

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า
และปฏิกิริยาทางเคมี**

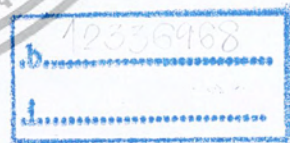
**ANALYSIS AND COLLECT DATA WASTEWATER TREATMENT PLANT
USING ELECTRICAL AND CHEMICAL**



T117477



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 117477
วัน,เดือน,ปี..... - 5 ต.ค. 2554



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า
และปฏิกิริยาทางเคมี

ANALYSIS AND COLLECT DATA WASTEWATER TREATMENT PLANT
USING ELECTRICAL AND CHEMICAL



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้าและปฏิกิริยาทางเคมี

ANALYSIS AND COLLECT DATA WASTEWATER TREATMENT PLANT

USING ELECTRICAL AND CHEMICAL

ผู้จัดทำ

1. นายจักรพงษ์ จูเจริญ 50010201
2. นางสาวชนพร แสงคำ 50010609
3. นางสาววรรษมน ชมสาคร 50011379



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. สมภพ แก้วมีชัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีอันเนื่องมาจากความอนุเคราะห์จาก ผศ. สมภพ แก้วมีชัย ที่คอยชี้แนะให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีมาตลอดการทำงาน พร้อมทั้งตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่คอยให้กำลังใจมาตลอดระยะเวลาการทำปริญญานิพนธ์ และสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้โอกาสผู้จัดทำได้ทำปริญญานิพนธ์นี้ รวมถึงเอื้อเฟื้ออุปการะทำการทดลองรวมถึงเพื่อนๆ ในกลุ่มที่ได้ทำงานร่วมกัน ได้ช่วยกันแก้ไข ปัญหาที่เกิดขึ้น และคอยเป็นกำลังใจให้กันและกันเสมอตลอดระยะเวลาการทำโครงการ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสาทวิชาความรู้ต่างๆจนสามารถทำปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จลงได้



นายจักรพงษ์

จูเจริญ

นางสาวชนพร

แสงคำ

นางสาววรรณ ชมสาคร

ผู้จัดทำ

การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้าและปฏิกิริยาทางเคมี
**ANALYSIS AND DATA COLLECTION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT
 BY USING ELECTRICAL AND CHEMICAL REACTION**

โดย	นายจักรพงษ์	จุเจริญ	50010201
	นางสาวธนพร	แสงคำ	50010609
	นางสาววรรษมน	ชมสาคร	50011379

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. สมภพ แก้วมีชัย

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอแนวทางและวิธีการจัดการน้ำเน่าเสียโดยใช้กระแสไฟฟ้าและปฏิกิริยาทางเคมี เพื่อทำให้สิ่งเจือปนต่างๆในน้ำเกิดการตกตะกอน และรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อปริญญานิพนธ์นำไปสู่ข้อสรุป เพื่อเป็นแนวทางในการทดลอง โดยนำเสนอผ่านทางเว็บไซต์

ABSTRACT

THIS THESIS IS TO DEMONSTRATE THE APPROACH AND TECHNIQUE TO MANAGE WASTE WATER BY USING ELECTRICAL AND CHEMICAL RECREATION. ACCORDING TO ITS APPROACH, IT SHOWS THAT CONTAMINANTS IN THE WATER WERE PARTICIPATED. HOWEVER, RESEARCHERS ARE GOING TO CONTINUE FINDING THE CONCLUSION OF THIS SCHEME BY GATHERING MORE PRACTICAL INFORMATION TO CONDUCT EXPERIMENTATION. PRESENTATION OF ITS RESULT WILL BE PROVIDED FURTHER VIA WEBSITE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญเรื่อง	III
สารบัญรูป	IX
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 น้ำเสีย	2
2.1.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน	2
2.1.2 น้ำเสียจากโรงงาน	2
2.1.3 สารปนเปื้อนที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ	3
2.1.3.1 สารปนเปื้อนประเภทที่ต้องการออกซิเจน	3
2.1.3.2 สารปนเปื้อนประเภทอื่น ๆ	4
2.1.4 ลักษณะของน้ำเสีย	4
2.1.4.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ	4
2.1.4.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี	6
2.1.5 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย	13
2.1.5.1 กระบวนการทางกายภาพ	14
2.1.5.2 กระบวนการทางชีวภาพ	15
2.1.5.3 กระบวนการทางเคมี	19
2.1.4.4 กระบวนการทางกายภาพ – เคมี	20
2.1.6 การเตรียมการบำบัดน้ำเสีย	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.6.2 การบำบัดขั้นที่ หนึ่ง	22
2.1.6.3 การบำบัดขั้นที่ สอง	22
2.1.6.4 การบำบัดขั้นที่ สาม	22
2.2 กระบวนการ โคแอกกูเลชันด้วยไฟฟ้า	23
2.2.1 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อระบบ โคแอกกูเลชันด้วยไฟฟ้า	30
2.2.1.1 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าและระยะเวลาที่สัมผัส	30
2.2.1.2 ถ้าการนำไฟฟ้าและอิออนของคลอไรด์	31
2.2.1.3 ผลกระทบของค่าพีเอช	31
2.3 ทฤษฎีเซลล์ไฟฟ้าเคมี	31
2.3.1 การแตกเปลี่ยนประจุและการเคลื่อนที่ของประจุ	34
2.4 รูปแบบของถังปฏิกรณ์อิเล็กโทรโคแอกกูเลชันที่มีอยู่ในปัจจุบัน	34
2.4.1 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ GlobalSep Corporation	34
2.4.2 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ Gilmore, William F. (Denver, Co)	35
2.4.3 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ Mike Davis บริษัท Oil Trap Environmental	36
2.4.4 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ Johnson, Dennis E.J. (Blackforest-Colorado Springs, CO, US)	37
2.4.5 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ บริษัท A Pluse Team จำกัด	37
2.4.6 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ Scott Wade Powell	37
2.4.7 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ นายวิल्ली วิทท์	38
2.5 HTML	38
2.5.1 โครงสร้างของ HTML	38
2.5.2 รูปแบบการเขียนภาษา HTML	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใ้ใช้กรณีที่มีการตีพิมพ์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.3 การจัดโครงสร้างเพิ่มเอกสาร	40
2.5.4 การแสดงผลที่เว็บเบราว์เซอร์	41
2.6 วงจรเรียงกระแส	41
2.6.1 วงจรเรียงกระแสแบบฮาล์ฟเวฟ	42
2.6.1.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งบวก	43
2.6.1.2 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งลบ	44
2.6.2 วงจรเรียงกระแสแบบฟูลเวฟ	45
2.6.2.1 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง	45
2.6.2.2 วงจรกรองแบบใช้ตัวเก็บประจุ	46
2.6.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)	47
2.7 ตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า	48
2.7.1 การเหนี่ยวนำขดลวด 2 ขด	48
2.7.2 ชนิดของขดลวด	48
2.7.2.1 ไข้คคอยล์	48
2.7.2.2 ทรงแนส์ฟอเมอร์	49
2.7.3 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ	52
2.7.3.1 จำนวนรอบของขดลวด	52
2.7.3.2 พื้นที่ของขดลวด	53
2.7.3.3 ความยาวของขดลวด	53
2.7.3.4 วัสดุที่นำมาทำแกนภายในขดลวด	53

บทที่ 3 การออกแบบและจัดทำโครงการ

3.1 การออกแบบ	56
3.1.1 วงจรBridge Rectifire แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับเป็น ไฟฟ้ากระแสตรง	56
3.1.2 การออกแบบการทดลองบَابัดน้ำ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.2.1 ออกแบบโดยกำหนดความต่างศักย์คงที่เท่ากับ 30 โวลต์ แต่เปลี่ยนแปลงระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ	57
3.1.2.2 ออกแบบการทดลองโดยกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าคงที่ คือ 0.2 แอมแปร์ และเวลาคงที่ คือ 1 ชั่วโมง แต่มีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างของแผ่นเพลท	59
3.1.2.3 ออกแบบโดยใช้ระยะของแผ่นเพลท 4 แผ่นคงที่ โดยเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร ระยะเวลา 1 ชั่วโมงแต่เปลี่ยนปริมาณกระแสไฟฟ้า	60
3.1.2.4 ออกแบบโดยกำหนดกระแสไฟฟ้าคงที่เท่ากับ 0.2 แอมแปร์ และเวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง ระยะห่างแผ่นเพลท เท่ากับ 8 เซนติเมตร เปรียบเทียบความไวกับการทดลองปกติ	61
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	62
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	62
3.4 วิธีการวิเคราะห์ค่าต่างๆในน้ำเสีย	62
3.4.1 การวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)	62
3.4.2 การวิเคราะห์ของแข็งละลายน้ำ (TDS)	63
3.4.3 การวิเคราะห์ค่าซีโอดีด้วยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed Relax, Titrimetric Method)	64
3.4.4 การหาค่าบีโอดี	67
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลจากการสร้างเว็บไซต์	72
4.1.1 หน้าเว็บไซต์หน้าแรก	72
4.1.2 หน้าบทนำ	72
4.1.3 หน้าบทความ	73
4.1.4 หน้าสาระความรู้	74
4.2 ภาพวงจรโดยรวม	75
4.3 ผลที่ได้จากการบำบัดน้ำเสีย	75
4.3.1 ข้อมูลแสดงลักษณะของน้ำเสียก่อนการบำบัดของน้ำ	77
4.3.1.1 น้ำก่อนการบำบัดที่ได้ครั้งแรกจากโรงงานผลิตกถองกระดาษ	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าได้ครั้งไม่บ่อยครั้งในหน่วยงานที่มีการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.1.2 น้ำก่อนการบำบัดที่ได้ครั้งที่สองจากโรงงานผลิตกลอง กระดาษ	77
4.3.1.3 น้ำก่อนการบำบัดที่ได้จากคลองราชาเทวะท่าวัดกิ่งแก้ว อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	78
4.3.2 ออกแบบ โดยกำหนดความต่างศักย์คงที่เท่ากับ 30 โวลต์ แต่เปลี่ยนแปลงระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ	78
4.3.2.1 ลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่น เพลทเป็นอะลูมิเนียม 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และระยะเวลา 2 ชั่วโมงตามลำดับ โดยใช้น้ำที่ได้ จากโรงงานผลิตกลองครั้งแรก	79
4.3.2.2 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบ โดยใช้แผ่นตะแกรง 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ โดยใช้น้ำที่ได้จาก โรงงานผลิตกลองครั้งแรก	80
4.3.2.3 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้ แผ่นเพลทเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ โดยใช้น้ำที่ได้จาก โรงงานผลิตกลองครั้งแรก	82
4.3.3 ออกแบบให้มีการเปลี่ยนระยะแผ่นเพลทเมื่อเวลาและกระแสคงที่	83
4.3.4 ออกแบบให้ระยะแผ่นคงที่ปรับกระแสใช้น้ำโรงงานที่ 2	85
4.3.5 ออกแบบ โดยกำหนดกระแสไฟฟ้าคงที่เท่ากับ 0.2 แอมแปร์ และ เวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง ระยะห่างแผ่นเพลท เท่ากับ 8 เซนติเมตร แต่เปลี่ยนจำนวนรอบ ของคอยล์โดยใช้น้ำที่ได้จาก โรงงานผลิตกลองครั้งที่สอง	86
4.3.6 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ทำการออกแบบ โดย ใช้แผ่นเพลทอลูมิเนียม 2 แผ่นวางเป็นแนวตั้ง ระยะเวลา 8 ชั่วโมง โดยใช้น้ำที่ได้จาก โรงงาน ผลิตกลองครั้งแรก	88
4.3.7 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ทำการออกแบบ โดยใช้ แผ่นเพลทอลูมิเนียม 4 แผ่นวางเป็นแนวตั้ง ระยะเวลา 1 ชั่วโมง กระแส 0.6 แอมแปร์โดยใช้ น้ำที่ได้จากคลองราชาเทวะ	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

90

5.2 ข้อเสนอแนะ

93

บรรณานุกรม

94

ภาคผนวก



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
2.1	น้ำเสียจากบ้านเรือน	2
2.2	น้ำเสียจาก โรงงานอุตสาหกรรม	3
2.3	แสดงBODที่เกิดจากการออกซิไดซ์สารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน	10
2.4	แสดงขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ	16
2.5	แสดงขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ	18
2.6	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสารเคมีที่ใช้ในแต่ละกลไกของการทำลายเสถียรภาพ คอลลอยด์	25
2.7	แสดงการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ในการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์	33
2.8	แสดงรูปทรงของระบบบำบัดน้ำเสียของ GlobalSep Cooperation	35
2.9	แสดงรูปทรงของระบบบำบัดของ Gilmore, William F. (Denver,CO)	36
2.10	แสดงรูปทรงของระบบบำบัดของ Mike Davis	36
2.11	แสดงรูปทรงของระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท A Pluse Team จำกัด	37
2.12	แสดงรูปวงจรเรียงกระแสแบบต่างๆ	42
2.13	แสดงวงจรเรกติไฟรแบบฮาล์ฟเวฟ	42
2.14	แสดงวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นบวก	43
2.15	แสดงแรงดันครึ่งคลื่นบวก	44
2.16	แสดงวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นลบ	45
2.17	แสดงรูปเมื่อใช้ตัวเก็บประจุเป็นวงจรกรอง	45
2.18	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น	46
2.19	แสดงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น โดยใช้ตัวเก็บประจุ	47
2.20	แสดงวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	47
2.21	โช๊คแกนเหล็ก	49
2.22	โช๊คแกนอากาศ	49
2.23	แกนผงเหล็กอัด	49
2.24	การต่อตัวเหนี่ยวนำคร่อมอยู่กับแหล่งจ่ายไฟโดยตรง	50
2.25	แสดงสนามแม่เหล็กอยู่ในสถานะคงที่	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.26	แสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดการยุบตัว	52
2.27	แสดงจำนวนของขดลวด	53
2.28	แสดงพื้นที่ของขดลวดและความยาวขดลวด	53
2.29	แสดงวัสดุที่นำมาทำแกนที่ต่างกัน	54
3.1	แสดงบล็อกไออะแกรมการทำงานโดยรวม	56
3.2	แสดงวงจรสร้างไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 80 โวลต์ จะสามารถจ่ายกระแสได้ 0.1 - 0.6A	56
3.3	แสดงการวางเพลท 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมงและ 2 ชั่วโมง	57
3.4	แสดงการออกแบบให้แผ่นตะแกรง 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมงและ 2 ชั่วโมง	58
3.5	แสดงการออกแบบให้แผ่นเพลท 4 แผ่นระยะเวลา 1 ชั่วโมงและ 2 ชั่วโมง	58
3.6	แสดงการออกแบบให้แผ่นเพลท 2 แผ่นระยะห่าง 4.6 และ 8 เซนติเมตร	59
3.7	แสดงการออกแบบให้แผ่นเพลท 2 แผ่นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 0.2, 0.4 และ 0.6 แอมแปร์	60
3.8	แสดงการวางเพลท 2 แผ่นและคอยล์	61
4.1	แสดงผลของหน้าเว็บไซต์	72
4.2	แสดงหน้าตาในส่วนที่เป็นบทนำ	73
4.3	แสดงหน้าที่เป็นหน้าบทความของเว็บไซต์	73
4.4	แสดงหน้าเว็บไซต์ในส่วนที่เป็นสาระน่ารู้	74
4.5	รูปวงจรตัวพีชและคัตเอาต์	75
4.6	วงจรแปลงไฟจาก AC เป็น DC	75
4.7	แผ่นเพลทอลูมิเนียม และตะแกรงขนาด 7x11 เซนติเมตร	76
4.8	แสดงลักษณะน้ำเสียของบริษัท เอนวิแลป จำกัด	76
4.9	แสดงลักษณะน้ำก่อนการบำบัดที่ได้มาครั้งแรก	77
4.10	แสดงลักษณะน้ำก่อนการบำบัดที่ได้มาครั้งที่สอง	77
4.11	แสดงลักษณะน้ำก่อนการบำบัดที่ได้จากคลองราชาเทวะท่าวัดกิ่งแก้ว อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	78
4.12	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้แผ่นอลูมิเนียม 2 แผ่น วางแนวตั้ง 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.13	แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำจากการใช้แผ่นอลูมิเนียม 2 แผ่น วางแนวตั้ง 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ	79
4.14	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้ตะแกรง 2 แผ่น วางแนวตั้ง 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ	80
4.15	แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำจากการใช้ตะแกรง 2 แผ่นวางแนวตั้ง 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ	81
4.16	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้แผ่นเพลตเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ	82
4.17	แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำจากการใช้แผ่นเพลตเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ	82
4.18	แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำจากการใช้แผ่นเพลตเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แต่กำหนดระยะห่างของแผ่น 4.6 และ 8 เซนติเมตรตามลำดับ	83
4.19	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้แผ่นเพลตเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แต่กำหนดระยะห่างของแผ่น 4.6 และ 8 เซนติเมตร	84
4.20	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้แผ่นเพลตเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แต่กำหนดขนาดของกระแสไฟฟ้า 0.2, 0.4, และ 0.6 แอมแปร์	85
4.21	แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำจากการใช้แผ่นเพลตเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แต่กำหนดขนาดของกระแสไฟฟ้า 0.2, 0.4, และ 0.6 แอมแปร์	85
4.22	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการเกิดปฏิกิริยาในระยะเวลาที่ต่างกันของการทดลองแบบมีคอยล์ กับแบบ ไม่มีคอยล์	86
4.23	แสดงระยะเวลาเปรียบเทียบระหว่างมีคอยล์กับไม่มีคอยล์	87
4.24	แสดงลักษณะของน้ำเสียเมื่อผ่านการบำบัด 8 ชั่วโมง	88
4.25	แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำก่อนการทดลองและหลังผ่านการทดลอง 1 ชั่วโมง	89
5.1	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบในหัวข้อ 4.3.2	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.2	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบในหัวข้อ 4.3.3	91
5.3	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบในหัวข้อ 4.3.4	92
5.4	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณ unit ของกำลังไฟฟ้า ในน้ำ 1 ลิตร 1 ชั่วโมง	92



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ช่วงของค่า BOD กับวิธีการเจือจางต่าง ๆ ของตัวอย่าง	13
2.2 แสดงวัสดุหลากหลายชนิดที่นำมาทำแกนแตกต่างกัน	54
3.1 แสดงลักษณะของน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดของน้ำ	59
3.2 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำเมื่อเปลี่ยนระยะห่างของแผ่น	60
3.3 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำเมื่อเปลี่ยนกระแสไฟฟ้า	61
3.4 แสดงปริมาณของตัวอย่างน้ำและสารเคมีสำหรับหลอดแก้วขนาดต่างๆ	66
4.1 แสดงข้อมูลน้ำเสียก่อนการบำบัด	78
4.2 แสดงข้อมูลลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่นเพลท เป็นอะลูมิเนียม 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และระยะเวลา 2 ชั่วโมงตามลำดับ	80
4.3 แสดงข้อมูลลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่นตะแกรง 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมงและ 2 ชั่วโมงตามลำดับ	81
4.4 แสดงข้อมูลลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่นเพลท เป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ	83
4.5 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำเมื่อเปลี่ยนระยะห่างของแผ่น	84
4.6 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำเมื่อเปลี่ยนกระแสไฟฟ้า	86
4.7 แสดงข้อมูลแสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ทำการออกแบบ โดยใช้แผ่นเพลท อลูมิเนียม 2 แผ่นวางเป็นแนวตั้ง ระยะเวลา 8 ชั่วโมง	88
4.8 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ทำการออกแบบ โดยใช้แผ่นเพลท อลูมิเนียม เนียม 4 แผ่นวางเป็นแนวตั้ง เวลา 1 ชั่วโมง กระแส 0.6 แอมแปร์ โดยใช้ น้ำที่ได้จากคลองราชาเทวะท่าวัดกิ่งแก้ว อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันปัญหาการเน่าเสียของน้ำที่ใช้อุปโภคบริโภคเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในสังคม ทั้งในแหล่งชุมชน และเขตอุตสาหกรรม และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้น จึงเกิดผลกระทบต่อชุมชนนั้นๆ ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในการอุปโภค บริโภค อีกทั้งยังก่อให้เกิดแหล่งสะสมเชื้อโรคต่างๆ ซึ่งเป็นผลให้สุขภาพกาย และสุขภาพจิตของผู้ที่ใช้อาศัยบริเวณนั้นทรุดโทรมเป็นอย่างมาก ปัจจุบันจึงได้มีการก่อกำเนิดวิธีการบำบัดน้ำเสียมากมายหลากหลายวิธีแต่วิธีเหล่านั้นมักมีกรรมวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อนซึ่งต้องใช้เครื่องจำเพาะในการช่วยบำบัดน้ำเสีย ซึ่งวิธีการบำบัดน้ำเสียทางไฟฟ้าเป็นหนึ่งในวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ให้ผลทางกายภาพค่อนข้างชัดเจนและสามารถประยุกต์ต่อยอดได้ ทางกลุ่มผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้าและปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาต่อยอดต่อไปในภายภาคหน้า

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นการบำบัดน้ำเน่าเสียที่มีอยู่ในปัจจุบัน
2. เพื่อเป็นแนวทางในการรักษาคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้น
3. เพื่อศึกษาองค์ประกอบต่างๆที่ตกตะกอนจากน้ำเสีย
4. เพื่อทดลองการตกตะกอนของน้ำโดยใช้กระแสไฟฟ้าและปฏิกิริยาทางเคมี
5. เพื่อเป็นแนวทางนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ศึกษาส่วนประกอบต่างๆที่ต้องใช้ในโครงการการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้าและปฏิกิริยาทางเคมีเช่น ส่วนประกอบของน้ำเสีย สารเคมีต่างๆที่ทำให้เกิดการตกตะกอน และการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการตกตะกอน รวบรวมข้อมูลต่างๆที่ได้จากการศึกษานำมาทดลอง และนำผลทดลองที่ได้ในแบบต่างๆนำเสนอผ่านเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสีย

น้ำเสียคือน้ำที่มีสารหรือสิ่งปนเปื้อนที่ไม่พึงปรารถนาอยู่และการที่มีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกต่างๆ มากมาย จนกระทั่งทำให้น้ำเหล่านี้กลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้ ซึ่งเราสามารถพบน้ำเสียได้จาก 2 แหล่งใหญ่ๆ ดังนี้

2.1.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน

มาจากกิจกรรมสำหรับดำรงชีวิตของคนเรา เช่น อาคารบ้านเรือน หมู่บ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม โรงแรม ตลาดสด โรงพยาบาล เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าความเน่าเสียของคูคลองเกิดจากน้ำเสียประเภทนี้ ถึงประมาณ 75%

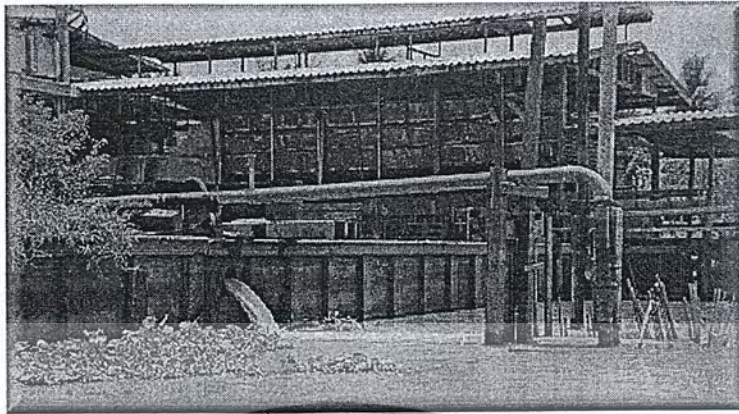


รูปที่ 2.1 น้ำเสียจากบ้านเรือน

2.1.2 น้ำเสียจากกิจกรรมอุตสาหกรรม

ได้แก่ น้ำเสียจากขบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมรวมทั้งน้ำหล่อเย็นที่มีความร้อนสูง และน้ำเสียจากห้องน้ำห้องส้วมของคนงานด้วยความเน่าเสียของคูคลองเกิดจากน้ำเสียประเภทนี้ประมาณ 25% แม้จะมีปริมาณไม่มากนัก แต่สิ่งสกปรกในน้ำเสียจะเป็นพวกสารเคมีที่เป็นพิษและพวกโลหะหนักต่างๆ รวมทั้งพวก สารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีความเข้มข้นสูงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

2.1.3 สารปนเปื้อนที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ

สารปนเปื้อนที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำมีมากมายหลายชนิดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1.3.1 สารปนเปื้อนประเภทที่ต้องการออกซิเจน

1.) ขยะ น้ำที่ไม่เสีย จะมีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำไม่น้อยกว่า 6.0 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร สัตว์ น้ำเช่น ปลา กุ้ง หอย ใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำนี้หายใจทำให้ คงมีชีวิตอยู่ได้ครั้น เมื่อมีคตขยะลง ในแม่น้ำลำคลอง ขยะซึ่งเป็นสารอินทรีย์จะเน่าเปื่อยเกิดออกซิเคชัน หมายความว่าต้องดึงเอา ออกซิเจน ซึ่งละลายอยู่ในน้ำมาใช้ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลด น้อยลง ถ้าออกซิเจนลดลงมาก บรรดาสัตว์น้ำเช่น ปลา ก็จะแสดงอาการขาดออกซิเจน โดยโผล่ ขึ้นมาหายใจที่ผิวน้ำบ่อย ๆ ใน ขณะเดียวกันน้ำก็เกิดสภาวะขาดออกซิเจน เกิดสภาวะแวดล้อมที่ เหมาะสำหรับแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำให้ย่อย สลายสารอินทรีย์ต่อไป ทำให้น้ำกลายเป็นสีดำมีกลิ่นเหม็น กลายเป็นน้ำเสีย

2.) สารซักฟอกที่เราใช้ซักทำความสะอาดเสื้อผ้า มีฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบ อยู่ด้วย มาก เมื่อไหลปนมากับน้ำทิ้ง จากบ้านเรือนลงไปตามท่อระบายน้ำแล้วไหลลงสู่แม่น้ำลำ คลอง ทำให้ เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย

3.) มูลสัตว์ ในการเลี้ยงสัตว์ เช่น เลี้ยงหมู ต้องทำความสะอาด ล้างคอกเป็นประจำ มูล สัตว์เช่นมูลหมูเป็นสารอินทรีย์ที่ไหลลงแม่น้ำลำคลองทำให้น้ำขาดออกซิเจน และ กลายเป็นน้ำเน่า

4.) ปุ๋ย ปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรมีสองประเภทคือปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์

เช่น ปุ๋ย คอกได้มาจากมูลสัตว์ต่างเป็นพวกสารอินทรีย์ส่วนปุ๋ยเคมี เช่น ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นาเป็เซปรีะโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสเฟต เป็นสารเคมี การใส่ปุ๋ยลงในดินที่ทำเพาะปลูก เกษตรกรมักใส่ในปริมาณเกินกว่าพืชจะดูดซึมขึ้นไปใช้ได้หมด

5.) สารฆ่าแมลงและสารฆ่าวัชพืช ส่วนมากเป็นสารเคมีที่เป็นพิษ เมื่อถูกชะลงไปใต้น้ำ ก็จะเป็นพิษแก่พืชและสัตว์ที่อยู่ในน้ำ และถ้าเรานำน้ำนั้นไปใช้ก็จะได้รับอันตรายจากสารพิษนั้นด้วย

2.1.3.2 สารปนเปื้อนประเภทอื่น ๆ

1.) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำทิ้งจากระบบการผลิต ระบบการหล่อเย็น และจากอาคารที่อยู่อาศัย ตลอดจนที่ทำการ โรงอาหาร สารที่ปะปนนามีหลายชนิด ทั้งสารอินทรีย์และ สารอนินทรีย์ สารพวกกรด ด่าง โลหะหนัก สารเคมีต่าง ๆ สารกัมมันตภาพรังสี และสารพิษเป็นพวกสารอินทรีย์ สารต่าง ๆเหล่านี้เมื่อลงไปอยู่ในแม่น้ำลำคลอง จะทำให้เพิ่มปริมาณสารเหล่านั้น ในน้ำหรือ เกิดการเป็นพิษกับสิ่งมีชีวิต ในน้ำ ทำให้สัตว์น้ำ เช่น ปลา ตายเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดความเสียหาย ดังเช่นที่ปรากฏเป็นข่าวบ่อยครั้ง

2.) สารกัมมันตรังสี เกิดจากโรงงานที่ใช้พลังงานนิวเคลียร์ เช่น โรงไฟฟ้า นิวเคลียร์ และ จากสถานที่ที่มีการใช้สารกัมมันตรังสี เช่น ห้องปฏิบัติการ ไอโซโทปและอื่น ๆ สารกัมมันตรังสีบาง ชนิดละลายน้ำได้ เมื่อดลงไปอยู่ในแหล่งน้ำก็อาจถูกสัตว์น้ำเช่น ปลา ปู กุ้ง หอย กินแล้วเข้าไปสะสมอยู่ ภายในตัวสัตว์น้ำเหล่านั้นเมื่อเรานำสัตว์น้ำนั้นมากินเป็นอาหารก็อาจเป็นอันตรายได้

3.) ความร้อน ความร้อนมาจากโรงงานบางชนิด จาก โรงไฟฟ้าบางชนิดและจาก โรงงาน อุตสาหกรรม ความร้อนที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้น้ำบริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนที่ เพิ่มขึ้นทำให้สัตว์น้ำและพืชน้ำบางชนิดเจริญเติบโตเร็วขึ้น ปลาต้องการอาหารและออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น เกิดการขาดแคลนอาหารและออกซิเจน นอกจากนั้นพืชและสัตว์น้ำบางชนิดไม่ชอบน้ำที่ร้อนขึ้นและทน ภาวะเช่นนี้ไม่ได้ ก็จะตายไป

2.1.4 ลักษณะของน้ำเสีย

2.1.4.1. ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ

จะประกอบไปด้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมด กลิ่น อุณหภูมิ สี และความขุ่น ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำเสียทางกายภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปริมาณของแข็งทั้งหมด ประกอบด้วย ปริมาณของแข็งที่แขวนลอย (TSS, Total Suspended Solids) และปริมาณของแข็งละลาย (TDS, Total Dissolved Solids) เมื่อจมน้ำดู ก้นลำน้ำ ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อ การดำรงชีพของสัตว์น้ำ ค่าปริมาณของแข็งจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสกปรกและความหนาแน่น ของน้ำเสียได้ และยังสามารถบอกถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียต่างๆ ที่เลือกใช้ในการ บำบัดได้ ของแข็งทั้งหมด คือ ปริมาณของแข็งในน้ำ สามารถคำนวณจากการระเหยน้ำออก ได้แก่ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) จะมี ขนาดเล็กผ่านขนาดกรอง มาตรฐาน คำนวณได้จากการระเหยน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรองออกไป ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS) หมายถึง ของแข็งที่อยู่บนกระดาษกรองมาตรฐานหลังจาก การกรอง แล้วนำมาอบเพื่อระเหยน้ำออก ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids : VS) หมายถึง ส่วน ของแข็ง ที่เป็นสารอินทรีย์แต่ละลายน้ำ สามารถคำนวณได้โดยการนำกระดาษกรองวิเคราะห์เอาของแข็ง ที่แขวนลอยออก แล้วนำของแข็งส่วนที่ละลายทั้งหมดมาระเหยอุณหภูมิประมาณ 550 องศา เซลเซียส น้ำ น้ำหนักน้ำที่ชั่งหลังการกรองด้วยน้ำหนักหลังจากการเผา น้ำหนักที่ได้คือ ของแข็งส่วนที่ระเหยไป

2. กลิ่น ส่วนมากจะมาจากก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เช่น ก๊าซไข่เน่าเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน โดยทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟต ไปเป็นซัลไฟด์ หรือ เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบ ไร้ออกซิเจน หรือกลิ่นอื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานทำปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น ในการกำจัดกลิ่นในน้ำเสียอาจใช้สารเคมีที่สามารถออกซิไดซ์สารที่ทำให้เกิดกลิ่น ได้ เช่น คลอรีน หรือการใช้ผงถ่านกัมมันต์

(Activated Carbon)

3 อุณหภูมิของน้ำ เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงมากขึ้นกว่าปกติ จะมีผลทำให้ปฏิกิริยา ชีวเคมีของพวกจุลินทรีย์สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำถูกใช้เพิ่มมากขึ้น และทำ ให้การเจริญเติบโตของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำมีมากกว่าปกติ นอกจากนี้ยังมีผลให้การ ละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง เนื่องจากค่าอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำจะลดลงเมื่อน้ำมีอุณหภูมิ สูงขึ้น

4. สี สีของน้ำเสียเป็นปัญหาเนื่องจากโรงงานหลายแห่ง เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานสีข้อมและอื่นๆ ปล่อยน้ำเสียออกมา หรือสีเขียวซึ่งเกิดจากการเกิดสาหร่ายมากๆ ในแหล่ง น้ำ ทำให้เกิดผลเสีย คือ จะเป็นตัวกั้นขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงได้น้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีสีไม่น่าดู เนื่องจากสามารถ มองเห็นสีของน้ำเสียได้ด้วยตาเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความขุ่น เกิดจากการมีสารแขวนลอยที่ลอยอยู่ในน้ำ จะกั้นหรือขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำได้มากกว่า 100% เช่นเดียวกันกับสี น้ำที่มีความขุ่นมากจะทำให้ยากต่อการกรองน้ำ

6. การนำไฟฟ้า (electrical conductivity) บอถึงความสามารถของน้ำที่กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่าน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอออนโดยรวมในน้ำ และอุณหภูมิขณะทำการวัดค่าการนำ ไฟฟ้า

2.1.4.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี

จะประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ น้ำเสียที่มาจากบ้านเรือนจะประกอบด้วยสารอินทรีย์ 50% และสารอนินทรีย์ 50%

1. สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น เศษข้าว ก๋วยเตี๋ยว น้ำแกง เศษใบตอง พืชผัก ซึ้นเนื้อ เป็นต้น และปริมาณเล็กน้อยของผงซักฟอก สารประกอบฟีนอลและยาปราบศัตรูพืชซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ระดับออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ลดลงเกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมนวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้

2. สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น คลอไรด์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โลหะหนัก ก๊าซ และสภาพความเป็นกรดและเบสของน้ำเสีย เป็นต้น

2.1 คลอไรด์ ค่าความเข้มข้นของคลอไรด์ในน้ำเสีย ถ้ามีไม่มากจนเกินไป จะไม่มีอันตรายต่อมนุษย์ แต่จะมีผลทำให้น้ำมีรสเค็มเท่านั้น โดยปกติในน้ำประปาไม่ควรให้มีความเข้มข้นของคลอไรด์เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2 ไนโตรเจน ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญธาตุหนึ่งต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังนั้นในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพจำเป็นต้องมีไนโตรเจนอย่างพอเพียงแต่ถ้ามีมากเกินไปจะมีผลทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตมากหรือเรียกว่าสาหร่ายเบ่งบาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณของไนโตรเจนของน้ำให้เหมาะสม

2.3 ฟอสฟอรัส เป็นธาตุหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่นเดียวกับไนโตรเจน ดังนั้นจึงต้องควบคุมปริมาณของฟอสฟอรัสให้เหมาะสม ไม่เช่นนั้นจะก่อปัญหาทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียได้เช่นเดียวกับไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 พีเอช (pH) เป็นค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจน $[H^+]$ ในน้ำ ใช้บอกความเป็นกรดหรือด่างของน้ำทิ้ง เป็นค่าที่มีความสำคัญในการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี ฟิสิกส์และชีววิทยา และจำเป็นต้องควบคุมค่าพีเอชของน้ำทิ้งให้คงที่หรือควบคุมให้อยู่ในช่วงที่จำกัดไว้ (น้ำดื่มควรมีค่า pH ระหว่าง 6.8-7.3) โดยทั่วไป น้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ที่ต่ำ (PH < 7) ซึ่งหมายถึงมีความเป็นกรดสูงมีฤทธิ์กัดกร่อน การวัดค่า pH ทำได้ง่าย โดยการใช้กระดาษลิตมัสในการวัดค่าความเป็นกรด - เบส ซึ่งให้สีตาม ความเข้มข้นของ $[H^+]$ หรือการวัดโดยใช้ pH meter เมื่อต้องการให้มีความละเอียดมากขึ้น สภาพเบส (Alkalinity) คือ สภาพที่น้ำมีสภาพความเป็นเบสสูงจะประกอบด้วยไอออนของ OH^- , CO_3^- , H_2CO_3 ของ ธาตุแคลเซียม โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม หรือแอมโมเนีย ซึ่งสภาพเบสนี้จะช่วยทำหน้าที่คล้าย บัฟเฟอร์ด้านการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในน้ำทิ้ง สภาพกรด (Acidity) โดยทั่วไป น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนจะมี บัฟเฟอร์ในสภาพเบสจึงไม่ทำให้น้ำมีค่า pH ที่ต่ำเกินไป แต่น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 ซึ่งมาจาก CO_2 ที่ละลายน้ำ

2.5 สภาพกรดและสภาพด่าง (Acidity and Alkalinity) สภาพกรดของสารละลายใดๆ คือความสามารถของสารละลายนั้นในการแตกตัวให้โปรตอน น้ำทิ้งที่มีสภาพกรด คำนวณเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของแคลเซียมคาร์บอเนตจะมีค่าพีเอชต่ำกว่า 8.2 สภาพด่างของสารละลายใดๆ คือความสามารถของสารละลายนั้นในการรับ โปรตอน สภาพด่างของน้ำธรรมชาติหรือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคเกิดขึ้นจากองค์ประกอบของสารละลาย ไบคาร์บอเนต คาร์บอเนตและ ไฮดรอกไซด์ น้ำทิ้งที่มีสภาพด่าง คำนวณเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของแคลเซียมคาร์บอเนตจะมีค่าพีเอช สูงกว่า 4

2.6 โลหะหนัก เป็นสารซึ่งมีพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่มีโลหะหนักบางชนิดที่มีความจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต แต่ต้องได้รับในปริมาณที่เหมาะสม ถ้ามากเกินไปจะเป็นพิษ ได้แก่ ปรอท โครเมียม ทองแดง เหล็ก แคดเมียม ตะกั่ว นิกเกิล แมงกานีส และสังกะสี เป็นต้น ซึ่งปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ อู่ซ่อมรถ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น

2.7 ซัลเฟอร์ เป็นสารประกอบกำมะถัน มีอยู่ในน้ำธรรมชาติและในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโนในโปรตีน ซัลเฟอร์ที่มีอยู่ในน้ำเสียจะอยู่ในรูปของ organic sulfur เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ธาตุซัลเฟอร์และสารซัลเฟต เป็นต้น ในสถานะที่ไม่มีอากาศจะกลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือก๊าซไข่เน่า ซึ่งสารเหล่านี้ก่อให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหากลิ่นเหม็นจากการย่อยสลายน้ำเสียและการกักกร่อนต่อสภาพแวดล้อม แต่ถ้าหากมีออกซิเจนเพียงพอก็จะถูกแปรสภาพต่อไปเป็นสารประเภท “ซัลเฟต” ซึ่งไม่มีกลิ่นเหม็น

2.8 ก๊าซ ที่พบในน้ำเสียโดยมากจะเป็นพวกไนโตรเจน ออกซิเจน คาร์บอน ไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนียและมีเทน ซึ่งก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่มีอากาศ (Anaerobic) และตัวการที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นในน้ำเสียคือ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนียและมีเทน ถ้าสารซัลไฟด์ไปรวมตัวกับเหล็กจะเกิดเป็นเฟอร์รัสซัลไฟด์ซึ่งทำให้น้ำเสียมืดดำเกิดขึ้น

3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO, Dissolved Oxygen) ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แบคทีเรียที่เป็น สารอินทรีย์ในน้ำต้องการออกซิเจน (aerobic bacteria) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ความต้องการ ออกซิเจนของแบคทีเรียนี้จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง ดังนั้นในน้ำที่สะอาดจะมีค่า DO สูง และน้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำ น้ำธรรมชาติที่มีคุณสมบัติดีจะมีค่า DO ประมาณ 5-7 ppm (ppm = part per million = 1/1,000,000) น้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำกว่า 3 ppm. ค่า DO มีความสำคัญในการบ่งบอกว่า แหล่งน้ำนั้นมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อความต้องการของ สิ่งมีชีวิตหรือไม่ ขบวนการทางชีวเคมีที่ต้องการออกซิเจนซึ่งเป็นขบวนการที่สำคัญในการผลิตพลังงาน และกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์สิ่งมีชีวิตทุกชนิด ดังนั้นออกซิเจนจึงเป็นก๊าซที่มีความสำคัญมากในการ ดำรงชีวิตของคน สัตว์ และพืช ก๊าซทุกชนิดในบรรยากาศละลายน้ำได้ แต่ออกซิเจนและไนโตรเจน ละลายน้ำได้น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับก๊าซอื่น ๆ แต่ถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การละลายของออกซิเจนลดลงหรือถ้าในน้ำมีสิ่งมีชีวิตที่ต้องการออกซิเจนมาก ก็มีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงเช่นกัน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของออกซิเจนมีดังนี้

1. อุณหภูมิ ออกซิเจนและไนโตรเจนที่ละลายน้ำจะแปรผกผันกับอุณหภูมิ
2. ความดัน DO จะแปรผันโดยตรงกับความดันย่อยของออกซิเจนในขณะนั้น

ตัวอย่างเช่น

ออกซิเจนจะละลายน้ำในปริมาณ 14.6 มก./ล. ที่ 0° C และ 7 มก./ล. ที่ 35° C ภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ

3. ปริมาณเกลือแร่และสารปนเปื้อนในน้ำ น้ำที่มีสารปนเปื้อนจะมีปริมาณออกซิเจนละลาย ต่ำกว่าน้ำสะอาดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ดังนั้นน้ำทะเลและน้ำเสียจะมีค่าอิ่มตัวของ ออกซิเจนต่ำกว่าน้ำสะอาด

3.1) ความสำคัญของค่า DO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่า DO ในลำน้ำธรรมชาติ จะเป็นตัวชี้ถึงความสามารถของน้ำที่จะรับการถ่ายเทของ เสียดหรือการฟอกตัวเองให้บริสุทธิ์ตามธรรมชาติ นอกจากนี้ยังแสดงถึงความเหมาะสมต่อการ เจริญเติบโตของปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ (เช่น ไมควร < 5 mg/L)

- ช่วยในการควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ เพื่อให้แน่ใจว่ายังคงรักษาสภาวะไม่มีอากาศไว้ได้ และป้องกันการไม่ให้อากาศมากเกินไปสำหรับหาค่า BOD

- ใช้ในการควบคุมการกัดกร่อนของเหล็กในท่อน้ำประปา และหม้อต้มน้ำ เพราะพบว่า ออกซิเจนในน้ำทำให้เกิดการกัดกร่อน (corrosion) ดังนั้นจึง ไม่ควรมี DO เลยในหม้อต้มน้ำ (แต่ถ้าความดันต่ำกว่า 250 psi มี DO ได้ 0.015 ppm)

3.2) วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

วิธีที่ 1 วิธีทางเคมี ซึ่งได้รับความนิยมมาก ได้แก่ The Azide Modification of The Winkler Method

วิธีที่ 2 Membrane electrode method หรือเครื่องมือที่เรียกว่า DO meter ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ขบวนการเคมีไฟฟ้า โดยถือหลักอัตราการแพร่ของโมเลกุลออกซิเจนผ่านเยื่อ (Membrane) ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับออกซิเจน โดยที่เยื่อนี้อยู่ใน working electrode การวิเคราะห์ DO จะใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับสารรบกวนที่มีอยู่ในน้ำตัวอย่างนั้นๆ และความแม่นยำของผลที่ได้จากการวิเคราะห์

4. บีโอดี (Biological Oxygen Demand : BOD) คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน สภาวะมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณ BOD คือ 20°C และเวลา 5 วัน (BOD₅) ค่า BOD จะบ่งบอกถึงลักษณะของน้ำเสียว่ามีสารอินทรีย์มากน้อยเพียงใด และทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการบำบัดในรูปของการกำจัด BOD (BOD Removal) นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการทำ Stream Survey เพื่อทราบถึงความสกปรกของแม่น้ำลำคลองต่าง ๆ

น้ำที่มีคุณภาพดี ควรมีค่าบีโอดี ไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าค่าบีโอดีสูงมากแสดงว่าน้ำนั้นเน่ามาก แหล่งน้ำที่มีค่าบีโอดีสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรจะจัดเป็นน้ำเน่าหรือน้ำเสียพระราชบัญญัติน้ำ ทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม กำหนดไว้ว่า น้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร การหาค่า บีโอดี หาได้โดยใช้แบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์สารซึ่งจะเป็นไปช้า ๆ ดังนั้นจึงต้องใช้เวลานานหลายสัปดาห์ ตามหลักสากลใช้เวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยนำ ตัวอย่างน้ำที่ต้องการหาบีโอดีมา 2 ขวด ขวดหนึ่งนำมา

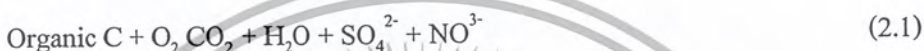
วิเคราะห์เพื่อหาค่าออกซิเจนทันที สมมุติว่ามี ออกซิเจนอยู่ 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำอีกขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

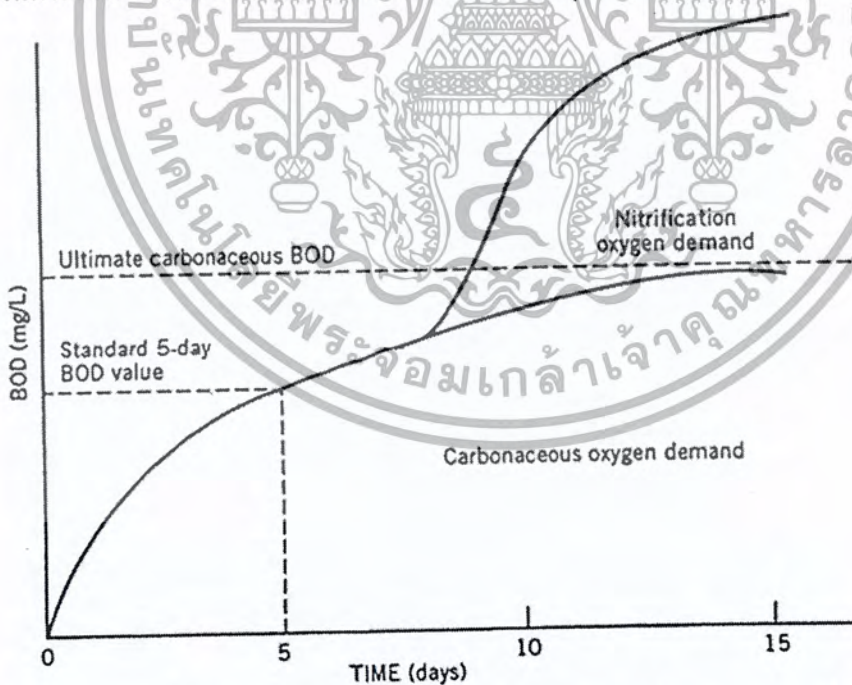
หนึ่งปีดจุให้ แน่น เพื่อไม่ให้อากาศเข้า นำไปเก็บไว้ ในที่มีที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนสมมูลได้ .47 มิลลิกรัม ต่อลิตร ดังนั้นจะได้ค่าซึ่งเป็น ปริมาณออกซิเจน ที่ถูกใช้ไป หรือ ค่าบีโอดี = 6.5 - 0.47 = 5.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.1) ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์บีโอดี

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำแสดงได้ดังสมการ จะเห็นได้ว่าสารอินทรีย์จะถูก ออกซิไดซ์เป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการออกซิไดซ์สารประกอบคาร์บอน ดังสมการ



ส่วนขั้นที่สองเป็นการออกซิไดซ์ NH_3 ไปเป็น NO_2^- และ NO_3^- ตามลำดับ โดยพวก nitrifying bacteria ซึ่งเป็น autotrophic bacteria แบคทีเรียพวกนี้มีการแบ่งตัวที่ 20°C น้อยมาก ดังนั้น ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียพวกนี้ใช้ในช่วงเวลา 5 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการหาค่า BOD จึงน้อยมาก ด้วยหลังจาก 10 วัน ไปแล้ว แบคทีเรียเหล่านี้จึงจะมีจำนวนมากพอที่จะใช้ออกซิเจน ในการออกซิไดซ์ NH_3 เพื่อเปลี่ยนไปเป็น NO_3^- ในที่สุด



รูปที่ 2.3 แสดงค่า BOD ที่เกิดจากการออกซิไดซ์สารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน

การวิเคราะห์ค่า BOD ที่นิยมกันทั่วไปเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไป

ทั้งหมดในเวลา 5 วัน โดยแบคทีเรียในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ ซึ่งสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็น สารอินทรีย์จำพวกคาร์บอน ไม่ใช่สารประกอบอินทรีย์อื่นๆหรือสารอนินทรีย์ใด ๆ ในการวิเคราะห์ BOD นั้น ตัวอย่างน้ำที่จะต้องมีแบคทีเรียที่แข็งแรงและมีปริมาณมากพอที่จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มี ในน้ำที่นั้นๆได้ ถ้ามีน้อยหรือไม่มีเลย ต้องหาแบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำที่นั้นๆได้มาใส่ มิฉะนั้นผลของการวิเคราะห์จะผิดพลาดหรือหา BOD ไม่ได้เลย การวิเคราะห์ทำได้โดยหาปริมาณ

4.2) วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่า BOD ของน้ำ

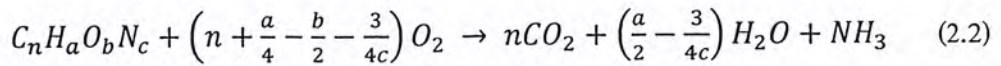
วิธีที่ 1 Direct Method ใช้กับตัวอย่างน้ำที่มีความสกปรกน้อยคือ มีค่า BOD_5 ไม่เกิน 7 มก./ล. ส่วนใหญ่เป็นน้ำจากแม่น้ำ วิธีนี้ไม่ต้องทำให้ตัวอย่างเจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้ใช้ตัวอย่างน้ำมาหาค่า BOD โดยตรงเลย

วิธีที่ 2 Dilution Method ใช้กับตัวอย่างน้ำที่มีความสกปรกมาก เช่น น้ำเสียจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม น้ำเหล่านี้จะมีค่า BOD_5 เกิน 7 มก./ล. ดังนั้นถ้าไม่ทำให้เจือจางลงปริมาณออกซิเจน ในตัวอย่างจะไม่พอที่จะใช้ย่อยสารอินทรีย์ในน้ำ ค่า DO_5 จะเป็นศูนย์ การเจือจางอาจใช้แบบ % mixture หรือ Direct Pipetting (ตารางที่ 2.1) ลงสู่ขวด BOD โดยตรงเลขก็ได้ การเลือกใช้ dilution เท่าใดสำหรับ น้ำที่นั้น ๆ เราควรจะทราบค่า BOD โดยประมาณก่อน ซึ่งส่วนมากจะประมาณจากค่า COD (คือ ประมาณ 60 % ของ COD) แล้วพิจารณาค่า Dilution ที่จะใช้ตามตารางที่ 2.1 ตัวอย่างเช่น ถ้าน้ำที่มีค่า COD 1000 มก./ล. ค่า BOD โดยประมาณจะเท่ากับ 600 มก./ล. จากตารางที่ 2.1 ควรเลือกใช้ 1.0 % mixture แล้วจึงเลือก % ตัวอย่าง เจือจางที่สูงกว่า และต่ำกว่าที่อยู่ติดกันอีก 2 อัน เพื่อให้ครอบคลุมค่า BOD ที่ ต้องการทราบ

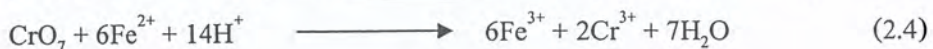
5. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand :COD) คือ ปริมาณ O_2 ที่ใช้ในการออกซิไดซ์ในการสลายสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีโดยใช้ สารละลาย เช่น โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ในปริมาณมาก เกินพอ ในสารละลายกรดซัลฟิวริกซึ่งสารอินทรีย์ในน้ำทั้งหมดทั้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลาย ไม่ได้ก็จะถูกออกซิไดซ์ภายใต้ภาวะที่เป็นกรดและการให้ความร้อน โดยทั่วไปค่า COD จะมีค่ามากกว่า BOD เสมอ ดังนั้นค่า COD จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งที่แสดงถึงความสกปรกของน้ำเสีย

ค่า COD หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการ เพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ใน น้ำเสียให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยที่สารอินทรีย์เกือบทั้งหมด (95-100 %) จะถูกออกซิไดซ์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรง (Strong Oxidizing Agent) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จะเห็นว่าสมการการเกิดปฏิกิริยาของ COD คล้ายกับ BOD คือสารอินทรีย์ในน้ำจะถูก oxidize จนได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ ต่างกันตรงที่ BOD นั้นใช้แบคทีเรียในการย่อยสลาย ส่วน COD ใช้ตัวเติมออกซิเจน ดังกล่าวแล้ว โดยปกติค่า COD จะสูงกว่าค่า BOD ทั้งนี้เพราะสารอินทรีย์คาร์บอนจะถูกออกซิไดซ์ อย่างสมบูรณ์โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการดูดซึมทางชีวะ (Biological Assimilation) ของสารเหล่านั้น เช่น กลูโคส ลิกนิน เซลลูโลส โดยเฉพาะถ้ามีสารอินทรีย์ที่มีสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถถูกออกซิไดซ์ ทางชีวะป็นอยู่ด้วย จะทำให้ค่า COD สูงกว่าค่า BOD มาก ในกรณีที่มีน้ำเสียมี สารอินทรีย์บางพวก เช่น Straight-Chain Aliphatic Compound, Aromatic Hydrocarbon, Pyridine และ Betaine ปะปนอยู่ ซึ่งสารเหล่านี้จะไม่ถูกออกซิไดซ์ทางเคมี ค่า COD จะน้อยกว่าค่า BOD ไอออนของ สารอินทรีย์บางตัว เช่น Halogen (F-, Cl-, Br-), NO₂-, S²⁻ และ Fe²⁺ มีผลทำให้ค่า COD มีค่ามากกว่าความเป็นจริง การหาค่า COD จะรู้ผลในเวลาไม่เกิน 3 ชม. ดังนั้นจึงเหมาะในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้ทันที่ และใช้ในการประเมินค่า BOD อย่างคร่าว ๆ Strong Oxidizing Agent ที่ใช้ในการหาค่า COD มีด้วยกันหลายตัวคือ Potassium Permanganate, Ferric Sulfate, Potassium Iodate และ Potassium Dichromate การหาค่า COD โดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมตเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากเพราะให้ผลที่น่าเชื่อถือและแน่นอน หลักการของวิธีนี้คือ สารอินทรีย์คาร์บอนจะถูกออกซิไดซ์โดยโปแตสเซียมไดโครเมตในสภาวะที่เป็นกรดอย่างรุนแรง ดังนั้น จึงใช้การ reflux เพื่อป้องกันการระเหย สูญหายของสารเคมี จากนั้นจึงไทเทรตหาปริมาณ โปแตสเซียมไดโครเมตที่เหลืออยู่ด้วย Ferrous Ammonium Sulfate โดยใช้ Ferroin เป็นอินดิเคเตอร์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนี้



มีการเติม AgSO₄ เป็นตัว catalyst เพื่อเร่งปฏิกิริยาการออกซิไดซ์ของพวกกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ (straight chain aliphatic) นอกจากนี้ AgSO₄ ที่ใส่ไปจะไปทำปฏิกิริยากับ Cl-, Br- หรือ I- ได้ แต่ AgSO₄ เป็น catalyst ที่ไม่ได้ผลในการออกซิไดซ์สารประกอบพวก Aromatic และ Pyridine สารรบกวนที่สำคัญคือ Cl- จึงต้องใส่ HgSO₄ ลงไปก่อนเพื่อจับกับ Cl- ให้อยู่ในรูปของ Mercuric Chloride Complex โดยวิธีนี้สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีค่า COD ตั้งแต่ 50 มก./ล ขึ้นไปได้และแน่นอน การ Reflux มี 2 วิธี คือ แบบเปิด (Open Reflux) และแบบปิด (Closed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reflux) ทั้งสองวิธีการ มีหลักการเหมือนกัน ต่างกันตรงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และแบบปิดสารอินทรีย์ที่ระเหยจะ สามารถถูกออกซิไดซ์ได้มากกว่าระบบเปิด เพราะมีเวลาในการสัมผัสกับสารออกซิไดซ์ได้นานกว่า

ตารางที่ 2.1 ช่วงของค่า BOD กับวิธีการเจือจางต่าง ๆ ของตัวอย่าง

Using Percent mixtures		By direct pipetting into BOD bottles	
% mixture	Range of BOD	ml.	Range of BOD
0.01	20,000-70,000	0.02	30,000-105,000
0.02	10,000-35,000	0.05	12,000-42,000
0.05	4,000-14,000	0.10	6,000-21,000
0.1	2,000-7,000	0.20	3,000-10,500
0.2	1,000-3,500	0.50	1,200-4,200
0.5	400-1,400	1.0	600-2,100
1.0	200-700	2.0	300-1,050
2.0	100-350	5.0	120-420
5.0	40-140	10.0	60-210
10.0	20-70	20.0	30-105
20.0	10-35	50.0	12-42
50.0	2-14	100	6-21
100	0-7	300	0-5

From: Chemistry for Sanitary Engineering, Sawyer and McCarty, p. 424

2.1.5 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากน้ำเสียมมีแหล่งที่มาแตกต่างกันจึงทำให้มีปริมาณและความสกปรกของน้ำเสียแตกต่างกันไปด้วยในการ ปรับปรุง คุณภาพของน้ำเสียจำเป็นจะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับกรรมวิธีในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำเสียนั้นก็มีหลายวิธีด้วยกัน โดยพอจะแบ่งขั้นตอน

ในการบำบัดออกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.1 กระบวนการทางกายภาพ (Physical Unit Operations)

เป็นการกำจัดของแข็งขนาดใหญ่ออกเสียก่อนที่น้ำเสียจะถูกปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อป้องกันการอุดตันที่น้ำเสีย และเพื่อไม่ทำความเสียหายให้แก่เครื่องสูบน้ำโดยส่วนใหญ่จะอาศัยแรงเหวี่ยงต่างๆ เพื่อแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออก กระบวนการทางกายภาพประกอบด้วย

1. การคัดด้วยตะแกรง (Screening) ตะแกรงมีไว้ใช้ในการคัดขยะต่างๆจากน้ำเสีย เช่น เศษไม้ เศษกระดาษ เศษพลาสติก ฯลฯ มีประโยชน์มากต่อการช่วยเสริมประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดและป้องกันการเสียหายที่มีต่อเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น เครื่องเติมอากาศ เป็นต้น ตะแกรงที่ใช้โดยทั่วไปมี 2 ประเภทคือ ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด

2. การตัดย่อย (Comminution) เป็นการลดขนาดหรือปริมาตรของแข็งให้เล็กลง ถ้าสิ่งสกปรกที่ลอยมากับน้ำเสียเป็นสิ่งที่เน่าเปื่อยได้ต้องใช้เครื่องบดตัดให้ละเอียด ก่อนแยกออกด้วยการตกตะกอน

3. การกวาด (Skimming) เป็นการกำจัดน้ำมันและไขมันโดยทำการคัดหรือกวาดออกจากน้ำเสีย

4. การทำให้ลอย (Flotation) หลักการของระบบนี้คือแยกตะกอนออกจากน้ำเสียด้วยวิธีทำให้ตะกอนต่างๆในน้ำเสียลอยขึ้นสู่บริเวณด้านบนของผิวน้ำเพื่อทำการกวาดทิ้งออกไป ซึ่งจะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ เช่น การกำจัดไขมันและน้ำมันเป็นการกำจัดไขมันและน้ำมันซึ่งมักอยู่ในน้ำเสียที่มาจากครัว โรงอาหาร ห้องน้ำ บั๊มน้ำมัน และโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดโดยการกักน้ำเสียไว้ในบ่อคักไขมันในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้ไขมันและไขมันลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำแล้วใช้เครื่องคัดหรือกวาดออกจากบ่อ

5. การทำให้ตกตะกอน (Sedimentation) การตกตะกอนเป็นวิธีการแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการจมตัวของตะกอนแขวนลอยที่มีค่าถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำ ในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปมักจะมีถังตกตะกอนอยู่ 2 ชนิด คือถังตกตะกอนที่ทำหน้าที่แยกตะกอนต่างๆออกจากน้ำเสียก่อนที่จะไหลไปลงถังบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา เรียกว่าถังตะกอนแรก (Primary Sedimentation Tank) และถังตกตะกอนที่ใช้แยกตะกอนชีวภาพหรือตะกอนเคมีออกจากน้ำเพื่อให้ได้น้ำที่ใสสะอาด เรียกว่าถังตกตะกอนที่สอง (Secondary Sedimentation Tank)

6. การกรอง (Filtration) ระบบการกรองน้ำแรกเริ่มถูกนำมาใช้งานประปาเท่านั้น ต่อมาในปี พ.ศ. 2492 มีการนำเอาระบบการกรองน้ำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่สองแล้ว (Effluent) โดยใช้วิธีการกรองน้ำทิ้งที่ไหลล้นออกจากถังตกตะกอนที่สอง เป็นการคัดตะกอนแขวนลอยขนาดเล็ก ๆ ด้วยชั้นดิน ชั้นทราย ชั้นหินหรืออื่น ๆ โดยทั่วไปตะกอนส่วนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะถูกต้องบริเวณผิวชั้นกรองจนเกิดเป็นชั้นฟิล์มบาง ๆ ขึ้น ทำให้น้ำที่ผ่านระบบกรองน้ำแล้วไม่มีตะกอนแขวนลอยหลงเหลืออยู่ จึงสามารถลดค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย และค่าบีโอดี ลงได้ อีกมาก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดที่ไม่สามารถแยกตะกอนออกจากน้ำทิ้งได้ทั้งหมด เครื่องกรองน้ำจำแนกได้อย่างกว้างๆ ดังนี้

6.1 แบบกรองเร็ว (Rapid Sand Filter) ใช้กับน้ำเสียปริมาณมากๆ

6.2 แบบกรองช้า (Slow Sand Filter) ใช้กับปริมาณน้ำเสียน้อย ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งค่อนข้างมาก

6.3 แบบกรองใช้ความดัน (Pressure Filter) ใช้กับปริมาณน้ำเสียมาก เหมาะกับระบบบำบัดน้ำเสียที่มีพื้นที่จำกัด

7. การแยกตัวด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifugation) เพื่อแยกของแข็งที่แขวนลอยในน้ำเสีย โดยนำน้ำเสียมามากวนวนในทรงกระบอกด้วยความเร็วสูงแรงเหวี่ยงศูนย์กลางจะทำให้ของแข็งดังกล่าวแยกตัวออกจากน้ำเสียและตกตะกอนลงใต้ถัง ของเสียประเภทน้ำมันตะกอนโลหะตะกอนจุลชีพ เชื้อโรคสายและแป้งสามารถแยกออกจากน้ำเสียโดยวิธีนี้

8. การกำจัดตะกอนหนัก (Grit removal) ตะกอนหนัก คือพวก กรวด หิน ททราย หรือตะกอนต่างๆ ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงๆ ตะกอนหนักเหล่านี้จะต้องถูกกำจัดออกไปจากน้ำเสียเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่างๆ ดังนี้

8.1 ความเสียหายแก่เครื่องจักรกลต่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ

8.2 การอุดตันในท่อระบายน้ำเสีย

8.3 การจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น ซึ่งทำให้ระบบบำบัดเสียหาย

9. การกวน (Mixing)

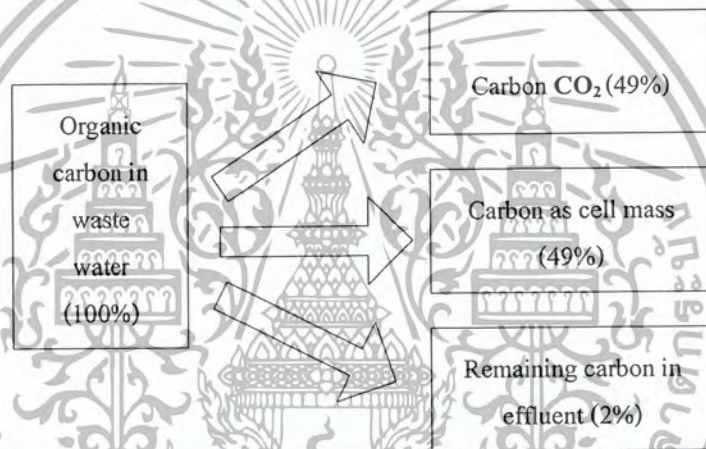
2.1.5.2 กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Unit Processes)

เป็นการกำจัดน้ำเสียที่เป็นพวกสารอินทรีย์อยู่ในรูปสารละลายหรืออนุภาคคอลลอยด์ โดยทั่วไปมักจะเรียกการบำบัด ขั้นที่สองนี้ว่า "การบำบัดน้ำเสียด้วยขบวนการทางชีววิทยา" เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย หรือทำลายความสกปรกในน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันนี้อย่างน้อยจะต้องบำบัดถึงขั้นที่สองนี้ เพื่อให้น้ำเสียที่ผ่าน การบำบัดแล้ว มีคุณภาพมาตรฐานน้ำทิ้งที่ทางราชการกำหนดไว้ การบำบัดน้ำเสียด้วยขบวนการทางชีววิทยา แบ่งเป็น 2 ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) ขบวนการใช้ออกซิเจน

สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ขึ้นจำนวนมาก (ประมาณร้อยละ 50 ของสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกเปลี่ยนเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์) ซึ่งมีปฏิริยาในการย่อยสลายคั่งรูป ข้อได้เปรียบของกระบวนการบำบัดแบบนี้คือ ระบบมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสีย อีกทั้งใช้ระยะเวลาในการบำบัดสั้น แต่มีข้อเสียคือต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูง เนื่องจากต้องมีการพ่นอากาศให้กับระบบ และยังคงกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน นอกจากนี้กระบวนการบำบัดแบบนี้ไม่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ กับน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงมากๆ เนื่องจากมีข้อจำกัดในการให้ออกซิเจนอย่างเพียงพอกับระบบ ซึ่งวิธีการบำบัดด้วยอากาศแบ่งได้เป็น 4 วิธี



รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ

1.1) ระบบแอกติเวตเตดสลัดจ์ (Activated Sludge) เป็นระบบที่ประกอบด้วยถังเติมอากาศและถังตกตะกอน มีการหมุนเวียนตะกอนจากถังตกตะกอน ไปเลี้ยงในถังเติมอากาศ โดยจะต้องมีการกวนเพื่อให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับสารอินทรีย์และออกซิเจนได้อย่างทั่วถึง เพื่อให้เกิดการย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ ระบบนี้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูง สามารถลดค่า BOD ได้มากกว่า 90%

1.2) ระบบลานโปรยกรอง (Trickling Filter) เป็นระบบที่น้ำเสียถูกฉีดเป็นฝอยตกลงมายังก้อนหินที่เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์อยู่ จุลินทรีย์ที่เกาะอยู่กับก้อนหินเหล่านี้จะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในน้ำขณะที่น้ำไหลผ่านก้อนหินออกไป การทำน้ำให้เป็นฝอยเพื่อต้องการให้น้ำเสียมีออกซิเจนอย่างเพียงพอที่จะทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนนี้จะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งละลายในอากาศออกไป น้ำที่ผ่านออกไปจะไปสู่ถังตกตะกอน คล้ายกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

