9 กลไกการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านเยื่อเมมเบรนแบบออสโมซิสและออสโมซิสผกกลับ

ที่มา : สมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ (2543) “ การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพและเคมี-กายภาพ ”

ในประมวลสาระชุดวิชา การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยที่ 5
หน้า 264-265 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี

8.4.2 วิธีการแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง (Electrodialysis) วิธีการนี้เป็นการแยกสารละลายออกจากน้ำโดยอาศัยเยื่อกึ่งซึมผ่านได้ (Semi-permeable Membrane) เช่นเดียวกับวิธีออสโมซิสผกกลับ แต่ระบบนี้จะใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้า) เป็นแรงผลักดันในการแยกสารละลายออกจากน้ำ ซึ่งจะต้องเป็นสารที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้เท่านั้น เช่น NaCl, MgCl₂, CaCl₂, ZnCl₂ และ CuSO₄ เป็นต้น ระบบนี้นิยมใช้ในการทำน้ำกร่อยให้เป็นน้ำจืด การทำงานของระบบจะประกอบด้วยขั้วประจุลบและบวก ภายในจะมีเยื่อกรองที่มีประจุบวกและลบจัดวางไว้

สลับกันดังในภาพที่ 2.10 เมื่อปล่อยไฟฟ้ากระแสตรง(DC) เข้าไป ไอออนบวกในน้ำจะถูกจับด้วยเยื่อกรองประจุลบ ส่วนไอออนประจุลบจะถูกจับด้วยเยื่อกรองประจุบวก ซึ่งปกติแล้วที่บริเวณขั้วบวกจะเกิดก๊าซคลอรีน ขณะที่ขั้วลบจะเกิดก๊าซไฮโดรเจนขึ้น ระบบนี้นิยมใช้น้อยกว่าระบบออสโมซิสแบบผันกลับ ซึ่งที่ผ่านมาระบบนี้ไม่ได้รับความนิยมสาเหตุเนื่องจากมีปัญหาการเกาะของตะกอนที่ผิวหน้าเมมเบรนทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามาก ต้องล้างทำความสะอาดบ่อยครั้ง ต่อมาได้มีการปรับปรุงระบบ โดยการเปลี่ยนขั้วไฟฟ้า(Polarity Reversal)ของแผ่นเมมเบรนประจุบวกและแผ่นเมมเบรนประจุลบ สลับไปมาทุก 15-20 นาทีเพื่อแก้ปัญหการเกิดตะกอน ระบบนี้เรียกว่า Electrodialysis Reversal หรือ EDR การกรองผ่านระบบ EDR/ED จะต้องมีหลายชั้นแตกต่างจากระบบ RO ที่กรองเพียงชั้นเดียวก็อาจได้คุณภาพน้ำตามที่ต้องการ แต่สำหรับระบบ EDR/ED การกรองแต่ละชั้นจะกำจัด TDS ได้ประมาณร้อยละ 50 เท่านั้น ดังนั้นน้ำที่มี TDS ต่ำ จะเหมาะสมกับระบบ EDR/ED แต่ถ้ามีค่า TDS สูงในระหว่าง 600-5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจต้องวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบกับระบบอื่น ๆ ก่อน และถ้าหากมีค่า TDS สูงกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองมาก(ไพศาล วิริกิจ 2549)



ภาพที่ 2.10 กลไกการทำงานของระบบแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง

ที่มา : สมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ (2543) “ การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพและเคมี-กายภาพ ”

ในประมวลสารระชูดวิชา การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยที่ 5
หน้า 270 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี

8.4.3 วิธีการแลกเปลี่ยนประจุ(Ion Exchange) ในกรณีที่ไม่ต้องการใช้วิธีสร้างตะกอนแข็งเพื่อกำจัดมลสาร สามารถใช้วิธีการแลกเปลี่ยนประจุแทน โดยการใช้สารแลกเปลี่ยนประจุ(Ion Exchange Resin) เช่น เรซิน บรรจุในถังแล้วทำการปล่อยน้ำเสียให้ไหลผ่าน มลสารหรือไอออนที่อยู่ในน้ำเสียที่เป็นประจุจะถูกแลกเปลี่ยนกับสารแลกเปลี่ยนประจุของเรซิน โดยรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 8.2.4

สำหรับวิธีการลดค่า TDS ทางเลือกอื่น เช่น การใช้ระบบการระเหย(Evaporation Process) โดยการติดตั้งระบบการระเหยที่มีขายตามตลาดเครื่องผลิตน้ำบริสุทธิ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม ซึ่งต้องใช้พลังงานความร้อนในการทำให้น้ำระเหย หรืออาจเลือกวิธีการปล่อยให้ระเหยเองตามธรรมชาติในบ่อผึ่งหรือถังที่จัดไว้เป็นการเฉพาะและเหมาะสมเพื่อให้การนำเกลือเข้มข้นที่เหลือไปกำจัดทำได้โดยสะดวก

9. งานวิจัยด้านการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ

การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากห้องปฏิบัติการทางเคมี โดยเฉพาะการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักปนเปื้อนมีหลายวิธี ทั้งการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ และทางเคมี ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการดังนี้

จากการศึกษาของ ชุตติร มุลทองน้อย(2543) เรื่องการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะปนเปื้อนโดยใช้วิธีทางเคมี โดยได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนและการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ พบว่า น้ำเสียจากการวิเคราะห์หัตถ์ชนิด 5 ชนิดมีการปนเปื้อนโลหะหนัก ได้แก่ DO, BOD, COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ เมื่อนำน้ำเสียจากการวิเคราะห์หัตถ์ชนิดทั้ง 5 ชนิด มาทดลองบำบัดโลหะหนักโดยใช้สารตกตะกอน Na_2CO_3 , Ca(OH)_2 และ Na_2SiO_3 พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการปรับ pH ด้วย NaOH และหินอ่อน จนมี pH 9.0 แล้วสามารถบำบัดโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ได้มากกว่าร้อยละ 98-99 ยกเว้นแมกนีเซียมที่ถูกบำบัดด้วย Na_2CO_3 น้ำเสียที่ผ่านการปรับสภาพให้เหมาะสมกับการบำบัดโลหะหนักด้วยวิธีการตกตะกอนโดยใช้สารตกตะกอนทั้ง 3 ชนิด จะมีปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักน้อยกว่าวิธีการบำบัดด้วยสารตกตะกอน โดยไม่มีการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง

จากการศึกษาของสิริโสภานิลพันธ์(2542) ทางด้านการกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียที่รวบรวมได้จากห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยวิธีการโคแอกกูเลชัน เป็นการศึกษาหาค่า pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนไอออนของโลหะหนักจากน้ำเสียที่รวบรวมได้จากห้องทดลองวิชาเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนมี 3 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยตกตะกอนให้อยู่ในรูปโลหะไฮดรอกไซด์และโลหะซัลไฟด์ ซึ่งผลการศึกษา พบว่าน้ำเสียจากการทดลองหาแคโทดไอออนหมู่ 1 สามารถตกตะกอนได้ดีในรูปโลหะไฮดรอกไซด์ โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ปรับให้น้ำเสียมี pH เป็น 11 ยกเว้น Ag^+ จะตกตะกอนได้ดีในรูปโลหะซัลไฟด์ที่ pH 11 อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ Hg^{2+} ที่เหลือยังไม่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำเสียจากการทดลองหาแคโทดไอออนหมู่ 2 จะตกตะกอนไอออนโลหะหนักได้ดีในรูปโลหะซัลไฟด์ที่ pH 11 ยกเว้น Hg^{2+} จะตกตะกอนได้ดีในรูปโลหะไฮดรอกไซด์ที่ pH 7 น้ำเสียจากการทดลองหาแคโทดไอออนหมู่ 3 ตกตะกอนได้ดีในรูปโลหะไฮดรอกไซด์ที่ pH 9-10 และตกตะกอนในรูปโลหะซัลไฟด์ได้ดีที่ pH 11 ส่วนน้ำเสียจากการวิเคราะห์เกลือและสารผสม ไอออนโลหะตกตะกอนได้ดีในรูปโลหะไฮดรอกไซด์ที่ pH 8 และ 11 ส่วนการตกตะกอนในรูปโลหะซัลไฟด์จะตกตะกอนได้ดีที่ pH 8 และ 12 อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นไอออน As^{3+} Hg^{2+} ที่เหลือไม่ว่าจะตกตะกอนในรูปใดยังไม่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดคลอไรด์ในน้ำเสียของเอกรินทร์ ทองดาตยา(2547) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมัน ซึ่งมีคลอไรด์ในระดับสูงถึง 5,500-6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อวันค่อนข้างมาก ประมาณ 7 ล้านลิตรต่อวัน พบว่า การบำบัดคลอไรด์ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ขนาดเล็กสามารถถูกบำบัดโดยวิธีที่เหมาะสม 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการออสโมซิสแบบผันกลับ(Reverse Osmosis) 2) วิธีการแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง(Electrodialysis) และ 3) วิธีการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธีพบว่า วิธีออสโมซิสแบบผันกลับมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง/ติดตั้งระบบต่ำสุดและประสิทธิภาพในการลดคลอไรด์มากที่สุด(ร้อยละ 92-96) สำหรับวิธีการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า ๑ และการแลกเปลี่ยนประจุมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานใกล้เคียงกันและต่ำกว่าวิธีการออสโมซิสมาก วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า ๑ จะมีประสิทธิภาพในการลดคลอไรด์ร้อยละ 60-92 วิธีการแลกเปลี่ยนประจุสามารถลดคลอไรด์ได้ร้อยละ 63-70 สำหรับประสิทธิภาพในการลดเกลือ(TDS)วิธีการออสโมซิสแบบผันกลับมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 97-98 ส่วนวิธีวิธีการแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรองและการแลกเปลี่ยนประจุลดได้ร้อยละ 64-94 และ 88-95 ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์ ลักษณะคุณสมบัติ ประสิทธิภาพ พบว่าระบบวิธีการแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรองเป็นระบบที่มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ลดคลอไรด์เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการลดคลอไรด์ได้สูง รวมทั้งมีการลดใช้พลังงานได้โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์และสามารถนำน้ำที่ได้กลับมาใช้ในระบบทำความเย็นได้และมีอายุการใช้งานของอุปกรณ์ยาวนาน

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอีกหลายงานวิจัยที่ใช้กระบวนการทางเคมีในการบำบัด อาทิ การศึกษาของ วิราสินี ปรียานุพันธ์(2542)ได้ทำการศึกษาคาร์ตกตะกอน โลหะหนักในน้ำเสีย อันตรายจากห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในรูปไฮดรอกไซด์ โดยใช้สารตกตะกอน 2 ชนิด คือ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ และ NaOH ผลการศึกษาพบว่า สารทั้งสองสามารถทำให้โลหะตกตะกอนได้ดี ในช่วง pH สูง เช่นเดียวกับผลการศึกษางานวิจัยอื่น โดยจะมีช่วง pH ที่เหมาะสมแตกต่างกันไป ประสิทธิภาพในการกำจัด โลหะหนักส่วนใหญ่สูง(ร้อยละ 98-99)แต่ก็มีโลหะหนักบางชนิดที่ยังไม่ผ่านมาตรฐาน

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบระบบบำบัดที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ มีการศึกษาของพูนศักดิ์ อ่อนศรี(2547)ได้ทำการศึกษาและนำเสนอระบบบำบัดเคลื่อนที่สำหรับน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ โดยพบว่าน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการมีสารเคมีหลากหลายชนิดและอาจมีสารพิษปนเปื้อนจึงไม่สามารถบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพได้ และมีปริมาณน้อย ดังนั้นระบบบำบัดที่เหมาะสมจึงควรเป็นระบบที่มีขนาดเล็กเป็นการบำบัดแบบทีละเท (Batch) จากการรวบรวมน้ำเสียสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ น้ำเสียที่มีความเป็นกรดหรือด่างสูงมากและน้ำเสียที่มีการปนเปื้อน โลหะหนัก สำหรับระบบบำบัดมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ถังปฏิกิริยา(ซึ่งใช้ได้ทั้งปฏิกิริยาสะเทินกรด-ด่าง และการตกตะกอนโลหะหนัก) ถังตกตะกอน ถังกรองบรรจุถ่านกัมมันต์ และระบบกำจัดไออกรด ระบบจะทำงานกึ่งอัตโนมัติ กระบวนการบำบัดทำงานโดย pH Controller ยกเว้นช่วงการระบายตะกอนออก ระบบติดตั้งไว้บนล้อเลื่อนเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายจากการทดลองบำบัดโดยใช้เครื่องดังกล่าวกับน้ำเสียที่มีการปนเปื้อน Chromium พบว่าได้ผลที่น่าพอใจ สามารถปรับค่า pH ได้ตามความเหมาะสมสำหรับแต่ละกระบวนการบำบัดและสามารถดูแลไออกรดได้เป็นอย่างดี ประสิทธิภาพการบำบัด Chromium เฉลี่ยเมื่อผ่านการตกตะกอนสูงถึง ร้อยละ 79.1 และสูงถึงร้อยละ 99.71 เมื่อผ่านการกรองด้วย GAC ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพรวมเฉลี่ยของระบบ

10. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งของห้องปฏิบัติการโดยตรง แต่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ออกกฎหมายการควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ หลายฉบับ โดยมีกฎหมายที่มีเนื้อหาที่สามารถนำมาใช้พิจารณาคุณภาพน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการได้ คือ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน(ภาคผนวก ก) ประกาศดังกล่าว

ได้กำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งครอบคลุมดัชนีคุณภาพน้ำที่ได้ทำการศึกษาคั้งนี้ทั้งหมด โดยสามารถสรุปมาตรฐานน้ำทิ้งในดัชนีต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สรุปลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

ดัชนี	หน่วย	มาตรฐานตามประกาศกระทรวง ฯ
1. ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)	pH unit	5.5-9.0
2. ทีดีเอส(Total Dissolved Solid: TDS)		
2.1 กรณีทิ้งลงแหล่งน้ำทั่วไป	mg/l	ไม่มากกว่า 3,000 แต่อาจแตกต่างจากที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000
2.2 กรณีทิ้งลงแหล่งน้ำที่มีความเค็มมากกว่า 2,000 mg/l	mg/l	มากกว่า TDS ในแหล่งน้ำไม่เกิน 5,000
3. สารแขวนลอย(Suspended Solid)	mg/l	ไม่มากกว่า 50 แต่อาจแตกต่างจากที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 150
4. โลหะหนัก(Heavy metal)		
4.1 ปรอท(Mercury)	mg/l	ไม่มากกว่า 0.005
4.2 เซเลเนียม(Selenium)	mg/l	ไม่มากกว่า 0.02
4.3 แคดเมียม(Cadmium)	mg/l	ไม่มากกว่า 0.03
4.4 ตะกั่ว(Lead)	mg/l	ไม่มากกว่า 0.2
4.5 อาร์เซนิก(Selenium)	mg/l	ไม่มากกว่า 0.25
4.6 โครเมียม(Chromium)		
4.6.1 Hexavalent Chromium	mg/l	ไม่มากกว่า 0.25
4.6.2 Trivalent Chromium	mg/l	ไม่มากกว่า 0.75
4.7 แบเรียม(Barium)	mg/l	ไม่มากกว่า 1.0
4.8 นิกเกิล(Nickel)	mg/l	ไม่มากกว่า 1.0
4.9 ทองแดง(Copper)	mg/l	ไม่มากกว่า 2.0
4.10 สังกะสี(Zinc)	mg/l	ไม่มากกว่า 5.0
4.11 แมงกานีส(Manganese)	mg/l	ไม่มากกว่า 5.0
5. ซัลไฟด์(Sulfide)	mg/l	ไม่มากกว่า 1.0
6. ไซยาไนด์(Cyanide) เทียบเป็น HCN	mg/l	ไม่มากกว่า 0.2
7. ฟอรัลดีไฮด์(Formaldehyde)	mg/l	ไม่มากกว่า 1.0
8. สารประกอบฟีนอล(Phenol Compound)	mg/l	ไม่มากกว่า 1.0

ตารางที่ 2.6 สรุปลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน (ต่อ)

ดัชนี	หน่วย	มาตรฐานตามประกาศกระทรวง ฯ
9. คลอรีนอิสระ(Free Chlorine)	mg/l	ไม่มากกว่า 1.0
10. เพสดีไซด์(Pesticide)	-	ต้องไม่มี
11. อุณหภูมิ(Temperature)	C°	ไม่มากกว่า 40 C°
12. สี(Color)	-	ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
13. กลิ่น(Odor)	-	ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
14. น้ำมันและไขมัน(Oil & Grease)	mg/l	ไม่มากกว่า 5 แต่อาจแตกต่างจากที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 15
15. บีโอดี(Biological Oxygen Demand)	mg/l	ไม่มากกว่า 20 แต่อาจแตกต่างจากที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 60
16. ทีเคเอ็น(Total Kjaldahl Nitrogen)	mg/l	ไม่มากกว่า 100 แต่อาจแตกต่างจากที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 200
17. ซีโอดี(Chemical Oxygen Demand)	mg/l	ไม่มากกว่า 120 แต่อาจแตกต่างจากที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 400

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

1. ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา

ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด ซึ่งเป็นน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดขึ้นจากกระบวนการวิเคราะห์ดัชนีในช่วงเวลาที่ศึกษาได้แก่ น้ำเสียจากการวิเคราะห์สารแขวนลอยทั้งหมด(TSS) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3) ไนไตรท์-ไนโตรเจน(NO_2) ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส(PO_4) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3) และ บีโอดี(Biochemical Oxygen Demand, BOD) โดยมีส่วนผสมหลักระหว่างตัวอย่างน้ำที่ส่งเข้ามาวิเคราะห์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ดัชนีดังกล่าว

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษามี 2 ส่วน ได้แก่ เครื่องมือสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์แต่ละดัชนีคุณภาพน้ำ

2.1 เครื่องมือสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ประกอบด้วย

- ถังพลาสติกที่ทนต่อการกัดกร่อนได้ ขนาด 100 ลิตร สำหรับรวบรวมน้ำเสียจากการวิเคราะห์ในแต่ละวัน
- ขวดเก็บตัวอย่างน้ำพลาสติกโพลีเอทิลีนขนาด 1 ลิตร
- ถังมือพลาสติก
- กรวยและภาชนะตักน้ำเสีย

2.2 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำแต่ละชนิด ดัชนีคุณภาพน้ำซึ่งประกอบด้วย ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(Total Dissolved Solids) สารแขวนลอยทั้งหมด(Total Suspended Solids) ซัลไฟด์(Sulfide) คลอไรด์(Chloride) อุณหภูมิ(Temperature) น้ำมันและไขมัน(Oil & Grease) และ โลหะหนัก ซึ่งประกอบด้วยเซเลเนียม