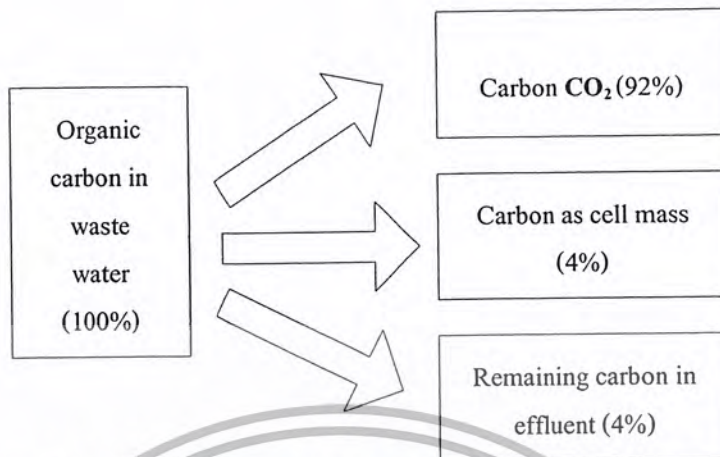
ถึงในการบำบัดในขั้นที่หนึ่ง สิ่งเจือปนในน้ำเสียประมาณ 85 - 90 % จะถูกทำให้เป็นตะกอน และขจัดออกจากน้ำต่อไป

1.3) บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon หรือ AL) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ที่ติดตั้งแบบหมุนลอยหรือยึดติดกับแท่นก็ได้ เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอ สำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ได้ร้อยละ 80-95 โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) โดยมีเครื่องเติมอากาศซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เพิ่มออกซิเจนในน้ำแล้วยังทำให้เกิดการกวนผสมของน้ำในบ่อด้วย ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงภายในบ่อ

1.4) Stabilization Pond หรือบางครั้งเรียกว่า ระบบ Oxidation Pond หรือ Lagoon เป็นระบบที่ทำให้น้ำเสียได้พักตัวอยู่ในสระ ซึ่งในสระนี้จะมีปฏิกิริยาการย่อยสลายของสารอินทรีย์เกิดขึ้น เป็นการอาศัยซึ่งกันและกันระหว่างแบคทีเรียและสาหร่ายในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ แบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และแร่ธาตุอื่นๆ เมื่อมีแสงแดดสาหร่ายก็ทำให้เกิดขบวนการสังเคราะห์โดยใช้แสงทำให้ได้ออกซิเจนออกมาช่วยในการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไปอีก ระบบนี้สามารถใช้บำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดหรือยังไม่ผ่านการบำบัดในขั้นที่หนึ่งก็ได้ และสามารถลดค่า BOD ของน้ำเสียได้ถึงมากกว่า 90 % เช่นเดียวกับระบบเลี้ยงตะกอน

2). ขบวนการไม่ใช้ออกซิเจน

กระบวนการนี้สารอินทรีย์ในน้ำเสียประมาณร้อยละ 80-90 ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งรวมเรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งมีปฏิกิริยาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังรูป



รูปที่ 2.5 แสดงขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

ระบบดังกล่าวนี้ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายมีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้าทำให้ระบบเริ่มต้น (Start up) ได้ช้า อีกทั้งประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดต่ำจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการกักเก็บของเหลว (Hydraulic Retention Time ; HRT) นานขึ้น ระบบบำบัดจึงมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ระบบยังมีการปรับตัวไม่คืนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม และในระหว่างกำจัดบางครั้งอาจมีก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide) เกิดขึ้นด้วย ทำให้มีกลิ่นเหม็น ระบบนี้จึงมีข้อจำกัดการใช้งานแบ่งได้เป็น 2 วิธี

1.1) Anaerobic Filter หลักการของระบบนี้คือการจัดวางวัสดุตัวกลางไว้ในถังปฏิกรณ์เพื่อให้เป็นที่อาศัยของจุลินทรีย์ เกิดเป็นฟิล์มชีวะ (Biofilm) ขึ้นมา วัสดุตัวกลางนี้อาจมีลักษณะเป็นท่อ หรือตาข่าย ที่มีความพรุน เมื่อน้ำเสียถูกป้อนเข้าสู่ระบบ สารอินทรีย์จะเคลื่อนตัวไหลผ่านฟิล์มชีวะแต่ละชั้น ทำให้จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายไปที่ละน้อย เหมือนผ่านการกรอง ผลพลอยได้จากการย่อยสลายคือก๊าซชีวภาพจะลอยสู่ด้านบน ระบบนี้เหมาะกับน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยต่ำ หากวัสดุตัวกลางถูกบรรจุไว้ในถังแบบสุ่ม จะเรียกระบบนี้ว่า Anaerobic Filter แต่ถ้าวางวัสดุเป็นไปอย่างเป็นระเบียบ จะเรียกระบบว่า Anaerobic Fixed Film

1.2) Anaerobic Pond บ่อแอนแอโรบิกเป็นระบบที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง โดยไม่ต้องการออกซิเจน บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตรารับสารอินทรีย์สูงมาก จนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถผลิตและป้อนออกซิเจนได้ทัน ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อ จึงเหมาะกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งสูง เนื่องจากของแข็งจะตกลงสู่ก้นบ่อและถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก น้ำเสียส่วนที่ผ่านการบำบัดจากบ่อนี้จะระบายต่อไปยังบ่อแฟคัลทีฟ (Facultative Pond) เพื่อบำบัดต่อไป การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของบ่อแบบนี้ จะขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ดังนั้นอุณหภูมิของบ่อควรมากกว่า 15 องศาเซลเซียส และค่าพีเอช (pH) มากกว่า 6

2.1.5.3 กระบวนการทางเคมี (Chemical Unit Processes)

เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยการแยกสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ด้วยการเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไป เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ทำให้เกิดการแยกสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ เมื่อเติมสารเคมีลงในน้ำเสียแล้ว ทำให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ เกิดขึ้น เช่น จะมีตะกอนเคมีเกิดเพิ่มขึ้นและค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีค่อนข้างสูง ดังนั้นกระบวนการทางเคมีจะเลือกใช้ก็ต่อเมื่อน้ำเสียไม่สามารถบำบัดได้ด้วยกระบวนการทางกายภาพหรือชีวภาพ กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีแบ่งออกได้เป็นหลายกระบวนการ ดังนี้

1. การทำให้เกิดตะกอน (Precipitation)

เป็นวิธีการที่เปลี่ยนสารต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำให้อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ โดยการเติมสารเคมีพวกสร้างตะกอนบางชนิดลงไป เช่น สารส้ม เพอร์ริคคลอไรด์และปูนขาว เป็นต้น สารเคมีเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ เกิดเป็นตะกอนแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จะสามารถตกตะกอนได้

2. การเกิดออกซิเดชันทางเคมี (Chemical Oxidation)

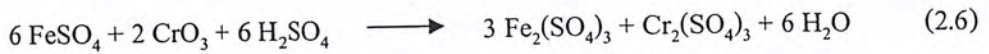
เป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียอิเล็กตรอนของอะตอม วิธีนี้เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสภาพของสารที่มีพิษมาก โดยการสูญเสียอิเล็กตรอนให้แก่สารเคมีที่เติมลงไป ในน้ำเสียไปเป็นสารที่มีพิษน้อยลงหรือไม่มีพิษเลย ซึ่งมีสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidizing agent) เช่น การกำจัดสาร Fe^{2+} ซึ่งมีพิษมากไปเป็นสาร Fe^{3+} ซึ่งมีพิษน้อยด้วยคลอรีน ดังสมการ



3. การเกิดรีดักชันทางเคมี (Chemical Reduction)

เป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการรับอิเล็กตรอนของอะตอม วิธีการนี้เป็นการเปลี่ยนสภาพของสารพิษไปเป็นสารที่ไม่มีพิษเช่นกัน แต่แตกต่างกันที่อะตอมหรือไอออน ของสารพิษมีการรับอิเล็กตรอนจากสารเคมีที่เติมลงไปซึ่งมีสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ (Reducing Agent) เช่น การกำจัดสาร Cr^{6+} ซึ่งมีพิษมากไปเป็น Cr^{3+} ซึ่งมีพิษน้อยลง ด้วยเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ในสภาพกรด ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สารพิษที่ถูกกำจัดด้วยวิธีรีดักชันทางเคมี ได้แก่ Cr^{6+} , ทองแดง, พรอท เป็นต้น

4. การสะเทิน (Neutralization)

เป็นกระบวนการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเสียให้มีฤทธิ์เป็นกลาง (pH = 7) โดยใช้สารเคมีประเภทกรดและด่าง แล้วแต่ความต้องการในการปรับค่า pH ในกรณีที่น้ำเสียมีฤทธิ์เป็นกรด (pH < 7) จะต้องปรับสภาพให้มีค่า pH สูงขึ้น ด้วยการเติมด่าง เช่น แคลเซียมคาร์บอเนตหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ส่วนกรณีที่น้ำเสียมีฤทธิ์เป็นด่าง (pH > 7) จะต้องปรับสภาพให้มีค่า pH ต่ำลงโดยการเติมกรด เช่น กรดซัลฟิวริก กรดไนตริก กรดเกลือและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

5. การทำให้น้ำเป็นกลาง

น้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ปูนขาวหรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนน้ำที่มีสภาพเป็นด่างทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรือบางครั้งอาจใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.1.5.4. กระบวนการกายภาพ - เคมี (Physicochemical Unit Processes)

เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยวิธีทางกายภาพและเคมีผสมผสานกันและต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูง เครื่องมืออุปกรณ์ค่อนข้างมากกว่ากระบวนการอื่นๆ แต่ประสิทธิภาพของกระบวนการนี้ สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีจนถึงระดับที่ดื่มได้ นิยมใช้กระบวนการนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการอื่นๆ มาแล้ว การบำบัดด้วยกระบวนการนี้มีหลายขั้นตอนดังนี้

1. การดูดซับด้วยถ่าน (Carbon Adsorption) วิธีการนี้ใช้ผงถ่านหรือคาร์บอนเป็นตัวดูดซับสารเจือปนที่ละลายอยู่ในน้ำที่พบว่าน้ำทิ้งที่ผ่านระบบดูดซับแล้ว จะมีค่า COD เหลือ 0.5-15 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ่านที่ใช้กันมี 2 ลักษณะคือ แบบคาร์บอนเป็นเม็ดและแบบคาร์บอนเป็นผงซึ่งนิยมเรียกรวมกันว่า activated carbon

2. การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) วิธีการนี้ใช้หลักการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างสารปนเปื้อนที่มีในน้ำเสียบกับตัวกลางที่บรรจุอยู่ในถังแลกเปลี่ยนประจุซึ่งมีทั้งประจุบวกและประจุลบ ภายในถังแลกเปลี่ยนประจุนั้น เมื่อมีการผ่านน้ำเสียเข้าไปบำบัดภายในถังแล้วจะมี

ตะกอนขังอยู่ในถัง และประสิทธิภาพของตัวกลางในการแลกเปลี่ยนประจุจะลดลง ดังนั้นควรทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเห็นว่าเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การล้างถังอย่างสม่ำเสมอและทำการปฏิรูปตัวกลางบ่อยครั้ง โดยถังตัวกลางเป็นชนิดประจุบวก จะใช้กรดแก่ ทำการปฏิรูปตัวกลางและถังตัวกลางเป็นชนิดประจุลบจะใช้ด่างทำการปฏิรูปตัวกลางของระบบเพื่อให้ประสิทธิภาพของตัวกลางกลับมาเหมือนเดิม

3. อัลตราฟิวเตรชัน (Ultra Filtration) ระบบนี้คือระบบกรองที่ใช้แผ่นเยื่อกรองแบบเมมเบรนที่มีรูพรุน (Porous Membrane) อัดน้ำเข้าไปด้วยแรงดันพอประมาณ ซึ่งเมมเบรนจะทำหน้าที่แยกสารปนเปื้อนแบบละลายน้ำและตะกอนเล็กมากๆ ได้ซึ่งโดยปกติเป็นสารปนเปื้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลไม่เกิน 5000

4. ออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis : RO) ระบบนี้อาจเรียกว่าระบบไฮเพอร์ฟิวเตรชัน (Hyperfiltration) นิยมใช้ในการแยกเกลือที่ละลายน้ำได้ด้วยการกรองผ่านเยื่อกรองแบบเยื่อกึ่งซึมผ่านได้ (Semipermeable Membrane) ที่ความดันสูงกว่าความดันออสโมซิส (Osmotic Pressure) โดยจะนำไปใช้บำบัดน้ำทิ้งให้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพและมาตรฐานสูง หรือต้องนำน้ำทิ้งนี้กลับมาใช้ใหม่สำหรับกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด หรืออาจเพื่อไปใช้เป็นน้ำสำหรับอุปโภคก็ได้

5. การแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง (Electrodialysis) การแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง จะนิยมสำหรับการแยกเกลือออกจากน้ำทะเลเป็นวิธีที่สามารถกำจัดพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสียได้ ซึ่งโดยปกติถ้าใช้ระบบนี้ในโรงบำบัดน้ำเสียก็จะเป็นระบบสุดท้ายของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ระบบนี้จะประกอบด้วยขั้วเซลล์ประจุบวกและลบ และจะมีเยื่อแผ่นแกรงแบบเยื่อซึมผ่านได้ (Permeable Membrane) ซึ่งจะจับสารปนเปื้อนที่มีประจุบวกและปลดปล่อยสารที่มีประจุลบผ่านไปได้ ก่อนใช้ระบบนี้ น้ำทิ้งจะต้องผ่านระบบที่สามารถกำจัดหรือแยกสารตะกอนเล็กๆ และสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ออกจากน้ำแล้ว

2.1.6 การเตรียมการบำบัดน้ำเสีย

การเตรียมการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน

2.1.6.1 การเตรียมการบำบัดน้ำเสีย (Preliminary Treatment)

เป็นขั้นตอนการเตรียมการบำบัดก่อนที่จะให้น้ำเสียผ่านเข้าสู่ระบบการบำบัด โดยการแยกเอาวัตถุแขวนลอยซึ่งไม่ละลายน้ำ เช่น ขยะและเศษวัสดุชิ้นใหญ่ ๆ ออกจากน้ำเสีย การแยกวัตถุแขวนลอยเหล่านี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 เป็นการแยกสิ่งแขวนลอยใหญ่ ๆ เช่น ถูพลาสติก ขวด และเศษวัสดุอื่นๆ ออกโดยการใส่ตะแกรงเหล็ก น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนนี้จะยังมีวัตถุแขวนลอยอยู่ แต่จะเป็นพวกที่มีขนาดเล็กและเบา เช่น เศษดิน อินทรีย์วัตถุ และเศษวัสดุชิ้นเล็ก ๆ มากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เป็นการทำให้วัตถุแขวนลอยที่ผ่านมาจากขั้นที่ 1 ตกตะกอน โดยให้น้ำเสียลดความเร็วลง และให้ไหลช้า ๆ สารแขวนลอยเหล่านั้นจะตกตะกอน จากนั้นทำการแยกตะกอน และเศษขยะที่ตกอยู่ก้นบ่อออกทิ้งไป

2.1.6.2. การบำบัดขั้นที่หนึ่ง (Primary Treatment)

เป็นขั้นตอนที่ทำให้ของแข็งบางส่วนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ประมาณ 40 - 60 % ของของแข็งแขวนลอย ของแข็งจะถูกแยกออกจากน้ำเสีย โดยกระบวนการทางกายภาพและทางชีวเคมี น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมการบำบัดน้ำเสียแล้วจะผ่านเข้าสู่ขั้นตอนนี้ ซึ่งประกอบด้วย ถังตะกอน ที่มีการออกแบบไว้หลายแบบ เช่น บ่อเกรอะ (septic tanks) หรือ ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมมีเครื่องกวาดตะกอน เป็นต้น โดยให้การไหลของน้ำให้มีความเร็วที่น้อยที่สุด เพื่อช่วยให้มีการตกตะกอนดีขึ้น หรืออาจจะมีการเติมสารเคมีลงไปเพื่อช่วยให้ของแข็งแขวนลอยและสิ่งเจือปนในน้ำมีการจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้นและตกตะกอนได้ดีขึ้น น้ำที่ผ่านขั้นตอนการบำบัดขั้นนี้อาจจะนำไปผ่านขั้นตอนการบำบัดขั้นที่สอง หรืออาจปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยการเติมคลอรีนก่อนเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ส่วนตะกอนจะนำไปทิ้งหรือนำไปหมักด้วยกระบวนการหมักไร้ออกซิเจน จะได้ก๊าซชีวภาพนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ เศษที่เหลือจากการหมักนำไปทำปุ๋ยหรือทิ้งไป

2.1.6.3. การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment)

เป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่อการบำบัดขั้นที่หนึ่งในกรณีที่น้ำเสียยังมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มากเกินกว่าจะปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมได้ การบำบัดที่ใช้เป็นกระบวนการทางชีวภาพ เพราะต้องใช้จุลินทรีย์ที่มีการเพาะเลี้ยงมาช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุในน้ำ การใช้ระบบบำบัดโดยชีวภาพนี้มีหลายระบบ ได้แก่ ระบบโปรยกรอง ระบบเลี้ยงตะกอน และระบบ oxidation pond เป็นต้น

2.1.5.4. การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment)

เป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่อจากขั้นที่สอง ใช้ในกรณีที่ต้องการให้น้ำนั้นมีความสะอาดมากยิ่งขึ้น กระบวนการที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีรวมกัน เช่น การกรองและการแลกเปลี่ยนไอออน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ (Natural Treatment)

เป็นวิธีการที่ใช้กลไกทางธรรมชาติเป็นหลักในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งอาศัยความเกี่ยวข้องกันระหว่าง กระบวนการทางธรรมชาติ ทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมของดินและน้ำ โดยการบำบัดด้วยวิธีนี้สามารถกำจัดสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสียได้ระดับหนึ่ง และมีวิธีการแบบต่าง ๆ ดังนี้

2. วิธีบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดิน (Land Treatment Systems)

เป็นวิธีการปล่อยน้ำเสียลงบนพื้นที่เกษตรกรรม หรือพื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ได้ใช้ในกิจกรรมใด ๆ ทั้งสิ้น วิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดแต่ต้องใช้พื้นที่มากในการบำบัดน้ำเสีย การใช้วิธีนี้ต้องคำนึงด้วยว่าในน้ำเสียมีสารพิษปะปนหรือไม่ เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญงอกงามของพืช และถ้าเป็นพืชที่ต้องนำมารับประทานเป็นอาหาร อาจจะมีการปนเปื้อนของสารพิษเหล่านั้นในพืชผลที่เก็บเกี่ยวได้

3. วิธีบึงประดิษฐ์หรือระบบที่ชุ่มน้ำเทียม (Constructed Wetland Systems)

เป็นวิธีการปล่อยน้ำเสียลงในบึง ซึ่งสร้างขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์ การบำบัดน้ำเสียโดยตรง ที่มีควมลึกน้อยกว่า 0.6 เมตร มีพืชน้ำซึ่งมีรากอยู่ใต้ดินเจริญเติบโตภายในบึง ซึ่งใบของพืชเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นแผ่นตัวกลางให้พวกแบคทีเรียเกาะได้ และยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองและตัวดูดซับสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในน้ำเสีย เพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่ น้ำ และป้องกัน ภัยขังการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยทำหน้าที่กั้นแสงแดดไม่ให้ส่องลงไป

4. วิธีพืชลอยน้ำ (Floating Aquatic Plant Treatment Systems)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีนี้คล้ายคลึงกับระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน ส่วนที่แตกต่างกันคือพืชที่ใช้ในการบำบัด ซึ่งเป็นพืชจำพวกผักตบชวา และ แหน ความลึกของบ่อมีความลึกมากกว่า คือ 50-180 เซนติเมตร น้ำเสียที่จะเข้าไปบำบัดด้วยวิธีนี้ต้องผ่านการตกตะกอน และการเติมอากาศในระยะเวลาสั้นมาก่อน เพื่อให้บ่อบำบัดมีปริมาณออกซิเจนตลอดเวลาและเพื่อป้องกันกลิ่นเหม็น และแมลงต่าง ๆ มาตอม เมื่อน้ำเสียที่ปล่อยลงบ่อไหลผ่านรากพืชลอยน้ำ ซึ่งมีแบคทีเรียเกาะอยู่บนราก ก็จะเกิดการบำบัดน้ำเสียขึ้น

2.2 กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยไฟฟ้า

กระบวนการโคแอกกูเลชันเป็นกระบวนการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ และของแข็งแขวนลอยด้วยการเติมสารเคมี (โคแอกกูแลนต์) ที่ให้อิออนที่มีประจุตรงข้าม เช่น สารส้ม หรือเฟอริกคลอไรด์ ซึ่งจะทำให้ประจุคอลลอยด์เป็นกลางและเกิดการรวมตัวกัน จากนั้น

เติมโพลีเมอร์เพื่อให้ได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และกำจัดออกด้วยการใช้ถังตะกอน สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยไฟฟ้า (Electrocoagulation, EC) นั้น ใช้หลักการเดียวกันในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ แต่ใช้สารโคแอกกูแลนต์ ในรูปของอออน โลหะที่เกิดจากการละลายโลหะออกจากอิเล็กโทรดด้วยปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าที่ขั้วลบ และคอลลอยด์ยังถูกกำจัดได้อีกด้วยเกลือไฮดรอกไซด์ของโลหะที่ไม่ละลายน้ำที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาต่อหนึ่งของอออน โลหะในน้ำ นอกจากนี้ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกจะช่วยทำให้คอลลอยด์ที่รวมตัวเป็นก้อนลอยตัวขึ้น และสามารถกำจัดออกด้วยการกวาดทิ้งจากผิวน้ำ ซึ่งกระบวนการนี้นิยมเรียกว่า การทำให้ตะกอนลอยด้วยไฟฟ้า (Electriflotation)

กระบวนการโคแอกกูเลชัน เป็นกระบวนการประสานคอลลอยด์ ซึ่งเป็นสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้า คอลลอยด์มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1 ไมโครเมตร – 1 ไมโครเมตร ซึ่งไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำได้ด้วยวิธีการตกตะกอนตามธรรมชาติจึงต้องอาศัยหลักการเติมสารเคมี (Coagulation) ลงไปทำปฏิกิริยาทำให้เกิดกลุ่มตะกอนตกลงมา โดยส่วนมากสารเคมีที่ทำให้เกิดตะกอนจะละลายน้ำ เช่น เกลืออะลูมิเนียมซัลเฟตหรือสารส้ม ($Al_2(SO_4)_3$) เกลือเหล็ก ($FeCl_3$, $FeSO_4$) และเกลือของแคลเซียม ($CaCO_3$) ส่วนเกลือที่นำมาช่วยการเกิดตะกอนได้ดียิ่งขึ้น เป็นสารประกอบของกลุ่ม Activated Silica และ Polyelectrolytes โดยกระบวนการทางเคมีหลากหลายวิธี

อนุภาคคอลลอยด์โดยทั่วไปมีขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง 10^{-6} จนถึง 10^{-3} มม. เมื่ออยู่ในน้ำจะมีประจุประจำตัว โดยพวกที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) จะมีประจุบวก เช่น สารอินทรีย์, สบู่ หรือสารจำพวก Detergent ส่วนพวกที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) มักจะมีประจุเป็นลบ เช่น อนุภาคของดินเหนียว และเนื่องจากอนุภาคดังกล่าวมีประจุทำให้มีเสถียรภาพสูง ดังนั้นการทำให้อนุภาคต่างๆ รวมตัวกันและจับตัวกันเป็นก้อนจะมีขั้นตอน 2 ขั้นตอน คือ การทำลายเสถียรภาพ (Destabilization) ของอนุภาคคอลลอยด์ และการทำให้อนุภาคคอลลอยด์ที่หมดเสถียรภาพแล้วเคลื่อนที่มาสัมผัสและเกาะจับกันเป็นกลุ่มก้อน หรือฟล็อกกูเลชัน (Flocculation) กลไกในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ทำได้หลายวิธีดังนี้

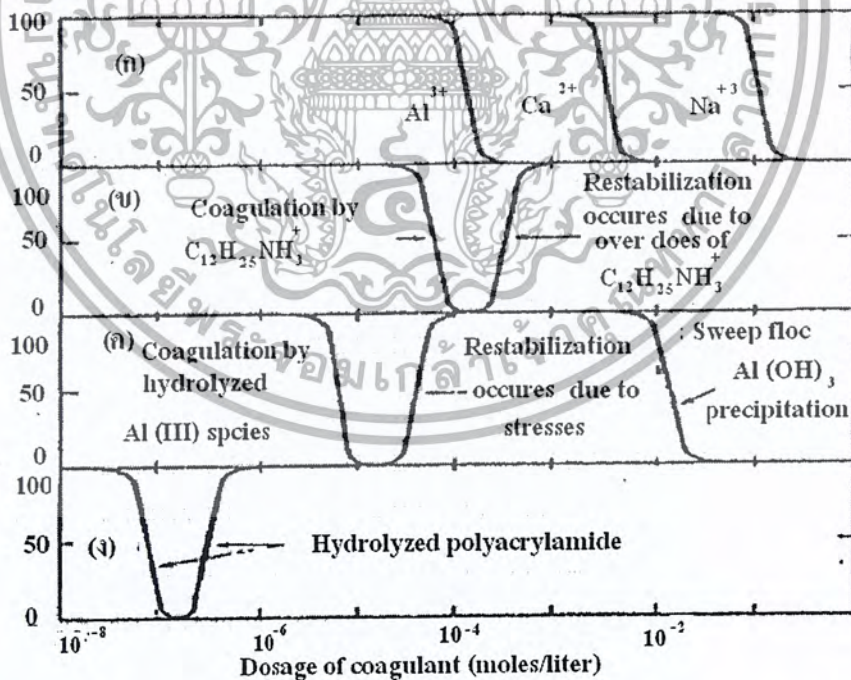
1. กลไกลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) โดยการเพิ่มประจุตรงกันข้ามกับคอลลอยด์ในชั้นให้กระจายมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้า (Zeta Potential) ที่ผิวนอกสุดของน้ำลดตามไปด้วย

2. กลไกดูดติดผิว และทำลายประจุของอนุภาคคอลลอยด์ (Adsorption and Charge Neutralization) โดยใส่สารเคมีบางหมู่ที่มีความสามารถให้ประจุตรงกันข้ามกับอนุภาคคอลลอยด์ และดูดติดผิวได้ซึ่งจะมีผลในการลดศักย์ไฟฟ้าของคอลลอยด์ ซึ่งเป็นการทำลายเสถียรภาพนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กลไกการสร้างผลึกขึ้นมาเพื่อให้อนุภาคคอลลอยด์มาเกาะจับ (Sweep Coagulation) เช่น การใส่สารส้มให้เกิดผลึก $\text{Al}(\text{OH})_3$ เหมือนวุ้นสีขาว เพื่อให้อนุภาคมามากแล้วรวมกันเป็นฟล็อกได้ กลไกการใช้ผลึกสารอินทรีย์ในการทำละลายเสถียรภาพคอลลอยด์มีลักษณะที่แตกต่างจากกลไก 2 แบบแรกคือปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสมแปรผันกับความเข้มข้นของคอลลอยด์ กล่าวคือน้ำที่มีความขุ่นน้อยต้องใช้โคแอกกูแลนต์จำนวนมากจึงจะเกิดโคแอกกูแลนต์ได้ดี ในทางตรงกันข้ามน้ำที่มีความขุ่นสูงอาจใช้โคแอกกูแลนต์น้อยกว่า

4. กลไกสร้างสะพานเชื่อมต่ออนุภาคคอลลอยด์ โดยใช้สาร โพลีเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เมื่อใส่ลงในน้ำจะให้ไอออนเป็นจำนวนมากเพื่อเกาะจับกับอนุภาคคอลลอยด์และยังมีแขนเชื่อมติดกับอนุภาคคอลลอยด์ตัวอื่นๆเพื่อทำให้เกิดฟล็อกเมื่อศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณโคแอกกูแลนต์ ที่ใช้ในการทำละลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยกลไกแบบต่างๆ จะเห็นว่าแบบ (ก) ซึ่งเป็นการลดความหนาของชั้นกระจายด้วย Al^{+3} , Ca^{+2} , Na^{+} ต้องการสารเคมีมากที่สุด ส่วนแบบ (ง) ซึ่งเป็นการใช้โพลีเมอร์เป็นตัวเชื่อมโยง(สะพาน) ให้อนุภาคคอลลอยด์มารวมตัวกัน มีคามต้องการสารโคแอกกูแลนต์น้อยที่สุด



รูปที่ 2.6 แสดงเปรียบเทียบปริมาณสารเคมีที่ใช้ในแต่ละกลไกของการทำละลายเสถียรภาพของคอลลอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กลไกการเกิดการเกาะจับกันเป็นกลุ่มก้อน (Flocculation) ทำได้หลายวิธี ทำให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ไปมาในน้ำจนกว่าจะมีการสร้างสัมผัสดเกิดขึ้น วิธีปฏิบัตินี้เป็นที่นิยมมากที่สุดคือ กวนน้ำให้เคลื่อนที่ในลักษณะที่ส่วนต่างๆของน้ำมีอัตราเร็วในการไหลแตกต่างกัน เป็นเหตุให้อนุภาคต่างๆมีอัตราในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากัน จึงมีการสัมผัสดเกิดขึ้นทั้งนี้การเคลื่อนที่ของน้ำต้องไม่รวดเร็วเกินไป มิฉะนั้นแล้วฟล็อกที่เกิดขึ้นอาจจะแตกหรือหลุดออกจากกันได้ อุปกรณ์ในการสร้างสัมผัสดหรือสร้างฟล็อกเคลชั่นเรียกว่า ถังกวนช้า และวิธีสร้างสัมผัสดแบบนี้มีชื่อเทคนิคว่า Orthokinetic Flocculation อนุภาคคอลลอยด์ที่มีฟล็อกเคลชั่นแบบนี้ควรมีขนาดใหญ่กว่า 0.1 – 1 ไมครอนและมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มก./ล.