(Selenium) แคดเมียม(Cadmium) ตะกั่ว(Lead) โครเมียม(Hexavalent Chromium) แบเรียม(Barium) นิกเกิล(Nickel) ทองแดง(Copper) สังกะสี(Zinc) และแมงกานีส(Manganese) เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดัชนีเหล่านี้ได้เตรียมพร้อมไว้แล้วในห้องปฏิบัติการ โดยได้กำหนดขึ้นตามวิธีการใน Standard method for Examination of Water and Wastewater, 21st edition(2005) ซึ่งห้องปฏิบัติการของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด ได้นำมาประมวลและจัดทำเป็นคู่มือปฏิบัติการทดสอบดัชนีคุณภาพน้ำ สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การรวบรวมเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง เช่น งานวิจัย หนังสือ คู่มือ บทความ หรือทฤษฎีทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับลักษณะน้ำเสียและบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ คู่มือการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ เป็นต้น รวมทั้งมีการสอบถามข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการเพื่อนำเสนอข้อมูลลักษณะของเสียจากห้องปฏิบัติการของบริษัท ฯ ในภาพรวมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำเสนอแนวทางการจัดการต่อไป

3.2 การศึกษาลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ(Cross-sectional Study) โดยการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อเป็นตัวแทนลักษณะน้ำเสียที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ระหว่างวันที่ 23 มีนาคมถึง 10 เมษายน พ.ศ. 2552 โดยเป็นตัวอย่างแบบผสมรวม(Composite Sample) อันเกิดจากระบวนการวิเคราะห์โดยมีส่วนผสมหลักระหว่างตัวอย่างน้ำที่ส่งมาวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ฯ ในช่วงเวลาที่ศึกษา สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้มีการดำเนินการดังภาพที่ 3.1 ซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ(ก่อนบำบัด) ในช่วงที่มีการส่งตัวอย่างน้ำทะเลเข้ามาวิเคราะห์ค่า TSS, NO₃, NO₂, PO₄ และ NH₃ จำนวน 3 ตัวอย่าง ดังนี้

1) การรวบรวมน้ำเสียแต่ละวัน ให้ทำการรวบรวมโดยเทใส่ในถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียดังกล่าวตามสัดส่วนปริมาตรน้ำเสียที่เกิดขึ้นแต่ละวัน เพื่อเป็นตัวแทนของวัน บันทึกปริมาตรน้ำเสียที่เกิดขึ้น ค่า pH อุณหภูมิ สี และกลิ่น แล้วทำการเก็บรักษาตัวอย่างไว้รอการรวบรวมให้ครบ 5 วัน

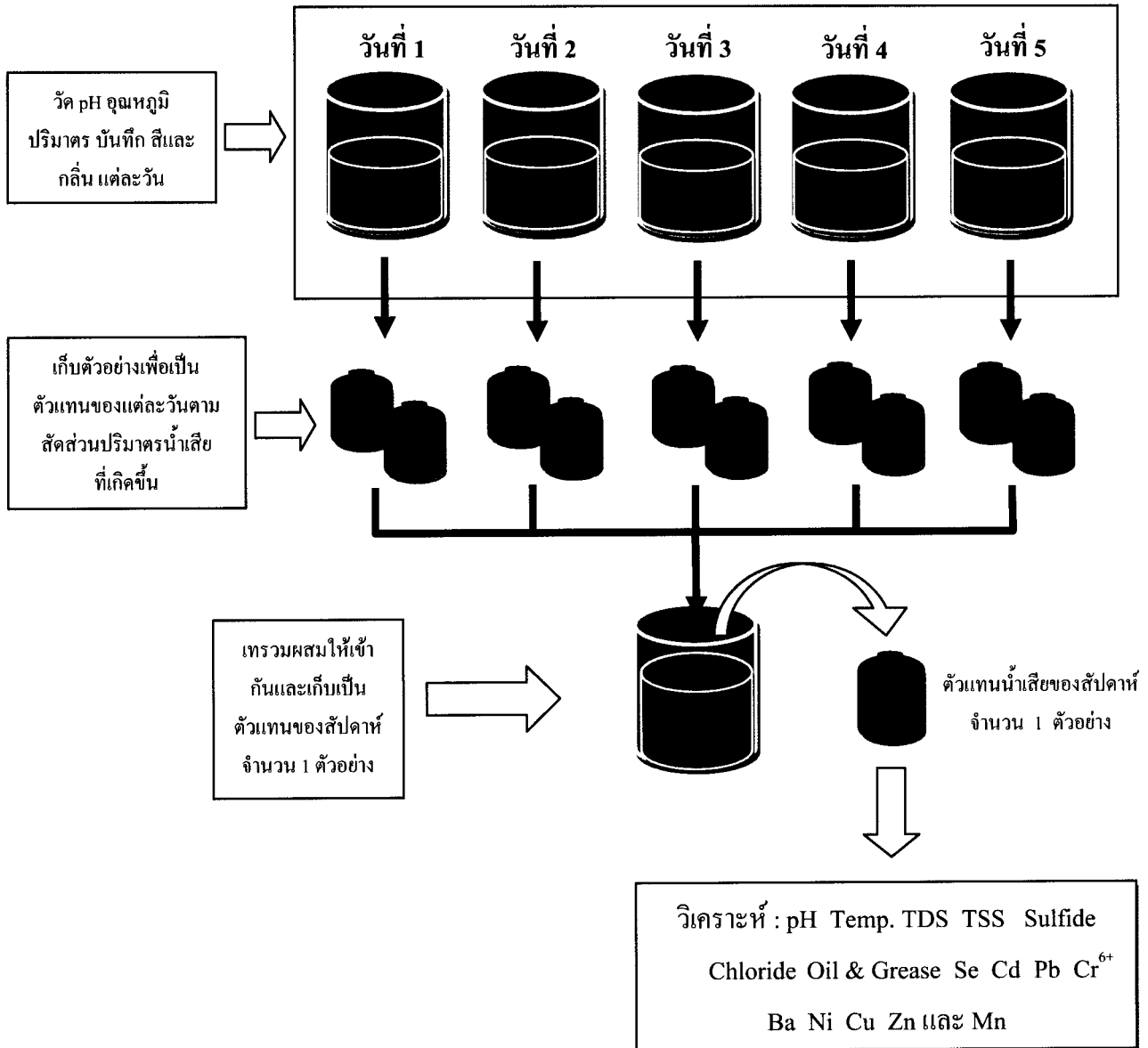
2) การเก็บตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของสัปดาห์ เมื่อได้รวบรวมน้ำเสียตามข้อ 1) ครบ 5 วันทำการของห้องปฏิบัติการ(1 สัปดาห์)แล้ว จากนั้นให้นำน้ำเสียทั้ง 5 วันมาเทรวมกัน แล้วจึงเก็บตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของน้ำเสียของสัปดาห์ขึ้นมา 1 ตัวอย่าง โดยทำเช่นนี้จำนวน 3 สัปดาห์ซึ่งจะได้ตัวอย่างน้ำเสียทั้งหมด 3 ตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำที่ต้องการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

3.2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ(ก่อนบำบัด) ในช่วงที่มีการส่งตัวอย่างน้ำเสียชุมชนเข้ามาวิเคราะห์ *BOD* จำนวน 3 ตัวอย่าง มีวิธีการรวบรวมเช่นเดียวกันกับข้อ 3.2.1

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำและคุณลักษณะอื่น ๆ จะนำมารวบรวมและนำเสนอในรูปของตาราง และวิเคราะห์อธิบายโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และนำผลที่ได้มาประกอบการศึกษาแหล่งข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวกับลักษณะและการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยงานวิจัย หนังสือ คู่มือ บทความหรือทฤษฎีทางวิชาการที่เกี่ยวข้องรวมทั้งข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เพื่อให้เห็นภาพรวมของลักษณะน้ำเสียและนำเสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียเบื้องต้นต่อไป

รวบรวมน้ำเสียจากการวิเคราะห์ แต่ละวันในถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร



ภาพที่ 3.1 ผังขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการสำหรับ 1 ตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ได้มุ่งศึกษาลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด และแนวทางการจัดการน้ำเสียเบื้องต้น โดยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการนำเสนอผลการศึกษาลักษณะน้ำเสียจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการสำรวจภายใน และการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ จากนั้นจึงนำมาประมวลเพื่อนำเสนอข้อมูลลักษณะของเสียจากห้องปฏิบัติการในภาพรวมที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ส่วนที่ 2 นำเสนอผลการศึกษาระยะสั้น (Cross-sectional Study) ของการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ และส่วนที่ 3 นำเสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียเบื้องต้นสำหรับห้องปฏิบัติการของ บริษัท ฯ โดยมีรายละเอียดแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัทเอส ที เอส กรีน จำกัด จากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง

จากหลักการจำแนกของเสียอันเกิดจากห้องปฏิบัติการที่นำเสนอในบทที่ 2 พบว่าห้องปฏิบัติการแห่งนี้มีของเสีย 2 ประเภทหลัก คือ ของเสียสารเคมีและของเสียติดเชื้อ ดังต่อไปนี้

1.1 ของเสียสารเคมี ในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง ของเหลวที่เป็นส่วนผสมของสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์และตัวอย่างน้ำที่ทำการวิเคราะห์ เป็นน้ำเสียที่มีปริมาณมากที่สุดของห้องปฏิบัติการ การศึกษานี้จึงได้มุ่งเน้นไปที่น้ำเสียประเภทนี้เป็นหลัก โดยจะมีสารเคมีหลายชนิดเป็นองค์ประกอบในน้ำเสียซึ่งขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำแต่ละชนิด เมื่อทำการศึกษาการใช้สารเคมีในห้องปฏิบัติการจาก คู่มือปฏิบัติการทดสอบดัชนีคุณภาพน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด พบว่าในการวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ มีการใช้สารเคมีหลายชนิด โดยบางชนิดมีคุณสมบัติที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เช่น มีความเป็นกรด หรือ ต่างแก่ ทำให้มีฤทธิ์กัดกร่อน นอกจากนี้ยังมีสารเคมีที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบซึ่งมีความเป็นพิษเป็นต้น ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คัดนี้คุณภาพน้ำ วิธีการและสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์สำหรับตัวอย่างน้ำที่ส่งวิเคราะห์
ในห้องปฏิบัติการ บริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีวิเคราะห์	สารเคมีที่ใช้	สารเคมีที่ใช้ซึ่งมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ
1. ความเป็นกรด(Acidity)	SM 2310 B. Titration method	H ₂ O ₂ , KHC ₈ H ₄ O ₄ , NaOH , Na ₂ CO ₃ , H ₂ SO ₄	-
2. ความเป็นด่าง(Alkalinity)	SM 2320 B. Titration method	Methyl Orange, Na ₂ CO ₃ , H ₂ SO ₄	-
3. ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen)	4500-0 C. Azide modification	MnSO ₄ .2H ₂ O Alkali Iodide Azide Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O, Salicylic acid, Starch soluble H ₂ SO ₄ KH (IO ₃) ₂	MnSO ₄ .2H ₂ O
4. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	SM 5210B (5-day BOD test)	KH ₂ PO ₄ , K ₂ HPO ₄ , Na ₂ HPO ₄ .7H ₂ O , NH ₄ Cl MgSO ₄ .7H ₂ O , CaCl ₂ , FeCl ₃ .6H ₂ O , Conc. H ₂ SO ₄ , NaOH , Na ₂ SO ₃ NH ₄ Cl , MnSO ₄ .H ₂ O NaI , NaN ₃ , Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O , KH(IO ₃) ₂	MgSO ₄ .7H ₂ O FeCl ₃ .6H ₂ O, MnSO ₄ .H ₂ O
5. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)	SM – 5220 D-Closed reflux, Colorimetric method	K ₂ Cr ₂ O ₇ , HgSO ₄ , Ag ₂ SO ₄ , Conc. H ₂ SO ₄ Potassium hydrogen phthalate (KHP)	K ₂ Cr ₂ O ₇ , HgSO ₄ Ag ₂ SO ₄
6. คลอไรด์ (Chloride)	4500-Cl C Mercuric nitrate method	NaCl, Conc. HNO ₃ , NaOH , H ₂ O ₂ , Crystalline Diphenylcarbazone , Hg (NO ₃) ₂ .H ₂ O Xylene cyanole FF, Ethanol	Hg (NO ₃) ₂ .H ₂ O
7. โครเมียมเฮกซาวาเลนต์ (Chromium Hexavalent)	SM 3500 B Chromium hexavalent (Colorimetric method)	K ₂ Cr ₂ O ₇ , Conc. H ₂ SO ₄ , 5-Diphenylcarbazide Acetone	K ₂ Cr ₂ O ₇
8. ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen)	SM 4500 –NO ₃ E (Cadmium reduction method)	Cadmium granular, CuSO ₄ , Conc.HCl , NH ₄ Cl NH ₄ OH , Phosphoric Acid, Sulfanilamide N- (1-Naphthyl)-Ethylenediamine dihydrochloride CuSO ₄ .5H ₂ O , KNO ₃ , CHCl ₃ , NaOH Zinc Acetate Solution	Cadmium granular CuSO ₄ , CuSO ₄ .5H ₂ O
9. ไนไตรท์ – ไนโตรเจน (Nitrite – Nitrogen)	SM 4500-NO ₂ B (Colorimetric method)	Phosphoric acid , Sulfanilamide , N-(1-Naphthyl) -Ethylenediamine dihydrochloride , Na ₂ C ₂ O ₄ , 10-Phenanthroline monohydrate, FeSO ₄ .7H ₂ O, K ₂ Cr ₂ O ₇ , Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O , Conc.H ₂ SO ₄	FeSO ₄ .7H ₂ O , K ₂ Cr ₂ O ₇ Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O
10. น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease)	SM 5520- B (Partition-gravimetric method)	Na ₂ SO ₄ , Conc.H ₂ SO ₄ , Hexane , Hexadecane- 98% , Acetone , Stearic acid – 98%	-

ตารางที่ 4.1 ดัชนีคุณภาพน้ำ วิธีการและสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์สำหรับตัวอย่างน้ำที่ส่งวิเคราะห์
ในห้องปฏิบัติการ บริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีวิเคราะห์	สารเคมีที่ใช้	สารเคมีที่ใช้ซึ่งมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ
11. แอมโมเนีย – ไนโตรเจน (Ammonia – Nitrogen)	SM-4500-NH ₃ F (Phenate method)	NaOH , Conc. H ₂ SO ₄ , Phenol , Ethyl Alcohol Sodium Nitroprusside , Trisodium Citrate NaOCl , Anhydrous NH ₄ Cl , Ammonium sulfate	-
12. ซัลไฟด์(Sulfide)	SM 4500 – S ²⁻ F (Iodometric method)	HCl , Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O , KH(IO ₃) ₂ , Na ₂ S.9H ₂ O Zn(C ₂ H ₃ O ₂).2H ₂ O	Zn(C ₂ H ₃ O ₂).2H ₂ O
13. ค่าความกระด้างของน้ำ (Total Hardness)	SM 2340 C-Hardness EDTA Titrimetric method	Na ₂ EDTA , MgSO ₄ .7H ₂ O , NH ₄ Cl , NH ₄ OH NaCN , Na ₂ S.9H ₂ O , NaCl , Eriochrome Black T indicator, hydroxylaminhydrochloride , CaCO ₃ HCl , Methylred , Ethyl alcohol	MgSO ₄ .7H ₂ O
14. ค่าฟอสเฟตและฟอสฟอรัส (Total Phosphorus)	SM 4500 – PE (Colorimetric, Ascorbic acid)	Conc. H ₂ SO ₄ , Conc. HNO ₃ , NaOH , K ₂ S ₂ O ₈ K(SbO)C ₄ H ₄ O ₆ .1/2H ₂ O , (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O Ascorbic acid, Phenolphthalein, Ethyl alcohol KH ₂ PO ₄	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O
15. บีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (Total Petroleum Hydrocarbon : TPH)	Fluorescence spectrophotometer	Hexane, Na ₂ SO ₄ Anhydrous, Chrysene	-
16. โลหะหนักเงิน(Ag), แคดเมียม(Cd)โครเมียมทั้งหมด(Total Cr)ทองแดง(Cu), เหล็ก(Fe)แมงกานีส(Mn), นิกเกิล(Ni)สังกะสี(Zn), ตะกั่ว(Pb)	Direct air –acetylene flame atomic Absorption spectrometric method	สารละลายมาตรฐานของโลหะหนักที่จะทดสอบชนิดสำเร็จรูป HNO ₃ , HCl	สารละลายมาตรฐานของโลหะหนักชนิดสำเร็จรูป
สารหนู(As), เซเลเนียม(Se)แคดเมียม(Cd), นิกเกิล(Ni)ตะกั่ว(Pb)	Electrothermal atomic absorption spectrometric method	สารละลายมาตรฐานของโลหะหนักที่จะทดสอบชนิดสำเร็จรูป Palladium matrix modifier HNO ₃ , H ₂ O ₂	สารละลายมาตรฐานของโลหะหนักชนิดสำเร็จรูป
แบเรียม(Ba)	Direct nitrous oxide–acetylene flame atomic absorption spectrometric method	สารละลายมาตรฐานแบเรียมชนิดสำเร็จรูป HNO ₃ , HCl , KNO ₃	สารละลายมาตรฐานแบเรียมชนิดสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.1 ดัชนีคุณภาพน้ำ วิธีการและสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์สำหรับตัวอย่างน้ำที่ส่งวิเคราะห์
ในห้องปฏิบัติการ บริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีวิเคราะห์	สารเคมีที่ใช้	สารเคมีที่ใช้ซึ่งมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ
โครเมียมทั้งหมด(Total Cr) โครเมียมเฮกซะวาเลนต์(Cr ⁶⁺)	Extraction/air-acetylene flame atomic absorption spectrometric method	สารละลายมาตรฐานโครเมียมชนิดสำเร็จรูป KMnO ₄ , Ammonium pyrrolidine dithiocarbamate (APDC), Methyl isobutyl ketone (MIBK), HNO ₃	สารละลายมาตรฐาน โครเมียมชนิดสำเร็จรูป
17. โลหะหนัก(น้ำทะเล) เงิน(Ag), สารหนู(As) แบเรียม(Ba), แคดเมียม(Cd) ทองแดง(Cu), เหล็ก(Fe) โครเมียมเฮกซะวาเลนต์(Cr ⁶⁺) แมงกานีส(Mn) , นิกเกิล(Ni) สังกะสี(Zn), ตะกั่ว(Pb) เซลีนียม(Se)	Pre-concentration ตาม ด้วยวิธี Electrothermal atomic absorption spectrometric method	สารละลายมาตรฐานของโลหะหนักที่จะทดสอบ ชนิดสำเร็จรูป , Ammonium pyrrolidine dithiocarbamate (APDC) , Methyl isobutyl ketone (MIBK), HNO ₃	สารละลายมาตรฐานของ โลหะหนักชนิดสำเร็จรูป
โครเมียมทั้งหมด (Total Cr)	Pre-concentration ตาม ด้วยวิธี Electrothermal Atomic absorption spectrometric method	สารละลายมาตรฐานของโครเมียม ชนิดสำเร็จรูป , Ammonium Pyrrolidine Dithiocarbamate (APDC) ,Methyl Isobutyl Ketone (MIBK), HNO ₃ ,KMnO ₄	สารละลายมาตรฐานของ โครเมียมชนิดสำเร็จรูป

ที่มา : คู่มือปฏิบัติการทดสอบดัชนีคุณภาพน้ำ สำหรับห้องปฏิบัติการของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด 2551

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 และการศึกษาจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง ทำให้สามารถคาดหมายลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ ของห้องปฏิบัติการของบริษัทฯ ที่สำคัญ ได้ดังนี้

1.1.1 มีความเป็นพิษจากการปนเปื้อนของโลหะหนัก ผลการศึกษาที่ผ่านมาได้แสดงถึงการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำเสียอันเกิดจากการใช้สารเคมีที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบในการวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ ดังนี้ สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย(2540) ได้ประมาณการไว้ว่า การวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ โดยวิธีของ AWWA(American Water Work Association) จะมีโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางเคมี ดังรายละเอียดที่ได้นำเสนอไว้แล้วในตารางที่ 2.1 ของบทที่ 2 นอกจากนี้จากการศึกษาของชุตินธร มุลทองน้อย(2543) พบว่า ในการวิเคราะห์ DO BOD COD แอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน มีโลหะปนเปื้อนใน

น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางเคมี เนื่องจากมีการใช้สารเคมีที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบในการวิเคราะห์ดัชนีเหล่านี้ ดังสรุปในตารางที่ 2.2 ของบทที่ 2

ดังนั้นในเบื้องต้น สามารถคาดหมายได้ว่าการวิเคราะห์ดัชนีตัวใดที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการของบริษัท ฯ โดยพิจารณาจากสารเคมีที่ใช้ หากพิจารณาจากตารางที่ 4.1 จะพบว่าการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำที่มีการใช้สารเคมีที่โลหะหนักเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ การวิเคราะห์ออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved Oxygen, DO) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ซีโอดี(Chemical Oxygen Demand, COD) คลอไรด์ (Chloride) ไนเตรท-ไนโตรเจน(Nitrate Nitrogen, $\text{NO}_3\text{-N}$) ไนไตรท์-ไนโตรเจน(Nitrite-Nitrogen) ความกระด้างของน้ำ(Total Hardness) ฟอสเฟตและฟอสฟอรัส(Total Phosphorus) และการวิเคราะห์โลหะหนัก(Heavy metal) ซึ่งการวิเคราะห์ดัชนีเหล่านี้เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาทางเคมีแล้วคาดว่าน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีโลหะหนักปนเปื้อน นอกจากนี้ น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ความกระด้างของน้ำอาจมีความเป็นพิษจากไซยาไนด์ได้เนื่องจากมีการใช้ NaCN ในการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม ความกระด้างของน้ำเป็นดัชนีที่มีการวิเคราะห์ไม่บ่อยนัก ดังนั้น น้ำเสียส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจะมีความเป็นพิษจากการปนเปื้อนโลหะหนักมากกว่า

1.1.2 มีฤทธิ์เป็นกรด จากผลการศึกษาของศิษยา บุญมานุช(2542) ซึ่งได้ศึกษา ลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางเคมี พบว่า การที่น้ำเสียส่วนใหญ่มีฤทธิ์เป็นกรด เนื่องจากการทดลองมีการใช้สารละลายกรดเข้มข้นในปริมาณสูง เช่น กรดไฮโดรคลอริก(HCl) กรดไนตริก (HNO_3) กรดซัลฟูริก(H_2SO_4) เป็นต้น นอกจากนี้ ชูตินธร มุลทองน้อย(2543)ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ DO BOD COD แอมโมเนียไนโตรเจน และ ไนเตรท-ไนโตรเจน พบว่ามีความเป็นกรดแก่มาก pH วัดได้ 0.36 เนื่องจากการวิเคราะห์ DO BOD COD มีการใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้นในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เมื่อพิจารณาสารเคมีที่ใช้สำหรับห้องปฏิบัติการของบริษัท ฯ ตามตารางที่ 4.1 พบว่า การวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ หลายดัชนีมีการใช้กรดเข้มข้นตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไป อาทิ HCl HNO_3 H_2SO_4 และบางดัชนีมีการใช้ต่างด้วย เช่น NaOH แต่มีสัดส่วนน้อย นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเคมีอื่น ๆ จำพวกตัวทำละลายหลายชนิด ดังนั้นการวิเคราะห์ดัชนีบางตัวจะก่อกำเนิดน้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรด แต่จะมีระดับมากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับส่วนผสมของสารเคมีต่าง ๆ และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

นอกจากนี้ยังมีลักษณะน้ำเสียได้อีกประการที่เกิดขึ้นได้ คือ การมีของแข็งละลายน้ำสูงในรูปของสารประกอบคลอไรด์ ซึ่งเกิดจากกรณีที่ตัวอย่างน้ำที่ส่งเข้ามาวิเคราะห์

เป็นน้ำทะเล น้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีความเค็มของน้ำทะเลโดยพบโซเดียมคลอไรด์(NaCl) เป็นส่วนใหญ่ และมีเกลือของแมกนีเซียม(MgCl₂)ผสมอยู่ด้วยตามลักษณะของน้ำทะเลโดยทั่วไป เช่น ตัวอย่างน้ำทะเลในโครงการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน ของกรมควบคุมมลพิษ แต่เกิดขึ้นไม่บ่อยนักเนื่องจากการเก็บตัวอย่างปีละ 2 ครั้ง คือการเก็บตัวอย่างตัวแทนสำหรับฤดูฝนและฤดูแล้ง ใช้เวลาวิเคราะห์ครั้งละประมาณ 20 วัน

1.2 ของเสียติดเชื้อ พบเฉพาะน้ำเสียที่มีเชื้อ อาหารเลี้ยงเชื้อ และวัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) และเฟคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) น้ำเสียส่วนนี้มาจากหลอดแก้วที่บรรจุอาหารเหลวแลคโตส บรอก (Lactose Broth) หรือลอรีลทริฟโตส บรอก (Luaryl Tryptose Broth) สำหรับการเลี้ยงเชื้อ เมื่อเสร็จสิ้นการวิเคราะห์แล้ว การจัดการที่ดำเนินการในปัจจุบัน ทางห้องปฏิบัติการฯ ได้ทำการอบฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอັไค (Autoclave) ทุกครั้ง ก่อนทำการเททิ้งออกสู่ท่อระบายน้ำเสียของอาคาร เนื่องจากมีปริมาณน้อยซึ่งจากการศึกษาพบว่าใน 1 วันจะมีการวิเคราะห์ตัวอย่างสูงสุดประมาณ 20 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างจะใช้หลอดทดลองจำนวน 15 หลอดแต่ละหลอดบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อและน้ำเสีกรวมประมาณ 10 มิลลิลิตร ทำให้ภายใน 1 วันจะมีน้ำเสียส่วนนี้เกิดขึ้นสูงสุดเพียงประมาณ 3 ลิตรและไม่ได้มีการวิเคราะห์ดัชนีทุกวันทำให้ผลกระทบต่อค่า BOD ในน้ำทิ้งมีไม่มากนัก ดังนั้นน้ำเสียส่วนนี้จึงสามารถส่งไปบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสีกรวมของอาคารได้

อย่างไรก็ตาม ลักษณะน้ำเสียสารละลายเคมีในข้อ 1.1 เป็นการคาดหมายจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง แม้จะมีแนวโน้มที่จะมีลักษณะดังกล่าว แต่การตรวจวิเคราะห์น้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละดัชนีก็ยังเป็นสิ่งจำเป็นที่มีความสำคัญเพื่อให้ทราบลักษณะที่แท้จริงของน้ำเสียและนำเสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียที่ถูกต้องเหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป ดังผลการวิเคราะห์ในข้อ 2

2. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียสารละลายเคมีจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม ของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด (Cross-sectional study)

2.1 กรณีน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่า TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมน้ำเสียสารละลายเคมีอันเกิดจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเลของโครงการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามันประจำปี พ.ศ. 2552 ของกรมควบคุมมลพิษ สำหรับฤดูแล้ง โดยรวบรวมตัวอย่างน้ำเสียเป็นเวลา 3 สัปดาห์

ในช่วงเวลาศึกษาระหว่างวันที่ 23 มีนาคม ถึงวันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2552 ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวมีการวิเคราะห์ค่า TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ทุกวัน

2.1.1 ผลการตรวจวัดค่าดัชนีของตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีในแต่ละวัน เป็นการตรวจวัดตัวอย่างน้ำเสียที่เป็นตัวแทนของวัน ดัชนีที่ตรวจวัดเบื้องต้น ประกอบด้วย pH อุณหภูมิและปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น พร้อมบันทึกลักษณะสีและกลิ่น ตารางที่ 4.2 แสดงดัชนีตรวจวัดเบื้องต้นในแต่ละวัน ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจวัดค่า pH อุณหภูมิและปริมาณของน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล ในแต่ละวัน

สัปดาห์ที่	วันที่	ดัชนี			หมายเหตุ
		pH	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำเสีย (ลิตร)	
1 (กลุ่ม SW 01)	23 มี.ค.52	1.82	26.5	43	ตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีจากการวิเคราะห์ TSS NO ₃ NO ₂ PO ₄ และ NH ₃
	24 มี.ค.52	1.71	26.3	45	
	25 มี.ค. 52	2.01	27.9	59	
	26 มี.ค. 52	2.02	27.2	63	
	27 มี.ค. 52	1.95	26.4	64	
2 (กลุ่ม SW 02)	30 มี.ค.52	1.88	25.2	58	ตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีจากการวิเคราะห์ TSS NO ₃ NO ₂ PO ₄ และ NH ₃
	31 มี.ค.52	2.08	26.2	70	
	1 เม.ย. 52	1.89	25.5	66	
	2 เม.ย. 52	2.11	27.7	74	
	3 เม.ย. 52	1.95	27.5	75	
3 (กลุ่ม SW 03)	6 เม.ย. 52	1.95	26.2	45	ตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีจากการวิเคราะห์ TSS NO ₃ NO ₂ PO ₄ และ NH ₃
	7 เม.ย. 52	1.97	27.8	63	
	8 เม.ย. 52	1.89	26.3	49	
	9 เม.ย. 52	2.02	27.5	58	
	10 เม.ย. 52	1.92	27.5	50	

1) สัปดาห์ที่ 1 น้ำเสียของสัปดาห์นี้เกิดจากการวิเคราะห์ค่า TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล น้ำเสียมีสีค้ำคล้ำปนน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นฉุนคล้ายแอมโมเนีย ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในระดับที่จัดว่าเป็นกรดแก่ ค่า pH ที่ตรวจวัดได้ต่ำมากอยู่ในช่วง 1.71-2.02

อุณหภูมิวัดได้ในช่วง 26.2-27.9 องศาเซลเซียส ค่าน้ำเสียเกิดขึ้นต่อวันอยู่ในช่วง 43-64 ลิตร เฉลี่ย 54.7 ลิตร

2) *สัปดาห์ที่ 2* น้ำเสียของสัปดาห์นี้ได้มาจากการวิเคราะห์ค่า TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล เช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 1 น้ำเสียมีสีดำคล้ำปนน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นฉุนคล้ายแอมโมเนีย มีความเป็นกรดแก่ ค่า pH ที่ตรวจวัดได้ต่ำมากอยู่ในช่วง 1.88-2.11 อุณหภูมิวัดได้ในช่วง 25.2-27.7 องศาเซลเซียส ค่าน้ำเสียเกิดขึ้นต่อวันมากกว่าสัปดาห์แรกโดยอยู่ในช่วง 58-75 ลิตร เฉลี่ย 68.6 ลิตร

3) *สัปดาห์ที่ 3* น้ำเสียของสัปดาห์นี้ได้มาจากการวิเคราะห์ค่า TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล เช่นเดียวกัน น้ำเสียมีสีดำคล้ำปนน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นฉุนคล้ายแอมโมเนีย และมีตะกอนแขวนลอยสีน้ำตาลเล็กน้อย มีความเป็นกรดแก่เช่นกัน ค่า pH ที่ตรวจวัดได้ต่ำมากอยู่ในช่วง 1.89-2.02 อุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.2-27.8 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อวันใกล้เคียงกับสัปดาห์แรกอยู่ในช่วง 45-63 ลิตร เฉลี่ย 52.7 ลิตร

2.1.2 ผลการตรวจวัดค่าดัชนีตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีตัวแทนแต่ละสัปดาห์

(ใบรับรองผลแสดงดังภาคผนวก ข) เป็นตัวอย่างน้ำเสียจากการนำน้ำเสียตัวแทนของแต่ละวันใน 1 สัปดาห์(5 วันทำการ)มาผสมรวมกันจากนั้นทำการเก็บขึ้นมา 1 ตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของสัปดาห์นั้น ๆ สำหรับนำไปตรวจวัดค่าดัชนีคุณภาพน้ำซึ่งประกอบด้วย ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(Total Dissolved Solids) สารแขวนลอยทั้งหมด(Total Suspended solids) ซัลไฟด์(Sulphide) คลอไรด์(Chloride) อุณหภูมิ(Temperature)ไขมันและน้ำมัน(Oil & Grease) และโลหะหนัก ซึ่งประกอบด้วย เซเลเนียม(Selenium) แคดเมียม(Cadmium) ตะกั่ว(Lead) โครเมียม(Hexavalent Chromium) แบเรียม(Barium) นิกเกิล(Nickel) ทองแดง(Copper) สังกะสี(Zinc) และแมงกานีส(Manganese) ผลการตรวจวัดแสดงดังตารางที่ 4.3 ซึ่งสามารถอธิบายลักษณะน้ำเสียในแต่ละสัปดาห์ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำในตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการ
วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล ในแต่ละสัปดาห์

ดัชนี	หน่วย	ผลการตรวจวัด			มาตรฐาน *
		สัปดาห์ที่ 1 (SW 01)	สัปดาห์ที่ 2 (SW 02)	สัปดาห์ที่ 3 (SW 03)	
ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)	pH unit	1.99	1.97	1.94	5.5-9.0
ทีดีเอส(TDS) กรณีทิ้งแหล่งน้ำทั่วไป	mg/l	17,792	16,856	11,591	ไม่มากกว่า 3,000 แต่อาจแตกต่างกัน ที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000
สารแขวนลอยทั้งหมด (TSS)	mg/l	2.8	6.1	58.6	ไม่มากกว่า 50 แต่อาจแตกต่างกัน ที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 150
เซเลเนียม(Se)	mg/l	0.0034	<0.0005	<0.0005	ไม่มากกว่า 0.02
แคดเมียม(Cd)	mg/l	31.15	36.13	5.25	ไม่มากกว่า 0.03
ตะกั่ว(Pb)	mg/l	<0.10	<0.10	<0.10	ไม่มากกว่า 0.2
โครเมียม(Cr ⁶⁺)	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	ไม่มากกว่า 0.25
แบเรียม(Ba)	mg/l	<0.10	<0.10	<0.10	ไม่มากกว่า 1.0
นิกเกิล(Ni)	mg/l	<0.04	<0.04	<0.04	ไม่มากกว่า 1.0
ทองแดง(Cu)	mg/l	8.54	7.30	0.04	ไม่มากกว่า 2.0
สังกะสี(Zn)	mg/l	0.07	0.05	0.05	ไม่มากกว่า 5.0
แมงกานีส(Mn)	mg/l	0.07	0.30	0.07	ไม่มากกว่า 5.0
ซัลไฟด์(Sulfide)	mg/l	0.6	0.3	0.4	ไม่มากกว่า 1.0
คลอไรด์(Cl ⁻)	mg/l	9,203.4	8,697.3	5,758.2	ไม่ได้กำหนด
อุณหภูมิ(Temperature)	C°	27	27	27	ไม่มากกว่า 40 C°
สี(Color)	-	ดำคล้ำ	ดำคล้ำ	ดำคล้ำ	ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
กลิ่น(Odor)	-	ฉุน	ฉุน	ฉุน	ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease)	mg/l	<1.0	<1.0	<1.0	ไม่มากกว่า 5 แต่อาจแตกต่างกัน ที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 15

หมายเหตุ : * หมายถึง ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539)

เรื่อง กำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

1) *สัปดาห์ที่ 1* นำเสียสารละลายเคมีตัวแทนของสัปดาห์ที่มีการวิเคราะห์ค่า TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล ผลการวิเคราะห์พบว่ามีความเป็นกรดแก่ เนื่องจากมีการใช้กรดเข้มข้นหลายชนิดในการทำปฏิกิริยาวิเคราะห์ เช่น H₂SO₄ HCl HNO₃ แม้ว่าการวิเคราะห์บางดัชนีจะมีการใช้ต่างดื่ยก็ตาม เช่น NaOH ค่า pH ของน้ำเสีย ๗ ที่ตรวจวัดได้ต่ำมาก คือ 1.99 และจากการที่เป็นส่วนผสมของน้ำทะเลทำให้มีค่า TDS และคลอไรด์สูงมากคือ 17,792 และ 9,203.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของโลหะหนักพบค่าที่เกินมาตรฐานเพียง 2 ชนิด ได้แก่ แคดเมียมและทองแดง เนื่องจากมีการใช้ Cadmium granular และ CuSO₄ ในกระบวนการวิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO₃) โดยตรวจวัดได้ 31.15 และ 8.54 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าดัชนีอื่น ๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

2) *สัปดาห์ที่ 2* นำเสียสารละลายเคมีตัวแทนของสัปดาห์ที่มีการวิเคราะห์ค่า TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล เช่นกัน ทำให้ผลการตรวจวัดคล้ายคลึงกับ สัปดาห์ที่ 1 โดยพบว่ามีความเป็นกรดแก่ เนื่องจากมีการใช้กรดเข้มข้นหลายชนิดในการวิเคราะห์ ค่า pH ตรวจวัดได้ 1.97 มีค่า TDS และคลอไรด์สูงมากเช่นกัน คือ 16,856 และ 8,697.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของโลหะหนักพบค่าที่เกินมาตรฐานเพียง 2 ชนิดเหมือนสัปดาห์แรก ได้แก่ แคดเมียมและทองแดง ตรวจวัดได้ 36.13 และ 7.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าดัชนีอื่น ๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

3) *สัปดาห์ที่ 3* นำเสียสารละลายเคมีตัวแทนของสัปดาห์ที่มีการวิเคราะห์ค่า TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล เช่นกัน ทำให้ผลการตรวจวัดเป็นไปในทำนองเดียวกันกับสองสัปดาห์แรก แต่ค่าดัชนีบางตัวไม่ใกล้เคียงกันนัก โดยพบว่ามีความเป็นกรดแก่ ค่า pH ตรวจวัดได้ 1.94 มีค่า TDS และคลอไรด์สูงมากแต่น้อยกว่าสองสัปดาห์แรกพอสมควรคือ 11,591 และ 5,758.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของโลหะหนักพบค่าที่เกินมาตรฐานเพียง 1 ชนิด คือ แคดเมียม แต่เกินไม่มากนักโดยตรวจวัดได้ 5.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าดัชนีสารแขวนลอยมีค่าเกินมาตรฐานเล็กน้อยแต่มีค่าสูงกว่าสองสัปดาห์แรกมาก คือตรวจวัดได้ 58.6 มิลลิกรัมต่อลิตรแต่สัปดาห์ที่ 1 และ 2 ตรวจวัดได้เพียง 2.8 และ 6.1 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับค่าดัชนีอื่น ๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