การสัมผัสดกันของอนุภาคคอลลอยด์อาจเกิดขึ้นได้เอง โดยอาศัยการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์กระทบกันเอง หรือถูกชนโดยโมเลกุลของน้ำเนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การสัมผัสดแบบนี้จึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย เรื่องการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนว่า Perikinetic Flocculation การสัมผัสดระหว่างอนุภาคเกิดขึ้นเนื่องจากการตกระดอนที่มีอัตราไม่เท่ากันของอนุภาคต่างๆ ฟล็อกเคลชั่นด้วยวิธีนี้เกิดขึ้นพร้อมๆกับการตกระดอน ทำให้สามารถกำจัดคอลลอยด์ออกจากน้ำได้โดย อนุภาคสามารถสร้างฟล็อกเคลชั่นแบบนี้ได้ต้องมีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน และมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มก./ล. ในทางปฏิบัติอนุภาคที่มีขนาดดังกล่าวอาจเกิดฟล็อกเคลชั่นมาก่อนแล้วครั้งหนึ่ง เมื่อมาถึงการตกระดอนจึงเกิดฟล็อกเคลชั่นอีกในขณะที่อนุภาคคอลลอยด์มีขนาดใหญ่กว่า 0.1 - 1 ไมครอน แต่เล็กกว่า 5 ไมครอนและมีความเข้มข้นน้อยกว่า 50 มก./ล. ฟล็อกเคลชั่นอาจเกิดขึ้นโดยการสร้างสัมผัสดแบบ Orthokinetic Flocculation แต่อาจเกิดซ้ำเนื่องจาก โอกาสสัมผัสน้อย วิธีแก้ไขอาจใช้ถังกรองทรายแบบกรองเร็ว หรือใช้การกรองสองชั้นซึ่งเป็นวิธีการสร้างฟล็อกเคลชั่นแบบสัมผัสด (Contact Filtration) แต่เนื่องจากช่องว่างในชั้นกรองมีจำกัด วิธีนี้จึงใช้ได้กับอนุภาคที่มีความเข้มข้นไม่เกิน 50 มก./ล. การใช้กรวดขนาดเล็กแทนทรายอาจเพิ่มปริมาตรช่องว่างได้แต่เป็นการลดพื้นที่สัมผัสดังน้ำจึงอาจได้ผลในทางฟล็อกเคลชั่นไม่ดีเท่าชั้นทราย หรืออาจใช้วิธีทำให้ฟล็อกจับตัวกันเป็นชั้นสลัดจ์ (Sludge Blanket) และบังคับให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ผ่านชั้นสลัดจ์ อีกวิธีหนึ่งคือนำเอาฟล็อกกลับคืนมาผสมกับอนุภาคคอลลอยด์ จากนั้นจึงสร้างสัมผัสดตามแบบ Orthokinetic Flocculation ไปตามปกติการใช้ถังตกระดอนแบบ Solids Contact Clarifier ก็ใช้หลักนี้

6. กลไกโคแอกูเลชันด้วยสารส้ม

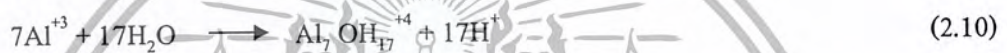
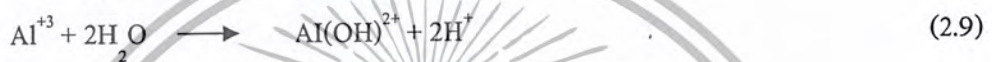
สารส้ม(อลูมิเนียมซัลเฟต) มีสูตรโมเลกุล $Al_2(SO_4)_3 \cdot x H_2O$ ซึ่งโดยปกติ "x" มีค่าเท่ากับ

14.3 หรือ 18 เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำ จะแตกตัวให้ออนบวกและลบ ดังปฏิกิริยาแสดงในสมการ

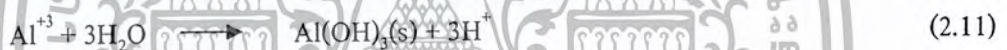
เอกสารนี้เป็นเอกสารของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ เมื่อผู้ดูเห็นหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เมื่อเติมสารส้มในน้ำ อลูมิเนียมไอออนจาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ จะถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำได้ $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$ การไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของ Al^{+3} จะเกิดขึ้นทันทีโดยไลแกนด์ (Ligands) ชนิดต่างๆที่อยู่ในน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง OH^- จะเข้าแทนที่โมเลกุลของน้ำเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะลูมิเนียมกับไฮดรอกไซด์ไอออนดังสมการ



ในกรณีที่ความเข้มข้นของสารส้มสูงกว่าความเข้มข้นที่จุดอิ่มตัว (Saturation Point) ไฮโดรไลซิสจะดำเนินต่อไปจนได้ผลของปฏิกิริยาสุดท้ายเป็นผลึก $\text{Al}(\text{OH})_3$ ดังสมการ



ผลของปฏิกิริยาที่จะเกิดการดูดติดผิวอนุภาคคอลลอยด์คือสารคอมเพล็กซ์ ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างไฮโดรไลซิสจาก Al^{+3} ถึง $\text{Al}(\text{OH})_3$ สารคอมเพล็กซ์อาจมีอนุภาคลบหรือบวกก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของน้ำ กล่าวคือ ถ้าพีเอชของน้ำสูงกว่าจุดสะเทินทางไฟฟ้าของ $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$ จะเกิดสารคอมเพล็กซ์ประจุลบเช่น $\text{Al}(\text{OH})_4^-$, $\text{Al}(\text{OH})_5^{2-}$ ถ้าพีเอชของน้ำต่ำกว่าจะสะเทินทางไฟฟ้าของ $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$ ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นได้โดยทั่วไปในกระบวนการโคแอกกูเลชันจะเกิดสารคอมเพล็กซ์ประจุบวกเช่น $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}_7\text{OH}_{17}^{+4}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{34}^{+5}$ สารส้มที่เติมลงในน้ำจะเกิดการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกลไกหลักดังนี้

- กลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ (Adsorption and Charge Neutralization)

เกิดจากสารประกอบเชิงซ้อนสารส้มที่มีประจุบวก ทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ซึ่งมักมีประจุเป็นลบให้เป็นกลาง (Neutralization) เป็นการสร้างโอกาสสัมผัสให้กับอนุภาครวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอน ด้วยน้ำหนักของอนุภาคเพียงลำพัง กลไกนี้มีช่วงความเหมาะสมที่แคบซึ่งจะควบคุมการทำงานให้ดีขึ้นยาก เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจะต้องพอเหมาะเท่านั้น ถ้าหากมีปริมาณต่ำเกินไป โคแอกกูเลชันจะไม่เกิด แต่

ถ้าสูงเกินไปสารประกอบเชิงซ้อนจะดูดติดผิวอนุภาคมากทำให้อนุภาคเปลี่ยนเป็นประจุบวกและเกิดการค้ำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดเสถียรภาพขึ้นอีกแต่ละตอนที่เกิดจากกลไกนี้สามารถแยกออกจากน้ำได้ง่ายทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

- กลไกแบบกวาด (Sweep Coagulation) ในกรณีความเข้มข้นของสารส้มเกินพอจนปฏิกิริยาคำเนินต่อไปได้ $Al(OH)_3$ การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกลไกนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเติมสารส้มเป็นจำนวนมากพอจนมีความเข้มข้นเกินจุดอิ่มตัวซึ่งทำให้เกิดผลึกของ $Al(OH)_3$ ซึ่งมีลักษณะเหนียวสามารถห่อหุ้มอนุภาคและทำให้ผิวของอนุภาคมีความเหนียว ไม่แสดงอิทธิพลทางประจุไฟฟ้า จึงทำหน้าที่สร้างเป่าสัมผัสอนุภาคคอลลอยด์จนมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนได้เพียงลำพัง

- กลไกโคแอกกูเลชันแบบร่วม (Combination Coagulation) เป็นการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์ร่วมกันระหว่างกลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุและแบบกวาด โดยที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของกลไกทั้งสองมีไม่เด่นชัด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้ปริมาณสารส้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ แต่จะใช้ปริมาณสารส้มต่ำกว่ากลไกแบบกวาด

Amirtharajah และ Mill, (1982) ได้รวบรวมผลการวิจัยเกี่ยวกับโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มและนำมาวิเคราะห์ จึงเสนอหลักการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม ซึ่งโคแอกกูเลชันด้วยกลไกแบบกวาดได้ผลดีที่สุดที่พีเอช 6.8 – 8.2

7. กลไกโคแอกกูเลชันด้วยโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminum chloride, PACl) เป็นสารสร้างตะกอนที่นิยมใช้กันตั้งแต่ปีค.ศ. 1970 เป็นต้นมา โดยเป็นที่นิยมใช้ในประเทศญี่ปุ่นและบางประเทศในทวีปยุโรป PACl ถูกเตรียมขึ้นโดยอลูมิเนียมที่เป็น Al_2O_3 นี้จะทำปฏิกิริยากับ HCl ที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้รวมตัวได้เป็น $AlCl_3$ หลังจากนั้นจะทำปฏิกิริยากับเบส ที่อุณหภูมิและความดันสูงเพื่อให้รวมตัวเป็นอลูมิเนียม โพลีเมอร์ ซึ่งเมื่อเติมสารส้มลงไป สารละลายนี้ สารส้มจะไปลดความเข้มข้นของ Al_2O_3 ให้เหลือ 10 – 11% และเติมซัลเฟตลงไปเพื่อไปทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอลูมิเนียม 2 อะตอม สูตรทั่วไปของ PACl คือ $Al_n(OH)_mCl_3^{n-m}$ โครงสร้างทางเคมีของ Lapofloc PACl และ alum (Hundt and O'Melia, 1988; Viraraghavan and Wimmer, 1988) เมื่อ PACl ละลายน้ำจะไฮโดรไลซ์ทันทีเป็นอลูมิเนียมเชิงซ้อนมากมาย ซึ่งตัวที่ประสิทธิภาพมากที่สุดคือ $[Al_13O_4(OH)_{24}]^{+7}$ หรือ Al^{+13} ซึ่งการรวมตัวเป็นอลูมิเนียมตัวนี้ขึ้นอยู่กับระดับการรวมตัวของค่ากับสารละลายอลูมิเนียม ชนิดและความเข้มข้นของความต่าง ความเข้มข้นที่ของสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ อุณหภูมิช่วงปัจจัยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นแจ้งขอแจ้งให้ทราบการคัดลอกหรือการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

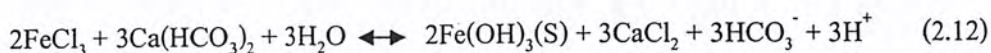
สำคัญที่สุดคือปริมาณค่าที่เติมลงไปและระดับของความปั่นกลาง เมื่อนำโพลีลูมิเนียมคลอไรด์มาใช้เป็นสารสร้างตะกอนแทนสารส้มนั้น พบว่า Viraraghavan and Wimmer(1988) ได้ทำการทดลองหาปริมาณของสารสร้างตะกอนที่เหมาะสมของสารส้มและ PACI ที่อุณหภูมิ 7,10 และ 20 °C พบว่าในการกำจัดความขุ่นนั้น PACI มีประสิทธิภาพในการ

กำจัดความขุ่นที่ 1/3 ถึง 2/3 ของปริมาณสารส้มและ PACI สามารถกำจัดความขุ่นได้มากกว่าการใช้สารส้มร้อยละ 20 ทุกๆอุณหภูมิที่ทดสอบซึ่งประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่ได้มีการเพิ่มสารโพลีเมอร์เพื่อใช้เป็นสารช่วยในการตกตะกอนและสามารถใช้ PACI ได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างกว่าการใช้สารส้ม นอกจากนี้คุณสมบัติของน้ำภายหลังการบำบัดยังมีค่าพีเอชสูงกว่าการใช้สารส้มจึงทำให้ไม่จำเป็นต้องปรับพีเอชของน้ำภายหลังการบำบัดยังมีพีเอชสูงกว่าการใช้สารส้มทำให้ไม่จำเป็นต้องปรับค่าพีเอชของน้ำในภายหลังอีกด้วย

Hundt และ O'Melia, (1988) ทำการทดลองพบว่า PACI สามารถกำจัด fulvic acid ที่มีความเข้มข้นและพีเอชต่ำได้ดีกว่าการใช้สารส้ม และ PACI มีความเหมาะสมที่จะใช้กับน้ำที่มีสารอินทรีย์และพีเอชต่ำ เพราะทำให้ใช้ PACI ในปริมาณที่น้อยกว่าสารสร้างตะกอนที่เป็นอลูมิเนียมอื่นๆ

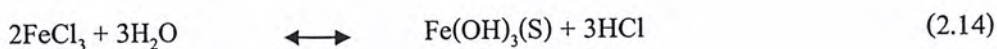
Viraraghvan และ Wimmer, (1988) แม้ว่า PACI จะมีประสิทธิภาพในการเป็นสารสร้างตะกอน แต่ก็ยังมีราคาแพงกว่าสารส้มถึง 2.5 – 3 เท่า แม้ว่าจะช่วยประหยัดในเรื่องของการปรับพีเอชแลโพลีเมอร์ที่จะต้องเติมลงไปก็ตาม

8. กลไกโคแอกกูเลชันด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์ เฟอร์ริกคลอไรด์ (Ferric Chloride) มีสูตรทางเคมีว่า $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ หรือ $FeCl_3$ anhydrous มีลักษณะผลึกสีน้ำตาลหรือเหลือง เป็นเม็ดสีเขียวหรือดำ และมีรูปสารละลายสีน้ำตาลแกมเหลือง ปกติจะละลายน้ำได้ดีและเติมน้ำดิบในรูปของสารละลาย สารละลายจะมีฤทธิ์เป็นกรด และกัดกร่อน ปฏิกริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นจะได้ตะกอนเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ($Fe(OH)_3$) เฟอร์ริกคลอไรด์เป็นสารเคมีที่แตกตัวในน้ำรูปแบบของสารประกอบเหล็กเมื่อละลายน้ำนั้นจะมีประจุบวก สามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ประจุลบที่เกิดจากของแข็งในน้ำตะกอนด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุของการรวมกลุ่มของตะกอน เฟอร์ริกคลอไรด์จะทำปฏิกริยากับ Bicarbonate alkalinity ในน้ำตะกอนจะเปลี่ยนรูปเป็นเหล็กไฮดรอกไซด์ กับ Bicarbonate alkalinity ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มไม่อาจได้ผลดีมากนักกับน้ำอ่อนที่มีสีเข้ม กรณีเช่นนี้ เฟอร์ริกคลอไรด์ให้ผลดีกว่าเมื่อเติมเฟอร์ริกคลอไรด์ให้กับน้ำ จะมีฟล็อกเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์เกิดขึ้น ดังสมการต่อไปนี้



ข้อดีอีกประการหนึ่งของเฟอร์ริกคลอไรด์ คือสามารถสร้างโคแอกกูเลชันกับน้ำที่มี H_2S ได้ดี เฟอร์ริกคลอไรด์จะทำหน้าที่เป็นสารสร้างตะกอนในกระบวนการตกตะกอนได้ทั้ง 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 โครแอกกูเลชันเฟอร์ริกคลอไรด์นี้จะทำหน้าที่สะเทินประจุบนผิวของอนุภาคต่างๆ ทั้งที่แขวนลอยและละลายอยู่ในน้ำให้กลายเป็นกลาง โดยการดูดซับประจุ และทำปฏิกิริยากับประจุบนผิวของอนุภาคนั้นๆ ซึ่งเป็นผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคอ่อนลง และอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้นเกิดเป็นตะกอนเล็กๆ ขนาดระหว่าง $10^5 - 10^7$ ม.

ขั้นตอนที่ 2 Flocculation เฟอร์ริกคลอไรด์จะทำหน้าที่รวมตะกอนเล็กๆ ซึ่งเกิดขึ้นจากขั้นตอนที่ 1 ให้เป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ขนาดมากกว่า 10^7 ม. ซึ่งถือว่าเป็นตะกอนขนาดใหญ่ และหยาบทำให้ง่ายต่อกระบวนการแยกตะกอนของน้ำในขบวนการต่อไป

2.2.1 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อระบบโคแอกกูเลชันด้วยไฟฟ้า

2.2.1.1 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (Current density) และระยะเวลาที่สัมผัส

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบโคแอกกูเลชันด้วยไฟฟ้า เป็นสิ่งที่กำหนดปริมาณไอออนของ Al^{3+} และ Fe^{2+} ที่ปล่อยจากอิเล็กโทรด ระบบที่ใช้กระแสไฟฟ้าปริมาณมากต้องการระยะเวลาสัมผัสที่สั้นทำให้ระบบมีขนาดเล็ก แต่การใช้กระแสไฟฟ้าในปริมาณที่สูงเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียกระแสไฟฟ้าในการให้ความร้อนแก่น้ำ และทำให้ประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้านลดลง ค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่เลือกใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสีย เช่น ค่า pH อุณหภูมิ และความเข้มข้นของมลสาร เป็นต้น คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดจะขึ้นกับปริมาณไอออนที่ละลายจากอิเล็กโทรด ซึ่งเท่ากับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ให้และเวลาสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 ค่าการนำไฟฟ้าและไอออนของคลอไรด์

น้ำที่บำบัดด้วยระบบนี้ จะต้องมีค่าการนำไฟฟ้าที่สูงเพียงพอและนิยมใช้เกลือแองในการเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหรือน้ำเสีย นอกจากนี้ ไอออนของคลอไรด์ยังสามารถช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากไอออนประจุลบชนิดอื่น เช่น HCO_3^- และ SO_4^{2-} โดยเฉพาะเมื่อน้ำมีไอออน Ca^{2+} และ Mg^{2+} เคลือบเป็นชั้นฉนวนรอบผิวอิเล็กโทรด ทำให้ค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะปลดประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้า จึงมีข้อเสนอแนะว่าน้ำควรมีไอออน Cl^- ร้อยละ 20 ของประจุลบทั้งหมด เพื่อให้สามารถเดินระบบได้เป็นปรกติ โดยไม่ต้องถอดอิเล็กโทรดออกมามาล้างบ่อย นอกจากนี้การเติมเกลือแองจะช่วยลดการใช้พลังงานแล้ว คลอไรด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้ายังช่วยฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ด้วย

2.2.1.3 ผลกระทบจากค่าพีเอช

ค่าพีเอชของน้ำและน้ำเสียในระบบมีผลต่อประสิทธิภาพการจ่ายกระแสไฟฟ้าและค่าการละลายน้ำของเกลือไฮดรอกไซด์ของโลหะ ประสิทธิภาพการบำบัดจะขึ้นกับคุณลักษณะของสารที่ต้องการกำจัดและส่วนใหญ่จะถูกกำจัดได้ดีที่ค่าพีเอชเป็นกลาง แต่ถ้าความนำไฟฟ้ามีค่าสูงเพียงพอ ผลกระทบของค่าพีเอชจะมีความสำคัญ

2.3 ทฤษฎีเซลล์ไฟฟ้าเคมี

เซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrolytic Cell) คือ อุปกรณ์ที่มีการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (electron) หรือที่เรียกว่า “ปฏิกิริยารีดอกซ์” (Oxidation – Reduction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนค่าเลขออกซิเดชัน ถ้าใช้เหล็กเป็นขั้วครึ่งที่เป็นออกซิเดชันหรือขั้วบวก (Anode) จะทำให้แผ่นเหล็กเกิดการสึกกร่อนและละลายออกมาในรูปของเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) หรือเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ดังสมการ

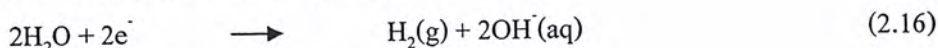
ขั้วแอโนดจะเกิดการออกซิเดชันขึ้นกับเหล็ก



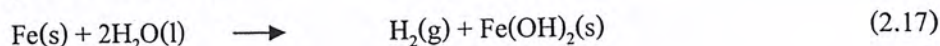
ส่วนครึ่งปฏิกิริยาที่เป็นรีดักชันของน้ำจะเกิดที่ขั้วลบ (Cathode) ซึ่งน้ำจะเกิดการแตกตัวให้ก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen, H_2) และไฮดรอกไซด์ไอออน (Hydroxide Ion, OH^-) ดังที่จะแสดงดังสมการทางด้านล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้วแคโทดจะเกิดรีดักชันขึ้นกับโมเลกุลของน้ำ

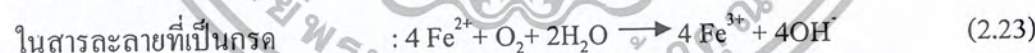
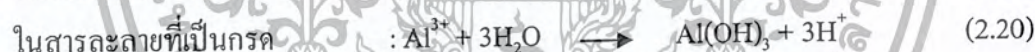


ดังนั้นปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นคือ

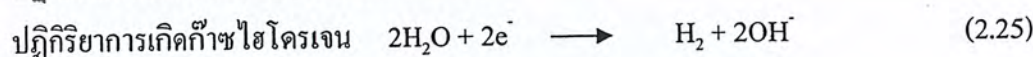


หลักการของเซลล์ไฟฟ้า(Electrolytic Cell Principle) รูปแบบของวงจรแสดงดังรูปที่ 2.16 ใช้แผ่นขั้วไฟฟ้าต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ด้านลบจะเป็นขั้วลบ ส่วนอีกขั้วหนึ่งต้องต่อเข้ากับด้านบวกก็จะเป็นขั้วบวก ในขั้วบวกมีการละลายของโลหะในรูปของไอออนโลหะไปในน้ำเสีย ในการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนถ้าขั้วทั้งสองได้รับความต่างศักย์จากภายนอก (DC Power Supply) ปฏิกิริยาเคมีและกลไกการเกิดโคแอกกูเลชันที่เกิดขึ้นกับคุณลักษณะของน้ำ ได้แก่ การนำไฟฟ้า pH ขนาดของอนุภาค และองค์ประกอบทางเคมีในน้ำ กลไกการเกิดไอออนจะขึ้นกับชนิดของอิเล็กโทรดที่ใช้ดังต่อไปนี้

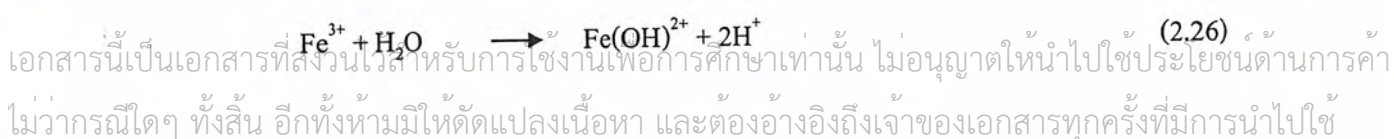
ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวก (Anode) มีดังต่อไปนี้

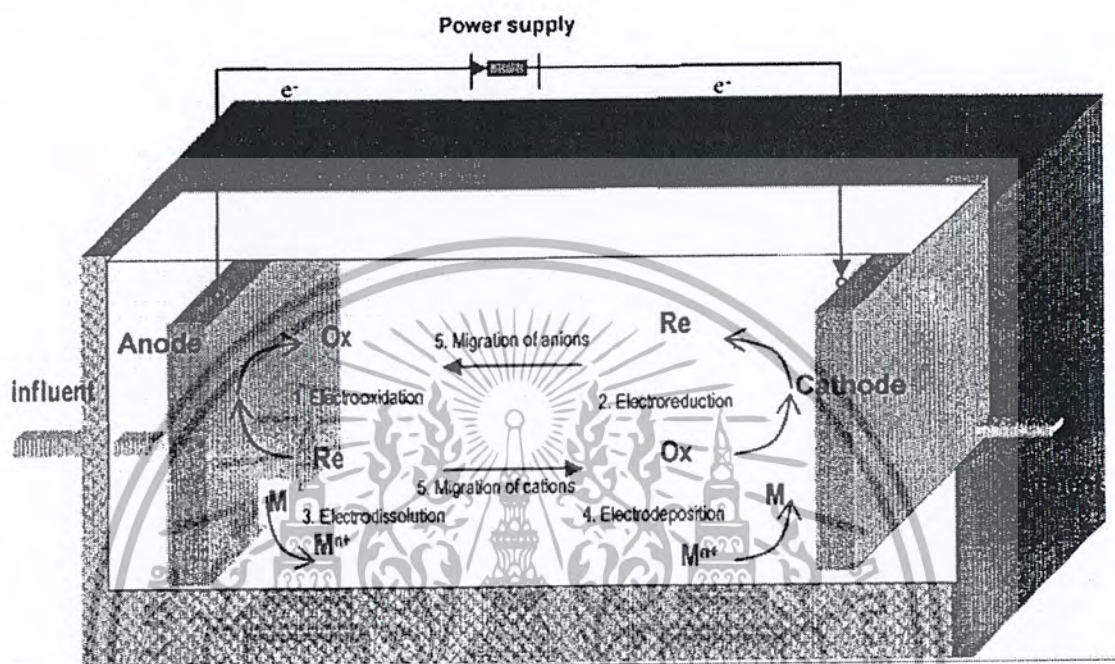
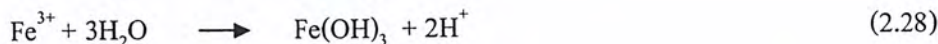
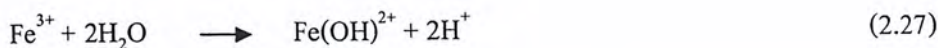


ปฏิกิริยาเคมีที่ขั้วลบ (Cathode) มีดังต่อไปนี้



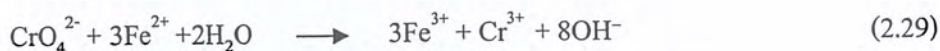
ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าจะไปเกาะติดกับของแข็งแขวนลอย และลอยตัวขึ้นผิวน้ำ Fe^{3+} ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับน้ำโดยขึ้นกับค่า pH ในสภาวะที่เป็นกรดจะได้ $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$ และ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ดังสมการ





รูปที่ 2.7 แสดงการถ่ายเทอิเล็กตรอนในการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์

ในสถานะเป็นด่างจะได้ Fe(OH)_3 และอาจพบ Fe(OH)^{2+} และ Fe(OH)^{+} ร่วมด้วยสำหรับน้ำเสียที่มี Cr^{6+} หรือ CrO_4^{2-} เป็นองค์ประกอบสามารถกำจัดได้ด้วยกระบวนการอิเล็กโทรไลต์ โดยใช้อิเล็กโทรดที่เป็นเหล็ก โดยไอออน Fe^{2+} ที่เกิดขึ้นสามารถรีดิวซ์ Cr^{6+} ให้เป็น Cr^{3+} ในสถานะที่เป็นด่างดังสมการ

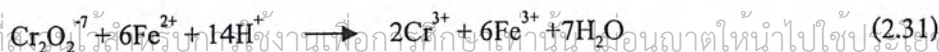


หรือ



Cr^{3+} จะถูกกำจัดได้ด้วยการตกผลึกเป็น Cr(OH)_3 เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำเสีย นอกจากนี้ Fe^{2+} สามารถรีดิวซ์ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ในสถานะที่เป็นกรดดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับทางราชการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ขออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.3.1 การแลกเปลี่ยนประจุและการเคลื่อนที่ของประจุ

การเคลื่อนที่ของประจุอิเล็กตรอนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าวัดในหน่วยแอมแปร์ (Amp) จำนวนกระแสไฟฟ้าที่ผ่านไปหน่วยของพื้นที่หน้าตัดจะวัดในรูปความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า (Current Density, I) การวัดความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าซึ่งผ่านเข้าไปในวัสดุถูกเรียกว่า “การนำไฟฟ้าของวัสดุ” (Ohm’Law) ซึ่งสามารถเขียนในรูปความเข้มข้นของสนามไฟฟ้า (E) ค่าการนำไฟฟ้าของเหล็กมีค่าเท่ากับ 1.0×10^5 mohs/cm โดยในการใช้กฎของโอห์มสำหรับตัวนำขนาดเล็กเช่น ขดลวด จะสามารถเขียนในรูปสมการง่าย ๆ ดังนี้

$$E = IR$$

(2.32)

เมื่อ E = ความต่างศักย์ระหว่างจุดสองจุดในขดลวด

R = ความต้านทานไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุด

I = กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน

โดยที่โลหะแต่ละชนิดจะมีการเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้าไม่เท่ากัน

2.4 รูปแบบของถังปฏิกรณ์อิเล็กโทรโคแอกกูเลชันที่มีอยู่ในปัจจุบัน

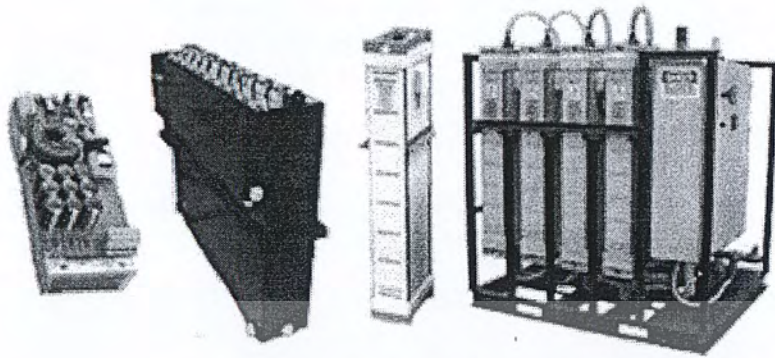
จากการศึกษาข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน ประกอบกับการศึกษาข้อมูลทางด้านสิ่งประดิษฐ์ที่ได้จดสิทธิบัตรไว้แล้วพบว่า รูปแบบของถังปฏิกรณ์อิเล็กโทรโคแอกกูเลชันที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้น มีหลากหลายรูปทรง ดังนี้

2.4.1 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ GlobalSep

Corporation

ลักษณะถังปฏิกรณ์ จะเป็นทรงกระบอกและทำการบรรจุขั้วอิเล็กโทรดไว้ภายในหลอดทรงกระบอกนี้ แต่ในรายละเอียดด้านการไหลของน้ำที่ชัดเจนไม่มีระบุไว้ในข้อมูล แต่เมื่อดูจากรูปแบบของระบบแล้วพบว่า มีการวางหลอดเซลล์ไฟฟ้าทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งอาจจะใช้การไหลของน้ำได้ทั้งในลักษณะแนวระนาบ และการไหลแบบแนวตั้ง ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

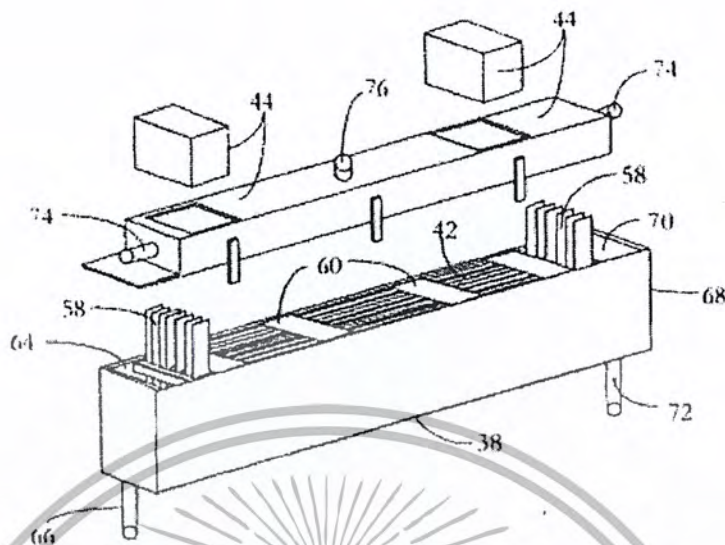


รูปที่ 2.8 แสดงรูปทรงของระบบบำบัดของ GlobalSep Corporation

2.4.2 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ Gilmore, William F. (Denver, Co)

เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่จดสิทธิบัตรที่ สหรัฐอเมริกา [Gilmore, F. William, 2003 , Electrocoagulation chamber and method, United States, 6613217] ลักษณะการไหลของน้ำผ่านถึงปฏิกรณ์จะไหลในแนวระนาบ โดยไหลเข้าจากด้านล่างของถังทางท่อเบอร์ 66 และผ่านถึงปฏิกรณ์ไปออกท่อ 72 น้ำที่ไหลผ่านจากท่อนี้จะเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ส่วนด้านบนของถังปฏิกรณ์จะเปิดออกเพื่อเป็นพื้นที่ใส่สารต่างๆที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และเป็นช่องทางในการระบายก๊าซและผลิตภัณฑ์ (ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยา)

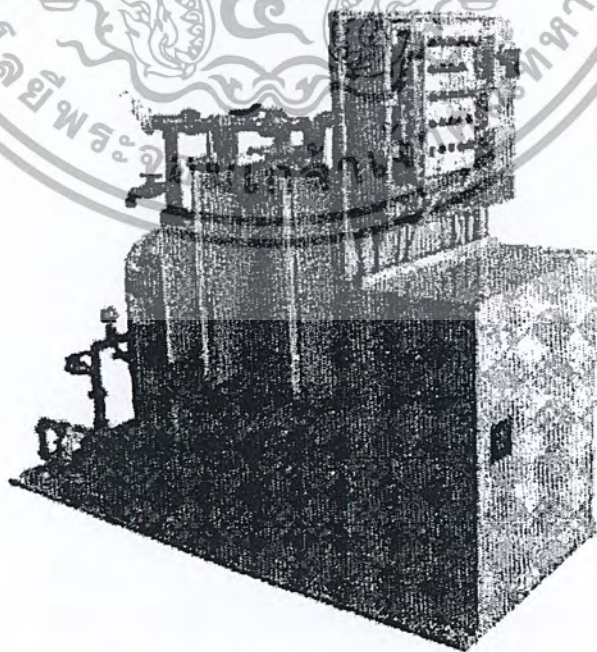
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงรูปทรงของระบบบำบัดของ Gilmore, William F. (Denver,CO)

2.4.3 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ Mike Davis บริษัท Oil Trap Environmental

ลักษณะของถังปฏิกรณ์ที่เป็นทรงกระบอกเช่นเดียวกับระบบบำบัดของ GlobalSep Corporation โดยมีการบรรจุขั้วอิเล็กโทรดไว้ภายใน เช่นเดียวกัน แต่ลักษณะการไหลของน้ำในระบบนี้เป็นลักษณะการไหลในแนวตั้ง แต่ไม่มีการระบุชัดเจนว่ามีการไหลในทิศทางขึ้นหรือลง ถังปฏิกรณ์เป็นลักษณะถังปิด จะไม่มีก๊าซออกมาจากระบบขณะที่มีการเกิดปฏิกิริยา



รูปที่ 2.10 แสดงรูปทรงของระบบบำบัดของ Mike Davis

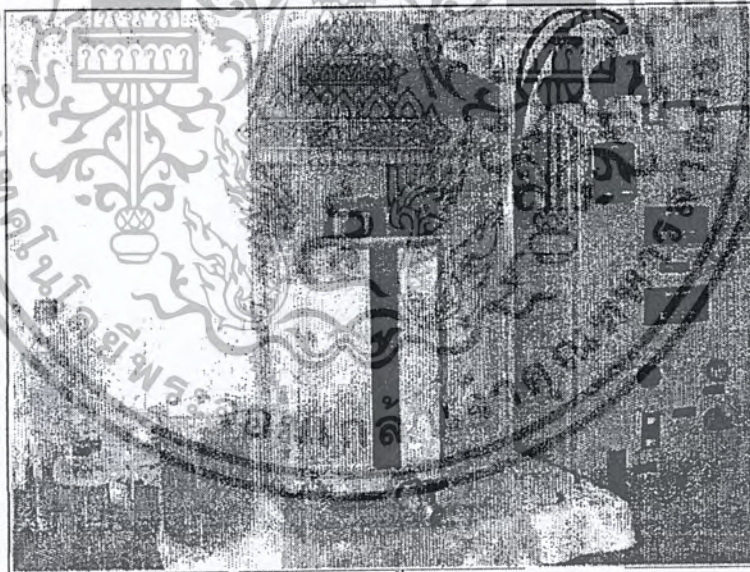
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ Johnson, Dennis E.J. (Blackforest-Colorado Springs, CO, US)

เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ทำการจดสิทธิบัตรไว้ที่สหรัฐอเมริกา ลักษณะของถังปฏิกรณ์เป็นทรงสี่เหลี่ยม ก้นถังมน ลักษณะการไหลของน้ำภายในถังปฏิกรณ์เป็นลักษณะการไหลขึ้น และล้นออกมาทางด้านบน ส่วนตะกอนที่เกิดขึ้นจะไหลออกทางด้านล่างของถังปฏิกรณ์ ถังปฏิกรณ์เป็นลักษณะถังเปิด ก๊าซต่างๆที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาสามารถระบายออกสู่บรรยากาศภายนอกได้

2.4.5 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ บริษัท A Pluse Team จำกัด

ลักษณะถังปฏิกรณ์มีหลายรูปแบบ ทั้งทรงสี่เหลี่ยม และทรงกระบอก แต่จะมีขั้วอิเล็กโทรดอยู่ตรงกลางถังปฏิกรณ์ ลักษณะการไหลของน้ำจะไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน และน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะล้นออกทางด้านบน ถังปฏิกรณ์เป็นลักษณะถังเปิด ก๊าซที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาสามารถออกสู่ภายนอกได้



รูป 2.11 แสดงรูปทรงของระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท A Pluse Team จำกัด

2.4.6 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ Scott Wade Powell

เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ทำการจดสิทธิบัตรไว้ที่สหรัฐอเมริกา ลักษณะของถังปฏิกรณ์เป็นทางสี่เหลี่ยมทางสูง การไหลของน้ำจะไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน และน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะล้นออกทางด้านบนถังปฏิกรณ์เป็นลักษณะถังเปิด ก๊าซที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาสามารถออกสู่ภายนอก

ได้ เช่นเดียวกับของบริษัท A Team Plus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไฟฟ้า (Electrocoagulation) ของ นายวิสิทธิ์ วิทท์

เป็นสิ่งประดิษฐ์ของเยอรมัน และได้มีการมาจดสิทธิบัตรในเมืองไทยที่คำขอ 025820 ลักษณะดังปฏิกรณ์เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม แต่มีการเว้นช่องว่างในถังปฏิกรณ์ที่ทำปฏิกิริยา ทิศทางการไหลของน้ำไม่ได้มีระบุไว้อย่างชัดเจน แต่อุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นด้วยอิเล็กโทรดภายในถังปฏิกรณ์มีการขับเคลื่อนขณะที่น้ำมีการบำบัดน้ำ

2.5 HTML (HyperText Markup Language)

เป็นภาษาที่ใช้ในการแสดงผลของเอกสารบนเว็บไซต์ (website) หรือที่เรียกกันว่าเว็บเพจ เป็นภาษาที่พัฒนาโดย World Wide Web Consortium (W3C) HTML เป็นภาษาที่สำคัญมากกับเทคโนโลยีบนเว็บไซต์ ไม่ว่าจะเขียนโปรแกรมบนเว็บไซต์ด้วยภาษาใดๆ เช่น PHP, ASP, Perl หรืออื่น ๆ คุณก็ต้องมีความจำเป็นในการแสดงผลข้อมูลออกมายัง Web Browser ด้วยภาษา HTML เป็นหลักใหญ่ หรือให้เรามองว่า HTML คือเอาที่พูดในการแสดงผลสู่จอภาพของ Web Browser

2.5.1 โครงสร้างของ HTML

HTML มีรูปแบบโครงสร้างที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของหัว (HEAD) สำหรับข้อมูลในส่วนหัวของ HTML เช่น ชื่อความบน Title bar ส่วนของ HEAD ของเอกสาร HTML เป็นส่วนที่เราจะสามารถใส่คำอธิบายเว็บเพจ เช่น Title หรือชื่อเรื่องของเอกสารหรือคำสำหรับการค้นหา (Keyword) ซึ่งเราจะเขียน TAG ในกลุ่มของ HEAD ไว้ภายใน TAG <HEAD> </HEAD> เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<html>

<head>

<meta http-equiv=content-type
content="text/html; charset=tis-620">

<title>ข้อความปรากฏบน Title
Bar</title>

</head>

<body>
.....
</body>

</html>

```

- <TITLE> คือข้อความที่จะแสดงผลบน Title Bar บน Web Browser
- <META HTTP-EQUIV="Content-Type" CONTENT="text/html; charset=TIS-620"> คือ TAG สำหรับการกำหนด Encoding ของแม่แบบ ส่วนหัวเรายังสามารถใส่หรือพิมพ์ TAG อื่น ๆ เข้าไปได้อีก เช่น TAG <script> หรืออื่น ๆ เป็นต้น

2. ส่วนของบอดี (Body) สำหรับการแสดงผลยังหน้าเอกสาร หรือหน้า Web Browser เช่น การแสดงผลรูปภาพ การแสดงผล Contents การสร้างจุดเชื่อมโยง ซึ่งเราจะเขียน TAG ในกลุ่มของ Body ไว้ภายใน TAG <BODY> </BODY> เป็นต้นเช่น

```

<body>

<p>Hello.....HTML</p>

<a href="http://www.dwthai.com">GO TO
DWTHAI.COM</a>

</body>

</html>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- <P> คือ การกำหนด Paragraph ของข้อมูลภายในเว็บเพจ

- <A> คือ การสร้างจุดเชื่อมโยง หรือ Link

ภายใน TAG <BODY> ยังมี TAG ที่เราจะใช้งานอยู่มากมายเพื่อใช้ในการตกแต่งหน้า webpage ของเรา เช่น การกำหนดสีตัวอักษร, การแทรกรูปภาพและการสร้างตาราง

2.5.2 รูปแบบของการเขียนภาษา HTML

HTML มีรูปแบบการเขียนในลักษณะ TAG ซึ่ง TAG นี้จะมีทั้ง TAG เปิด และ Tag ปิด โดยที่ TAG จะมีลักษณะ ดังนี้

<TAG>.....</TAG>

<TAG> คือ TAG เปิด

</TAG> คือ TAG ปิด

แต่กระนั้นในภาษา HTML ก็ยังมีรูปแบบของ TAG อีกประเภทหนึ่ง คือ TAG เดี่ยว ๆ ที่ไม่จำเป็นต้องมี TAG ปิดเข้าร่วมด้วย เช่น

 เป็น TAG สำหรับการขึ้นบรรทัดใหม่ของ HTML

 เป็น TAG สำหรับการแสดงรูปภาพ

ภาษา HTML เป็นภาษาที่ไม่คำนึงถึงขนาดของตัวอักษร เช่น TAG เราจะเขียนเป็น or ก็จะสามารถแสดงผลได้เช่นเดียวกัน และภาษา HTML ไม่มีการแจ้ง Error แต่อย่างใด หากผู้เขียนมีการเขียน TAG ซึ่งผิดพลาด เพียงแต่ภาษา HTML จะไม่แสดงผลตามที่ต้องการ เท่านั้นหากเรามีการเขียน TAG คำสั่งผิดพลาด

2.5.3 การจัดโครงสร้างเพิ่มเอกสาร

ในความง่ายของภาษา HTML นั้นเพราะภาษานี้ไม่มีโครงสร้างใด ๆ มากำหนดคนนอก จากโครงสร้างพื้นฐานเท่านั้น หรือ แม้แต่จะไม่มีโครงสร้าง พื้นฐานอยู่ โปรแกรมที่เขียนขึ้นมานั้นก็ สามารถทำงานได้เสมือนมี โครงสร้างทั้งนี้เป็นเพราะ ว่าตัวโปรแกรม เว็บเบราว์เซอร์ จะมองเห็น ทุกสิ่งทุกอย่างในโปรแกรม HTML เป็นส่วนเนื้อหาทั้งสิ้นยกเว้นใน ส่วนหัว ที่ต้อง มีการกำหนด แยกออกไปให้ เห็นชัดเท่านั้น จะเขียน คำสั่ง หรือ ข้อความที่ ต้องการ ให้แสดง อย่งไรก็ได้ เป็นเสมือนพิมพ์งานเอกสารทั่ว ๆ ไปเพียง แต่ ทำตำแหน่ง ใดมีการ ทำตำแหน่ง พิเศษขึ้นมา เว็บเบราว์เซอร์ถึงจะแสดงผล ออกมาตามที่ ถูกกำหนด โดยใช้คำสั่งให้ตรงกับ รหัสที่กำหนดเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การแสดงผลที่เว็บเบราว์เซอร์

หลังจากมีการพิมพ์โปรแกรมนี้เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้บันทึกเป็น ไฟล์ที่มีนามสกุล .htm หรือ .html จากนั้นให้เรียกโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ขึ้นมาทำการทดสอบ ข้อมูลที่เราสร้างจะถูกนำมาที่ออกมาแสดงที่จอภาพ ถ้าไม่เขียนอะไรผิด บนจอภาพก็จะแสดงผลตามนั้น ถ้าเรามีการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลในโปรแกรมเดิม ให้อยู่ในรูปของ โปรแกรมใหม่ ก็จำ เป็นต้องโหลด โปรแกรมขึ้นมาใหม่ เพียงแต่เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่ปุ่ม Refresh โปรแกรมก็จะทำการ ประมวลผล และแสดงผลออกมาใหม่ ในคำสั่ง HTML ส่วนใหญ่ใช้ตัวเปิด เป็นเครื่องหมาย น้อยกว่า < ตามด้วยคำสั่ง และปิดท้ายด้วยเครื่องหมายมากกว่า > และมีตัวปิดที่มีรูปแบบเหมือนตัวเปิดเสมอ เพียงแต่จะมีเครื่องหมาย / อยู่หน้าคำสั่งนั้น ๆ เช่น คำสั่ง <BODY> จะมี </BODY> เป็นคำสั่งปิด เมื่อใดที่ผู้เขียนลืมหรือพิมพ์คำสั่งผิด จะส่งผลให้การทำงานของ โปรแกรมผิดพลาดทันที

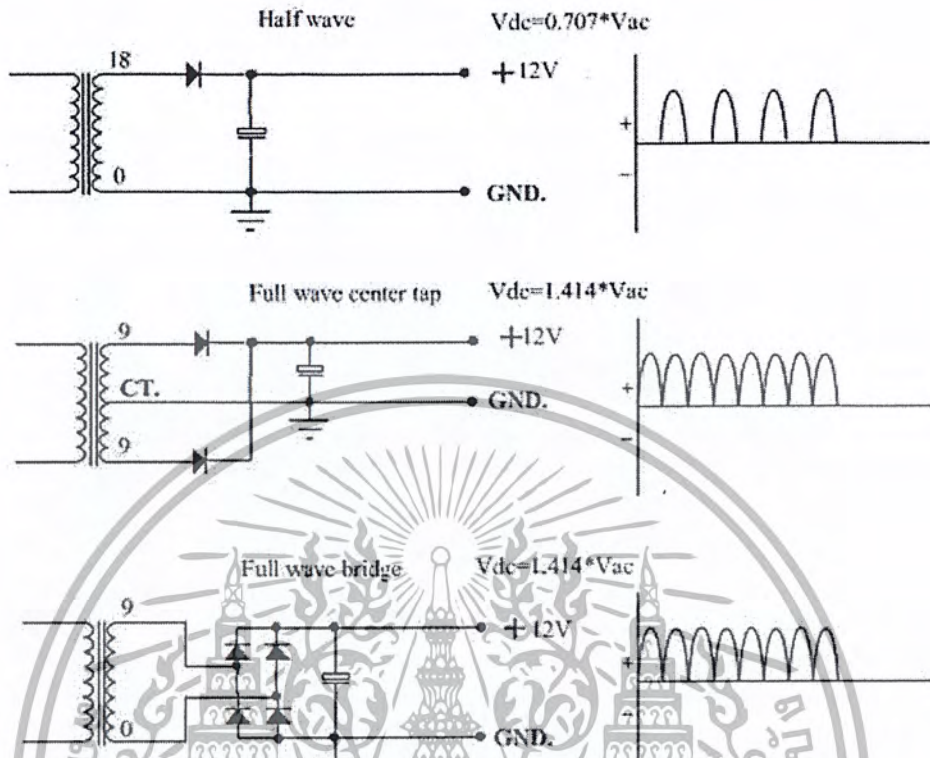
2.6 วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit) หมายถึง วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงไฟฟ้า กระแสสลับ (AC Voltage) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltage) ที่ขั้วขาออกของวงจร โดยใช้ ไดโอดมี 2 แบบคือ

1. การเปลี่ยนแรงดันกระแสสลับเป็นแรงดันกระแสตรงแบบครึ่งคลื่น (Half wave rectifier)
2. การเปลี่ยนแรงดันกระแสสลับเป็นแรงดันกระแสตรงแบบเต็มคลื่น (Full wave rectifier)

การต่อวงจรเรกติไฟร์สามารถที่จะต่อวงจรได้ 3 แบบคือ

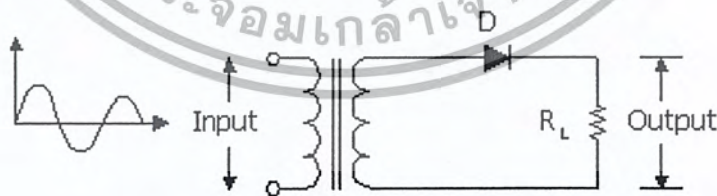
1. วงจรเรกติไฟร์แบบฮาล์ฟเวฟ (Half wave rectifier circuit)
2. วงจรเรกติไฟร์แบบฟูลเวฟ (Full wave rectifier circuit)
3. วงจรบริดจ์เรกติไฟร์ (Bridge wave rectifier)



รูปที่ 2.12 แสดงรูปวงจรเรียงกระแสแบบต่างๆ

2.6.1 วงจรเรกติไฟร์แบบฮาล์ฟเวฟ (Half Wave Rectifier)

เป็นวงจรเรกติไฟร์ที่ทำหน้าที่ เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันกระแสตรงแบบครึ่งคลื่น ใช้ไดโอดในการเรกติไฟร์เพียงตัวเดียวดังรูป



รูปที่ 2.13 แสดงวงจรเรกติไฟร์แบบฮาล์ฟเวฟ

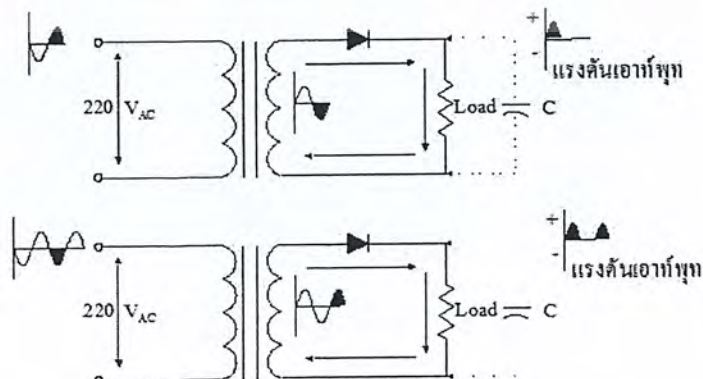
วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น จะเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ตัดเอาแรงดันไฟฟ้าสลับที่ป้อนเข้ามา อาจเป็นครึ่งบวกหรือครึ่งลบแล้วแต่การจัดวงจรไดโอด แรงดันที่ส่งออกมาที่พ่วงจะเป็นช่วงๆ คือ ช่วงมีแรงดันและช่วงไม่มีแรงดันสลับกันไป วงจรประกอบด้วยไดโอดตัวเดียวดังรูปที่ 1 การทำงานของวงจร

ไฟกระแสสลับจะมาปรากฏที่ขาแอนโอด โดยไดโอดจะยอมให้กระแสไหลผ่าน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ทางเดียว คือช่วงที่ได้รับไบอัสตรง ดังนั้นวงจรจะมีกระแสไหลเพียงช่วงบวกของไฟสลับเท่านั้น ถ้าช่วงลบจะไม่มีกระแสไหล แรงไฟตรงที่เอาท์พุทนี้ยังนำไปใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้ เพราะเป็นไฟตรงที่ไม่เรียบพอ (Pulse D.C) จึงต้องมีการกรอง(Filter) ให้เรียบโดยใช้ตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรอง การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น การเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier) มีลักษณะวงจรดังรูปที่ 1 การทำงานเมื่อจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V เข้าทางขดปฐมภูมิ (Primary) ของหม้อแปลงไฟฟ้าจะเกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้ามายังขดทุติยภูมิ (Secondary) การเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลง เฟสของสัญญาณเข้ากับเฟสของสัญญาณออกจะต่างเฟสกันอยู่ 180 องศา เมื่อขั้วบนของขดปฐมภูมิได้รับเฟสลบ ขั้วล่างเทียบได้เฟสบวก จะทำให้ขดทุติยภูมิขั้วบนเป็นเฟสบวก ขาแอนอด (A) ของไดโอดได้รับแรงดันซีกบวก ขาแคโทด (K) ได้รับแรงดันซีกลบเป็นผลให้ไดโอดได้รับไบอัสตรงไดโอดนำกระแส มีกระแสไหลเข้าขาแอนอด ออกขาแคโทดผ่าน โหลด (Load) ครอบวงจรที่ขั้วล่างของทุติยภูมิ มีแรงดันซีกบวกตกคร่อมที่โหลด ในช่วงเวลาต่อมาครึ่งไซเคิลหลังของไฟสลับ ขั้วบนของทุติยภูมิเป็นเฟสลบ ขั้วล่างเทียบศักย์ได้เป็นเฟสบวก ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ขาแอนอดของไดโอดได้รับแรงดันซีกลบและขาแคโทดได้รับแรงดันซีกบวก ไดโอดได้รับไบอัสกลับจะไม่นำกระแสเป็นผลให้ไม่มีแรงดันปรากฏที่โหลด ในรอบต่อมาการทำงานก็จะเป็นไปตามลักษณะเดิมซ้ำๆ กันไปเรื่อยๆ โดยมีแรงดันปรากฏที่เอาท์พุทเป็นช่วงๆ (ช่วงเว้นช่วง) นอกจากนี้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นยังสามารถแบ่งออกเป็นวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นบวกและวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นลบ

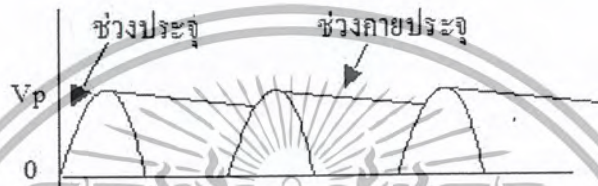
2.6.1.1 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นบวก

เป็นการจัดวงจร ไดโอดให้นำกระแสเฉพาะซีกบวกของไฟสลับ ทำให้แรงดันที่ได้จากการเรียงกระแสออกมาที่เอาท์พุทเพียงช่วงบวกของไฟสลับเท่านั้นดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.14 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นบวก ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟตรงเฉลี่ยสามารถคำนวณหาได้จากสูตร $VDC = 0.318 VP$ หรือ $VDC = 0.45 VAC$ แต่แรงดันไฟตรงที่ได้จะยังไม่เรียบมีลักษณะเป็นพัลส์ที่เรียกว่าพัลส์ดี.ซี. (Pulse D.C) ในการใช้งานจะต้องทำการกรองให้เรียบโดยใช้ตัวเก็บประจุทำการกรอง ก็จะทำให้แรงดันที่ได้เรียบขึ้นแต่แรงดันไฟตรงที่ได้จะยังไม่เรียบมีลักษณะเป็นพัลส์ที่เรียกว่าพัลส์ดี.ซี. (Pulse D.C) ในการใช้งานจะต้องทำการกรองให้เรียบโดยใช้ตัวเก็บประจุทำการกรอง ก็จะทำให้แรงดันที่ได้เรียบขึ้น ดังรูปที่ 2.24



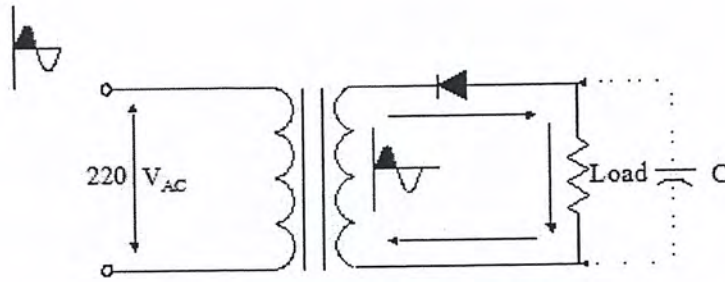
รูปที่ 2.15 แสดงแรงดันครึ่งคลื่นด้านบวก

จากรูปพัลส์ดี.ซี. ที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะเป็นซิกนัล ตัวเก็บประจุฟิลาเตอร์จะทำการประจุแรงดันในช่วงที่พัลส์ดี.ซี. มีค่าเพิ่มขึ้นและจะคายประจุในช่วงที่พัลส์ดี.ซี. มีค่าลดลงจะเป็นไปในลักษณะเช่นนี้เรื่อยๆ แรงดันดี.ซี. ที่ได้จะเรียบขึ้น ตัวเก็บประจุฟิลาเตอร์ยังมีค่ามากแรงดันไฟตรงที่ได้ก็ยิ่งมีความเรียบขึ้น (ตัวเก็บประจุฟิลาเตอร์ค่ามากเกินไปมีผลเสียกับไดโอด) แรงดันไฟตรงที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจาก ตัวเก็บประจุ จะประจุแรงดันสูงสุดของแรงดันพีคจึงทำให้แรงดันเพิ่มสูงขึ้น

2.6.1.2. วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นลบ

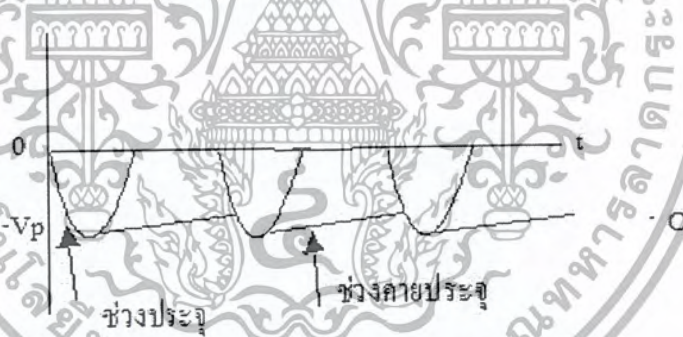
เป็นการจัดวงจรไดโอดให้นำกระแสเฉพาะซีกลบของไฟสลับก็จะได้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นลบ จากรูปที่ 4 เมื่อขั้วบนของขดลวดขั้วขั้วมีได้รับเฟสลบ ขั้วล่างเทียบศักย์ได้เฟสบวก จะทำให้ไดโอดได้รับไบอัสตรง ไดโอดสามารถนำกระแสได้ กระแสจะไหลจากขั้วล่างของหม้อแปลงผ่านโหลดเข้าทางขาแอนโอด ออกทางแคโทดครบวงจรที่ขั้วบนของหม้อแปลง ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ขั้วบนของโหลดมีศักย์เป็นลบขั้วล่างมีศักย์เป็นบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นลบ

เมื่อต่อตัวเก็บประจุฟิลเตอร์เข้าไปในวงจร ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่ประจุแรงดันเอาไว้ในช่วงแรงดันที่มีค่าสูง และจะคายประจุในช่วงแรงดันที่มีค่าลดลง โดยเสียมรูปคลื่นที่ขาดหายไปให้เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เป็นการทำให้แรงดันที่ไม่เรียบมีความเรียบยิ่งขึ้น การใช้วงจรเรียงกระแสแบบนี้จะได้ไฟกระแสตรงออกมาในลักษณะพัลส์ครึ่งคลื่นเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะเห็นว่าประสิทธิภาพต่ำ คือประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น



รูปที่ 2.17 แสดงรูปเมื่อใช้ตัวเก็บประจุเป็นวงจรกรอง

2.6.2 วงจรเรกติไฟร์แบบฟูลเวฟ (Full wave rectifier circuit)

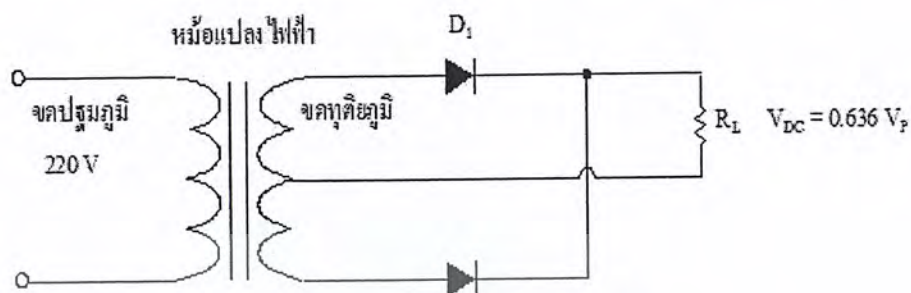
2.6.2.1. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น จะสามารถเรียงแรงดันไฟสลับให้ออกเอาต์พุตได้ทั้งช่วงบวกและช่วงลบของแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้ามาที่อินพุตของวงจร โดยไม่มีส่วนใดของแรงดันไฟสลับถูกตัดทิ้งไป ลักษณะของวงจรจะใช้ไดโอด 2 ตัว ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟสลับเป็นสัญญาณไฟตรงโดยมีหม้อแปลงไฟฟ้าแบบมีแท็ปกลาง (Center Tap) ทำหน้าที่แบ่งเฟสให้เกิดการต่างเฟสกัน 180 องศา ระหว่างสัญญาณที่ออกจากส่วนบนและส่วนล่างของขดลวดทุติยภูมิของ

หม้อแปลงเพื่อให้ไดโอดทั้ง 2 ตัวสลับกันทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นวงจรจึงสามารถจ่ายกระแสได้เรียบและสูงกว่าวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น



รูปที่ 2.18 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น

การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีแท่งกลาง

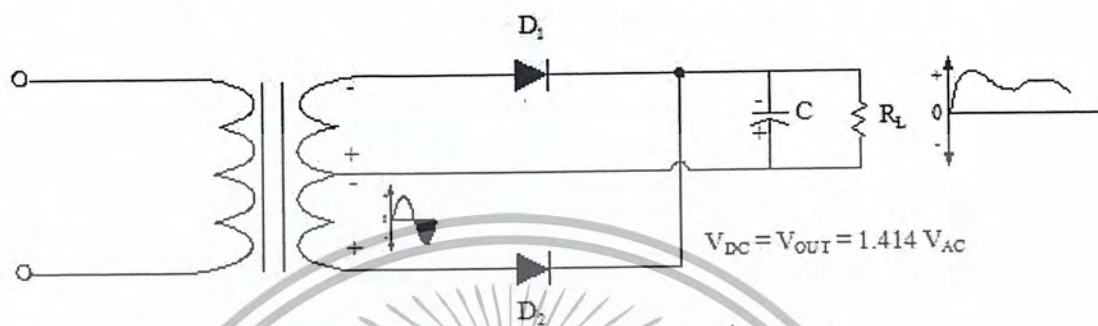
เมื่อมีแรงดันไฟสลับ V_{in} ป้อนเข้าขดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะเกิดแรงดันไฟสลับขึ้นที่ขั้วบนและขั้วล่างของขดทุติยภูมิที่แท่งกลางของหม้อแปลงจะกำหนดให้มีแรงดัน 0 โวลต์ ดังนั้นแรงดันครึ่งหนึ่งจึงเกิดที่แท่งกลางกับขั้วด้านบนของหม้อแปลง และอีกครึ่งหนึ่งจะเกิดขึ้นที่แท่งกลางกับอีกขั้วด้านล่างของหม้อแปลง โดยระหว่างขั้วด้านบนและขั้วด้านล่างจะมีเฟสต่างกัน 180 องศา การทำงานของวงจรเมื่อขั้วบนของขดทุติยภูมิมีค่าแรงดันเป็นบวก ขั้วล่างมีแรงดันเป็นลบ ไดโอด D_1 จะได้รับไบอัสตรง นำกระแสมีกระแสไหลผ่าน ไดโอดผ่าน โหลด R_L ไปครบวงจรที่ขั้วแท่ง ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่โหลด R_L เป็นคลื่นรูปไซน์ครึ่งคลื่น ในช่วงเวลาต่อมา ขั้วบนของขดทุติยภูมิมีค่าแรงดันเป็นลบ ขั้วล่างมีค่าแรงดันเป็นบวก ไดโอด D_1 จะได้รับไบอัสกลับ ไดโอด D_2 ได้รับไบอัสตรงเกิดการนำกระแส มีกระแสไหลผ่าน ไดโอดผ่าน โหลด R_L ไปครบวงจรที่ขั้วแท่งทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่โหลด R_L เป็นคลื่นรูปไซน์ครึ่งคลื่นด้านบวกปรากฏที่เอาต์พุต แรงดันไฟตรงเฉลี่ยที่ได้สามารถคำนวณได้จากสูตร $V_{DC} = 0.636 V_P$ แต่แรงดัน V_P เป็นแรงดันค่ายอดสูงสุดสามารถคำนวณหาได้จากสูตร $V_P = 1.414 V_{AC}$ หรือจะคำนวณหาค่าแรงดันไฟตรงได้จากสูตร $V_{DC} = 0.9 V_{AC}$

2.6.2.2 วงจรกรองแบบใช้ตัวเก็บประจุ (Capacitor Filter)

แรงดันได้จากวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นยังมีระลอกคลื่นปนอยู่ปริมาณสูงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน จะต้องนำแรงดันนี้ไปผ่านวงจรกรองก่อนที่จะนำไปใช้งาน วงจรกรองแบบที่ง่ายและนิยมที่สุดก็คือ วงจรกรองแบบใช้ตัวเก็บประจุ โดยใช้ตัวเก็บประจุ C ต่อขนานกับตัวต้านทานโหลด R_L ตัวเก็บประจุ C จะทำหน้าที่เก็บประจุไว้ในช่วงเวลาไดโอด

นำกระแสและทำหน้าที่คายประจุผ่านตัวต้านทานโหลดในช่วงเวลาที่ไดโอดไม่นำกระแส การไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานของวงจรกรองจะทำการกรองแรงดันไฟตรงที่ยังไม่เรียบให้มีความราบเรียบยิ่งขึ้น สามารถนำไปใช้งานกับวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ได้ อีกทั้งแรงดันไฟตรงที่ได้เมื่อผ่านการกรองแรงดันแล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมโดยคำนวณหาได้จากสูตร $V_{DC} = V_P = 1.414$ คูณ V_{AC}



รูปที่ 2.19 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นใช้ตัวเก็บประจุ

2.6.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์มีลักษณะเหมือนวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น เพราะแรงดันเอาต์พุตที่ได้เป็นแบบเต็มคลื่น ข้อแตกต่างระหว่างวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์และแบบเต็มคลื่นธรรมดา ต่างกันตรงการต่อวงจร ไดโอด แบบเต็มคลื่นจะใช้ไดโอด 2 ตัว แบบบริดจ์จะใช้ไดโอด 4 ตัว และหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ก็แตกต่างกัน แบบเต็มคลื่นธรรมดาใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง (Center Tap, CT) มี 3 ขั้ว แบบบริดจ์ใช้หม้อแปลง 2 ขั้วหรือ 3 ขั้วก็ได้ แสดงดังรูป



รูปที่ 2.20 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

เมื่อมีแรงดันสัญญาณในครึ่งไซเคิลบวก ไดโอด D1 กับ D4 ได้รับ forward bias ส่วนไดโอด D2 กับ D3 ได้รับ reverse bias จึงไม่นำกระแส ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ผ่านตัวต้านทาน R1 ผ่าน D4 เกิดแรงดันตกคร่อมที่ R2 มีค่าเท่ากับแรงดันที่ป้อนคือ V_m เมื่อมีแรงดันสัญญาณในครึ่งไซเคิลลบ ไดโอด D2 กับ D3 ได้รับ reverse bias จึงไม่นำกระแส ในขณะที่ไดโอด D1 กับ D3 ได้รับ forward bias จึงนำกระแส ทำให้มีกระแสไหลผ่าน D3 ผ่านตัวต้านทาน R1 ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D1 เกิดแรงดันตกคร่อมที่ R1 จึงมีค่าเท่ากับแรงดัน V_m

แรงดันเฉลี่ยเอาต์พุตคี่ซีของวงจร bridge rectifier คำนวณได้จากสมการ

$$V_{dc} = 0.636 \times V_m \quad (2.33)$$

V_{dc} หมายถึงแรงดันเฉลี่ยคี่ซี ซึ่งเป็นพื้นที่ใต้รูปสัญญาณครึ่งไซน์

V_m หมายถึงแรงดันไฟกระแสสลับอินพุตที่ป้อน

และไดโอดที่ใช้ในวงจร full wave rectifier จะต้องสามารถทนแรงดันตกคร่อมได้เป็น 2 เท่าของ แรงดันอินพุตที่ป้อน นั่นคือ

$$\text{Diode PIV} = 2 V_m \quad (2.34)$$

2.7 ตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า

ตัวเหนี่ยวนำหรือขดลวดเหนี่ยวนำ เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ บางครั้งเรียกตัวเหนี่ยวนำว่า คอยล์ (COIL) ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นลวดทองแดง มาพันเป็นขดมีจำนวนรอบน้อยรอบหรือมาก รอบลงบนแกน ซึ่งอาจจะเป็นแกนเหล็ก แกนผงเหล็กอัด หรือไม่มีแกนก็ได้

2.7.1 การเหนี่ยวนำระหว่างขดลวด 2 ขด

เมื่อนำขดลวด 2 ขดมาวางไว้ใกล้กันแล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ขดลวดตัวนำขดหนึ่ง จะพบว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงข้อมจะทำให้เส้นแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงและสามารถขุดตัวตัดกับขดลวดตัวนำอีกตัวหนึ่งที่วางอยู่ใกล้ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำตกคร่อมที่ขดลวดตัวนำทั้งสอง เรียกว่า เกิดการเหนี่ยวนำการต่อตัว ส่วนการเหนี่ยวนำแบบอันดับค่าอินดักแตนซ์รวมของวงจรจะเท่ากัน ค่าอินดักแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำแต่ละตัวรวมกันการต่อตัวเหนี่ยวนำแบบขนาน ค่าอินดักแตนซ์รวมจะมีค่าน้อยเท่ากับตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าอินดักแตนซ์ที่น้อยที่สุดในวงจร

2.7.2 ชนิดของขดลวด

2.1.2.1 โข้คคอยล์ คือเส้นลวดทองแดงอาบน้ำยาเคลือบฉนวนพันเป็นคอยล์เพื่อ

ใช้ในการ กรองกระแส หรือ การเชื่อมต่อวงจรต่างๆซึ่งสามารถแบ่งตามชนิดของแกนได้

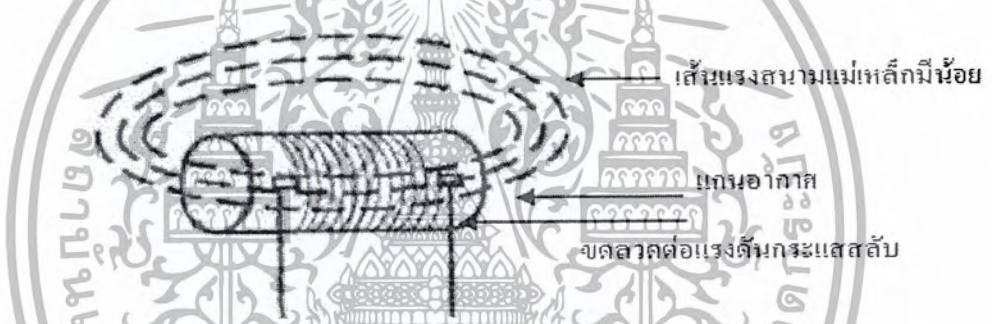
เอกสารนี้เป็น **ดังต่อไปนี้** อนุญาตให้ท่านใช้ฟรีเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) ไซ้คแกนเหล็ก เป็นตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าความเหนี่ยวนำสูงมากดังรูปที่ 2.30