2.2 กรณีน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำเสียชุมชน การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมน้ำเสียสารละลายเคมีอันเกิดจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียชุมชนซึ่งเป็นน้ำจืดทั่วไปที่มีการปนเปื้อนมลสารจากชุมชน ตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์น้ำเสียชุมชนดังกล่าวได้เลือกเก็บตัวอย่างในช่วงระหว่างวันที่ 23 มีนาคม ถึงวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2552 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีการวิเคราะห์ BOD สำหรับสาเหตุที่ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ครบ 3 สัปดาห์เหมือนตัวอย่างน้ำทะเลตามที่ได้วางแผนไว้เดิม เนื่องจากมีตัวอย่างน้ำเสียชุมชนส่งเข้ามาวิเคราะห์เพียงช่วง 2 อาทิตย์เท่านั้น

2.2.1 ผลการตรวจวัดค่าดัชนีของตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีในแต่ละวัน เป็นการตรวจวัดน้ำเสียที่เป็นตัวแทนของแต่ละวัน ดัชนีที่ตรวจวัดเบื้องต้น ประกอบด้วย pH อุณหภูมิ และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น พร้อมกับการบันทึกลักษณะสีและกลิ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งสามารถอธิบายดัชนีที่ตรวจวัดเบื้องต้นของน้ำเสียได้ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจวัดค่า pH อุณหภูมิและปริมาตรของน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียชุมชน ในแต่ละวัน

สัปดาห์ที่	วันที่	ดัชนี			หมายเหตุ
		pH	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาตรน้ำเสีย (ลิตร)	
1 (กลุ่ม WW 01)	23 มี.ค.52	2.01	26.0	11	ตัวอย่างน้ำเสียสารละลาย เคมีจากการวิเคราะห์ BOD
	24 มี.ค.52	2.03	26.5	12	
	25 มี.ค. 52	1.98	26.3	9	
	26 มี.ค. 52	2.10	27.1	10	
	27 มี.ค. 52	2.00	25.2	10	
2 (กลุ่ม WW 02)	30 มี.ค.52	2.04	25.2	13	ตัวอย่างน้ำเสียสารละลาย เคมีจากการวิเคราะห์ BOD
	31 มี.ค.52	1.95	26.3	12	
	1 เม.ย. 52	1.99	25.1	11	
	2 เม.ย. 52	2.12	26.3	13	
	3 เม.ย. 52	1.97	25.7	12	

1) *สัปดาห์ที่ 1* น้ำเสียที่เกิดขึ้นมาจากการวิเคราะห์ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำเสียชุมชน น้ำเสียมีสีส้มอ่อน ค่อนข้างใสคล้ายสีชา มีกลิ่นฉุนสารเคมี ความเป็นกรดแก่ ค่า pH ที่ตรวจวัดได้ต่ำมากอยู่ในช่วง 1.98-2.10 อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.2-27.1 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นต่อวันมีปริมาณน้อยอยู่ในช่วง 9-12 ลิตร เฉลี่ย 10.4 ลิตร

2) *สัปดาห์ที่ 2* น้ำเสียที่เกิดขึ้นมาจากการวิเคราะห์ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำเสียชุมชนเช่นกัน น้ำเสียมีสีส้มอ่อน ค่อนข้างใสคล้ายสีชา มีกลิ่นฉุนคล้ายก๊าซไข่เน่าและสารเคมี ค่า pH ที่ตรวจวัดได้ต่ำมากอยู่ในช่วง 1.95-2.12 ทำให้มีสภาพเป็นกรดแก่ อุณหภูมิวัดได้ระหว่าง 25.1-26.3 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นต่อวันมีปริมาณน้อยอยู่ในช่วง 11-13 ลิตร เฉลี่ย 12.2 ลิตร

2.2.2 ผลการตรวจวัดค่าดัชนีตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีตัวแทนแต่ละสัปดาห์ (ใบรับรองผลแสดงดังภาคผนวก ข) เป็นตัวอย่างน้ำเสียจากการนำน้ำเสียตัวแทนของแต่ละวันใน 1 สัปดาห์(5 วันทำการ)มาผสมรวมกันจากนั้นทำการเก็บขึ้นมา 1 ตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของสัปดาห์นั้น ๆ สำหรับการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำดำเนินการเช่นเดียวกันกับกรณีน้ำเสียจากการวิเคราะห์น้ำทะเล ผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 โดยสามารถอธิบายลักษณะน้ำเสียในแต่ละสัปดาห์ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำในตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการ
วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียชุมชน ในแต่ละสัปดาห์

ดัชนี	หน่วย	ผลการตรวจวัด		มาตรฐาน *
		สัปดาห์ที่ 1 (WW 01)	สัปดาห์ที่ 2 (WW 02)	
ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)	pH unit	2.07	2.03	5.5-9.0
ทีดีเอส(TDS) กรณีทิ้งแหล่งน้ำทั่วไป	mg/l	3,373	8,644.5	ไม่มากกว่า 3,000 แต่อาจแตกต่างจาก ที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000
สารแขวนลอยทั้งหมด (TSS)	mg/l	24.2	10.3	ไม่มากกว่า 50 แต่อาจแตกต่างจาก ที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 150
เซลเนียม(Se)	mg/l	0.0009	<0.0005	ไม่มากกว่า 0.02
แคดเมียม(Cd)	mg/l	<0.01	<0.01	ไม่มากกว่า 0.03
ตะกั่ว(Pb)	mg/l	<0.10	<0.10	ไม่มากกว่า 0.2
โครเมียม(Cr ⁶⁺)	mg/l	0.02	<0.02	ไม่มากกว่า 0.25
แบเรียม(Ba)	mg/l	0.17	<0.10	ไม่มากกว่า 1.0
นิกเกิล(Ni)	mg/l	<0.04	<0.04	ไม่มากกว่า 1.0
ทองแดง(Cu)	mg/l	0.19	<0.02	ไม่มากกว่า 2.0
สังกะสี(Zn)	mg/l	1.43	0.24	ไม่มากกว่า 5.0
แมงกานีส(Mn)	mg/l	105.78	326.14	ไม่มากกว่า 5.0
ซัลไฟด์(Sulfide)	mg/l	0.6	0.3	ไม่มากกว่า 1.0
คลอไรด์(Cl ⁻)	mg/l	229.7	121.9	ไม่ได้กำหนด
อุณหภูมิ(Temperature)	C°	27	27	ไม่มากกว่า 40 C°
สี (Color)	-	ส้มใส	ส้มใส	ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
กลิ่น(Odor)	-	ฉุน	ฉุน	ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease)	mg/l	3.3	<1.0	ไม่มากกว่า 5 แต่อาจแตกต่างจาก ที่กำหนดได้ แต่ต้องไม่มากกว่า 15

หมายเหตุ : * หมายถึง ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539)
เรื่องกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

1) *สัปดาห์ที่ 1* น้ำเสียสารละลายเคมีตัวแทนของสัปดาห์ที่มีการวิเคราะห์ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำเสียชุมชน ผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำเสียมีสีส้มอ่อน ค่อนข้างใสคล้ายสีชา มีกลิ่นฉุนของสารเคมี ค่า pH ตรวจวัดได้ต่ำมาก คือ 2.07 หรือมีความเป็นกรดแก่ เนื่องจากการใช้กรดซัลฟริกเข้มข้นในการวิเคราะห์ BOD ค่า TDS มีค่าสูงแต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ 3,373 มิลลิกรัมต่อลิตร และสำหรับคลอไรด์วัดได้ 229.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งยังไม่ถือว่าเป็นน้ำกร่อย(คลอไรด์ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในส่วนของโลหะหนักพบค่าที่เกินมาตรฐานเพียง 1 ชนิด ได้แก่ แมงกานีส เนื่องจากการวิเคราะห์ BOD มีการใช้ $MnSO_4$ โดยตรวจวัดได้ 105.78 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าดัชนีอื่น ๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

2) *สัปดาห์ที่ 2* น้ำเสียสารละลายเคมีตัวแทนของสัปดาห์ที่มีการวิเคราะห์ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำเสียชุมชน เช่นกัน ผลการตรวจวัดมีความคล้ายคลึงและใกล้เคียงกับสัปดาห์ที่ 1 โดยพบว่า น้ำเสียมีสีส้ม ค่อนข้างใสคล้ายสีชา มีกลิ่นฉุนคล้ายก๊าซไข่เน่าและสารเคมี ค่า pH ตรวจวัดได้ 2.03 นั่นคือมีสภาพเป็นกรดแก่ เนื่องจากการใช้กรดซัลฟริกเข้มข้นในการวิเคราะห์ BOD ส่วนค่า TDS สูงกว่าสัปดาห์แรกคือ 8,644.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐาน สำหรับคลอไรด์วัดได้ 121.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส่วนชนิดโลหะหนักที่พบว่าเกินมาตรฐานมีเพียง 1 ชนิด เหมือนกับสัปดาห์แรก ได้แก่ แมงกานีส ตรวจวัดได้ 326.14 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมากกว่าสัปดาห์แรกกว่าสองเท่า ส่วนค่าดัชนีอื่น ๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

2.3 สรุปลักษณะน้ำเสียกรณีศึกษา

จากผลการศึกษาระยะสั้น(Cross-sectional Study)ที่นำเสนอข้างต้นซึ่งเป็นน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่า TSS NO_3 NO_2 PO_4 และ NH_3 ในตัวอย่างน้ำทะเลและน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำเสียชุมชน สามารถสรุปลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาได้ดังนี้

2.3.1 *มีโลหะหนักบางชนิดปนเปื้อนในปริมาณสูงกว่ามาตรฐาน ประกอบด้วย แคดเมียม ทองแดง และแมงกานีส* เนื่องจากการใช้ Cadmium Granular และ $CuSO_4$ ในกระบวนการวิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3) และการวิเคราะห์ BOD มีการใช้ $MnSO_4$

2.3.2 *มีสภาพเป็นกรดแก่* pH ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1.9- 2.0 เนื่องจากการใช้กรดเข้มข้นในการทำปฏิกิริยาวิเคราะห์ตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไป ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก(HCl) กรดซัลฟริก (H_2SO_4) และ กรดไนตริก(HNO_3)

2.3.3 มีของแข็งละลายน้ำ(Total dissolve Solid ; TDS)ในปริมาณสูง จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียสารละลายเคมีที่เป็นน้ำทะเล พบว่าค่า TDS ในแต่ละสัปดาห์ตรวจวัดได้ 11,591 16,856 และ 17,792 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าคลอไรด์ตรวจวัดได้ 5,758.2 8,697.3 และ 9,203.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่ง TDS ส่วนใหญ่เกิดจากการที่มีเกลือละลายปะปนอยู่ในน้ำ ในที่นี้คืออยู่ในรูปสารประกอบคลอไรด์ ทำให้ค่าคลอไรด์มีค่าสูงตามไปด้วย สำหรับน้ำเสียสารละลายเคมีจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียชุมชน มีค่า TDS สูงเกินมาตรฐานเช่นกัน แต่มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างที่เป็นน้ำทะเลมาก ส่วนคลอไรด์มีค่าน้อยในระดับที่ยังไม่จัดว่าเป็นน้ำกร่อย(คลอไรด์ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร)

จากผลสรุป พบว่าลักษณะน้ำเสียจากการวิเคราะห์มีลักษณะที่สอดคล้องกันไปในการทำนองเดียวกันกับผลการศึกษาจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องในข้อ 1 ดังนั้นแนวทางการจัดการเบื้องต้นที่จักได้นำเสนอต่อไป ทั้งสำหรับกรณีศึกษาระยะสั้นครั้งนี้และสำหรับห้องปฏิบัติการของบริษัท ฯ โดยภาพรวมจะเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

3. แนวทางการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัทเอส ที เอส กรีน จำกัด เบื้องต้น

ผลการศึกษาลักษณะน้ำเสียทั้งจากคู่มือการวิเคราะห์ ฯ และงานศึกษาและวิจัยในอดีต รวมทั้งจากการศึกษาลักษณะน้ำเสียในระยะสั้น(Cross-sectional Study)ที่ได้นำเสนอข้างต้น ทำให้เห็นภาพรวมและแนวโน้มของลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการแห่งนี้ โดยสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ 1) น้ำเสียสารละลายเคมี ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีปริมาณมากที่สุดจากห้องปฏิบัติการ จัดเป็นน้ำเสียประเภทอินทรีย์ และ 2) น้ำเสียจากของเสียติดเชื้อจากการวิเคราะห์โคลิฟอร์มแบคทีเรียซึ่งเป็นน้ำเสียประเภทอินทรีย์ น้ำเสียแต่ละประเภทมีวิธีการบำบัดที่แตกต่างกัน โดยน้ำเสียประเภทอินทรีย์สามารถใช้วิธีการบำบัดทางเคมี หรือทางกายภาพ-เคมี สำหรับน้ำเสียประเภทอินทรีย์บำบัดโดยการใส่เตาเผา หรือการอบฆ่าเชื้อ แต่น้ำเสียส่วนนี้มีน้อย ประมาณ 3 ลิตรต่อวันจึงสามารถส่งไปบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสียรวมของอาคารได้

ส่วนน้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดภาชนะในห้องปฏิบัติการจากการศึกษาของศิษยา บุญมานุช(2542) พบว่า สารพิษและโลหะหนักในน้ำเสียจากการล้างภาชนะมีปริมาณน้อยมากหรือไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ถ้าสามารถแยกน้ำเสียประเภทสารละลายเคมีภายหลังการทดลอง

มิให้ปนเปื้อนน้ำล้างภาชนะโดยเด็ดขาด ทำให้น้ำล้างภาชนะสามารถส่งไปบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียรวมของอาคารได้

ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ได้มุ่งเน้นนำเสนอแนวทางการจัดการเบื้องต้นสำหรับน้ำเสียสารละลายเคมีจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีต่าง ๆ เนื่องจากเป็นน้ำเสียที่มีปริมาณมากที่สุด และมีลักษณะที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เช่น มีความเป็นกรด หรือ ค่าสูงทำให้มีฤทธิ์กัดกร่อน มีสารเคมี และโลหะหนักปนเปื้อนซึ่งมีความเป็นพิษ

3.1 แนวทางการจัดการสำหรับกรณีศึกษาระยะสั้น(Cross-sectional Study) จากข้อมูลผลการศึกษาข้างต้น สามารถนำมาประกอบการพิจารณาเพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียเบื้องต้นสำหรับน้ำเสียสารละลายเคมีจากห้องปฏิบัติการของบริษัทเอส ที เอส กรีน จำกัด กรณีน้ำเสีย ๆ ที่เกิดจากการวิเคราะห์ TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล และน้ำเสีย ๆ ที่เกิดจากการวิเคราะห์ BOD ในตัวอย่างน้ำเสียชุมชน โดยพิจารณานำเสนอเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย การแยกประเภทน้ำเสีย การเก็บรวบรวมและบรรจุ การจัดเก็บ และการบำบัด แต่ละขั้นตอนมีแนวทางดังนี้

3.1.1 การแยกประเภทน้ำเสีย สำหรับการแยกประเภทน้ำเสียสารละลายเคมี จะต้องจัดให้มีถังพลาสติกรองรับอย่างเพียงพอครบทุกประเภท ในกรณีศึกษานี้ได้แบ่งประเภทน้ำเสียสารละลายเคมีโดยพิจารณาจากลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นและต้นกำเนิดน้ำเสียซึ่งอาจมีผลต่อปฏิกิริยาและขั้นตอนการบำบัดที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) **น้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล** ลักษณะน้ำเสียมีความเป็นกรดแก่ แต่จะมีเกลือผสมอยู่จำนวนมากโดยแสดงชัดเจนในรูปของค่าคลอไรด์และค่า TDS ในปริมาณสูงมาก นอกจากนี้ยังมีโลหะหนักปนเปื้อนเกินมาตรฐานอีกด้วย 2 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม และทองแดง

2) **น้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ BOD ในตัวอย่างที่ไม่ใช่ น้ำทะเล** โดยมีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำเสียชุมชน ลักษณะน้ำเสียมีความเป็นกรดแก่เช่นกัน และพบว่ามีค่า TDS สูงกว่ามาตรฐานเช่นกัน แต่เมื่อเทียบกับน้ำทะเลถือว่ามีค่าน้อยกว่ามาก นอกจากนี้ยังมีโลหะหนักปนเปื้อนเกินมาตรฐานอีกด้วย 1 ชนิด คือ แมงกานีส

3.1.2 การรวบรวมและบรรจุ ในการรวบรวมให้ดำเนินการดังนี้

- 1) เตรียมถังพลาสติกที่มีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อน จำนวน 2 ถัง พร้อมฝาปิดสำหรับน้ำเสีย 2 ประเภทที่ได้จำแนกข้างต้น โดยให้มีขนาดประมาณ 50 ลิตร พร้อมถังสำรองกรณีไม่เพียงพอ
- 2) ติดเครื่องหมายหรือข้อความที่ถังพลาสติกเพื่อบ่งชี้ว่าเป็นถังรองรับน้ำเสียประเภทใดให้ชัดเจน
- 3) จัดให้มีสถานที่หรือห้องเก็บรวบรวมถังน้ำเสียเพื่อรอการบำบัดพร้อมกันในสุดสัปดาห์ โดยจัดให้มีถังพลาสติกขนาด 200 ลิตรจำนวน 2 ถัง(ประเภท)ไว้รองรับ พร้อมถังสำรอง
- 4) ทำการรวบรวมน้ำเสียและจดบันทึกข้อมูลน้ำเสียแต่ละวัน โดยจัดทำเป็นแบบบันทึก ข้อมูลประกอบด้วย วัน เวลา ชื่อผู้รวบรวม ประเภทน้ำเสีย ปริมาตรที่เกิดขึ้น และระบุแหล่งกำเนิดว่าเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ทัศนียภาพ
- 5) นำน้ำเสียที่รวบรวมได้ในแต่ละวัน ไปเทบรรจุรวมไว้ในถังขนาด 200 ลิตรแยกแต่ละประเภทภายในห้องเก็บเพื่อรอการบำบัดในสุดสัปดาห์ หากมีมากเกินไป 100 ลิตรต่อวันในแต่ละประเภท ให้ทำการบำบัดวันต่อวันเพื่อลดปริมาณสะสม

3.1.3 การจัดเก็บ เมื่อได้น้ำเสียประเภทต่างๆ ในแต่ละวันให้ขนถ่ายมายังถังแยกประเภทขนาด 200 ลิตร ที่เตรียมไว้ในห้องเก็บรวบรวมถังน้ำเสียเพื่อรอการบำบัดพร้อมกันในสุดสัปดาห์ ผู้ขนถ่ายจะต้องระมัดระวัง ซึ่งอย่างน้อยจะต้องมีการสวมถุงมือป้องกันเนื่องจากน้ำเสียมีฤทธิ์กัดกร่อน สำหรับสถานที่หรือห้องที่ทำการจัดเก็บน้ำเสียนั้นจะต้องมีความเหมาะสมในหลายด้าน ดังนี้

- 1) ต้องมีการถ่ายเทอากาศที่ดี
- 2) ไม่มีปัญหาน้ำท่วมขัง มีขอบกั้น(Bund)ป้องกันการหกรั่วไหลเบื้องต้น พร้อมระบบการระบายน้ำดี
- 3) มีขนาดพื้นที่เพียงพอในการวางถังและการปฏิบัติงาน
- 4) พื้นทีวางถังมีความมั่นคง ไม่ลื่นและทำความสะอาดง่าย
- 5) มีหลังคาปกคลุมและรั้วรอบหรือผนังทุกด้านที่สามารถป้องกันแสงแดด และฝนได้อย่างดีพร้อมประตูเปิด-ปิดแน่นหนา
- 6) อุณหภูมิไม่สูงเกินไปซึ่งอาจจะส่งผลต่อปฏิกิริยา

- 7) ไม่อยู่ใกล้บริเวณที่มีพนักงานปฏิบัติงานมากเกินไปและอยู่ในทิศทางใต้ลมเพื่อลดปัญหาหากลิ่นรบกวน
- 8) ติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิงในจุดใกล้เคียงที่มีความสะดวกสามารถใช้ระงับเหตุฉุกเฉินได้ทันที

3.1.4 การบำบัด นำเสียสารละลายเคมีจากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ของบริษัท ฯ มีปริมาณอยู่ในช่วง 50-70 ลิตรต่อวัน ซึ่งถือว่ามีปริมาณน้อย จึงเสนอแนะให้เลือกใช้ระบบบำบัดแบบที่ละเทหรือแบบ Batch คือ จัดให้มีถังรองรับน้ำเสียแล้วจึงบำบัด น้ำเสียสารละลายเคมี เป็นน้ำเสียประเภทอนินทรีย์ สามารถใช้วิธีการบำบัดทางเคมี หรือทางกายภาพ-เคมี ตามความเหมาะสมต่อลักษณะน้ำเสีย ซึ่งพบว่าน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการของบริษัทเอส ที เอส กรีน จำกัด ในกรณีศึกษาครั้งนี้ มีลักษณะที่สำคัญ 3 ประการคือ มีโลหะหนักปนเปื้อนบางชนิดเกินมาตรฐาน มีความเป็นกรดแก่ และมีของแข็งละลายน้ำในปริมาณสูง ดังนั้นแนวทางการบำบัดจะยึดหลักการที่จะต้องบำบัดลักษณะทั้งสามประการให้ได้มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ดังนี้

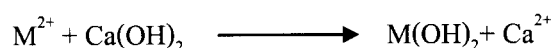
1) การบำบัดน้ำเสียสารละลายเคมีจากห้องปฏิบัติการที่มีโลหะหนักปนเปื้อน การบำบัดโลหะหนักมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีที่ได้ผลดีประการหนึ่ง ได้แก่ การตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation) เป็นวิธีการที่ดำเนินการได้ง่ายกรณีการบำบัดแบบที่ละเท (Batch) โดยเป็นกระบวนการเติมสารเคมีเข้าไปเพื่อปรับ pH ให้อยู่ในระดับที่ทำให้สาร โลหะหนักเปลี่ยนสภาพจากที่ละลายในน้ำเสีย (Soluble) ให้อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble) ทำให้ตกตะกอนและกำจัดออกได้ง่ายขึ้น การปรับเพิ่ม pH กระทำได้โดยการเติมสารเคมีประเภทเบส (Base) เช่น ปูนขาว (Lime ; $\text{Ca}(\text{OH})_2$) โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟ (NaOH) เป็นต้น เพื่อให้เกิดเป็นโลหะไฮดรอกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ หรืออาจทำการตกตะกอนในรูปโลหะซัลไฟด์โดยใช้สารละลายฟอรัสซัลไฟด์ โซเดียมซัลไฟด์ หรือโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ แต่การตกตะกอนรูปโลหะซัลไฟด์ มักมีขนาดเล็กและเกิดฟล็อก (Floc) เล็กมากทำให้ตกตะกอนได้ยาก นอกจากนี้ปฏิกิริยาที่เกิดจากสารประกอบซัลไฟด์อาจทำให้เกิดก๊าซพิษไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

อย่างไรก็ตาม การกำจัดโลหะหนักด้วยปูนขาวหรือโซดาไฟได้รับความนิยมมากกว่าการใช้สารเคมีตัวอื่น ๆ (มันสิน ตัณฑุลเวศม์ 2542) เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพงเกินไป สำหรับช่วง pH ที่โลหะในน้ำเสียดกตะกอนในรูปนี้ได้ดี คืออยู่ในช่วง pH 8-11 ทั้งนี้โลหะหนักแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายแตกต่างกันที่ระดับ pH แตกต่างกัน ซึ่งการหาระดับ pH และปริมาณการเติมสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับกำจัดโลหะหนักแต่ละชนิดเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องสำหรับน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดใด ๆ มักกระทำได้โดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งงาน

ทดสอบที่ต้องทำ ได้แก่ การหา Titration Curve ที่เกิดจากการเติมสารเคมีในปริมาณต่าง ๆ และการทำ Jar Test เพื่อหาระดับ pH และปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้น สำหรับกรณีศึกษาครั้งนี้ ซึ่งต้องทำการตกตะกอนแคลเซียมและทองแดงสำหรับน้ำเสียสารละลายเคมีที่เป็นน้ำทะเล และการตกตะกอนแมงกานีสสำหรับน้ำเสียสารละลายเคมีที่เป็นน้ำเสียจากชุมชน มีแนวทางเสนอแนะดำเนินการดังนี้

(1) การตกตะกอน แคลเซียมและทองแดง

การตกตะกอนทางเคมีจะมีมากน้อยเพียงใดต้องพิจารณาค่า pH หลังจากการเติมสารเคมีและเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้ว ในเบื้องต้นเสนอแนะใช้วิธีการทดลองเติมปูนขาว(Lime ; Ca(OH)₂) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้เป็นสารทำให้ตกตะกอนลงไปในถังรวบรวมน้ำเสีย เพื่อตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์(Hydroxide Precipitation) โดยมีปฏิกิริยาดังสมการต่อไปนี้



เมื่อ M^{2+} คือ โลหะไอออนที่จะบำบัด ได้แก่ Cd^{2+} และ Cu^{2+}

อย่างไรก็ตาม สำหรับการเติมปูนขาว ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดแคลเซียม อยู่ที่ 9.5-12 และทองแดง อยู่ที่ 9-10 สารเคมีที่ตกตะกอนได้ คือ $Cd(OH)_2$ และ $Cu(OH)_2$ ตามลำดับ(เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์ 2542) ซึ่งพบว่า มีช่วง pH ที่เกลือโลหะทั้งสองละลายได้ดีที่สุดอยู่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นการ เติม ปูนขาว ให้ได้ผลต้องปรับ pH ให้อยู่ในช่วงดังกล่าว

(2) การตกตะกอนแมงกานีส

แนวทางการดำเนินการเช่นเดียวกันกับการบำบัดแคลเซียมและทองแดงคือ เติมด้วย ปูนขาว(Lime ; Ca(OH)₂) ลงในถังรวบรวม สำหรับการกำจัดแมงกานีส ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ที่ 10 สารเคมีที่ตกตะกอนได้ คือ $Mn(OH)_2$ (เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์ 2542) แต่ทั้งนี้ จะต้องมีการทดลองหาปริมาณการเติมที่เหมาะสมต่อไป

สิ่งที่สำคัญที่ควรคำนึงถึงในการบำบัดน้ำเสียวิธีนี้คือ การเติมต่างลงในน้ำเสียอาจเป็นการเพิ่มค่า TDS ในน้ำเสียให้เพิ่มมากขึ้นได้ เนื่องจากปฏิกิริยาการละลายของต่าง ใดก็ตาม จะต้องทดสอบปริมาณโลหะหนักในสารละลายหลังบำบัดว่าได้มาตรฐานหรือไม่ และพิจารณาทดลองการตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์โดยการเติมสารอื่นๆ ด้วยเพื่อการเปรียบเทียบทั้งประสิทธิภาพและค่าใช้จ่าย

2) การบำบัดน้ำเสียสารละลายเคมีจากห้องปฏิบัติการที่มีความเป็นกรดแก่ มีค่า pH ส่วนใหญ่ต่ำกว่า 2 เนื่องจากมีการใช้สารละลายกรดเข้มข้นในการวิเคราะห์ เช่น กรดไฮโดรคลอริก(HCl) กรดซัลฟูริก(H_2SO_4) และ กรดไนตริก(HNO_3) เป็นต้น วิธีการที่ใช้บำบัด คือ การปรับสภาพความเป็นกรดต่าง(pH Adjustment) โดยมีหลักการคือการปรับสภาพน้ำเสียที่มีสภาพความเป็นกรด (pH <7) ด้วยการเติมด่าง และปรับสภาพน้ำเสียที่มีความเป็นด่าง(pH >7) ด้วยการเติมกรด เพื่อให้มีน้ำเสียที่มีสภาพความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาในบำบัดขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การตกตะกอนโลหะหนัก หรือเป็นการปรับ pH ให้เป็นกลางเพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ให้เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งก่อนปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำภายนอกซึ่งปริมาณสารเคมีที่ใช้จะมากน้อยเพียงใดจะต้องทำการทดสอบโดยการไตเตรท คือ ทำการไตเตรทด้วยน้ำเสียที่มีสภาพความเป็นกรดด้วยการเติมด่าง และทำการวัด pH ขณะทีค่อย ๆ เติมด่างที่ทราบความเข้มข้น จะพบว่าด่างที่เติมลงไปจะทำปฏิกิริยากับกรดในน้ำเสียทำให้น้ำเสียมีค่า pH ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น หรือมีความเป็นกรดลดลงจนกระทั่งเมื่อต่างทำปฏิกิริยากับกรดหมดพอดีน้ำเสียก็จะมีสภาพเป็นกลาง(pH = 7) แต่ถ้าเติมด่างอีกก็จะทำให้น้ำเสียกลายเป็นด่าง ส่วนการไตเตรทด้วยน้ำเสียที่มีสภาพความเป็นด่างด้วยการเติมกรด มีปฏิกิริยาเป็นไปในทางกลับกัน ทำให้ความเป็นด่างของน้ำเสียค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งกรดทำปฏิกิริยากับด่างได้หมดพอดี น้ำเสียจะมีสภาพเป็นกลาง แต่ถ้าเติมกรดเพิ่มเข้าไปอีกจะทำให้น้ำเสียมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น

สำหรับกรณีศึกษาที่ การปรับ pH จะเป็นไปในทางตรงข้าม คือเป็นการปรับ pH จากสภาพที่เป็นด่างให้ลงมาอยู่ในช่วงมาตรฐานแทน กล่าวคือ น้ำเสียสารละลายเคมีเมื่อผ่านการตกตะกอนทางเคมีเพื่อกำจัดโลหะหนักแล้วค่า pH มักจะอยู่ในระดับสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับลงมาอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้เป็นกลาง (Neutralization) หรือให้อยู่ในช่วงมาตรฐานกำหนด (5.5-9.0) โดยสารเคมีที่ใช้ในการเติมลงไปเพื่อปรับสภาพน้ำเสียที่มีความเป็นด่างสูง ได้แก่ สารเคมีที่เป็นกรด เช่น กรดซัลฟูริก(H_2SO_4) กรดไฮโดรคลอริก(HCl) กรดไนตริก(HNO_3) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) เป็นต้น การดำเนินการปรับ pH จะกระทำโดยการทดลองไตเตรทจนกระทั่งค่า pH อยู่ในช่วงมาตรฐาน

3) การบำบัดน้ำเสียสารละลายเคมีจากห้องปฏิบัติการที่มีของแข็งละลายน้ำ (TDS) ในปริมาณสูง ซึ่งเป็นขั้นตอนบำบัดสุดท้ายก่อนทิ้งสู่ภายนอก น้ำเสียที่มีลักษณะดังกล่าวส่วนใหญ่ คือน้ำเสียจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล ซึ่งจะมีค่า TDS สูงเกินมาตรฐาน(มากกว่า 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งเกิดจากการที่น้ำเสียมีเกลือละลายปะปนอยู่ในน้ำทำให้ค่าคลอไรด์สูงตามไปด้วย นอกจากนี้ น้ำเสียจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งอื่น ๆ เช่น น้ำเสียชุมชน ก็มีค่า TDS สูงเช่นกัน แต่ถือว่าไม่มากนัก การบำบัดขั้นนี้อาจไม่จำเป็นสำหรับน้ำเสียที่ไม่ใช่น้ำทะเลที่มีค่า

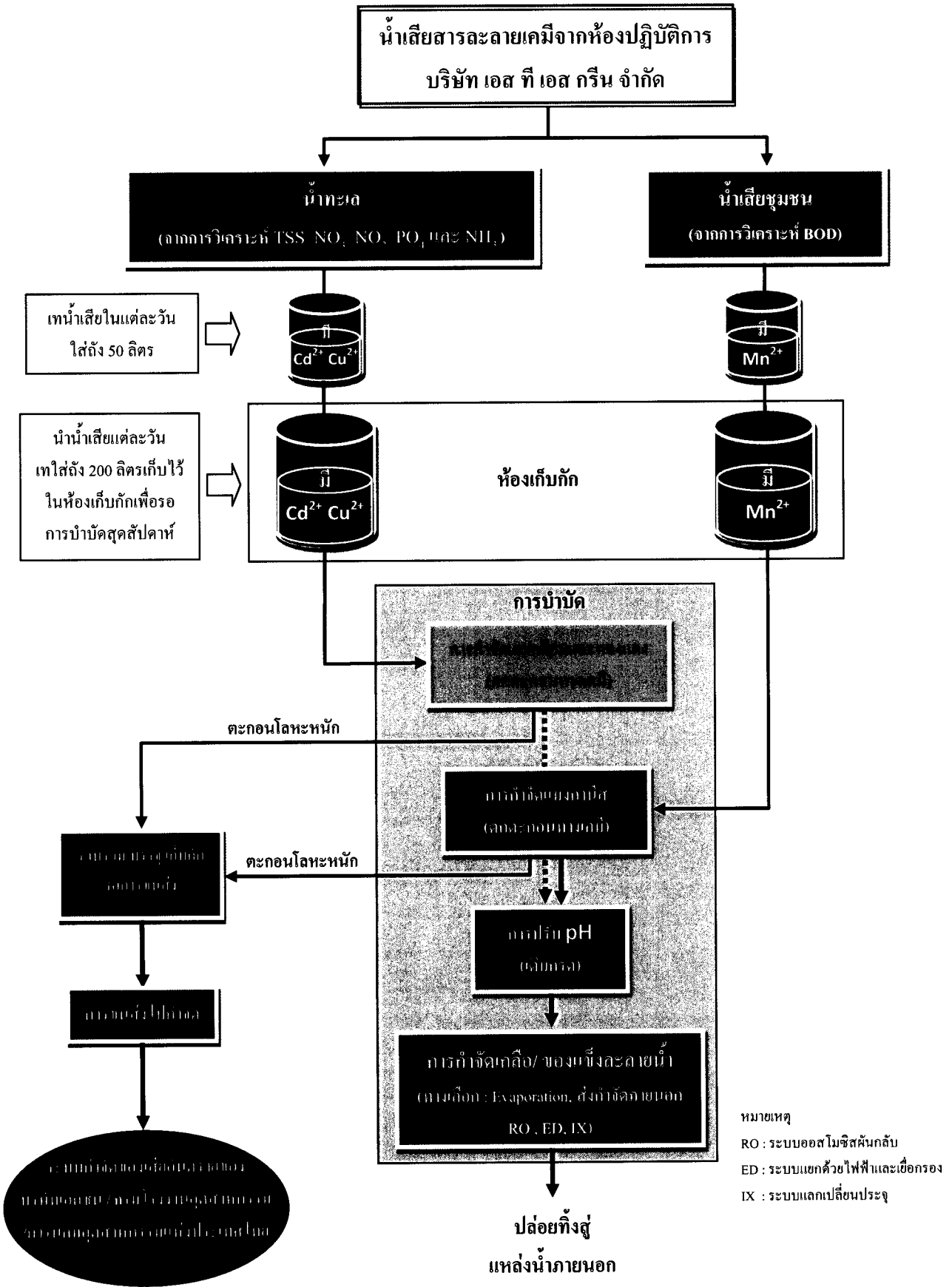
TDS ในขณะที่ระบบไม่เกินมาตรฐาน แต่ในเบื้องต้นจะยังคงนำเสนอไว้เนื่องจากลักษณะน้ำเสีย กรณีศึกษาทั้งสองประเภทมีค่า TDS สูงเกินมาตรฐาน

สำหรับการลดค่า TDS ซึ่งเป็นการลดคลอรีนได้ไปด้วยในตัวนั้น มีทางเลือก หลายวิธี เช่น การออสโมซิสแบบผันกลับ(Reverse Osmosis ; RO) การแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง (Electrodialysis; ED) และการแลกเปลี่ยนประจุ(Ion Exchange ; IX) ซึ่งจากการศึกษาการลดเกลือ ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันดิบของเอกรินทร์ ทองดาชาย(2547) พบว่าทั้ง 3 วิธี มีประสิทธิภาพในการลดค่า TDS และคลอรีนได้สูง มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน โดยระบบ RO มี ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง/ติดตั้งระบบต่ำสุดและประสิทธิภาพในการลดคลอรีนมากที่สุด สำหรับ ระบบ ED และ IX มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานใกล้เคียงกันและต่ำกว่าระบบ RO

ข้อพิจารณาอีกประการ พบว่าในระบบ RO และ ED จะต้องมีการกำจัดเกลือ เข้มข้น(Brine Disposal)ที่เกิดจากการดึงเกลือออกมาจากน้ำ ส่วนระบบ IX เช่น การใช้เรซินเป็น ตัวแลกเปลี่ยนประจุจะมีน้ำล้างฟื้นฟูสภาพเรซินที่ต้องนำมาจัดการต่อซึ่งเป็นภาระค่าใช้จ่ายที่ เพิ่มเติม แต่ทั้งนี้ระบบ RO ED และ IX ไม่นิยมใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสีย แต่มักใช้กับการผลิตน้ำ ใช้สำหรับอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่องเพื่อให้ได้น้ำใช้จำนวนมากซึ่งต้องลงทุนสูง อย่างไรก็ตาม หากน้ำเสียที่มีค่า TDS เกินมาตรฐานเกิดขึ้นบ่อยและมีไม่บ่อยครั้งเช่นน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ แห่งนี้อาจพิจารณาใช้ทางเลือกที่ประหยัดอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้วิธีการระเหย(Evaporation Process) โดยการปล่อยให้ระเหยเองตามธรรมชาติในบ่อผึ่งหรือถังที่จัดไว้เป็นการเฉพาะ ซึ่งจะมีสิ่งที่จะต้อง กำจัดเฉพาะเกลือเข้มข้นที่หลงเหลือหลังการระเหยเท่านั้น แต่มีข้อเสียคือต้องจัดสถานที่เพิ่มเติม และใช้เวลานานในการระเหย รวมทั้งอาจมีปัญหากลิ่นรบกวนได้ นอกจากนี้อีกทางเลือกหนึ่งคือ การส่งให้หน่วยงานภายนอกกำจัดหากมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการบำบัดด้วยตนเอง