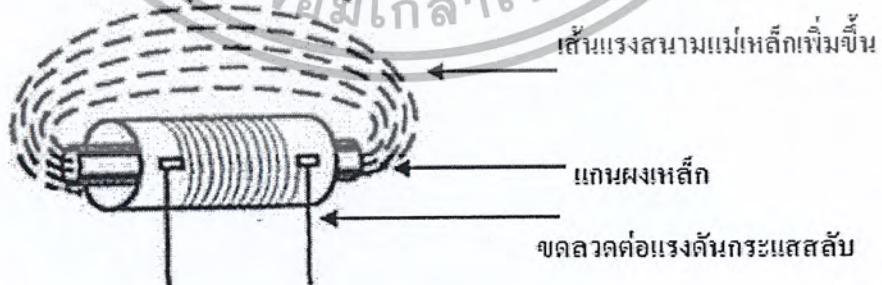
รูปที่ 2.21 ไซ้คแกนเหล็ก

2.) ไซ้คแกนอากาศ คือ ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในย่านความถี่วิทยุ ดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.22 ไซ้คแกนอากาศ

3.) ไซ้คแกนผงเหล็กอัด เป็น R.F Chock อีกชนิดหนึ่งแต่จะใช้แกนผงเหล็กอัดแทนแกน อากาศซึ่งจะทำให้มีค่าความเหนี่ยวนำได้ปานกลาง ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.23 ไซ้คแกนผงเหล็กอัด

2.7.2.2 ทานส์ฟอร์เมอร์ เป็นขดลวดตัวนำตั้งแต่ 2 ขดขึ้นไปพันอยู่บนแกน

เดียวกัน โดยจะมีขดทางด้านอินพุทเรียกว่า ขดปฐมภูมิ และขดทางเอาต์พุทเรียกว่า ขดทุติยภูมิ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานของทรานส์ฟอร์มเมอร์จะใช้เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างวงจร หรือใช้ในการเพิ่ม - ลด ระดับของแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งเราสามารถแบ่ง ทรานส์ฟอร์มเมอร์ตามชนิดของแกนได้ดังนี้

1) ทรานส์ฟอร์มเมอร์ชนิดแกนเหล็ก จะใช้กับงานทางด้านความถี่ต่ำ
2) ทรานส์ฟอร์มเมอร์ชนิดแกนผงเหล็กอัด หรือเฟอร์ไรท์ ส่วนมากจะใช้งานในวงจรขยายภาคไอ.เอฟ

3) ทรานส์ฟอร์มเมอร์ชนิดแกนอากาศ คือขดลวด 2 ขด พันอยู่บนฉนวนแกนอากาศซึ่งนำไปใช้งานในย่านความถี่สูง ดังรูปที่ 2.4 เป็นผลทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดซึ่งกระแส ไฟฟ้านี้จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก และความเข้มของสนามแม่เหล็ก จะเพิ่มขึ้นจากค่าศูนย์ไปจนถึงค่าสูงสุดในช่วง เวลาสั้นๆ โดยการขยายตัวของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะเริ่มจากส่วนกลางของลวดตัวนำ ซึ่งการขยาย ตัวของเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเป็นการเคลื่อนที่ตัดกับตัวนำที่อยู่กับที่ ดังนั้น จึงส่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น (การเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า) การที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำแล้วทำให้เกิดแรงดันไฟ ฟ้าเหนี่ยวนำภายในนี้ เรียกว่า การเหนี่ยวนำภายใน (Self Inductance)



รูปที่ 2.24 แสดงการต่อตัวเหนี่ยวนำคร่อมอยู่กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูป เมื่อปิดสวิตช์ กระแสไฟฟ้าในวงจรจะไหลผ่าน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวต้านทานที่ต่ออันดับอยู่ ถ้าปริมาณกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดก็จะทำให้สนามแม่เหล็ก เกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยายตัว และตลอดเวลาที่มีการเคลื่อนที่ตัดกันระหว่างสนามแม่เหล็กกับตัวเหนี่ยวนำก็จะทำให้เกิด แรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นแรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นนี้ จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ จะคอยต้านการเปลี่ยนแปลง ของกระแส ไฟฟ้าภายในวงจรโดยค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำ 1 เฮนรี่ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์/วินาที ทำให้เกิดแรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 โวลต์ ดังนั้น ค่าความเหนี่ยวนำจึงเป็นการแสดงว่า Counter EMF (แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ) ที่เกิดจากตัวเหนี่ยวนำจะมีปริมาณเท่าไร สำหรับการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเดียวกัน สูตรคำนวณแรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ หรือ Counter EMF เป็นดังนี้

$$V_{\text{ind}} = L \times \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (2.35)$$

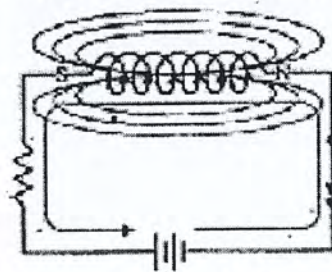
โดยที่ L = ค่าความเหนี่ยวนำ มีหน่วยเป็น เฮนรี่ (H)

ΔI = การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกระแสไฟฟ้า

Δt = การเปลี่ยนแปลงของเวลา

เมื่อความเหนี่ยวนำมีค่ามากขึ้นจะทำให้เกิดแรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำมากและถ้าการเปลี่ยนแปลงของกระแส ไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเวลาที่ค่าเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้แรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ Counter EMF มีขนาดเพิ่มมากขึ้นด้วย

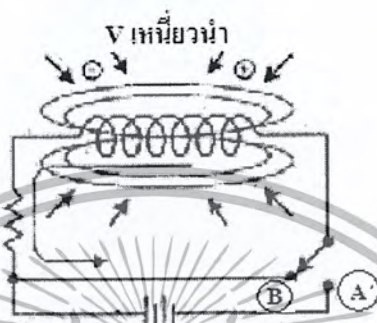
การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในขดลวด ถ้าเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิน เมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดจะทำให้สนามแม่เหล็กซึ่งจะมีปริมาณมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ถึงค่าสูงสุดด้วย และทำให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าไม่เกิดการขยายตัวอีกต่อไป โดยจะรักษาระดับไว้ คงที่ไว้เมื่อกระแสไฟฟ้าลงที่แล้วการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กจึงไม่เกิดขึ้นดังนั้น การเคลื่อนที่ตัดกันระหว่างตัวเหนี่ยวนำและสนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจึงไม่เกิดขึ้น และสุดท้าย กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่จะไปต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ก็จะไม่เกิดขึ้นด้วยเช่นกันดังแสดงในรูป 2.5



รูปที่ 2.25 แสดงสนามแม่เหล็กที่อยู่ในสถานะคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดจะรับพลังงานไฟฟ้า และเก็บไว้ในรูปของพลังงานสนามแม่เหล็ก เช่นเดียวกับกรณีในตัวเก็บประจุ ที่เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปของ สนามไฟฟ้านั่นเองถ้าปรับสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง B ดังแสดงในรูปที่ 2.35



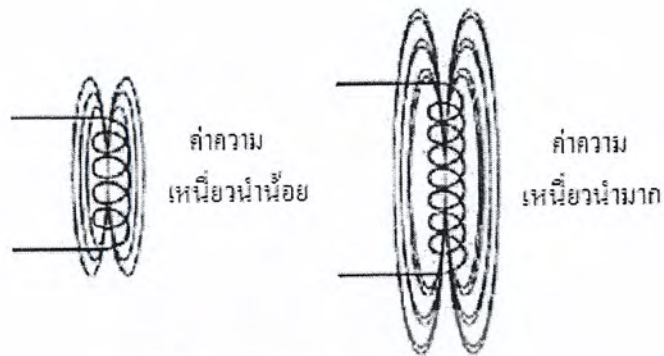
รูปที่ 2.26 แสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดการยุบตัว

กระแสไฟฟ้าที่ไหลมาจากแบตเตอรี่จะมีค่าเท่ากับศูนย์และทำให้สนามแม่เหล็กยุบตัวลงมา ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวงจรจึงไม่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กอีกต่อไป และถึงแม้เส้นแรงแม่เหล็กจะยุบตัวลงมา แต่ก็ยังเป็นการเคลื่อนที่ตัดกับขดลวดตัวนำอยู่ (เป็นเหตุให้มีการเคลื่อนที่ตัดกันระหว่างตัวเหนี่ยวนำ และสนามแม่เหล็ก) ส่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวด ซึ่งผลที่ตามมาก็คือ เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่จะไหลไปในทิศทางเดียวกันกับกระแสไฟฟ้าของวงจรซึ่งไหลอยู่ก่อนหน้านี้แล้ว (ก่อนหน้าที่สวิตช์จะเป็นวงจร) ขดลวดในขณะนี้จะเปลี่ยนพลังงานสนามแม่เหล็กไปเป็นพลังงานไฟฟ้า และคืนพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในตอนแรกออกมา หลังจากเวลาผ่านไปสนามแม่เหล็กก็จะยุบตัวหมด แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำก็จะกลายเป็นศูนย์ และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำภายในวงจรก็จะไม่เกิดขึ้นอีก

2.7.3 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ ค่าความเหนี่ยวนำถูกกำหนดโดย 4 ปัจจัยดังนี้

2.7.3.1. จำนวนรอบของขดลวด ถ้าตัวเหนี่ยวนำมีจำนวนรอบของขดลวดมากขึ้น ดังแสดงในรูป สนามแม่เหล็กที่เกิดจากการไหลผ่านของ กระแสไฟฟ้าในขดลวดก็จะเกิดขึ้นมากด้วย สนามแม่เหล็กปริมาณมากนี้ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในตัวเหนี่ยวนำที่เรียกว่า “Counter EMF หรือ Back EMF” และจากการที่มีเส้นแรงแม่เหล็กจำนวนมากตัดกับขดลวด จึงส่งผลให้ค่าความเหนี่ยวนำมากตามไปด้วย ดังนั้น ค่าความเหนี่ยวนำ (L) จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนรอบของขดลวด (N) $L \propto N$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 รูปแสดงจำนวนของขดลวด

2.7.3.2 พื้นที่ของขดลวด พื้นที่ของขดลวดเพิ่มขึ้นสำหรับขดลวดที่มีจำนวนรอบใดๆ ดังแสดงในรูป จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กมีจำนวนมากขึ้นด้วย และการมีสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นตาม ดังนั้น ค่าความเหนี่ยวนำ (L) จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ของขดลวด (A)



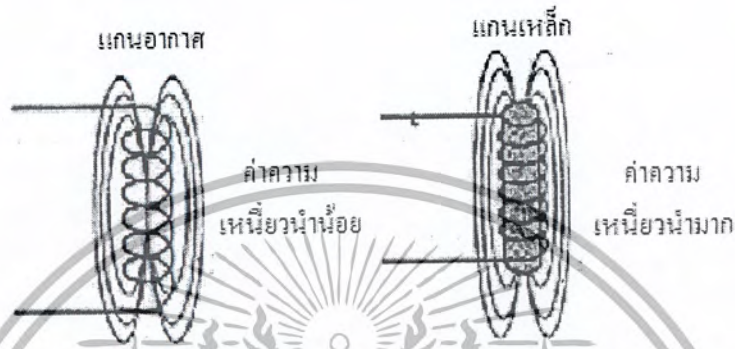
รูปที่ 2.28 แสดงพื้นที่ของขดลวดและความยาวของขดลวด

2.7.3.3 ความยาวของขดลวด ความยาวของขดลวดถ้าทำให้ขดลวดจำนวน 4 รอบ ขยายพื้นที่ออก (นั่นคือความยาวของขดลวดเพิ่มขึ้น) ดังแสดงในรูป ผลรวมของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดแต่ละขดจะมีปริมาณลดลงในทางกลับกันถ้าขดลวดที่มีจำนวนเท่าเดิมนำมาพันให้อยู่ชิดกันมากขึ้น (ความยาวของขดลวดสั้นลง) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดในแต่ละขดจะเสริมซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่มีปริมาณมากขึ้น ทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมีค่ามากตามไปด้วย ดังนั้นค่าความเหนี่ยวนำจึงเป็น สัดส่วนผกผันกับความยาวของขดลวด

2.7.3.4. วัสดุที่นำมาทำแกนภายในขดลวด ตัวเหนี่ยวนำส่วนมากมีแกนที่ทำจากวัสดุจำพวกนิกเกิล โคบอลต์ เหล็ก เฟอร์ไรต์ หรืออัลลอย ซึ่งแกนเหล่านี้มีคุณสมบัติที่จะช่วยรวมหรือเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก ดังนั้น ถ้าความหนาซึมได้ (Permeability) จึงเป็นอีกปัจจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ขออนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

หนึ่งที่มีผลต่อค่าความเหนียวนำ โดยถ้าค่าความซาบซึมได้ของวัสดุที่ใช้ทำแกนมีค่ามาก ก็จะทำให้ค่าความเหนียวนำมีค่ามากตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงตัวอย่างของวัสดุหลายชนิดที่นำมาใช้ทำแกน



รูปที่ 2.29 แสดงวัสดุนำมาทำแกนที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.2 แสดงวัสดุหลากหลายชนิดที่นำมาทำแกนแตกต่างกัน

ค่าความซาบซึมได้ของวัสดุชนิดต่างๆ	
วัสดุ	ค่าความซาบซึมได้ (μ)
อากาศ หรือ สุญญากาศ	1.26×10^{-6}
นิกเกิล	6.28×10^{-6}
โคบอลต์	7.56×10^{-5}
เหล็กหล่อ	1.1×10^{-4}
เหล็กแท่ง	5.56×10^{-4}
แกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า	6.9×10^{-3}
เหล็กซิลิกอน	8.8×10^{-3}
เฟอร์มาลอย	0.126
ซูเปอร์มาลอย	1.26

สูตรการคำนวณหาค่าความเหนียวนำ

จากปัจจัยทั้ง 4 ประการที่มีผลต่อค่าความเหนียวนำ ดังนั้นจึงสามารถนำมาเขียนเป็นสูตร

คำนวณหาค่าความเหนียวนำได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์หรือการเป็นเจ้าของเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L = N^2 \times \frac{A \times \mu}{l} \quad (2.36)$$

- โดยที่ L = ค่าความเหนี่ยวนำ หน่วยเป็น เฮนรี (H)
 A = พื้นที่ของขดลวด มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m²)
 μ = ค่าความซาบซึมได้ (Permeability)
 l = ความยาวของวัสดุที่นำมาทำแกน มีหน่วยเป็นเมตร (m)

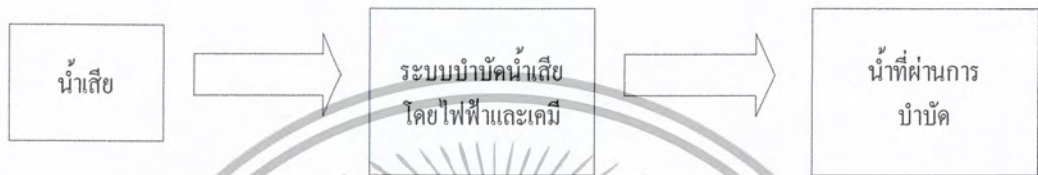


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและจัดทำโครงงาน

ภาพรวมการทำงานของระบบ

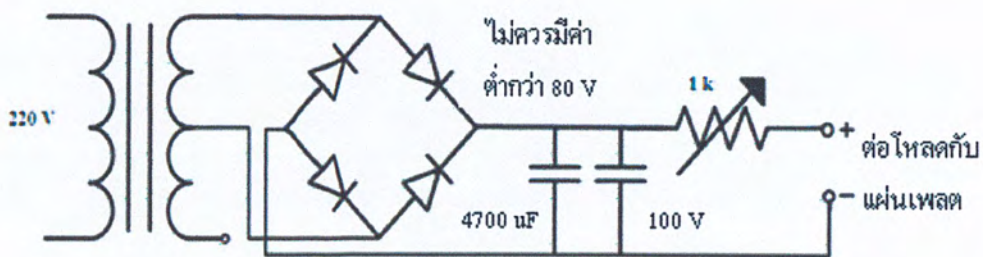


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานรวมของระบบ

การทำงานของระบบโดยภาพรวมของโครงงานเริ่มจากการนำน้ำเสีย จากแหล่งน้ำทั่วไป โดยจะเน้นไปทางด้านน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือ จากร้านเคาเฟ่ฟันตี เป็นหลัก นำมาผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยไฟฟ้า หรือการบำบัดน้ำเสียด้วยไฟฟ้า โดยตัวเครื่องจะทำการออกแบบโดย จะมีแผ่นเพลท 2 แผ่น ถึง 4 แผ่นแต่ละแผ่นจะทำการป้อนกระแสไฟฟ้า เข้าไปโดย จะทำการป้อนกระแสไฟฟ้าลบ และกระแสไฟฟ้าบวกสลับกันไปในทุกแผ่นเพื่อให้ น้ำเสียไปทำปฏิกิริยากับแผ่นเพลท อิเล็กตรอนจากแผ่นเพลท แยกตัวออกมา และทำการจับตัวกับสาร โลหะหนัก รวมถึงธาตุและสารต่างๆ ในน้ำเสีย เพื่อให้ได้น้ำที่ใสขึ้นกว่าเดิม

3.1 การออกแบบ

3.1.1 วงจร Bridge Rectifier แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรสร้างไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 80 โวลต์ จะสามารถจ่ายกระแสได้ 0.1 - 0.6A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

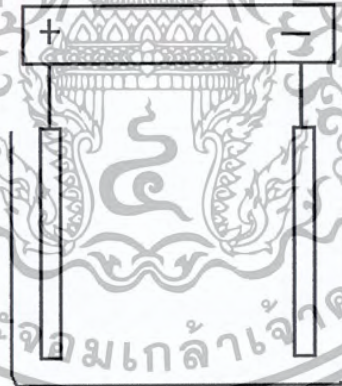
วงจรในรูปที่ 3.2 ประกอบด้วย หม้อแปลงขนาด 30 V 30 A ไฟกระแสสลับมีเซ็นเตอร์แท็บ ไอซีบริดจ์ไดโอด KBPC3510 เก็บประจุ 4700 uF จำนวน 2 ตัวและความต้านทานปรับค่าได้ขนาด 500 วัตต์ 1000 โอห์ม

3.1.2 การออกแบบการทดลองบำบัดน้ำ

โดยกำหนดขนาดแผ่นเพลท อลูมิเนียม 7x11 cm ขนาดของตะแกรง 7x11cm และปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลอง 1 ลิตร โดยน้ำที่ใช้มาจากโรงงานหรือแหล่งน้ำเสียจำนวน 2 แห่งเพื่อเปรียบเทียบกัน จากนั้นเมื่อผ่านกระบวนการ โคออกกูเลชันตามระยะเวลาเสร็จแล้วจึงนำเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อหาข้อมูลเบื้องต้นของน้ำ และนำข้อมูลที่ได้ออกมาเปรียบเทียบ

3.1.2.1 ออกแบบโดยกำหนดความต่างศักย์ลงที่เท่ากับ 30 โวลต์ แต่เปลี่ยนแปลงระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ

1. ออกแบบโดยใช้แผ่นเพลทเป็นอลูมิเนียม 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมงและ 2 ชั่วโมง

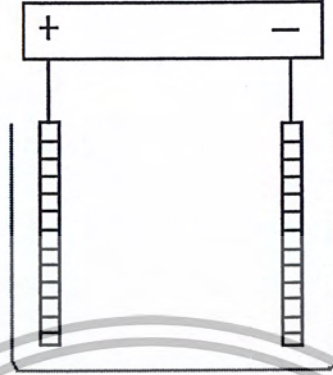


รูปที่ 3.3 แสดงการวางเพลท 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง

จากรูปที่แสดงทางด้านบน เมื่อเราจะวางแผ่นเพลทที่เป็นอะลูมิเนียมดังรูปด้านบนขณะที่ทำการทดลอง โดยจะให้ขั้วข้างหนึ่งของแผ่นเพลทเป็นขั้วบวก ส่วนอีกด้านจะเป็นขั้วลบจากนั้นนำลงไปใส่ในถังน้ำเสียเพื่อใช้ในการบำบัดและดูปฏิกิริยาของน้ำ จากนั้นนำไปหาค่าส่วนประกอบของสาร

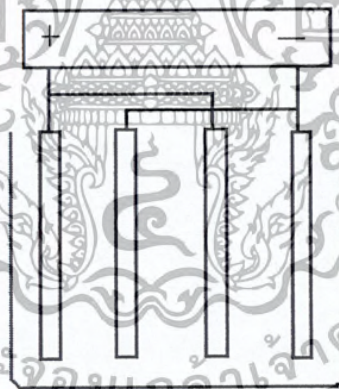
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ออกแบบ โดยใช้แผ่นตะแกรง 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง



รูปที่ 3.4 แสดงการออกแบบให้แผ่นตะแกรง 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง

3. ออกแบบ โดยใช้แผ่นเพลทเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง



รูปที่ 3.5 แสดงการออกแบบให้มีการใช้แผ่นเพลท 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะของน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดของน้ำ

ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด	น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัด(ระยะเวลา)	
		60 นาที	120 นาที
Color			
pH			
BOD(mg/l)			
COD(mg/l)			
SS(mg/l)			
TDS(mg/l)			
Turbidity(ntu)			

3.1.2.2 ออกแบบการทดลองโดยกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าคงที่ คือ 0.2 แอมแปร์ และเวลาคงที่ คือ 1 ชั่วโมง แต่มีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างของแผ่นเพลท

1. ออกแบบโดยใช้แผ่นเพลทเป็นอะลูมิเนียม 2 แผ่น ระยะห่าง 4, 6 และ 8 เซนติเมตร



รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบให้แผ่นเพลท 2 แผ่น ระยะห่าง 4, 6 และ 8 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำเมื่อเปลี่ยนระยะห่างของแผ่น

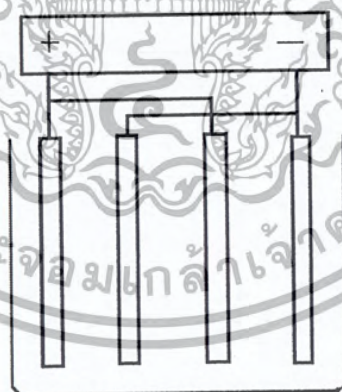
ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด	น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัด(ระยะห่างแผ่นเพลท)		
		4 เซนติเมตร	6 เซนติเมตร	8 เซนติเมตร
Color				
pH				
BOD(mg/l)				
COD(mg/l)				
SS(mg/l)				
TDS(mg/l)				
Turbidity(ntu)				

3.1.2.3 ออกแบบโดยใช้ระยะของแผ่นเพลท 4 แผ่นคงที่โดยเท่ากับ 2.5

เซนติเมตร ระยะเวลา 1 ชั่วโมงแต่เปลี่ยนปริมาณกระแสไฟฟ้า

1. ออกแบบ โดยใช้แผ่นเพลทเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

0.2 ,0.4 และ 0.6 แอมแปร์



รูปที่ 3.7 แสดงการออกแบบโดยใช้แผ่นเพลท 4 แผ่น เวลา 1 ชั่วโมง 0.2, 0.4 และ 0.6 แอมแปร์

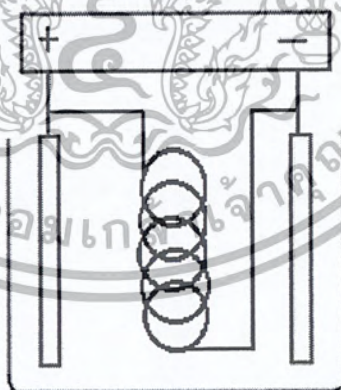
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำเมื่อเปลี่ยนกระแสไฟฟ้า

ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด	น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัด(ปริมาณกระแสไฟฟ้า)		
		0.2 แอมแปร์	0.4 แอมแปร์	0.6 แอมแปร์
Color				
pH				
BOD(mg/l)				
COD(mg/l)				
SS(mg/l)				
TDS(mg/l)				
Turbidity(ntu)				

3.1.2.4 ออกแบบโดยกำหนดกระแสไฟฟ้าคงที่เท่ากับ 0.2 แอมแปร์ และเวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง ระยะห่างแผ่นเพลทเท่ากับ 8 เซนติเมตร เปรียบเทียบความไวกับการทดลองปกติ

1. ออกแบบ โดยใช้แผ่นเพลทเป็นอลูมิเนียม 2 แผ่นและคอยล์เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของน้ำเมื่อไม่ได้คอยล์



รูปที่ 3.8 แสดงการวางเพลท 2 แผ่นและคอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองนี้เลือกใช้แผ่นเพลทเป็นอะลูมิเนียม และทองแดง โดยจะใช้หม้อแปลงทำหน้าที่จ่ายไฟให้แผ่นเพลท จากนั้นต่อเข้ากับแผ่นเพลทตามรูปแบบที่ออกแบบไว้ โดยแยกแต่ละขั้ว และเครื่องมือที่ใช้ในการทำการทดลองหาค่าพื้นฐานต่างๆของน้ำจะทำการแยกไว้ในแต่ละการทดลองในส่วนของการวิเคราะห์หาค่าต่างๆของน้ำเสีย

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

วิธีการวัดผลการทดลองจะทำการสังเกตด้วยสายตา ว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดมีลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนไปอย่างไรบ้างเช่นการแบ่งชั้นของน้ำ ปริมาณฟองอากาศที่เกิดบริเวณแผ่นเพลท ลักษณะการเกิดสารแขวนลอย และความใสของน้ำ และจากนั้นนำน้ำเข้าสู่กระบวนการทางเคมีเพื่อหาคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำหลังการบำบัดว่าแตกต่างจากน้ำก่อนการบำบัดอย่างไร และจากวิธีการทดลองทั้งหมด วิธีใดเหมาะสมที่สุด

3.4 วิธีการวิเคราะห์ค่าต่างๆในน้ำเสีย

3.4.1 การวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

หมายถึงส่วนของของแข็งที่เหลือค้างบนกระดาษกรองใยแก้วหลังจากการกรองน้ำตัวอย่างที่ทราบปริมาตรแน่นอน แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ $103 - 105^{\circ}\text{C}$ ทำให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนักที่เพิ่มคือ น้ำหนักของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดต่อปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระดาษกรอง GE/C (glass fiber filter) เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 ซม.
2. เครื่องกรองบุคเนอร์ (Buchner funnel)
3. เครื่องดูดสุญญากาศ (Suction pump) พร้อมขวดดูดสุญญากาศขนาด 500 – 1000 มล.
4. ถ้วยระเหย (Evaporating dishes) ทำด้วยกระเบื้องทองคำขาว หรือแก้วทนไฟ
5. เตาเผา (Muffle furnace) ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$
6. เครื่องอ่างไอน้ำ (Water bath)
7. ตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ $103 - 105^{\circ}\text{C}$
8. โถทำแห้ง (Desiccator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เครื่องชั่งละเอียด (Analytical balance) สามารถชั่งได้ถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง

การทดลอง

1. นำกระดาษกรองไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $103 - 105^{\circ} \text{C}$ เป็นเวลา 1 ชม. ปล่อยให้แห้งในโถทำให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก
2. วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดสุญญากาศ
3. ตวงปริมาตรตัวอย่างน้ำประมาณ 50 – 100 มล. (ควรให้มีค่าของแข็งที่ติดบนกระดาษกรองไม่เกิน 200 มก. หรือต่ำกว่า 1 มก.) เทลงในกรวยบุคเนอร์ และเปิดเครื่องดูดสุญญากาศจนน้ำแห้ง ล้างด้วยน้ำกลั่น 10 มล. เปิดเครื่องทิ้งไว้ 3 นาที
4. นำกระดาษกรองไปอบแห้งที่ $103 - 105^{\circ} \text{C}$ เป็นเวลา 1 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถทำให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ(มล.)}} \quad (3.1)$$

เมื่อ A = น้ำหนักของของกระดาษกรองและสารแขวนลอย (มก.)
 B = น้ำหนักของกระดาษกรอง (มก.)

3.4.2 การวิเคราะห์ของแข็งละลายน้ำ (TDS)

หมายถึงส่วนของตัวอย่างน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วแล้วนำไปใส่ด้วยระเหยที่ทราบน้ำหนักแน่นอน และนำไปประเหยด้วยไอน้ำจนแห้งแล้วจึงนำไปอบแห้งที่ $103 - 105^{\circ} \text{C}$ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคือน้ำหนักของของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด หรืออาจหาได้จากการหาค่าของของแข็งแขวนลอยหักออกจากของแข็งทั้งหมด ($\text{TS} - \text{TSS} = \text{TDS}$) โดยการทำการหาค่า TDS

เครื่องมือและอุปกรณ์ เหมือนข้อ 3.4.1 และมีเพิ่มเติมคือ

1. กระดาษกรอง GF/C (Glass Fiber Filter) เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร
2. เครื่องกรองบุคเนอร์ (Buchner Funnel)
3. เครื่องดูดสุญญากาศ (Suction Pimp) พร้อมขวดดูดสุญญากาศขนาด 500 – 1000 มิลลิลิตร

การทดลอง

1. นำตัวอย่างน้ำมากรองเอาสารแขวนลอยออกทั้งหมดก่อนโดยกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วแล้วเครื่องกรองสุญญากาศ หรืออาจนำส่วนที่ได้จากการกรองหาสารแขวนลอย

ทั้งหมดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตวงตัวอย่างน้ำที่ได้จากการกรองมา 50 – 100 มล. ใส่ด้วยระเหยนำไปอบแห้งที่ 103 – 105° C ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งชั่งน้ำหนัก (กรณีที่ของแข็งละลายน้ำน้อยมาก ให้ใช้ตัวอย่างน้ำ 250 มล.)

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งละลายน้ำ(มก./ล.)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ(มล.)}} \quad (3.2)$$

เมื่อ A = น้ำหนักของถ้วยระเหยและของของแข็งที่แห้ง (มก.)

B = น้ำหนักของถ้วยระเหย (มก.)

หรืออาจคำนวณจาก

$$\text{ของแข็งที่ละลายน้ำ(TDS) = ของแข็งทั้งหมด (TS) - ของแข็งแขวนลอย (TSS)}$$

3.4.3 การวิเคราะห์หาค่าซีโอดีด้วยวิธีฟลักซ์แบบปิด(Closed Relux, Titrimetric Method)

วิธีนี้ประหยัดกว่าวิธีฟลักซ์แบบเปิด แต่ต้องผสมตัวอย่างน้ำที่มีสารแขวนลอยให้เข้ากันให้ดีเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้อง และวิธีนี้จะสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ระเหยได้มากกว่า เนื่องจากสัมผัสกับสารออกซิไดซ์นานกว่าเหมาะสมกับตัวอย่างน้ำที่มีค่า ซีโอดี ต่ำกว่า 500 มก./ล.