ในการดำเนินการต่อไปจะต้องมีการศึกษาการบำบัดโดยวิธีทางเลือก ต่าง ๆ เพิ่มเติม โดยลงลึกในรายละเอียดอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบทางด้านประสิทธิภาพและเศรษฐศาสตร์ ก่อน อย่างไรก็ตามหากทำการบำบัดเอง น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดขั้นตอนนี้ต้องมีค่า TDS อยู่ ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ส่วนคลอรีนไม่ได้กำหนดในมาตรฐาน แต่เมื่อได้พิจารณาแหล่งทิ้งน้ำ ซึ่งเป็นคลองสาธารณะ(คลองสี่)ที่มีการใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรและประมงอยู่มาก จึงควร บำบัดให้มีค่าคลอรีนน้อยกว่าระดับที่เป็นน้ำกร่อย(ค่าคลอรีนต้องไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร)

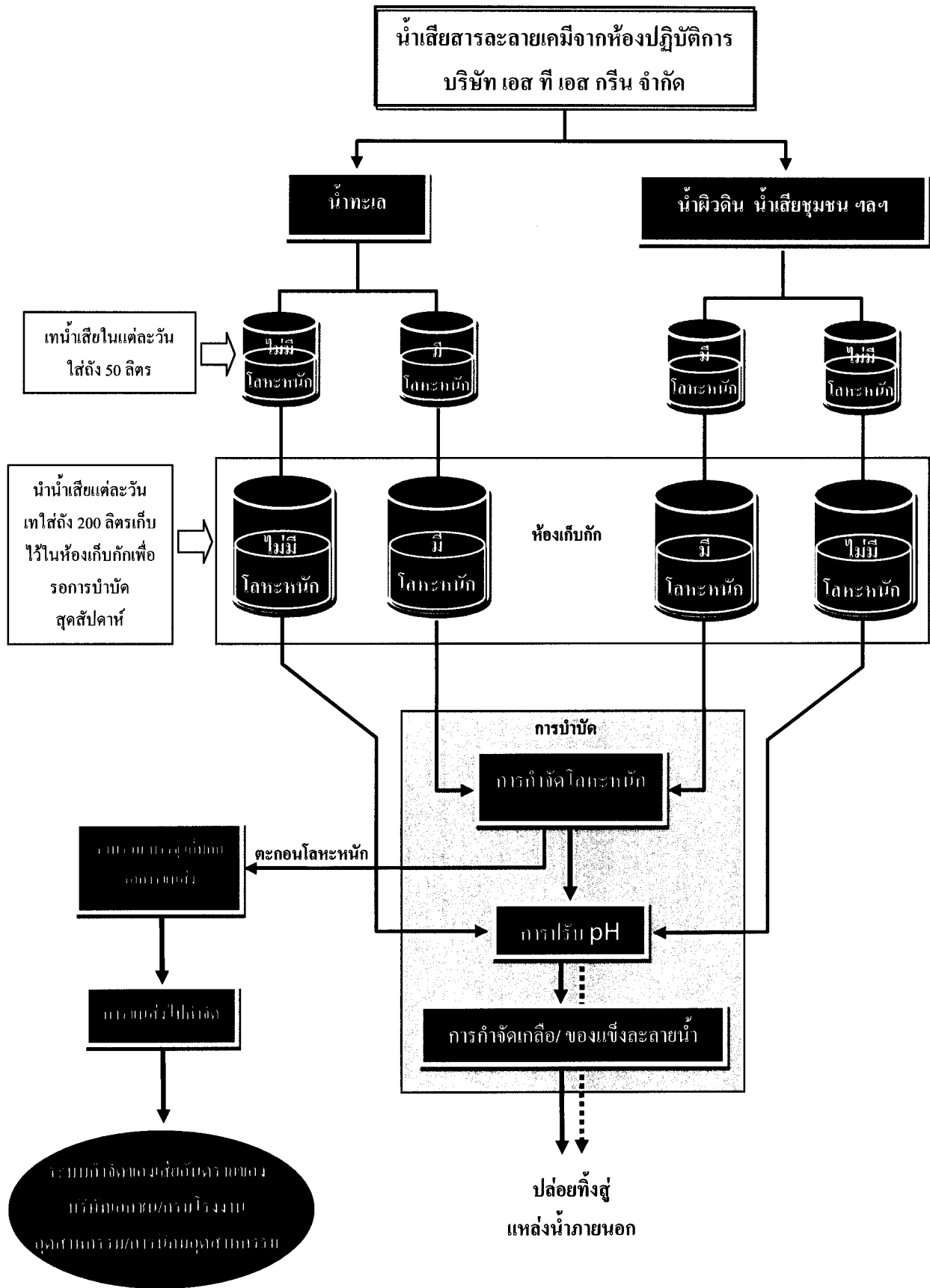
จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาสรุปแนวทางการจัดการเบื้องต้นสำหรับ น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการของบริษัทฯ ในกรณีศึกษาได้ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แนวทางการจัดการเบื้องต้นสำหรับน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการของบริษัทฯ ในกรณีศึกษา

จากภาพที่ 4.1 การบำบัดน้ำเสียสารละลายเคมีแต่ละถังที่ได้ทำการแยกประเภทน้ำเสียแล้ว (บำบัดแบบ Batch) สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ น้ำเสียประเภทที่มีโลหะหนักจะทำการบำบัดโดยวิธีการตกตะกอนทางเคมี เมื่อปฏิกิริยาครบสมบูรณ์แล้วจะเกิดการตกตะกอนของโลหะหนัก จากนั้นจึงทำการแยกตะกอนโลหะหนักออกไปรวบรวมรอการขนส่งไปกำจัด (Disposal)ยังหน่วยงานที่รับกำจัดภายนอก ส่วนน้ำส่วนบนของถังซึ่งมี pH สูง จะทำการบำบัดต่อโดยการปรับลด pH ลงโดยการเติมกรด จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการบำบัดของแข็งละลายน้ำ ขั้นตอนนี้อาจไม่จำเป็นสำหรับน้ำเสียที่มี TDS ไม่เกินมาตรฐาน ซึ่งมักเป็นกลุ่มน้ำเสียที่ไม่ใช่น้ำทะเล แต่สำหรับกรณีศึกษาครั้งนี้ยังมีความจำเป็นเนื่องจากค่า TDS สำหรับน้ำเสียทั้งสองประเภทยังเกินมาตรฐาน

3.2 แนวทางการจัดการในภาพรวมเบื้องต้น จากผลการศึกษาลักษณะน้ำเสียทั้งจากเอกสารที่เกี่ยวข้องและการวิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำเสียที่กล่าวมาในหัวข้อหลักข้อที่ 1 และ 2 ทำให้สามารถคาดหมายได้ว่าน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการแห่งนี้มีลักษณะสำคัญ 2 ประการที่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม คือ มีโลหะหนักปนเปื้อนเกินมาตรฐานและมีความเป็นกรดแก่ ส่วนลักษณะที่มีเกลือละลายน้ำสูง(TDS สูง) จะมีเป็นครั้งคราวเท่านั้น ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นแต่ละวันอาจมีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้ง 3 ประการก็ได้ แต่โดยมากจะมีความเป็นกรดเป็นพื้นฐาน ดังนั้นแนวทางการจัดการน้ำเสียในภาพรวมเบื้องต้น สามารถนำแนวทางการจัดการของกรณีศึกษาที่ได้นำเสนอในข้อ 3.1 มาประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย การแยกประเภทน้ำเสีย การเก็บรวบรวมและบรรจุ การจัดเก็บ และการบำบัด โดยการแยกประเภทน้ำเสียได้เพิ่มการแยกน้ำเสียประเภทที่ไม่มีโลหะหนัก(พิจารณาจากสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ว่ามีโลหะเป็นองค์ประกอบหรือไม่) ซึ่งน้ำเสียประเภทนี้มีขั้นตอนการบำบัดลดลงไปโดยไม่ต้องมีการตกตะกอนทางเคมีแต่จะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับค่า pH ทันที ส่วนน้ำเสียที่มีโลหะหนักจะผ่านขั้นตอนการตกตะกอนทางเคมีก่อนซึ่งทำให้ค่า pH มีระดับสูงจึงต้องปรับลดค่า pH ลง สำหรับขั้นตอนสุดท้ายในการบำบัดของแข็งละลายน้ำได้นำเสนอเป็นทางเลือกกรณีน้ำเสียเข้าระบบมี TDS เกินมาตรฐานอาจทำการบำบัดเองตามทางเลือกที่นำเสนอหรือนำส่งบำบัดภายนอกก็ได้โดยพิจารณาทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและค่าใช้จ่ายน้อยกว่า น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการปรับ pH สามารถปล่อยทิ้งสู่ภายนอกได้หากพบว่าค่า TDS ไม่เกินมาตรฐาน ในการดำเนินการศึกษาถัดไป วิธีการตามทางเลือกต่าง ๆ ที่นำเสนอจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดก่อนอีกครั้งหนึ่งเพื่อเปรียบเทียบทางด้านประสิทธิภาพและเศรษฐศาสตร์ก่อน สำหรับแนวทางการจัดการในภาพรวมเบื้องต้นสามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แนวทางการจัดการน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการของบริษัทฯ ในภาพรวมเบื้องต้น

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากห้องปฏิบัติการของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด เป็นการศึกษาระยะสั้น (Cross-sectional Study) พร้อมทั้งได้ทำการศึกษาแหล่งข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง แล้วนำประมวลเพื่อเสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียเบื้องต้น น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการแห่งนี้ มี 2 ประเภทหลักได้แก่ ของเสียสารเคมี และของเสียติดเชื้อ โดยในการศึกษารุ่นนี้ได้เน้นศึกษาของเสียสารเคมี คือ น้ำเสียสารละลายเคมี ซึ่งเป็นส่วนผสมของตัวอย่างน้ำที่ทำการวิเคราะห์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นของเสียส่วนใหญ่ของห้องปฏิบัติการและมีลักษณะที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมสูง เช่น มีความเป็นกรดหรือด่างแก่ทำให้มีฤทธิ์กัดกร่อน มีโลหะหนักปนเปื้อนซึ่งมีความเป็นพิษ เป็นต้น ส่วนของเสียติดเชื้ออันเกิดจากการวิเคราะห์โคลิฟอร์มแบคทีเรียนั้นเกิดขึ้นน้อยเพียงประมาณ 3 ลิตรต่อวัน จึงสามารถนำไปบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียรวมของอาคารได้

1.1 ผลการศึกษาลักษณะน้ำเสียสารละลายเคมีจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโดยตรง ทำให้สามารถคาดหมายลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ ของห้องปฏิบัติการของบริษัทฯ ที่สำคัญ ได้ดังนี้

1.1.1 มีความเป็นพิษจากการปนเปื้อนของโลหะหนัก โดยพบว่าการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำที่มีการใช้สารเคมีที่โลหะหนักเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ DO BOD COD Chloride NO_3 NO_2 Total Hardness Total Phosphorus และ Heavy metal นอกจากนี้ น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ Total Hardness อาจมีความเป็นพิษจากไซยาไนด์ได้เนื่องจากการใช้ NaCN อนุพันธ์ใดก็ตาม Total Hardness มีการวิเคราะห์ไม่บ่อยนัก ดังนั้น น้ำเสียส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจะมีความเป็นพิษจากการปนเปื้อนโลหะหนักมากกว่า

1.1.2 มีฤทธิ์เป็นกรด เมื่อพิจารณาสารเคมีที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ หลายดัชนี พบว่า มีการใช้กรดเข้มข้นตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไป อาทิ HCl HNO_3 H_2SO_4 และบางดัชนีมี

การใช้ต่างด้วย เช่น NaOH แต่มีสัดส่วนน้อย นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเคมีอื่น ๆ จำพวกตัวทำละลายหลายชนิด ดังนั้นการวิเคราะห์ดัชนีบางตัวจะก่อกำเนิดน้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรด

นอกจากนี้ยังมีลักษณะน้ำเสียได้อีกประการ คือ การมีของแข็งละลายน้ำสูงในรูปของสารประกอบคลอไรด์ เกิดจากกรณีที่ตัวอย่างน้ำที่ส่งเข้ามาวิเคราะห์เป็นน้ำทะเลแต่มีสัดส่วนน้อยต่อปี

1.2 ผลการศึกษาลักษณะน้ำเสียสารละลายเคมีกรณีการศึกษา(Cross-sectional Study)

สำหรับน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่า TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล และน้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำเสียชุมชน สามารถสรุปลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับผลการคาดหมายในข้อ 1.1 ดังนี้

1.2.1 มีโลหะหนักบางชนิดปนเปื้อนสูงกว่ามาตรฐาน ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง และแมงกานีส เนื่องจากมีการใช้ Cadmium Granular และ CuSO₄ ในกระบวนการวิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO₃)และการวิเคราะห์ BOD มีการใช้ MnSO₄

1.2.2 มีสภาพเป็นกรดแก่ ค่า pH ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1.9- 2.0 เนื่องจากมีการใช้กรดเข้มข้นในการทำปฏิกิริยาวิเคราะห์ตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไป ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก(HCl) กรดซัลฟูริก(H₂SO₄) และ กรดไนตริก(HNO₃)

1.2.3 มีของแข็งละลายน้ำ(Total Dissolve Solid ; TDS)ในปริมาณสูง จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียที่เป็นน้ำทะเล พบว่ามีค่า TDS สูงเกินมาตรฐาน ซึ่ง TDS ส่วนใหญ่เกิดจากน้ำเสียมีเกลือละลายปะปนอยู่ในน้ำในที่นี้คืออยู่ในรูปสารประกอบคลอไรด์ซึ่งพบได้ทั่วไปในน้ำทะเล ทำให้ค่าคลอไรด์ที่ตรวจพบมีค่าสูงตามไปด้วย สำหรับน้ำเสียจากการวิเคราะห์น้ำจากแหล่งน้ำเสียชุมชน มีค่า TDS สูงเกินมาตรฐานเช่นกัน แต่มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างน้ำทะเลมาก ส่วนคลอไรด์มีค่าน้อยในระดับที่ยังไม่จัดว่าเป็นน้ำกร่อย(คลอไรด์ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร)

1.3 แนวทางการจัดการน้ำเสียเบื้องต้น

1.3.1 แนวทางการจัดการสำหรับกรณีศึกษา(Cross-sectional Study) กรณีน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ TSS NO₃ NO₂ PO₄ และ NH₃ ในตัวอย่างน้ำทะเล และน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ BOD ในตัวอย่างน้ำเสียชุมชน พิจารณานำเสนอเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) การแยกประเภทน้ำเสีย การแบ่งประเภทได้พิจารณาจากลักษณะน้ำเสีย และค่าน้ำเนื้ค้ำน้ำเสียซึ่งอาจมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีและขั้นตอนการบำบัดที่แตกต่างกัน ดังนี้

(1) น้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ TSS NO_3 , NO_2 , PO_4 และ NH_3 ในตัวอย่างน้ำทะเล ลักษณะน้ำเสียมีความเป็นกรดแก่ ค่าคลอไรด์และค่า TDS สูง มาก มีโลหะหนักปนเปื้อนเกินมาตรฐาน 2 ชนิด คือ แคดเมียม และทองแดง

(2) น้ำเสียสารละลายเคมีที่เกิดจากการวิเคราะห์ BOD ในตัวอย่างน้ำเสียที่ไม่ใช่ น้ำทะเล(น้ำเสียชุมชน) ลักษณะน้ำเสียมีความเป็นกรดแก่ มีค่า TDS สูง แต่เมื่อเทียบกับน้ำทะเลถือว่าม้ค่าน้อยกว่ามาก มีโลหะหนักปนเปื้อนเกินมาตรฐาน 1 ชนิด คือ แมงกานีส

2) การรวบรวมและบรรจุ ในการรวบรวมให้ดำเนินการ เตรียมถังพลาสติกที่มีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อน จำนวน 2 ถัง พร้อมฝาปิดสำหรับรองรับน้ำเสีย 2 ประเภท โดยมีขนาดประมาณ 50 ลิตร แล้วทำการรวบรวมน้ำเสียและจดบันทึกข้อมูลน้ำเสียแต่ละวัน จากนั้นนำน้ำเสียที่รวบรวมได้ในแต่ละวัน ไปเทบรรจุรวมไว้ในถังขนาด 200 ลิตรแยกแต่ละประเภทภายในห้องเก็บเพื่อรอการบำบัดในสุดสัปดาห์ หากมีมากเกินกว่า 100 ลิตรต่อวันในแต่ละประเภท ให้ทำการบำบัดวันต่อวันเพื่อลดปริมาณสะสม

3) การจัดเก็บ สถานที่เก็บกักน้ำเสียที่รวบรวมได้เพื่อรอการบำบัดในสุดสัปดาห์จะต้องมีพื้นที่เพียงพอ และเหมาะสมในหลายด้าน เช่น มีการถ่ายเทอากาศดี ระบายน้ำดี มีหลังคาปกคลุมและรั้วรอบหรือผนังที่สามารถป้องกันแสงแดดและฝนได้อย่างดี อุณหภูมิไม่สูงเกินไป อยู่ไกลจากบริเวณที่มีพนักงานปฏิบัติงานอยู่ประจำและอยู่ในทิศทางใต้ลมเพื่อลดปัญหากลิ่นรบกวน รวมถึงมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเพลิงไหม้เพื่อใช้ระงับเหตุฉุกเฉินได้ทันท่วงที

4) การบำบัด น้ำเสียสารละลายเคมีจากห้องปฏิบัติการของบริษัท ฯ มีปริมาณอยู่ในช่วง 50-70 ลิตรต่อวัน ซึ่งถือว่าม้้น้อย จึงเสนอแนะให้เลือกใช้ระบบบำบัดแบบที่ละเทหรือแบบ Batch คือ จัดให้มีถังรองรับน้ำเสียแล้วจึงบำบัด ในกรณีศึกษาครั้งนี้ มีลักษณะน้ำเสียที่สำคัญ 3 ประการคือ มีโลหะหนักปนเปื้อนบางชนิดเกินมาตรฐาน มีความเป็นกรดแก่ และมีของแข็งละลายน้ำในปริมาณสูง ดังนั้น แนวทางการบำบัดจะยึดหลักการที่จะต้องบำบัดลักษณะทั้งสามประการให้ได้มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ดังนี้

(1) การบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการที่มีโลหะหนักปนเปื้อน เป็นขั้นตอนแรกของการบำบัด จะใช้วิธีการตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation) ซึ่งดำเนินการได้ง่ายกรณีการบำบัดแบบที่ละเท(Batch)โดยเป็นกระบวนการเติมสารเคมีเข้าไปเพื่อการปรับ pH ทำให้สารโลหะหนักเปลี่ยนสภาพจากที่ละลายในน้ำเสีย(Soluble)ให้อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ

(Insoluble) ทั้งนี้ โลหะหนักแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายน้ำแตกต่างกันที่ระดับ pH แตกต่างกัน สำหรับแนวทางเสนอแนะดำเนินการ มีดังนี้