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดย่อยสลาย (Digestion vessels) ใช้แก้วที่ทำด้วยบอโรซิลิเกต (borosilicate culture tubes) ขนาด 16 x 100 มม. ที่มีฝาเกลียวชนิดอีเอฟอี (Tetrafluoroethylene; TFE)
2. Heating block กล่องอลูมิเนียมตัน ลึก 45 – 50 มม. มีรูขนาดพอดีกับหลอดแก้ว
3. Block Heater หรือตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$ การใช้ตู้อบต้องแน่ใจว่าการอบ 2 ชั่วโมง ที่ 150°C จะไม่ทำให้ฝาหลอดแล้วถูกทำให้เสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมไดโครเมตสำหรับย่อยสลาย (Standard potassium digestion solution) 0.1 นอร์มัล

นำ $K_2Cr_2O_7$ อบแห้งใน $130^\circ C$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนักสารมา 4.913 กรัม ละลายน้ำกลั่น 500 มล. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 167 มล. และเติมปรอทซัลเฟต 33.3 กรัม ทิ้งให้ละลายและปล่อยให้เย็นจึงเอามาเจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 1000 มล

2. กรดซัลฟูริกที่เติมซิลเวอร์ซัลเฟต (Conc. sulfuric acid with silver sulfate)

ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 22 กรัมลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้นซึ่งมีน้ำหนัก 4.1 กิโลกรัม (2.5 ลิตร) ทิ้งไว้ 1-2 วัน ซิลเวอร์ซัลเฟตจึงจะละลาย

3. เฟอโรอิน อินดิเคเตอร์ (Ferroun Indicator)

ละลาย 1,10 -phenanthroline monohydrate ($C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$) 1.485 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเติมไอออน (II) ซัลเฟตแอมโมเนีย ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.695 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้ได้ 100 มิลลิลิตร

4. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulfate - FAS) 0.005 นอร์มัล

ละลาย $Fe (NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ จำนวน 39 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) ลงไป 20 มล. ทำให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นลงไปจนครบปริมาตร 1 ลิตร

สารละลายนี้ต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมไดโครเมตทุกครั้งก่อนใช้โดยเติมสารเคมีทุกชนิดตามตาราง 3.4 ลงในหลอดแก้วขนาดที่ต้องการโดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างน้ำ ทิ้งให้เย็นแล้วนำมาไทเทรตกับสารละลาย Ferrous ammonium sulfate (FAS) โดยใช้ ferroun จำนวน 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีฟ้าอมเขียวและเป็นสีน้ำตาลแดงที่จุดยุติ

$$\text{Normality of FAS solution} = \frac{\text{ml } K_2Cr_2O_7 \times 0.10}{\text{ml } Fe (NH_4)_2(SO_4)_2} \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงปริมาณของตัวอย่างน้ำและสารเคมีสำหรับหลอดแก้วขนาดต่างๆ

หลอดย่อยสลาย	ปริมาตรน้ำ (ml)	ปริมาตรสารละลาย โพแทสเซียมไดโครเมต สำหรับย่อยสลาย (ml)	สารละลาย กรดซัลฟูริก (ml)	ปริมาตรรวม (ml)
หลอดแก้ว				
16 x 100 mm	2.5	1.5	3.5	7.5
20 x 150 mm	5.0	3.0	7.0	15.0
25 x 150 mm	10.0	6.0	14.0	30.0
Standard 10- ml ampule	2.5	1.5	3.5	7.5

การทดลอง

ปนเปื้อน

1. ล้างหลอดแก้วและฝาด้วยกรดซัลฟูริก 20 % ก่อนใช้ทุกครั้งเพื่อป้องกันการปนเปื้อน

2. หลอดแก้วที่ใช้หาค่าซีโอดีมีหลายขนาด ควรเลือกใช้ขึ้นกับค่าซีโอดีที่มีในตัวอย่างน้ำ ในกรณีที่ค่าซีโอดีต่ำ (< 50 มก./ล) ให้ใช้หลอดแก้วขนาด 25 x 150 มม. ถ้าค่าซีโอดีสูงใช้ตัวอย่างน้ำปริมาณน้อยจึงใช้หลอดแก้วขนาดเล็ก (16 x 100 มม.) เพราะใช้สารเคมีน้อยที่สุด ดังนั้นตัวอย่างน้ำที่มีค่าซีโอดีต่ำมากๆ ค่ามักจะผิดพลาดเนื่องจากตัวอย่างน้ำน้อยเกินไป

3. เมื่อเลือกขนาดหลอดแก้วได้แล้วให้ใช้ใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำ และสารเคมีตามตารางที่ 3.2 โดยเติมตัวอย่างน้ำลงในหลอดแก้วแล้วเติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตสำหรับย่อยสลายแล้วค่อยๆ เติมสารละลายกรดซัลฟูริกให้เกิดชั้นกรดที่อยู่ก้นแก้ว ปิดฝาให้แน่นพอดี แล้วกลับไปมาเพื่อให้สารละลายผสมกันดี

ข้อควรระวัง ควรสวมถุงมือเพื่อป้องกันความร้อนขณะกลับหลอดแก้วไปมา และควรผสมสารละลายให้เข้ากันก่อนให้ความร้อนเพื่อป้องกันการระเบิด

4. นำหลอดแก้วใส่ลงในฮีทติ้งบล็อกหรือตู้อบที่ 150°C แล้วต้มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำหลอดแก้ววางลงในขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เปิดฝาหลอดแก้วแล้วใส่แท่งแม่เหล็กกวนขนาดเล็กๆ ที่หุ้ม TFE แล้วเติมเฟอร์โรอิน อินดิเคเตอร์ 1 – 2 หยด คนอย่างรวดเร็วบนเครื่องกวนแม่เหล็กแล้วไทเทรตกับ FAS 0.05 นอร์มัลจนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง หรือทดสอบละลายจากหลอดแก้วลงขวดรูปกรวยก็ได้เพื่อความสะดวกในการไทเทรต แต่ต้องใช้น้ำกลั่นฉีดล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมด

6. ทำแบลนด์ด้วยทุกครั้ง โดยใช้สารเคมีและน้ำกลั่นปริมาตรเท่ากับตัวอย่างน้ำ

การคำนวณ

$$\text{ซีโอดี (มก. O}_2\text{/ล.)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มล.)}} \quad (3.4)$$

เมื่อ A = ปริมาณของ FAS ที่ใช้ไทเทรตแบลนด์ (มล.)
 B = ปริมาณของ FAS ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่างน้ำ (มล.)
 N = ความเข้มข้นของ FAS (นอร์มัล)

3.4.4 การหาค่าซีโอดี

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ $20 \pm 1^\circ\text{C}$
2. เครื่องเติมอากาศ
3. ตู้บ่ม (Incubator) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ $20 \pm 1^\circ\text{C}$ และไม่มีแสงเข้าภายใน
4. ขวดบีโอดีพร้อมจุก ขนาดมาตรฐาน 300 มล.
5. กระบอกตวงขนาด 1000 มล.
6. แท่งแก้วสำหรับการเจือจางน้ำตัวอย่าง (plunger type mixed rod)
7. เครื่องวัดซีโอแบบเมมเบรน อิเล็กโทรด
8. เครื่องแก้วอื่นๆ

สารเคมี

1. น้ำกลั่น 2 ครั้ง (ต้องมีทองแดงน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร)

กรณีที่ต้องเจือจางน้ำตัวอย่าง ทำโดยเตรียมน้ำที่ใช้สำหรับเจือจาง โดยน้ำกลั่นมาแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 20°C และพ่นอากาศก่อนทำการเจือจางอย่างน้อย 1 ชั่วโมงและเติมสารเคมีข้อ 2 – 4 อย่างละ 1 มล. ต่อน้ำ 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เตรียมโดยละลาย anhydrous CaCl_2 27.5 กรัม ในสารละลาย 1 ลิตร
3. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ เตรียมโดยละลาย $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.25 กรัม ในน้ำ ปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1 ลิตร
4. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมโดยละลาย $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 22.5 กรัม ในน้ำและปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1 ลิตร
5. สารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต พีเอช 7.2 ละลาย KH_2PO_4 8.50 กรัม K_2HPO_4 21.75 กรัม $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 33.40 กรัม และ NH_4Cl 1.70 กรัม ในน้ำและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
6. หัวเชื้อที่ต้องเติมสามารถหาได้จากส่วนผิวบนของน้ำโสโครกจากบ้านเรือน โดยนำมาเก็บที่ 20°C อย่างน้อย 24 - 36 ชั่วโมง หรือใช้น้ำที่อยู่จุดท้ายน้ำโรงงานอุตสาหกรรม เป็นหัวเชื้อ กรณีที่นำน้ำเสียจากโรงงานอื่นๆ มาวิเคราะห์โดยมีคาร์บอนเชิงเชื้อในห้องทดลองก่อน
7. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม ในน้ำ และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
8. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ ละลาย NaSO_3 1.575 กรัม และปรับให้เป็น 1 ลิตร ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง
9. สารละลายกลูโคสและกรดกลูตามิก นำกลูโคสและกรดกลูตามิกไปอบแห้งที่ อุณหภูมิ 105°C 1 ชั่วโมง นำไปใส่เคสซิเตอร์เมื่อเย็นซึ่งอย่างละ 150 มิลลิกรัมนำไปละลายและ ใส่ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1 ลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

การทดลอง

1. บรรจุน้ำที่ใช้ในการเจือจางลงขวดบีโอดี 3 ขวด ให้เต็มขวดด้วยวิธีกลักน้ำ และให้ไหลรินลงตามคอขวด ไม่ให้มีฟองอากาศค้างในขวดแล้วปิดจุกแก้ว
2. ขวดที่ 1 ทำการวัดค่าบีโอดีทันที เป็นค่า DO_0
3. ขวดที่ 2 นำไปบ่มที่ 20°C เป็นเวลา 5 วันแล้ววัดค่าบีโอดีเป็น DO_5 ขณะที่บ่ม ต้องมีน้ำหล่อบนฝาจุกแก้วแล้วปิดจุกพลาสติกครอบที่จุกแก้วอีกครั้ง เพื่อป้องกันการระเหยของ น้ำที่หล่อเหนือจุกแก้ว
4. ค่า $\text{DO}_0 - \text{DO}_5$ ต้องน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้ามากกว่าแสดงว่ามีผลต่อ ความถูกต้องในการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายมาตรฐานกลูโคสและกรดกลูตามิก

1). ใช้การเจือจางโดยตรง ปิเปตสารละลายกลูโคสและกลูตามิก มา 5 มล. ลงในขวดบีโอดี เติมน้ำที่ใช้สำหรับการเจือจางลงไปจำนวน 3 ขวด ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศภายใน เช่นเดียวกับ การบรรจุน้ำที่ใช้เจือจาง

2). คว่ำสลับหงายขวดให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกันทั้งขวด เติมน้ำที่ใช้สำหรับการเจือจางหล่อไว้ที่จุกแก้วด้วย

3). วัดค่าบีโอดีที่ขวดที่ 1 ทันทีเป็นค่า DO_0

4). ขวดที่ 2 และ 3 นำไปบ่มที่ $20^{\circ}C$ เป็นเวลา 5 วันแล้ววัดค่าบีโอดีเป็น DO_5

5). คำนวณหาค่าบีโอดี

น้ำตัวอย่าง

1). เก็บน้ำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มายังห้องปฏิบัติการ บันทึกข้อมูลแหล่งที่เก็บนำมาโดยละเอียด

2). ตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพ เช่น สี ความขุ่น กลิ่น ค่าพีเอช ข้อมูลของแหล่งน้ำ เพื่อตัดสินใจเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเจือจางว่าควรเจือจางเท่าไร

3). เตรียมน้ำตัวอย่างตามทฤษฎี เช่นการปรับพีเอช การกำจัดคลอรีนตกค้าง การเจือจาง ฯลฯ จากนั้นจึงถ่ายน้ำลงขวดบีโอดีตามวิธี ชุดละ 3 ขวด โดยขวดที่หนึ่งใช้หาค่า DO_0 ทันที อีก 2 ขวดนำไปบ่มที่ $20^{\circ}C$ ไว้สำหรับหาค่า DO_5 กรณีที่ไม่ต้องเจือจาง

4). กรณีที่ต้องเจือจางต้องทำ 3 ชุดของความเข้มข้น ดูจากตารางที่ 2.2

- ให้เติมน้ำที่ใช้สำหรับการเจือจางลงในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตรด้วยวิธีการกักน้ำลงประมาณ 500 มล.ปิเปตน้ำตัวอย่างตามตารางที่ 2.1 ระบุไว้ โดยจุ่มปลายปิเปตลงใต้ผิวน้ำ

- ทำการเติมน้ำสำหรับการเจือจางให้ไหลรินตามข้างกระบอกตวงจนถึง 1 ลิตร คอขวดจนเต็ม และไม่มีฟองอากาศเลย เมื่อปิดจุกต้องมีน้ำหล่อค้างอยู่

5). กรณีที่ต้องเติมหัวเชื้อในน้ำตัวอย่างและต้องเจือจาง

- ทำเช่นเดียวกับข้อ 4 แต่ให้เติมหัวเชื้อ 2 มล. ลงน้ำก่อนปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ผสมให้เข้ากันและบรรจุขวดบีโอดีด้วยวิธีเช่นเดียวกัน

- ทำชุดควบคุมที่มีหัวเชื้อเพิ่มอีก 1 ชุด โดยใส่หัวเชื้อ 2 มล.กับน้ำที่ใช้เจือจางจนได้ 1 ลิตร แต่ไม่ต้องมีน้ำตัวอย่างเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ของคณะผู้จัดทำเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\ - ขวดที่ 2 และ 3 ของแต่ละชุด น้ำไปบ่มที่ 20°C เป็นเวลา 5 วันแล้ววัดค่าดีไอ เป็น DO₅

6). กำหนดค่าบีโอดี

- กรณีมีการเจือจาง ชุดความเข้มข้นที่เจือจางนั้น ค่า DO₅ ต้องไม่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการใช้ออกซิเจน (DO₀ - DO₅) ไม่น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิเคราะห์จึงเชื่อถือได้

การคำนวณ

ก. เมื่อไม่เจือจาง

$$BOD_5 = DO_0 - DO_5 \quad (3.5)$$

เมื่อ BOD₅ = ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (มิลลิกรัมต่อลิตร)

DO₀ = ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำได้คำนวณจากการวัดหรือการไทเทรตเมื่อเตรียมน้ำตัวอย่างทันที (โดยไม่เจือจาง)

DO₅ = ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำได้คำนวณจากการวัดหรือการไทเทรตเมื่อบ่มครบ 5 วัน

ข. เมื่อเจือจางน้ำตัวอย่าง

1. ไม่เติมหัวเชื้อ

$$BOD = \frac{D_1 - D_2}{P} \quad (3.6)$$

2. เติมหัวเชื้อ

$$BOD = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) \times f}{P} \quad (3.7)$$

เมื่อ D₁ = ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำตัวอย่างเมื่อวัดหลังเจือจางน้ำทันที

D₂ = ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำตัวอย่างเมื่อวัดหลังจากเจือจางน้ำและบ่มเป็นเวลา 5 วัน

B₁ = ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในชุดควบคุมที่เติมหัวเชื้อโดยวัดทันที

B₂ = ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในชุดควบคุมที่เติมหัวเชื้อโดยวัด

หลังจากบ่ม 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 f &= \text{อัตราส่วนของหัวเชื้อในน้ำตัวอย่างต่อกลุ่มที่ควบคุม} \\
 &= (\% \text{ หัวเชื้อใน } D_1) / (\% \text{ หัวเชื้อใน } B_1) \\
 P &= \text{สัดส่วนที่ทำการเจือจางน้ำ}
 \end{aligned}$$

$$\text{การแก้ค่าเนื่องมาจากหัวเชื้อ} = (B_1 - B_2) * f$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลจากเว็บไซต์

4.1.1 หน้าเว็บไซต์หน้าแรก



รูปที่ 4.1 แสดงผลของหน้าเว็บไซต์

หน้าเริ่มต้นในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ ในเว็บไซต์ เช่น หน้าบทนำ หน้าบทความ หน้าสาระความรู้ เป็นต้น

4.1.2 หน้าบทนำ เป็นการกล่าวถึงที่มาของโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการและขอบเขตของโครงการ โดยจะมีปุ่มสำหรับติดต่อ กลับไปยังหน้าแรก และหน้าหลักอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงส่วนที่เป็นบทนำ

4.1.3 หน้าบทความ



รูปที่ 4.3 หน้าบทความของเว็บไซต์

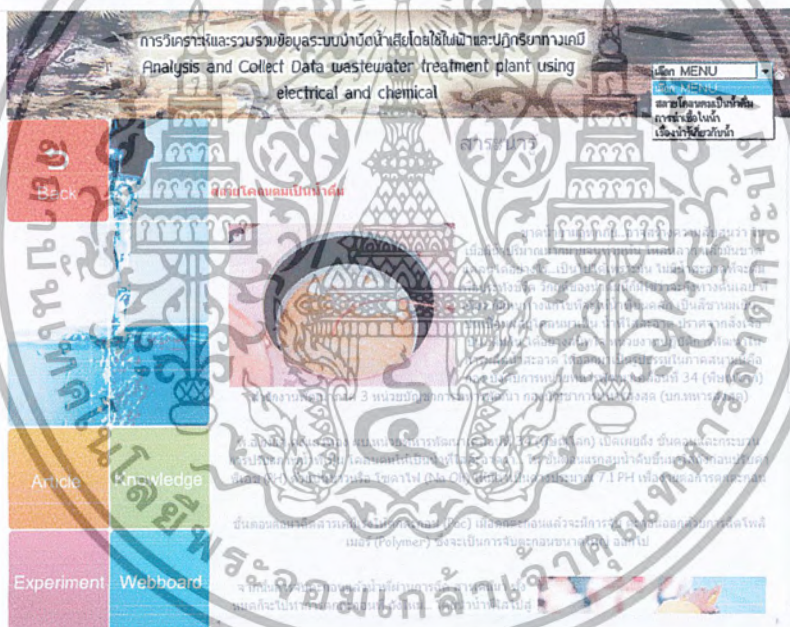
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าบทความ เป็นหน้าเว็บไซต์ที่กล่าวถึงบทความต่างๆที่เกี่ยวข้องกับ โครงการดังนี้

- 1.คุณสมบัติของน้ำ
- 2.การวิเคราะห์น้ำเสีย
- 3.น้ำเสีย
- 4.ลักษณะของน้ำเสีย
- 5.กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

โดยภายในบทความจะมีลิงค์ติดต่อกำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ไปยังหน้าคำศัพท์นั้นๆ ที่ต้องการทราบ และจะมีปุ่มสำหรับติดต่อ กลับ ไปยังหน้าแรก และหน้าหลักอื่นๆ

4.1.4 สารหน้ารู้



รูปที่ 4.4 หน้าสารหน้ารู้

หน้าสารหน้ารู้เป็นหน้าที่แสดงถึงสารหน้ารู้ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับน้ำ โดยมีแถบเลื่อนสำหรับเลือกบทความสารหน้ารู้ต่างๆ บริเวณบนขวามือของหน้าเว็บดังกล่าวและจะมีปุ่มสำหรับติดต่อกลับไปยังหน้าแรก และหน้าหลักอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ภาพวงจรโดยรวม



รูปที่ 4.5 รูปวงจรสวิทช์และคัทเอาต์

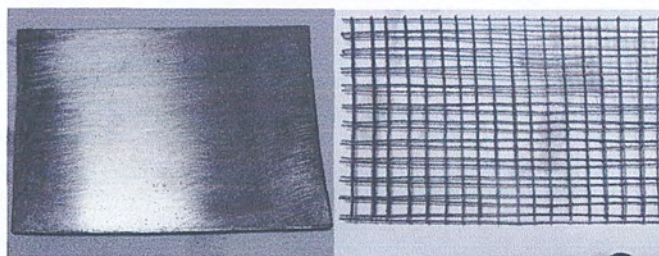


รูปที่ 4.6 วงจรแปลงไฟจาก AC เป็น DC

4.3 ผลที่ได้จากการบำบัดน้ำเสีย

จากการออกแบบการทดลองโดยกำหนดขนาดแผ่นเพลต อลูมิเนียม 7x11 cm ขนาดของ ตะแกรง 7x11cm และปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลอง 1 ลิตร โดยน้ำเสียที่ได้เป็นน้ำเสียจาก โรงงานผลิตกล่องกระดาษของบริษัท เอนวิแลป จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทซึ่งรับตีพิมพ์สัญลักษณ์ บน กล่องกระดาษลูกฟูก โดยน้ำเสียที่ต้องการการบำบัดจะได้จากการล้างแม่พิมพ์ของเครื่องตีพิมพ์ เมื่อต้องการเปลี่ยนแม่สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แผ่นเพลตอลูมิเนียม และตะแกรงขนาด 7x11 เซนติเมตร

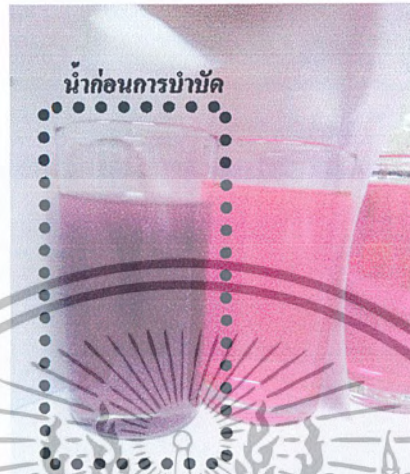


รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะน้ำเสียของบริษัท เอนวิแลป จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ข้อมูลแสดงลักษณะของน้ำเสียก่อนการบำบัดของน้ำ

4.3.1.1 น้ำก่อนการบำบัดที่ได้ครั้งแรกจากโรงงานผลิตถลุงกระดาษ



รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะน้ำก่อนการบำบัดที่ได้มาครั้งแรก

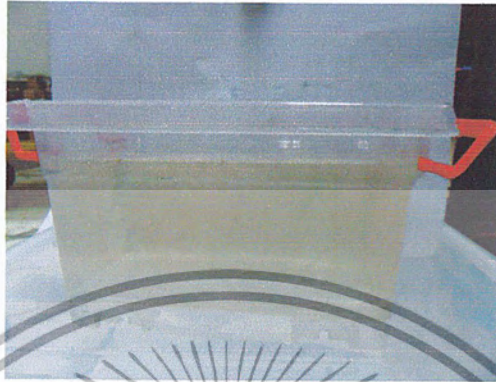
4.3.1.2 น้ำก่อนการบำบัดที่ได้ครั้งที่สองจากโรงงานผลิตถลุงกระดาษ



รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะน้ำก่อนการบำบัดที่ได้มาครั้งที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.3 น้ำก่อนการบำบัดที่ได้จากคลองราชาเทวะท่าวัดกิ่งแก้ว อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ



รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะน้ำก่อนการบำบัดที่ได้จากคลองราชาเทวะท่าวัดกิ่งแก้ว อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลน้ำเสียก่อนการบำบัด

ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด			มาตรฐาน
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	คลอง	
Color	ม่วงเข้ม	เขียวขี้ม้า	เหลืองอ่อน	-
pH	6.96	6.04	8.25	5.5 - 9.0
BOD(mg/l)	216.325	316.162	116.487	<20
COD(mg/l)	1081.60	1580.83	582.48	<120
SS(mg/l)	75.8	178.9	25.1	<50
TDS(mg/l)	3300	4500	3900	<2000
Conductivity(mS/cm)	53	74	54.5	-

4.3.2 ออกแบบโดยกำหนดความต่างศักย์คงที่เท่ากับ 30 โวลต์ แต่เปลี่ยนแปลงระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ

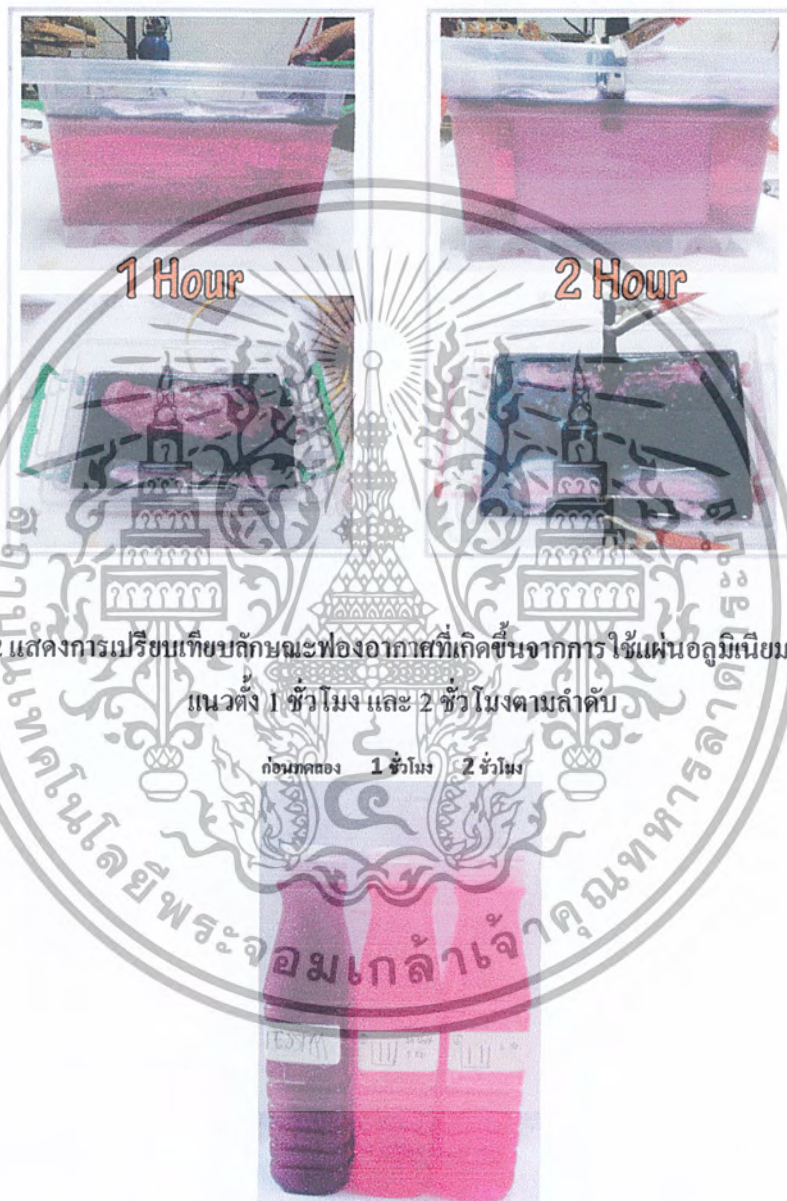
4.3.2.1 ลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่นเพลตเป็น

อะลูมิเนียม 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และระยะเวลา 2 ชั่วโมงตามลำดับโดยใช้น้ำที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าเห็นชอบหรือรับรองโดยหน่วยงานใด ๆ จากโรงงานผลิตตลอดครั้งแรก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.1 ลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่นพอลิเป็นอะลูมิเนียม 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และระยะเวลา 2 ชั่วโมงตามลำดับโดยใช้น้ำที่ได้จากโรงงานผลิตคอกครั้งแรก

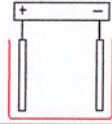


รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้แผ่นอลูมิเนียม 2 แผ่น วางแนวตั้ง 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ

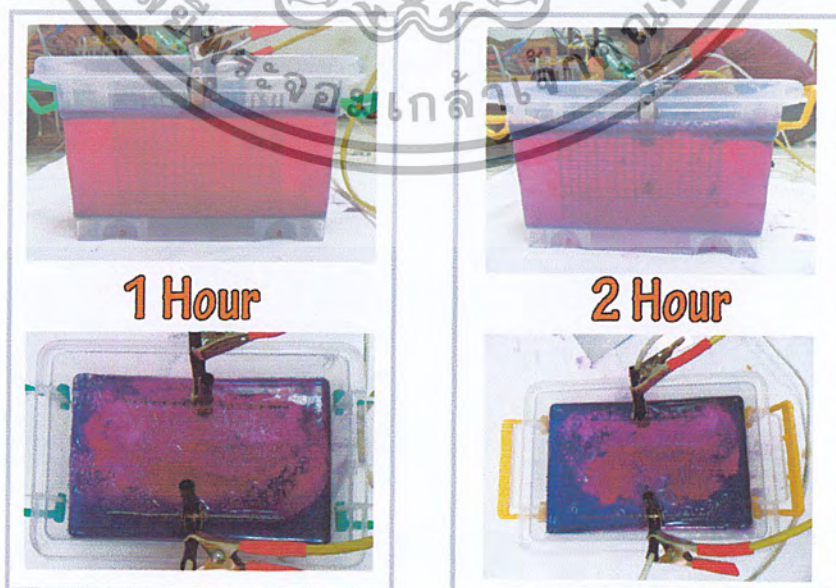
รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำจากการใช้แผ่นอลูมิเนียม 2 แผ่น วางแนวตั้ง 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่นเพลต เป็นอะลูมิเนียม 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และระยะเวลา 2 ชั่วโมงตามลำดับ

ลักษณะการทดลอง			
ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด	น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัด(ระยะเวลา)	
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
Color	มัวงเข้ม	ชมพู	ชมพู
pH	6.96	6.87	7.31
BOD(mg/l)	216.325	163.397	116.420
COD(mg/l)	1081.60	817.72	582.64
SS(mg/l)	75.8	7.3	2.8
TDS(mg/l)	3300	2940	2500
Conductivity(mS/cm)	53	40.9	42.1

4.3.2.2 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่นตะแกรง 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมงและ 2 ชั่วโมงตามลำดับโดยใช้น้ำที่ได้จากโรงงานผลิตกล่องครั้งแรก



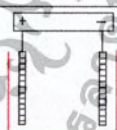
รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้ตะแกรง 2 แผ่นวางแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำจากการใช้ตะแกรง 2 แผ่นวางแนวตั้ง 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่นตะแกรง 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมงและ 2 ชั่วโมงตามลำดับ

ลักษณะการทดลอง			
ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด	น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัด(ระยะเวลา)	
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
Color	ม่วงเข้ม	ชมพู	ชมพู
pH	6.96	6.95	7.31
BOD(mg/l)	216.325	184.874	137.021
COD(mg/l)	1081.60	924.39	685.21
SS(mg/l)	75.8	8.4	4.9
TDS(mg/l)	3300	3010	2950
Conductivity(mS/cm)	53	54	42.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.3 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่นเพลดเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับโดยใช้น้ำที่ได้จากโรงงานผลิตคด่องครั้งแรก

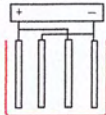


รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้แผ่นเพลดเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ

รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำจากการใช้แผ่นเพลดเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ออกแบบโดยใช้แผ่นเพลตเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ

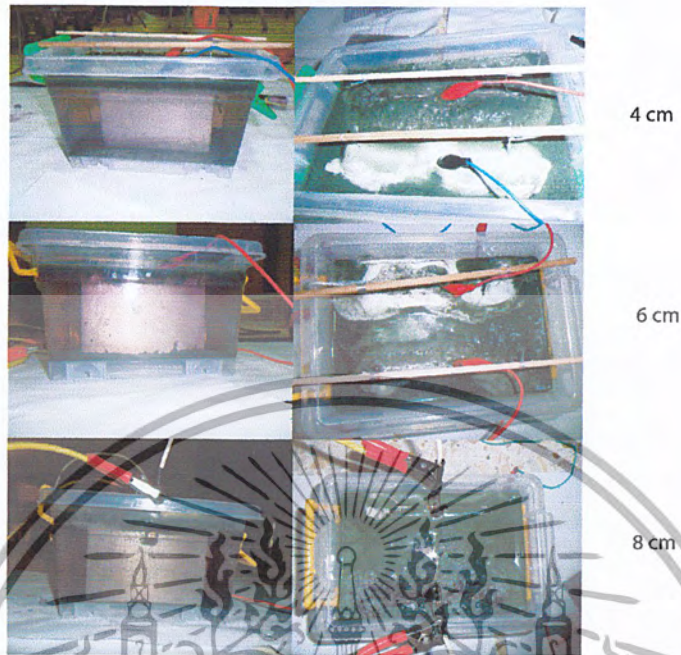
ลักษณะการทดลอง			
ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด	น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัด(ระยะเวลา)	
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
Color	มัวขุ่น	ชมพู	ชมพู
pH	6.96	6.97	7.26
BOD(mg/l)	216.325	149.673	91.751
COD(mg/l)	1081.60	748.31	459.02
SS(mg/l)	75.8	9.1	4.2
TDS(mg/l)	3300	2740	2450
Conductivity(mS/cm)	153	42.4	42.3

4.3.3 ออกแบบการทดลองโดยกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าคงที่ คือ 0.2 แอมแปร์ และเวลาคงที่ คือ 1 ชั่วโมง แต่มีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างของแผ่นเพลตโดยใช้น้ำที่ได้จากโรงงานผลิตกล่องครั้งที่สอง



รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำจากการใช้แผ่นเพลตเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แต่กำหนดระยะห่างของแผ่น 4 6 และ 8 เซนติเมตรตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



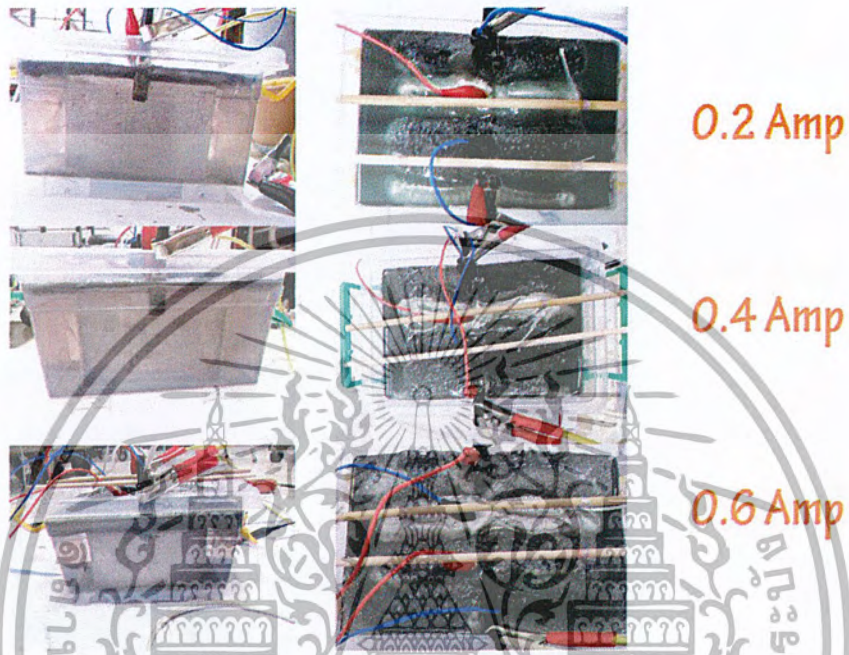
รูปที่ 4.19 แสดงแสดงการเปรียบเทียบลักษณะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้แผ่นเพลตเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 2 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แต่กำหนดระยะห่างของแผ่น 4 6 และ 8 เซนติเมตรตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำเมื่อเปลี่ยนระยะห่างของแผ่น

ลักษณะการทดลอง		น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัด(ระยะห่างแผ่นเพลต)		
ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด	4 เซนติเมตร	6 เซนติเมตร	8 เซนติเมตร
	Color	เขียวขี้ม้า	ใสอมเทา	ใสอมส้ม
pH	6.04	6.61	6.67	6.50
BOD(mg/l)	316.162	183.041	183.048	282.884
COD(mg/l)	1580.83	915.22	915.22	1414.41
SS(mg/l)	178.9	3.1	7.3	10.4
TDS(mg/l)	4500	3460	3500	3700
Conductivity(mS/cm)	74	64	74	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ออกแบบโดยใช้ระยะของแผ่นเพลท 4 แผ่นคงที่โดยเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร ระยะเวลา 1 ชั่วโมงแต่เปลี่ยนปริมาณกระแสไฟฟ้าโดยใช้น้ำที่ได้จากโรงงานผลิตคล่องครั้งที่สอง



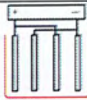
รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้แผ่นเพลทเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4 แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แต่กำหนดขนาดของกระแสไฟฟ้า 0.2, 0.4, และ 0.6 แอมแปร์ตามลำดับ



รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำจากการใช้แผ่นเพลทเป็นอะลูมิเนียมอย่างละ 4

แผ่น ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แต่กำหนดขนาดของกระแสไฟฟ้า 0.2, 0.4, และ 0.6 แอมแปร์ตามลำดับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยูห้เห็นประโยชน์อันดีจากการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำเมื่อเปลี่ยนกระแสไฟฟ้า

ลักษณะการทดลอง				
ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด	น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัด(ปริมาณกระแสไฟฟ้า)		
		0.2 แอมแปร์	0.4 แอมแปร์	0.6 แอมแปร์
Color	เขียวขี้ม้า	ชมพูอ่อน	ชมพูอ่อน	ชมพูอ่อน
pH	6.04	6.32	6.74	7.20
BOD(mg/l)	316.162	282.882	249.635	183.044
COD(mg/l)	158.83	1414.42	1248.63	915.23
SS(mg/l)	178.9	9.2	8.7	2.8
TDS(mg/l)	4500	3600	2640	2500
Turbidity(ntu)	74	61.2	74	61.5

4.3.5 ออกแบบโดยกำหนดกระแสไฟฟ้าคงที่เท่ากับ 0.2 แอมแปร์ และเวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง ระยะห่างแผ่นเพลท เท่ากับ 8 เซนติเมตร แต่เปลี่ยนจำนวนรอบของคอลลีโดยใช้น้ำที่ได้จากโรงงานผลิตคอลลีครั้งที่สอง



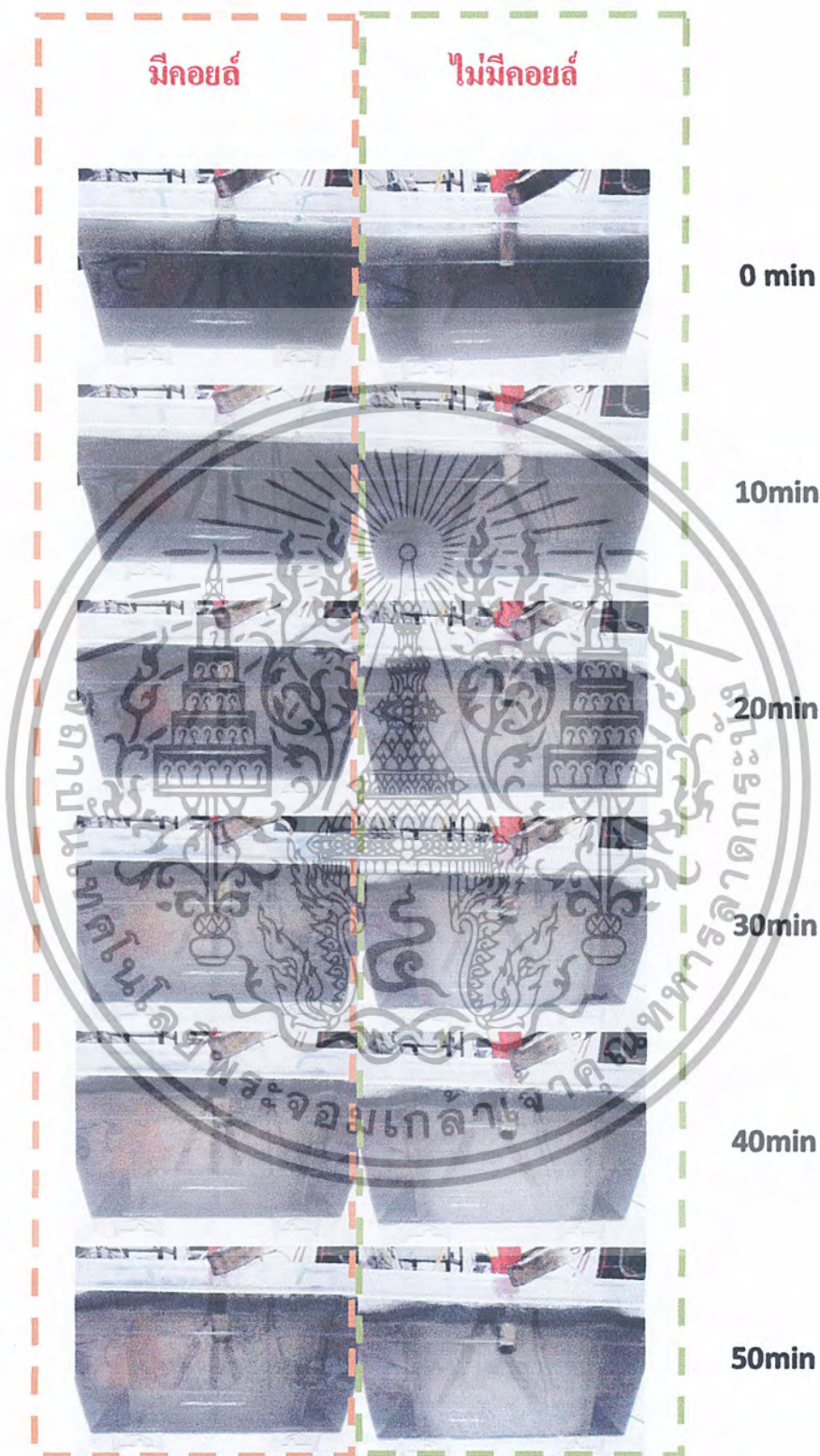
มีคอลลี



ไม่มีคอลลี

รูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการเกิดปฏิกิริยาในระยะเวลาที่ต่างกัน ของการทดลอง

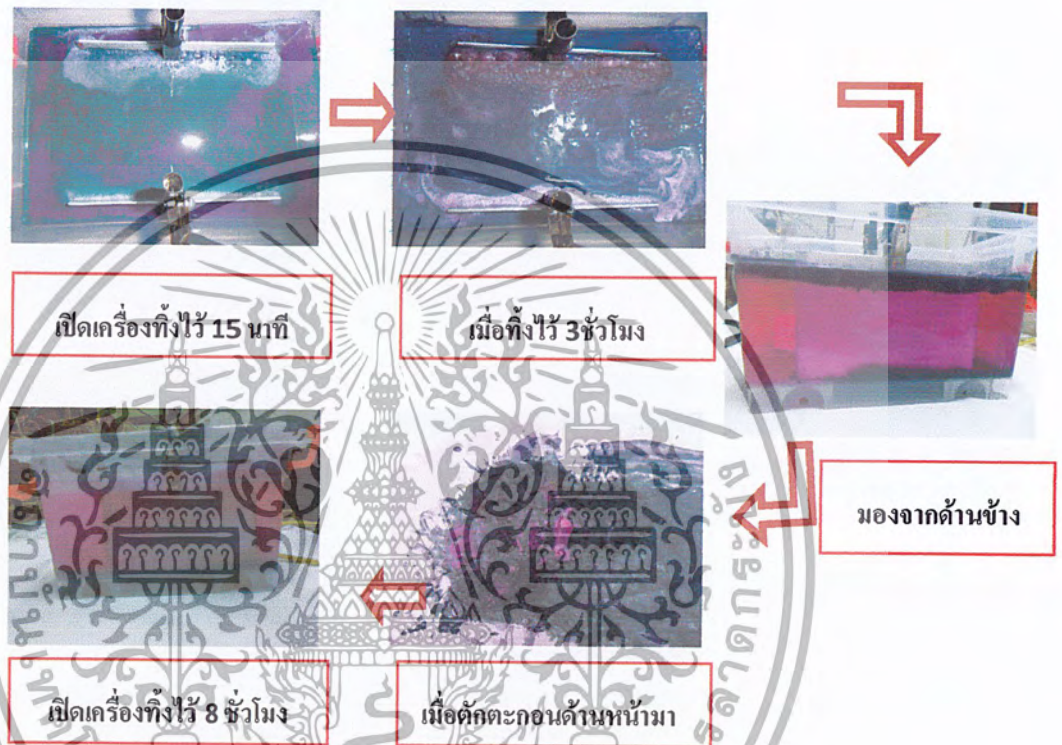
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้แบบมีคอลลี กับแบบไม่มีคอลลี อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แสดงระยะเวลาเปรียบเทียบระหว่างมีคอยล์กับไม่มีคอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ทำการออกแบบโดยใช้แผ่นเพลตอลูมิเนียม 2 แผ่นวางเป็นแนวตั้ง ระยะเวลา 8 ชั่วโมงโดยใช้น้ำที่ได้จากโรงงานผลิตกล่องครั้งแรกและนำผ่านการแกว่งสารส้มและทิ้งตกตะกอน 12 ชั่วโมง



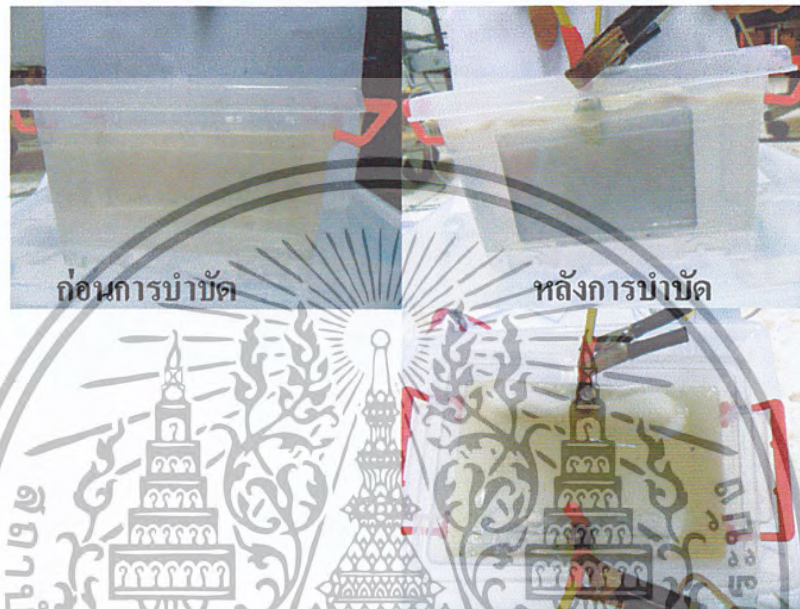
รูปที่ 4.24 แสดงลักษณะของน้ำเสียเมื่อผ่านการบำบัด 8 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลแสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ทำการออกแบบโดยใช้แผ่นเพลตอลูมิเนียม 2 แผ่นวางเป็นแนวตั้ง ระยะเวลา 8 ชั่วโมง

ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด	น้ำหลังการบำบัด
Color	มัวงเข้ม	ชมพู
pH	6.96	4.42
BOD(mg/l)	216.325	83.263
COD(mg/l)	1081.60	416.92
SS(mg/l)	75.8	1.2
TDS(mg/l)	3300	8200
Conductivity(mS/cm)	53	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.7 แสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ทำการออกแบบโดยใช้แผ่นเพลดอคูมิเนียม 4 แผ่นวางเป็นแนวตั้ง ระยะเวลา 1 ชั่วโมง กระแส 0.6 แอมแปร์โดยใช้น้ำที่ได้จากคลองราชาเทวะท่าวัดกิ่งแก้ว อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ



รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำก่อนการทดลองและหลังผ่านการทดลอง 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลแสดงลักษณะของน้ำเสียหลังบำบัดของน้ำที่ทำการออกแบบโดยใช้แผ่นเพลดอคูมิเนียม 4 แผ่นวางเป็นแนวตั้ง ระยะเวลา 1 ชั่วโมง กระแส 0.6 แอมแปร์โดยใช้น้ำที่ได้จากคลองราชาเทวะท่าวัดกิ่งแก้ว อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ

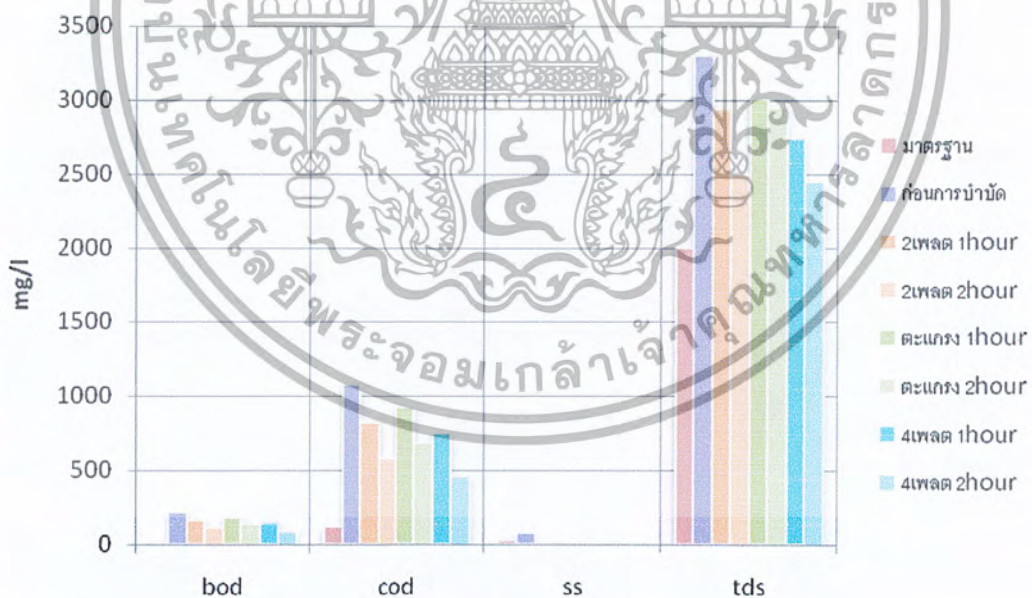
ลักษณะสมบัติ	น้ำก่อนการบำบัด	น้ำหลังการบำบัด
Color	เหลืองอ่อน	ใสอมเหลือง
pH	8.25	8.15
BOD(mg/l)	116.487	16.649
COD(mg/l)	582.48	83.26
SS(mg/l)	25.1	0.5
TDS(mg/l)	3920	2110
Conductivity(mS/cm)	54.5	36.6

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง 4.3.2 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา โดยสามารถสังเกตได้จากปริมาณตะกอนที่ผิวหน้าของน้ำหลังจากการบำบัด และจากแผนภูมิที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่าค่าองค์ประกอบลดลงจากน้ำก่อนการบำบัดทั้งหมดแต่ยังมากกว่าค่ามาตรฐานตามพรบ.กำหนด แต่สีของน้ำที่ได้จากการบำบัด 1 และ 2 ชั่วโมง เมื่อดูด้วยตาเปล่าจะมีสีเหมือนกันคือ สีชมพู และลักษณะของแผ่นเพลทที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยายังมีแผ่นเพลทมากความเร็วยิ่งมากขึ้น โดยจากการหาค่าองค์ประกอบของน้ำ เมื่อทดลองใช้แผ่นเพลทเป็นตะแกรงมีค่าลดลงน้อยสุดและ 4 แผ่นเพลทมีอัตราการลดลงมากที่สุด โดยเมื่อเทียบกับแบบ 2 แผ่นเพลทมีอัตราการลดลง 1.2 เท่าทั้งค่า COD BOD และ TDS จึงสามารถสรุปได้ว่า พื้นที่ผิวสัมผัสของแผ่นเพลทมีผลด้วยเช่นกันยังมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากยังมีปฏิกิริยาเร็วขึ้น จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่า pH มากขึ้นตามระยะเวลา กล่าวคือน้ำมีความเป็นกลางมากขึ้นเมื่อระยะเวลามากขึ้น

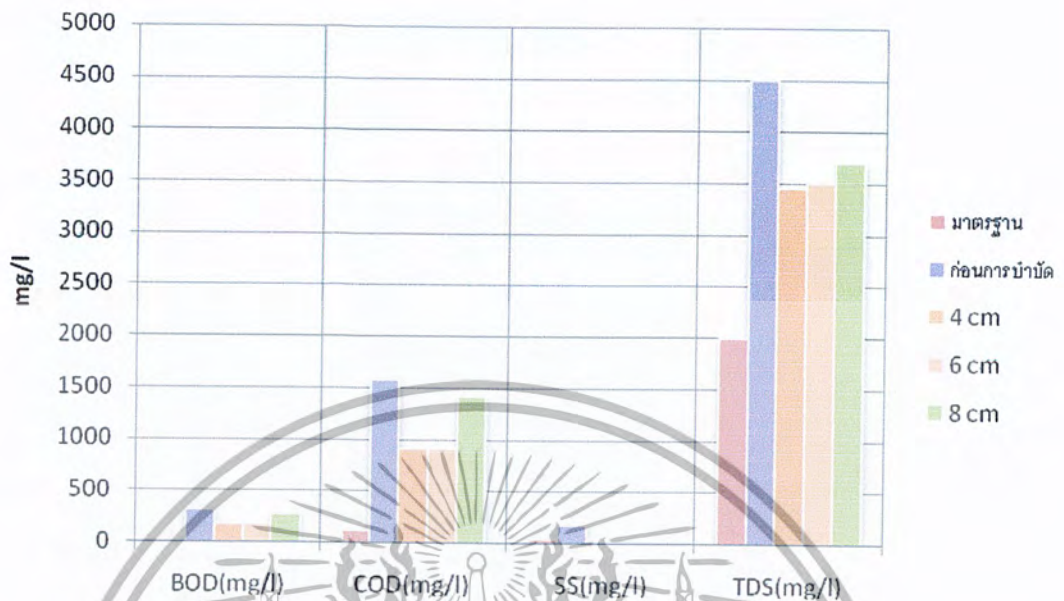


รูปที่ 5.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบในหัวข้อ 4.3.2

จากการทดลอง 4.3.3 โดยกำหนดกระแสไฟฟ้าคงที่ เท่ากับ 0.2แอมแปร์ แต่เปลี่ยนแปลงระยะเวลาเพลท จะได้ว่า ระยะห่างของแผ่นเพลทนั้นมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของน้ำแต่ไม่มีต่อการเปลี่ยนแปลงต่อ pH ของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสังเกตจากปริมาณฟองและตะกอนบนผิวน้ำ ยิ่งระยะใกล้ยิ่งมีปริมาณฟองมากขึ้น และสีของน้ำจะใสมากขึ้น



รูปที่ 5.2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบในหัวข้อ 4.3.3

จากรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าระยะห่างมีผลต่ออัตราการลดลงของค่าองค์ประกอบแต่ละระยะห่าง 4 กับ 6 เซนติเมตรแทบไม่มีผลต่างกัน ซึ่งเมื่อเทียบกับ 8 เซนติเมตร ค่า COD จะลดลงมากกว่าประมาณ 4 เท่าและ TDS ลดมากกว่า 1.25 เท่า

จากการทดลอง 4.3.4 เป็นการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้า ยิ่งกระแสไฟฟ้ามากขึ้นยิ่งมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น โดยอัตราการลดของค่า COD 0.4 แอมแปร์มากกว่า 0.2 แอมแปร์ 2 เท่า และ 0.6 แอมแปร์ ลดมากกว่า 0.4 แอมแปร์ 2 เท่า แต่ความใสยังไม่สามารถระบุได้เนื่องจากสีค่อนข้างใกล้เคียงกัน

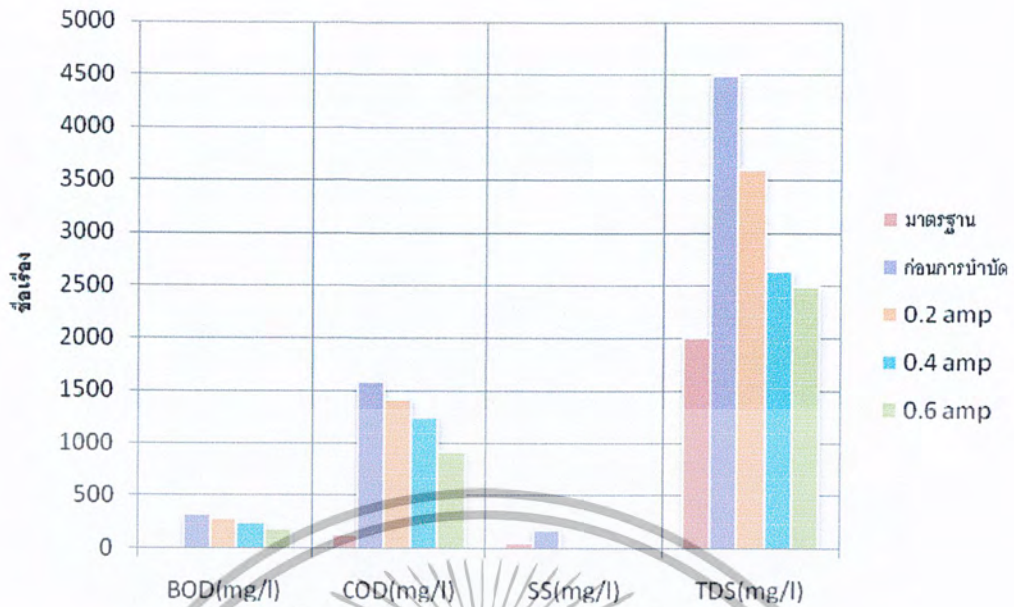
จากการทดลอง 4.3.5 แสดงให้เห็นว่า คอยล์ไม่ได้ช่วยให้ปฏิกิริยาใดๆเกิดผลดีขึ้น

จากการทดลอง 4.3.6 จะเห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่สามารถใช้การทดลองแบบนี้นำไปประยุกต์ใช้ได้จริงเพราะยิ่งทิ้งระยะเวลาผ่านไปก็ยิ่งเพิ่มความสะอาดของน้ำก็เพิ่มมากขึ้นแต่สารส้มทำให้มีค่า TDS เพิ่มมากขึ้น

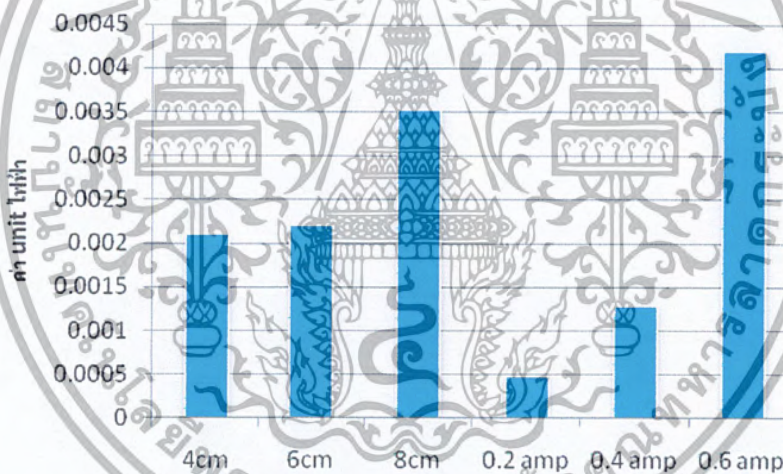
จากการทดลอง 4.3.7 เป็นการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับคลองได้โดยสามารถดึงตะกอนจากแม่น้ำให้แยกกับน้ำที่สะอาด ดังรูปที่ 4.25 จะเห็นได้ว่าตะกอนได้ลอยอยู่บนผิวน้ำเกือบหมดและใช้เวลาเพียง 1 ชั่วโมงน้ำหลังการบำบัดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดเกือบทุกค่า

จากการทดลองทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นทั้งสองขั้ว และแผ่นเพลทเกิดการผุกร่อน โดยเฉพาะขั้วบวกจะมีการกัดกร่อนมากกว่าขั้วลบและระยะเวลา 1 ชั่วโมงเพียงพอต่อการลดค่า SS (โดยทิ้งให้ตกตะกอน 12 ชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบในหัวข้อ 4.3.4



รูปที่ 5.4 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณ unit ของกำลังไฟฟ้า ในน้ำ 1 ลิตร 1 ชั่วโมง

จากการทดลองการบำบัดน้ำเสียด้วยไฟฟ้า เมื่อใช้แผ่นเพลทเป็นแผ่นเพลททอลูมิเนียมนิยมนขนาด 7 x 11 เซนติเมตร จะเห็นได้จากการทดลองโดยใช้น้ำปริมาตร 1 ลิตร ระยะเวลา 1 ชั่วโมง กระแสไฟฟ้าที่ดีที่สุดในการทดลองคือ 0.6 แอมแปร์ ระยะห่างของแผ่นเพลทมีระยะห่างตั้งแต่ 2 – 4 เซนติเมตร และหากทำการเพิ่มปริมาณแผ่นเพลทที่ใช้ในการทดลองซึ่งเพิ่มจาก 2 แผ่น เป็น 4 แผ่น 4 แผ่นจะเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น ทำให้สรุปได้ว่า ยังมีปริมาณของแผ่นเพลทมาก ก็ยังมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาซึ่งปริมาณของแผ่นเพลทที่ขึ้นอยู่กับ ปริมาตรของภาชนะ และ ปริมาตรของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำน้ำที่ทำการทดลองแล้วไปวัดผลทางเคมีพารามิเตอร์ต่างๆจะลดลงอย่างเป็นเชิงเส้น เมื่อเวลาในการทดลองมากขึ้น นั่นคือหากเพิ่มเวลาจาก 1 เป็น 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆก็จะค่อยๆลดลงด้วยเช่นกันและหากเพิ่มปริมาณน้ำเป็น 2 ลิตร คาดว่าให้กระแสดังที่ 0.6 แอมแปร์ และเพิ่มขนาดแผ่นเพลทเป็น 7x22 เซนติเมตร ในขนาดที่ภาชนะมีขนาด 7x22x13 เซนติเมตร คาดว่าจะได้น้ำที่ใสสะอาดในระยะเวลาเดียวกันการทดลองเบื้องต้นด้านบน

แนวโน้มในการนำไปพัฒนาในงานด้านการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมอุตสาหกรรมคือ ยิ่งใช้ปริมาณน้ำในการบำบัดมากขึ้น การที่จะต้องการให้บำบัดน้ำเสียได้ดีก็ควรเพิ่มเวลาในการบำบัด เพิ่มขนาดของแผ่นเพลทและเพิ่มปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้า จะทำให้น้ำมีความใสและความสะอาดมากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการปรับเปลี่ยนชนิดของแผ่นเพลทเพื่อหาชนิดของแผ่นเพลทที่เหมาะสมกับการบำบัด
2. ควรมีการเปลี่ยนปริมาณของน้ำที่ใช้ในการทดลองให้มากขึ้นเพื่อที่จะใช้ในการเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบต่างๆ
3. ควรมีการปรับปรุงและแก้ไขวิธีการจัดเก็บข้อมูลให้มีความเหมาะสมและละเอียดมากยิ่งขึ้น
4. มีการเปลี่ยนแผ่นเพลทเนื่องจากระบบการบำบัดน้ำเสียแผ่นเพลทจะเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน ทำให้เมื่อใช้ไปนานๆ ประสิทธิภาพของแผ่นเพลทจะลดน้อยลง
5. ควรมีการออกแบบการกำจัดตะกอนที่เกิดขึ้นบนผิวหน้าขณะการบำบัด
6. ควรกำหนดค่าโวลต์เตจและกระแสให้คงที่

บรรณานุกรม

- [1] ยูพา ดันทวี. การควบคุมมลพิษทางน้ำ.คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] ดร. สมพงษ์ หิรัญมาศสุวรรณ, “กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยไฟฟ้า”.เทคนิค.ปีที่ 2 (เดือนมกราคม 2551) .138 - 144
- [3] วงจรเรียงกระแส <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=689.0>
- [4] วงจรเรียงกระแส, <http://www.chontech.ac.th/~electric/html/rectifier.htm>
- [5] น้ำเสีย, <http://www.swu.ac.th/royal/book1/b1c2t8.html>
- [6] สุรศักดิ์ กฤษดาพาณิชย์, “การบำบัดน้ำเสียด้วยไฟฟ้า: เทคโนโลยีทางเลือกในยุคที่ต้องอนุรักษ์พลังงาน”, วิศวกรรมสารเอเชียอาคเนย์.ปีที่ 1 .ฉบับที่ 2 (ธันวาคม 2548 – พฤษภาคม 2549), 54 – 60
- [7] ถิ่นทมาศ สุทธิเรืองศรี,(2539), “การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีไฟฟ้าเคมีเพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสี”, วิทยาศาสตร์มหบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, หน้า.57 -62
- [8] กฤษณ์ ถาวรวงศ์,(2531), “การกำจัดสีของน้ำเสียจากกองขยะโดยขบวนการทางเคมี”, วิทยาศาสตร์มหบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
- [9] พรศักดิ์ สมร ไกรสรกิจ, “กระบวนการ โคแอกกูเลชันและฟล็อกกูเลชัน”, กองการจัดการสิ่งแวดล้อม, ฝ่ายควบคุมคุณภาพน้ำ
- [10] นิ่มนภา หลวงปิ่น และ สายรุ้ง ฤทธิ์กระจาย, “การทดลองการบำบัดน้ำเสีย ม. นครสวรรค์” , มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
- [11] Chemistry for Sanitary Engineering, Sawyer and McCarty, p. 424
- [12] A Plus Team, 2008, A Plus Team Co.,Ltd.ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยไฟฟ้า-Direct ElectroCoagulation System, www.aplusteam.co.th[Online]. Available: URL [2008, March 12]
- [13] คำนอร์มัล, <http://chemistryquiz.exteen.com/20090201/normality-n>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงาน

อุตสาหกรรม องค์ประกอบของน้ำ	หน่วย	องค์การอนามัยโลก	กระทรวงอุตสาหกรรม
บีโอดี	มก./ล.	40	20
ซีโอดี	มก./ล.	100	-
ค่าขุ่น	มก./ล.	-	60
สารแขวนลอย	มก./ล.	60	30
ของแข็ง(ละลายน้ำ)	มก./ล.	2,000	2,000
pH	มก./ล.	5-9	5-9
ซัลไฟด์ (เช่น H ₂ S)	มก./ล.	3.0	1.0
ไซยาไนด์ (เช่น HCN)	มก./ล.	1.0	0.2
น้ำมันและไขมัน	มก./ล.	15.0	-
น้ำมันดิน	มก./ล.	มองไม่เห็น	-
ฟอร์มาลดีไฮด์	มก./ล.	-	1.0
ฟีนอลิก	มก./ล.	0.05	1.0
คลอรีนอิสระ	มก./ล.	5.0	1.0
โลหะหนัก (ทั้งหมด)	มก./ล.	5.0	-
สังกะสี	มก./ล.	2.0	*
โครเมียม	มก./ล.	0.1	*
สารหนู	มก./ล.	-	*
เงิน	มก./ล.	-	*
ซัลไฟเนียม	มก./ล.	-	*
ตะกั่ว	มก./ล.	-	*
นิกเกิล	มก./ล.	-	-
ทองแดง	มก./ล.	2.0	-
เหล็ก	มก./ล.	5.0	-
ยาฆ่าแมลง	มก./ล.	-	-
ยาปราบศัตรูพืช	มก./ล.	0.01	-
สารกัมมันตภาพรังสี	SUUC	-	-
อุณหภูมิ	องศา ซ.	40	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามศัพท์

1. น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสภาพทางกายภาพ ชีวภาพ ส่วนประกอบทางเคมี ที่ไม่เหมาะสม เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดผลเสียหายต่อสิ่งมีชีวิตในการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ
2. การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไป หรือเหลือ น้อยที่สุดให้ได้มาตรฐานที่กำหนดและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม
3. ตะกอน คือ อนุภาคของของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในของเหลว
4. การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นการแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลวด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้ได้น้ำใสและตะกอน
5. ศักย์ไฟฟ้า คือ ระดับของพลังงานศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ ในสนามไฟฟ้าประจุลบจะเคลื่อนที่ จากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำไปยังศักย์ไฟฟ้าสูง ส่วนประจุบวกจะเคลื่อนที่จากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปสู่จุดที่มี ศักย์ไฟฟ้าต่ำ หน่วยของศักย์ไฟฟ้า คือ โวลต์ แทนด้วยสัญลักษณ์ V
6. กระแสไฟฟ้า เป็นอัตราการไหลของประจุไฟฟ้าในตัวนำโลหะ ประจุที่ไหลเป็นอิเล็กตรอน (อนุภาคที่มีประจุเป็นลบ) เหตุที่ไหลไปได้เนื่องจากความต่างศักย์ไฟฟ้า ระหว่างจุด 2 จุดในสนามไฟฟ้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความต่างศักย์ไฟฟ้า เพื่อให้มีกระแสไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าเป็นวงปิด ประกอบด้วย แหล่งความต่างศักย์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ให้กระแสไหลผ่าน
7. ขั้วไฟฟ้า คือ แผ่นโลหะที่ใช้เป็นขั้วไฟฟ้า เช่น ในแบตเตอรี่หรือตัวเก็บประจุ
8. พีเอช หมายถึง ค่าที่แสดงความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจน (H⁺) ในน้ำหรือทางปฏิบัติ หมายถึง ระดับความเป็นกรดต่าง
9. บีโอดี (Biological Oxygen Demand,BOD) คือ ปริมาณออกซิเจน (O₂) ที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ น้ำควรมีค่าบีโอดีไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าค่าบีโอดีสูงมากแสดง ว่าน้ำนั้นเน่ามาก แหล่งน้ำที่มีค่าบีโอดีสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรจะจัดเป็นน้ำเน่าหรือน้ำเสีย
10. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand,COD) คือ ปริมาณออกซิเจน(O₂) ที่ใช้ในการออกซิไดซ์ ในการสลายสารอินทรีย์ด้วยสารเคมี โดยทั่วไปค่า COD จะมีค่ามากกว่า BOD เสมอ
11. ดีโอ (Dissolved Oxygen, DO) คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ แบคทีเรียที่เป็นสารอินทรีย์ในน้ำต้องการออกซิเจน (aerobic bacteria) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ความต้องการออกซิเจนของ แบคทีเรียนี้จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง ดังนั้นในน้ำที่สะอาดจะมีค่า DO สูง และน้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำ มาตรฐานของน้ำที่มีคุณภาพดีโดยทั่วไปจะมีค่า DO ประมาณ 5-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ppm หรือปริมาณ O_2 ละลายอยู่ประมาณ 5-8 มิลลิกรัม/ลิตร หรือ 5-8 ppm. น้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำกว่า 3 ppm.

11. **นอร์มอล (Normality, N)** คือ จำนวนกรัมสมมูลของสารละลาย 1 ลิตร

$$\text{จำนวนกรัมสมมูล} = \frac{\text{น้ำหนักสาร}}{\text{น้ำหนักสมมูล}}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูล} = \frac{\text{น้ำหนักสูตรของสาร}}{n}$$

สำหรับปฏิกิริยา กรด - เบส

n คือ จำนวนไฮโดรเจนในโมเลกุลของกรดที่สามารถให้ หรือจำนวนไฮโดรเจนที่เบสสามารถทำปฏิกิริยาได้

สำหรับสารประกอบไอออนิก

n คือ จำนวนวาเลนซ์ทั้งหมดของไอออนบวก หรือเท่ากับ จำนวนประจุของแคตไอออน x จำนวนโมเลกุลแคตไอออน

สำหรับปฏิกิริยารีดอกซ์-ออกซิเดชัน

n คือ จำนวนเลขออกซิเดชันของอะตอมที่เปลี่ยนไปต่อ 1 สูตร

เช่น

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ } H_2SO_4 = \frac{\text{น้ำหนักสูตรของ } H_2SO_4}{2}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ } NaOH = \frac{\text{น้ำหนักสูตรของ } NaOH}{1}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ } Ba(OH)_2 = \frac{\text{น้ำหนักสูตรของ } Ba(OH)_2}{2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้