ก. การตกตะกอน แคลเซียมและทองแดง ในเบื้องต้นเสนอแนะใช้วิธีการทดลองเติมปูนขาว(Lime ; Ca(OH)_2) เพื่อตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์(Hydroxide Precipitation) ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดแคลเซียม อยู่ที่ 9.5-12 และทองแดงอยู่ที่ 9-10 สารเคมีที่ตกตะกอนได้ คือ Cd(OH)_2 และ Cu(OH)_2 ตามลำดับ (เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ 2542)

ข. การตกตะกอนแมงกานีส มีแนวทางการดำเนินการเช่นเดียวกันกับการบำบัดแคลเซียมและทองแดงคือ เติมด้วย ปูนขาว(Lime ; Ca(OH)_2) ลงในถังรวบรวม สำหรับการกำจัดแมงกานีส ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ที่ 10 สารเคมีที่ตกตะกอนได้ คือ Mn(OH)_2 (เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ 2542) แต่ทั้งนี้จะต้องมีการทดลองหาปริมาณการเติมที่เหมาะสมต่อไป

อย่างไรก็ตามในการบำบัดน้ำเสียวิธีนี้โดยการเติมด่างลงในน้ำเสีย อาจเป็นการเพิ่มค่า TDS มากขึ้นได้ เนื่องจากปฏิกิริยาการละลายของด่าง

(2) การบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการที่มีความเป็นกรดแก่ มีค่า pH ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1.9-2.0 เนื่องจากมีการใช้สารละลายกรดเข้มข้นในการวิเคราะห์ วิธีการที่ใช้บำบัด คือ การปรับสภาพความเป็นกรดต่าง(pH Adjustment) โดยมีหลักการคือการปรับสภาพน้ำเสียที่มีสภาพความเป็นกรด ($\text{pH} < 7$) ด้วยการเติมด่าง และปรับสภาพน้ำเสียที่มีความเป็นด่าง ($\text{pH} > 7$) ด้วยการเติมกรด สำหรับกรณีศึกษานี้ การปรับ pH จะเป็นในทางตรงข้าม คือเป็นการปรับ pH จากสภาพที่เป็นด่างให้ลงมาอยู่ในช่วงมาตรฐานแทน กล่าวคือ น้ำเสียสารละลายเคมีเมื่อผ่านการตกตะกอนทางเคมีเพื่อกำจัดโลหะหนักแล้วค่า pH มักจะอยู่ในระดับสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับลงมาอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้เป็นกลาง(Neutralization)หรือให้อยู่ในช่วงมาตรฐานกำหนด(5.5-9.0)

(3) การบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการที่มีของแข็งละลายน้ำ(TDS)ในปริมาณสูง เป็นขั้นตอนบำบัดสุดท้ายก่อนทิ้งสู่ภายนอก น้ำเสียที่มีลักษณะดังกล่าวส่วนใหญ่ คือน้ำเสียจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล การบำบัดขั้นนี้อาจไม่จำเป็นสำหรับน้ำเสียที่ไม่ใช่น้ำทะเลที่มีค่า TDS ขณะเข้าระบบไม่เกินมาตรฐาน การลดค่า TDS มีทางเลือกหลายวิธี เช่น การออสโมซิสแบบผันกลับ(Reverse Osmosis ; RO) การแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง(Electrodialysis; ED) และการแลกเปลี่ยนประจุ(Ion Exchange ; IX) ซึ่ง พบว่าทั้ง 3 วิธีมีประสิทธิภาพในการลดค่า TDS และคลอรีนได้สูง มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน โดยระบบ RO มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง/ติดตั้งระบบต่ำสุดและประสิทธิภาพในการลดคลอรีนมากที่สุด สำหรับระบบ ED และ IX มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานใกล้เคียงกันและต่ำกว่าระบบ RO มาก ข้อพิจารณาอีกประการ พบว่าในระบบ RO และ

ED จะต้องมีการกำจัดเกลือเข้มข้น(Brine disposal)ที่เกิดจากการดึงเกลือออกมาจากน้ำ ส่วนระบบ IX เช่น การใช้เรซินเป็นตัวแลกเปลี่ยนประจุจะมีน้ำล้างฟื้นฟูสภาพเรซินที่ต้องนำมาจัดการต่อซึ่งเป็นภาระค่าใช้จ่ายที่เพิ่มเติม ทั้งนี้ระบบ RO ED และ IX ไม่นิยมใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสีย แต่มักใช้กับการผลิตน้ำใช้สำหรับอุตสาหกรรมซึ่งต้องลงทุนสูง

กรณีน้ำเสียที่มีค่า TDS สูงเกินมาตรฐานเกิดขึ้นน้อยและไม่บ่อยอาจพิจารณาใช้วิธีการระเหย(Evaporation Process) โดยการปล่อยให้ระเหยเองตามธรรมชาติในบ่อผึ่งหรือถังที่จัดไว้เป็นการเฉพาะ ซึ่งหลังการระเหยจะเหลือเฉพาะเกลือเข้มข้นที่ต้องนำไปกำจัดต่อ แต่มีข้อเสียคือต้องจัดสถานที่เพิ่มเติม ใช้เวลานานและอาจมีกลิ่นรบกวนได้ นอกจากนี้อีกทางเลือกหนึ่งอาจพิจารณาส่งให้หน่วยงานภายนอกกำจัดหากมีค่าใช้จ่ายถูกกว่าการบำบัดเอง ในการดำเนินการต่อไปจะต้องมีการศึกษาการบำบัดโดยวิธีทางเลือกต่าง ๆ เพิ่มเติมลงลึกในรายละเอียดอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบทางด้านประสิทธิภาพและเศรษฐศาสตร์ก่อน

1.3.2 แนวทางการจัดการในภาพรวมเบื้องต้น จากผลการศึกษาลักษณะน้ำเสียทั้งจากเอกสารที่เกี่ยวข้องและการวิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำเสีย จึงได้นำเสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียในภาพรวมเบื้องต้น โดยนำแนวทางของกรณีศึกษาที่ได้นำเสนอในข้อ 1.3.1 มาประยุกต์ใช้ ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย การแยกประเภทน้ำเสีย การเก็บรวบรวมและบรรจุ การจัดเก็บ และการบำบัด โดยได้เพิ่มการแยกน้ำเสียประเภทที่ไม่มีโลหะหนัก(พิจารณาจากสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ว่ามีโลหะเป็นองค์ประกอบหรือไม่)ซึ่งน้ำเสียประเภทนี้จะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับค่า pH ทันที ส่วนน้ำเสียที่มีโลหะหนักจะผ่านขั้นตอนการตกตะกอนทางเคมีก่อนซึ่งทำให้ค่า pH มีระดับสูงจึงต้องปรับลดค่า pH ลงสำหรับขั้นตอนสุดท้ายในการบำบัดของแข็งละลายน้ำได้นำเสนอเป็นทางเลือกกรณีน้ำเสียเข้าระบบมี TDS เกินมาตรฐานอาจทำการบำบัดเองตามทางเลือกที่นำเสนอหรือนำส่งไปบำบัดภายนอกก็ได้โดยพิจารณาทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและค่าใช้จ่ายน้อยกว่า น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการปรับ pH สามารถปล่อยทิ้งสู่ภายนอกได้หากพบว่าค่า TDS ไม่เกินมาตรฐาน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาระยะสั้น เพียงระยะเวลาประมาณ 3 สัปดาห์เนื่องจากมีอุปสรรคในด้านความพร้อมของห้องปฏิบัติการในด้านการทดสอบโลหะหนัก ทำให้มีเวลาศึกษาน้อย ผลการศึกษาจึงยังไม่ครอบคลุมถึงลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ทุกดัชนีและทุกแหล่งตัวอย่างน้ำ นอกจากนี้ ดัชนีบางรายการที่กำหนดมาตรฐานไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ห้องปฏิบัติการยังไม่พร้อมในการวิเคราะห์ เช่น ซีโอดี โปรท อาร์เซนิก ไซยาไนต์ ฟอรั่มลดีไฮด์ ฟีนอล เพสดีไฮด์ เป็นต้น ทำให้การศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการแห่งนี้ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งการทราบถึงลักษณะที่ชัดเจนจะช่วยจัดกลุ่มหรือแยกประเภทย่อยได้ละเอียดขึ้นทำให้สามารถกำหนดแนวทางการจัดการและการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในการศึกษาต่อไปจะต้องสำรวจเก็บตัวอย่างให้ครบทุกดัชนีวิเคราะห์และมีจำนวนตัวอย่างที่มากพอในการวิเคราะห์ทางสถิติ

2.2 ผู้ที่เกี่ยวข้องจะต้องนำข้อมูลลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ทุกดัชนีและทุกแหล่งตัวอย่างนำมาประกอบการจัดทำคู่มือการรวบรวมน้ำเสีย ซึ่งจะระบุชัดเจนว่าการวิเคราะห์ดัชนีใดจะก่อน้ำเสียประเภทใดเพื่อให้เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสามารถเทน้ำเสียลงถังรวบรวมได้ถูกต้อง โดยจะต้องปรึกษานักเคมีหรือผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ทราบถึงข้อควรระวังในการผสมรวม การขนถ่ายและการเก็บรักษาไว้รอการบำบัด เนื่องจากอาจมีสารเคมีบางชนิดทำปฏิกิริยาที่เป็นอันตรายได้ เช่น การเกิดปฏิกิริยารุนแรงหรือเกิดก๊าซพิษ เป็นต้น

2.3 สำหรับแนวทางที่นำเสนอจากการศึกษารั้งนี้ เป็นเพียงแนวทางเบื้องต้น ที่ยังไม่ได้ลงลึกถึงขั้นของการทดลองบำบัดหรือศึกษาเปรียบเทียบทางเลือกที่นำเสนอ ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมและทดลองใช้งานจริงเพื่อเปรียบเทียบเทียบทางด้านประสิทธิภาพและเศรษฐศาสตร์ นอกจากนี้จะทำให้พบปัญหาและอุปสรรคซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำมาวิเคราะห์สาเหตุและทำการแก้ไขปรับปรุงแนวทาง ข้อมูลที่ได้จะช่วยในการประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสียประเภทย่อยอื่น ๆ ที่จะได้มีการศึกษาเพิ่มเติมลักษณะน้ำเสียให้ครอบคลุมทุกดัชนีต่อไปในอนาคต

2.4 การนำไปประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการแห่งอื่น ๆ หากมีการวิเคราะห์ดัชนีที่เหมือนกัน สามารถนำผลการศึกษาไปพิจารณาแนวทางจัดการที่เหมาะสมกับห้องปฏิบัติการของตนเองได้ แต่ทั้งนี้ควรมีการศึกษาลักษณะน้ำเสียโดยละเอียดก่อนเพื่อให้การกำหนดแนวทางการจัดการมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- มันสิน ตัณฑุลเวศม์ (2541) คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำเสียอุตสาหกรรม กรุงเทพมหานคร
เรือนแก้วการพิมพ์
- มันสิน ตัณฑุลเวศม์ (2542) เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 1 กรุงเทพมหานคร
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- มันสิน ตัณฑุลเวศม์ (2542) เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2 กรุงเทพมหานคร
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- เกรียงศักดิ์ อุดมศิลป์โรจน์ (2542) การบำบัดน้ำเสีย Wastewater Treatment พิมพ์ครั้งที่ 2
กรุงเทพมหานคร หจก.สยามสแตนเนอริซ์พลาซาย
- ส่วนของเสียอันตราย สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ (2548)
แนวทางการจัดการของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ กรุงเทพมหานคร
หจก.มีเดียเพรส
- ไพศาล วีรกิจ (2549) การผลิตน้ำสำหรับอุตสาหกรรม พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร
บริษัท เอ็มแอนคี้ จำกัด
- บริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด (2552) คู่มือปฏิบัติการทดสอบดัชนีคุณภาพน้ำ สำหรับ
ห้องปฏิบัติการของบริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด ปทุมธานี
บริษัท เอส ที เอส กรีน จำกัด
- นิตยา สุโพธิ์เงิน (2541) "ผลของการใช้สารโพลีเมอร์ในการปรับสภาพกากตะกอน" วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยมหิดล
- สิริโสภา นิลพันธ์ (2542) "การกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียที่รวบรวมได้จากห้องปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์" วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- วิราสินี ปริยานุพันธ์ (2542) "การศึกษาการตกตะกอนโลหะหนักในของเสียอันตรายจาก
ห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น" วิทยานิพนธ์ ปริญญาสาธารณสุขศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ศิษยา บุญมานุช (2542) "ลักษณะสมบัติน้ำเสียห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น" วิทยานิพนธ์ ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอนามัยและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

- ชุตินทร มุลทองน้อย (2543) "การปนเปื้อนและการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมีโดยวิธีการตกตะกอนด้วยสารเคมี" วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากรบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
- พูนศักดิ์ อ่อนศรี (2547) "ระบบบำบัดเคลื่อนที่สำหรับน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ" วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- เอกรินทร์ ทองดาตย (2547) "การวิเคราะห์บทความวิจัยเพื่อศึกษาแนวทางในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันดิบ" การศึกษาค้นคว้าอิสระ ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- ประนอม ชำนาญ (2543) " ปริมาณ ลักษณะ การเก็บตัวอย่าง และการตรวจวิเคราะห์น้ำเสีย" ใน *ประมวลสาระชุดวิชา การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม* หน่วยที่ 4 หน้า 179-229 นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
- สมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ (2543) "การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพและเคมี-กายภาพ" ใน *ประมวลสาระชุดวิชา การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม* หน่วยที่ 5 หน้า 231-271 นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
- ปีติ พูนไชยศรี (2543) " การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี" ใน *ประมวลสาระชุดวิชา การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม* หน่วยที่ 6 หน้า 1-52 นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
- ปีติ พูนไชยศรี (2543) " แหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรม" ใน *ประมวลสาระชุดวิชา การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม* หน่วยที่ 2 หน้า 52 นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
- "ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2539 เรื่องกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน" (2539, 27 มิถุนายน) *ราชกิจจานุเบกษา* เล่ม 113 ตอน 52 ง หน้า 11-18
- Wentz, C.A. (1970) Hazardous Waste management Argonne National Laboratory :146-149
- Eckenfelder, W. Wesley. (2000) *Industrial Water Pollution Control*. 3rd ed. Singapore:McGraw-Hill Co.,Ltd.
- Sawyer. C, McCarty .P, and Parkin G. (2003) *Chemistry for environmental engineering and science*. 5th ed. Singapore:McGraw-Hill Co.,Ltd.
- พรพรรณ พนาปวุฒิกุล(2549) "โลหะหนัก : ตัวการปัญหาสิ่งแวดล้อม" บทความออนไลน์ ค้นวันที่ 20 เมษายน 2552 จาก <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=4&ID=7>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

หน้า ๑๒

เล่ม ๑๑๓ ตอนที่ ๕๒ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๗ มิถุนายน ๒๕๓๕

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๕)

ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕

เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๑๕ แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๕) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ ที่ระบุว่า “ห้ามระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงานเว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างจนน้ำทิ้งนั้นมีลักษณะเป็นไปตามที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาแต่ทั้งนี้ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (Dilution)” รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมจึงออกประกาศกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ดังนี้

ข้อ ๑ คำจำกัดความ

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

ข้อ ๒ น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- (๑) ความเป็นกรดและด่าง (pH) มีค่าไม่น้อยกว่า ๕.๕ และไม่มากกว่า ๕.๐
- (๒) ทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids) ต้องมีค่าดังนี้
๒.๑ ค่า ทีดีเอส ไม่มากกว่า ๓,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ

หน้า ๑๓

เล่ม ๑๑๓ ตอนที่ ๕๒ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๗ มิถุนายน ๒๕๓๕

อาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า ๕,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

๒.๒ น้ำทิ้งซึ่งระบายออกจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำที่มีค่าความเค็ม (Salinity) มากกว่า ๒,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า ทีดีเอส ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่า ทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำได้ไม่เกิน ๕,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่มากกว่า ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า ๑๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) โลหะหนักมีค่าดังนี้

๔.๑ปรอท (Mercury) ไม่มากกว่า ๐.๐๐๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

๔.๒ เซเลเนียม (Selenium) ไม่มากกว่า ๐.๐๒ มิลลิกรัมต่อลิตร

๔.๓ แคดเมียม (Cadmium) ไม่มากกว่า ๐.๐๓ มิลลิกรัมต่อลิตร

๔.๔ ตะกั่ว (Lead) ไม่มากกว่า ๐.๒ มิลลิกรัมต่อลิตร

๔.๕ อาร์เซนิก (Arsenic) ไม่มากกว่า ๐.๒๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

๔.๖ โครเมียม (Chromium)

๔.๖.๑ Hexavalent Chromium ไม่มากกว่า ๐.๒๕

มิลลิกรัมต่อลิตร

๔.๖.๒ Trivalent Chromium ไม่มากกว่า ๐.๗๕

มิลลิกรัมต่อลิตร

หน้า ๑๔

เล่ม ๑๑๓ ตอนที่ ๕๒ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๗ มิถุนายน ๒๕๓๕

- ๔.๗ บาเรียม (Barium) ไม่มากกว่า ๑.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร
- ๔.๘ นิกเกิล (Nickel) ไม่มากกว่า ๑.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร
- ๔.๙ ทองแดง (Copper) ไม่มากกว่า ๒.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร
- ๔.๑๐ สังกะสี (Zinc) ไม่มากกว่า ๕.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร
- ๔.๑๑ แมงกานีส (Manganese) ไม่มากกว่า ๕.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร
- (๕) ซัลไฟด์ (Sulphide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)
ไม่มากกว่า ๑ มิลลิกรัมต่อลิตร
- (๖) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN)
ไม่มากกว่า ๐.๒ มิลลิกรัมต่อลิตร
- (๗) ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่มากกว่า ๑ มิลลิกรัม
ต่อลิตร
- (๘) สารประกอบฟีนอล (Phenols Compound) ไม่มากกว่า
๑ มิลลิกรัมต่อลิตร
- (๙) คลอรีนอิสระ (Free Chlorine) ไม่มากกว่า ๑ มิลลิกรัม
ต่อลิตร
- (๑๐) เพสติไซด์ (Pesticide) ต้องไม่มี
- (๑๑) อุณหภูมิ ไม่มากกว่า ๔๐ องศาเซลเซียส
- (๑๒) สี ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
- (๑๓) กลิ่น ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
- (๑๔) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มากกว่า ๕ มิลลิกรัม
ต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง

หน้า ๑๕

เล่ม ๑๑๓ ตอนที่ ๕๒ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๗ มิถุนายน ๒๕๓๕

หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า ๑๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๕) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ที่อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียส เวลา ๕ วัน ไม่มากกว่า ๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า ๖๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๖) ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่มากกว่า ๑๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า ๒๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๗) ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่มากกว่า ๑๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ต้องไม่มากกว่า ๔๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๓ การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ ๒ ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำทิ้ง ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter)

(๒) การตรวจสอบค่าทีดีเอส ให้ใช้วิธีการระเหยแห้ง ระหว่างอุณหภูมิ ๑๐๓ องศาเซลเซียสถึงอุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียส ในเวลา ๑ ชั่วโมง

หน้า ๑๖

เล่ม ๑๑๓ ตอนที่ ๕๒ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๗ มิถุนายน ๒๕๓๕

(๓) การตรวจสอบค่าสารแขวนลอย ให้ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)

(๔) การตรวจสอบค่าโลหะหนัก ให้ใช้วิธีการดังนี้

๔.๑ การตรวจสอบค่าสังกะสี โครเมียม ทองแดง แคดเมียม แวนเดียม ตะกั่ว นิกเกิล และแมงกานีส ให้ใช้วิธีอะตอมมิก แอบซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตเมตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไดเรกต์แอสไพเรชัน (Direct Aspiration) หรือวิธีพลาสมา อิมิสชัน สเปกโตรสโกปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัพเพิล พลาสมา (Inductively Coupled Plasma : ICP)

๔.๒ การตรวจสอบค่าอาร์เซนิก และเซเลเนียม ให้ใช้วิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตเมตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไฮไดรด์ เจนเนอเรชัน (Hydride Generation) หรือวิธีพลาสมา อิมิสชัน สเปกโตรสโกปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัพเพิล พลาสมา (Inductively Coupled Plasma : ICP)

๔.๓ การตรวจสอบค่าปรอท ให้ใช้วิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชัน โคลด์ เวปเปอร์ เทคนิก (Atomic Absorption Cold Vapour Technigue)

(๕) การตรวจสอบค่าซัลไฟด์ ให้ใช้วิธีการไตเตรท (Titrate)

(๖) การตรวจสอบค่าไซยาไนด์ ให้ใช้วิธีกลั่นและตามด้วยวิธีไพริดีน บารบิทูริกแอซิด (Pyridine - Barbituric Acid)

(๗) การตรวจสอบค่าฟอร์มาลดีไฮด์ ให้ใช้วิธีเทียบสี (Spectrophotometry)

- (๘) การตรวจสอบค่าสารประกอบฟีนอล ให้ใช้วิธีกลั่น และตามด้วยวิธี
 ๔ - อะมิโนแอนติไพรีน (Distillation, ๔ - Aminoantipyrine)
- (๙) การตรวจสอบค่าคลอรีนอิสระ ให้ใช้วิธีไอโอดิเมตริก (Iodometric
 Method)
- (๑๐) การตรวจสอบค่าสารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์
 ให้ใช้วิธีก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas - Chromatography)
- (๑๑) การตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำ ให้ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะ
 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
- (๑๒) การตรวจสอบค่าน้ำมันและไขมัน ให้ใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย
 แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
- (๑๓) การตรวจสอบค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีอะไซด์ โมดิฟิเคชัน (Azide
 Modification) ที่อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียส เป็นเวลา ๕ วัน ติดต่อกัน หรือ
 วิธีการอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมให้ความเห็นชอบ
- (๑๔) การตรวจสอบค่าทีเคเอ็น ให้ใช้วิธีเจลดาคาล์ (Kjeldahl)
- (๑๕) การตรวจสอบค่าซีโอดี ให้ใช้วิธีย่อยสลาย โดยโปตัสเซียม
 ไดโครเมต (Potassium Dichromate digestion)
- ข้อ ๔ การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามข้อ ๓
 จะต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่ง
 ประเทศไทย หรือ Standard Methods for the Examination of Water and
 Wastewater ซึ่ง American Public Health Association, American Water

หน้า ๑๘

เล่ม ๑๑๓ ตอนที่ ๕๒ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๗ มิถุนายน ๒๕๓๕

Work Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริกา
ร่วมกันกำหนดไว้ด้วย

ประกาศ ณ วันที่ ๑๔ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๓๕

ไชยวัฒน์ สิ้นสูงศ์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ภาคผนวก ข
ใบรับรองผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ



STS GREEN CO.,LTD.

3/23 Moo.5 Tambol Lad Sewal, Amphur Lumlukka, Phatunthani 12150

TEL. 0-2153-7001 FAX. 0-2153-7007

e-mail : green@sts.co.th , sta_green@hotmail.com , sta_green@yahoo.com , environment@sts.co.th

TEST REPORT

Client : คุณสุชัย ภูผาวงค์
 Address : บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริ่ง คอนสตรัคชั่น จำกัด 3/23 หมู่ 5 ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
 Project Name : การศึกษา คุณสมบัติน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทดสอบ
 Work Request : 057/09
 Sample Receive Date : 04-04-09
 Report No. : 096/2009/Revise 1
 Reported Date : 27-04-09

ID.No.	Sample Name	Parameter	Sampling Date	Analytical Date	Method	LOQ	Result	Unit	Sample Description
040409/25	SW 01/52	pH*	06-04-09	07-04-09	4500-H ⁺ B.	-	1.99	pH unit	Turbid, Suspended
		TDS	06-04-09	07-04-09	2540 C.	2.5	17,792.0	mg/L	Turbid, Suspended
		TSS	06-04-09	07-04-09	2540 D.	2.5	2.8	mg/L	Turbid, Suspended
		Sulfide*	06-04-09	07-04-09	4500-S ²⁻ F.	0.1	0.6	mg/L	Turbid, Suspended
		Cl ⁻ *	06-04-09	07-04-09	4500 Cl ⁻ C.	1.0	9,203.4	mg/L	Turbid, Suspended
		Temperature*	06-04-09	07-04-09	2550 B.		27	°C	Turbid, Suspended
		Oil & Grease*	06-04-09	05-04-09	Partition-Gravimetric Method	1.0	<1.0	mg/L	Turbid, Suspended
		Se*	06-04-09	08-04-09	3113 B.	0.0005	0.0034	mg/L	Turbid, Suspended
		Ni*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.04	<0.04	mg/L	Turbid, Suspended
		Cd*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.01	31.15	mg/L	Turbid, Suspended
		Cu*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.02	8.54	mg/L	Turbid, Suspended
		Pb*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.10	<0.10	mg/L	Turbid, Suspended
		Zn*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.01	0.07	mg/L	Turbid, Suspended
		Cr ⁶⁺ *	06-04-09	08-04-09	3111 C.	0.02	<0.02	mg/L	Turbid, Suspended
Mn*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.02	0.07	mg/L	Turbid, Suspended		
Ba*	06-04-09	08-04-09	3111 D.	0.10	<0.10	mg/L	Turbid, Suspended		

Reference : Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21st Edition 2005 (AWWA,APHA,WEF)

Remark : Reported results refer to submitted samples only. This analytical report must be reproduced in its entirety.

* Such parameter is not accredited ISO/IEC 17025-2005.

Pongsak O

Mr. Pongsak Ocharosh
Analyst

27, 04, 09

ศิริเพ็ญ

Mrs. Siripen Thepkao
Supervisor Laboratory

27, 04, 09



STS GREEN CO.,LTD.

3/23 Moo.5 Tambol Lad Sawai, Amphur Lumlukka, Phatumthani 12150

TEL. 0-2153-7001 FAX. 0-2153-7007

e-mail : green@sts.co.th , sts_green@hotmail.com , sts_green@yahoo.com , environment@sts.co.th

TEST REPORT

Client : คุณสุรชัย รุณวิวงศ์
Address : บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด 3/23 หมู่ 5 ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
Project Name : การศึกษา คุณสมบัติน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทดสอบ
Work Request : 057/09
Sample Receive Date : 08-04-09
Report No. : 107/2009/Revise 1
Reported Date : 04-06-09

ID.No.	Sample Name	Parameter	Sampling Date	Analytical Date	Method	LOQ	Result	Unit	Sample Description
080409/13	SW 02/52	pH*	06-04-09	11-04-09	4500-H ⁺ B.	-	1.97	pH unit	Turbid, Suspended
		TDS	06-04-09	11-04-09	2540 C.	2.5	16,856.0	mg/L	Turbid, Suspended
		TSS	06-04-09	11-04-09	2540 D.	2.5	6.1	mg/L	Turbid, Suspended
		Sulfide*	06-04-09	21-04-09	4500-S ²⁻ F.	0.1	0.3	mg/L	Turbid, Suspended
		Cl ⁻ *	06-04-09	12-04-09	4500 Cl ⁻ C.	1.0	8,897.3	mg/L	Turbid, Suspended
		Temperature*	06-04-09	11-04-09	2550 B.	-	27	°C	Turbid, Suspended
		Oil & Grease*	06-04-09	11-04-09	Partition-Gravimetric Method	1.0	<1.0	mg/L	Turbid, Suspended
		Se*	06-04-09	22-04-09	3113 B.	0.0005	<0.0005	mg/L	Turbid, Suspended
		Ni*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.04	<0.04	mg/L	Turbid, Suspended
		Cd*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.01	36.13	mg/L	Turbid, Suspended
		Cu*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.02	7.30	mg/L	Turbid, Suspended
		Pb*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.10	<0.10	mg/L	Turbid, Suspended
		Zn*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.01	0.05	mg/L	Turbid, Suspended
		Cr ⁶⁺ *	06-04-09	22-04-09	3111 C.	0.02	<0.02	mg/L	Turbid, Suspended
		Mn*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.02	0.30	mg/L	Turbid, Suspended
		Ba*	06-04-09	22-04-09	3111 D.	0.10	<0.10	mg/L	Turbid, Suspended

Reference : Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21st Edition 2005 (AWWA,APHA,WEF)

Remark : Reported results refer to submitted samples only. This analytical report must be reproduced in its entirety.

* Such parameter is not accredited ISO/IEC 17025-2005.

Mr. Sophon Chumchuchan
Analyst

04 / 06 / 09

Mrs. Siripen Thepkhao
Supervisor Laboratory

04 / 06 / 09



STS GREEN CO.,LTD.

3/23 Moo.5 Tambol Lad Sawai, Amphur Lumtukka, Phatumthani 12150

TEL. 0-2153-7001 FAX. 0-2153-7007

e-mail : green@sts.co.th , sts_green@hotmail.com , sts_green@yahoo.com , environment@sts.co.th

TEST REPORT

Client : คุณสุรชัย วุฒินวงศ์
 Address : บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด 3/23 หมู่ 5 ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
 Project Name : การศึกษา คุณสมบัติของน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทดสอบ
 Work Request : 057/09
 Sample Receive Date : 10-04-09
 Report No. : 107/2009/Revise 1
 Reported Date : 04-06-09

ID.No.	Sample Name	Parameter	Sampling Date	Analytical Date	Method	LOQ	Result	Unit	Sample Description
100409/77	SW 03/52	pH*	09-04-09	11-04-09	4500-H ⁺ B.	-	1.94	pH unit	Turbid, Suspended
		TDS	09-04-09	11-04-09	2540 C.	2.5	11,591.0	mg/L	Turbid, Suspended
		TSS	09-04-09	11-04-09	2540 D.	2.5	58.6	mg/L	Turbid, Suspended
		Sulfide*	09-04-09	21-04-09	4500-S ²⁻ F.	0.1	0.4	mg/L	Turbid, Suspended
		Cl ⁻ *	09-04-09	12-04-09	4500 Cl ⁻ C.	1.0	5,758.2	mg/L	Turbid, Suspended
		Temperature*	09-04-09	11-04-09	2550 B.	-	27	°C	Turbid, Suspended
		Oil & Grease*	09-04-09	11-04-09	Partition-Gravimetric Method	1.0	<1.0	mg/L	Turbid, Suspended
		Se*	09-04-09	22-04-09	3113 B.	0.0005	<0.0005	mg/L	Turbid, Suspended
		Ni*	09-04-09	22-04-09	3111 B.	0.04	<0.04	mg/L	Turbid, Suspended
		Cd*	09-04-09	22-04-09	3111 B.	0.01	5.25	mg/L	Turbid, Suspended
		Cu*	09-04-09	22-04-09	3111 B.	0.02	0.04	mg/L	Turbid, Suspended
		Pb*	09-04-09	22-04-09	3111 B.	0.10	<0.10	mg/L	Turbid, Suspended
		Zn*	09-04-09	22-04-09	3111 B.	0.01	0.05	mg/L	Turbid, Suspended
		Cr ⁶⁺ *	09-04-09	22-04-09	3111 C.	0.02	<0.02	mg/L	Turbid, Suspended
		Mn*	09-04-09	22-04-09	3111 B.	0.02	0.07	mg/L	Turbid, Suspended
		Ba*	09-04-09	22-04-09	3111 D.	0.10	<0.10	mg/L	Turbid, Suspended

Reference : Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21st Edition 2005 (AWWA,APHA,WEF)

Remark : Reported results refer to submitted samples only. This analytical report must be reproduced in its entirety.

: * Such parameter is not accredited ISO/IEC 17025-2005.

Sophon C.

Mr. Sophon Chumchuchan
Analyst

04 / 06 / 09

Sirip T.

Mrs. Siripen Thepkao
Supervisor Laboratory

04 / 06 / 09



STS GREEN CO.,LTD.

3/23 Moo.5 Tambol Lad Sawai, Amphur Lumlukka, Phatumthani 12150

TEL 0-2153-7001 FAX 0-2153-7007

e-mail : green@sts.co.th , sts_green@hotmail.com , sts_green@yahoo.com , environment@sts.co.th

TEST REPORT

Client : คุณสุรชัย วุฒิววงศ์
 Address : บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลตันท์ จำกัด 3/23 หมู่ 5 ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
 Project Name : การศึกษา คุณสมบัติของน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทดสอบ
 Work Request : 057/09
 Sample Receive Date : 04-04-09
 Report No. : 098/2009/Revise 1
 Reported Date : 27-04-09

ID.No.	Sample Name	Parameter	Sampling Date	Analytical Date	Method	LOQ	Result	Unit	Sample Description
040408/26	WW 01/52	pH*	06-04-09	07-04-09	4500-H ⁺ B.	-	2.07	pH Unit	Turbid, Suspended
		TDS	06-04-09	07-04-09	2540 C.	2.5	3,373.0	mg/L	Turbid, Suspended
		TSS	06-04-09	07-04-09	2540 D.	2.5	24.2	mg/L	Turbid, Suspended
		Sulfide*	06-04-09	07-04-09	4500-S ²⁻ F.	0.1	0.6	mg/L	Turbid, Suspended
		Cl ⁻ *	06-04-09	07-04-09	4500 Cl ⁻ C.	1.0	229.7	mg/L	Turbid, Suspended
		Temperature*	06-04-09	07-04-09	2550 B.		27	°C	Turbid, Suspended
		Oil & Grease*	06-04-09	05-04-09	Partition-Gravimetric Method	1.0	3.3	mg/L	Turbid, Suspended
		Se*	06-04-09	08-04-09	3113 B.	0.0005	0.0009	mg/L	Turbid, Suspended
		Ni*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.04	<0.04	mg/L	Turbid, Suspended
		Cd*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.01	<0.01	mg/L	Turbid, Suspended
		Cu*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.02	0.19	mg/L	Turbid, Suspended
		Pb*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.10	<0.10	mg/L	Turbid, Suspended
		Zn*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.01	1.43	mg/L	Turbid, Suspended
		Cr ⁶⁺ *	06-04-09	08-04-09	3111 C.	0.02	0.02	mg/L	Turbid, Suspended
Mn*	06-04-09	08-04-09	3111 B.	0.02	105.78	mg/L	Turbid, Suspended		
Ba*	06-04-09	08-04-09	3111 D.	0.10	0.17	mg/L	Turbid, Suspended		

Reference : Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21st Edition 2005 (AWWA,APHA,WEF)

Remark : Reported results refer to submitted samples only. This analytical report must be reproduced in its entirety.

* Such parameter is not accredited ISO/IEC 17025-2005.

Pongsak O.

Mr. Pongsak Ocharosh
Analyst

27 / 04 / 09

Siripen T.

Mrs. Siripen Thepkao
Supervisor Laboratory

27 / 04 / 09



STS GREEN CO.,LTD.

3/23 Moo.5 Tambol Lad Sawai, Amphur Lumlukka, Phatumthani 12150

TEL. 0-2153-7001 FAX. 0-2153-7007

e-mail : green@sts.co.th , sts_green@hotmail.com , sts_green@yahoo.com , environment@sts.co.th

TEST REPORT

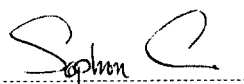
Client : คุณสุรชัย ชุมชุมวงศ์
 Address : บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด 3/23 หมู่ 5 ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
 Project Name : การนิเทศฯ คุณสมบัติของน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทดสอบ
 Work Request : 057/09
 Sample Receive Date : 08-04-09
 Report No. : 107/2009/Revise 1
 Reported Date : 04-06-09

ID.No.	Sample Name	Parameter	Sampling Date	Analytical Date	Method	LOQ	Result	Unit	Sample Description
080409/14	WW 02/52	pH*	06-04-09	11-04-09	4500-H ⁺ B.	-	2.03	pH unit	Turbid, Suspended
		TDS	06-04-09	11-04-09	2540 C.	2.5	8,644.5	mg/L	Turbid, Suspended
		TSS	06-04-09	11-04-09	2540 D.	2.5	10.3	mg/L	Turbid, Suspended
		Sulfide*	06-04-09	21-04-09	4500-S ²⁻ F.	0.1	0.3	mg/L	Turbid, Suspended
		Cl ⁻ *	06-04-09	12-04-09	4500 Cl ⁻ C.	1.0	121.9	mg/L	Turbid, Suspended
		Temperature*	06-04-09	11-04-09	2550 B.	-	27	°C	Turbid, Suspended
		Oil & Grease*	06-04-09	11-04-09	Partition-Gravimetric Method	1.0	<1.0	mg/L	Turbid, Suspended
		Se*	06-04-09	22-04-09	3113 B.	0.0005	<0.0005	mg/L	Turbid, Suspended
		Ni*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.04	<0.04	mg/L	Turbid, Suspended
		Cd*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.01	<0.01	mg/L	Turbid, Suspended
		Cu*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.02	<0.02	mg/L	Turbid, Suspended
		Pb*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.10	<0.10	mg/L	Turbid, Suspended
		Zn*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.01	0.24	mg/L	Turbid, Suspended
		Cr ⁶⁺ *	06-04-09	22-04-09	3111 C.	0.02	<0.02	mg/L	Turbid, Suspended
Mn*	06-04-09	22-04-09	3111 B.	0.02	326.14	mg/L	Turbid, Suspended		
Ba*	06-04-09	22-04-09	3111 D.	0.10	<0.10	mg/L	Turbid, Suspended		

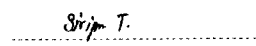
Reference : Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21st Edition 2005 (AWWA,APHA,WEF)

Remark : Reported results refer to submitted samples only. This analytical report must be reproduced in its entirety.

* Such parameter is not accredited ISO/IEC 17025-2005.


 Mr. Sophon Chumchuchan
 Analyst

04 / 06 / 09


 Mrs. Siripen Thepkao
 Supervisor Laboratory

04 / 06 / 09

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายสุรชัย วุฒิวงศ์
วัน เดือน ปี	12 เมษายน 2517
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต(วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2539
สถานที่ทำงาน	บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด 196/10-12 ซอยประดิพัทธ์ 14 ถนนประดิพัทธ์ แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
ตำแหน่ง	นักวิชาการสิ่งแวดล้อมอาวุโส