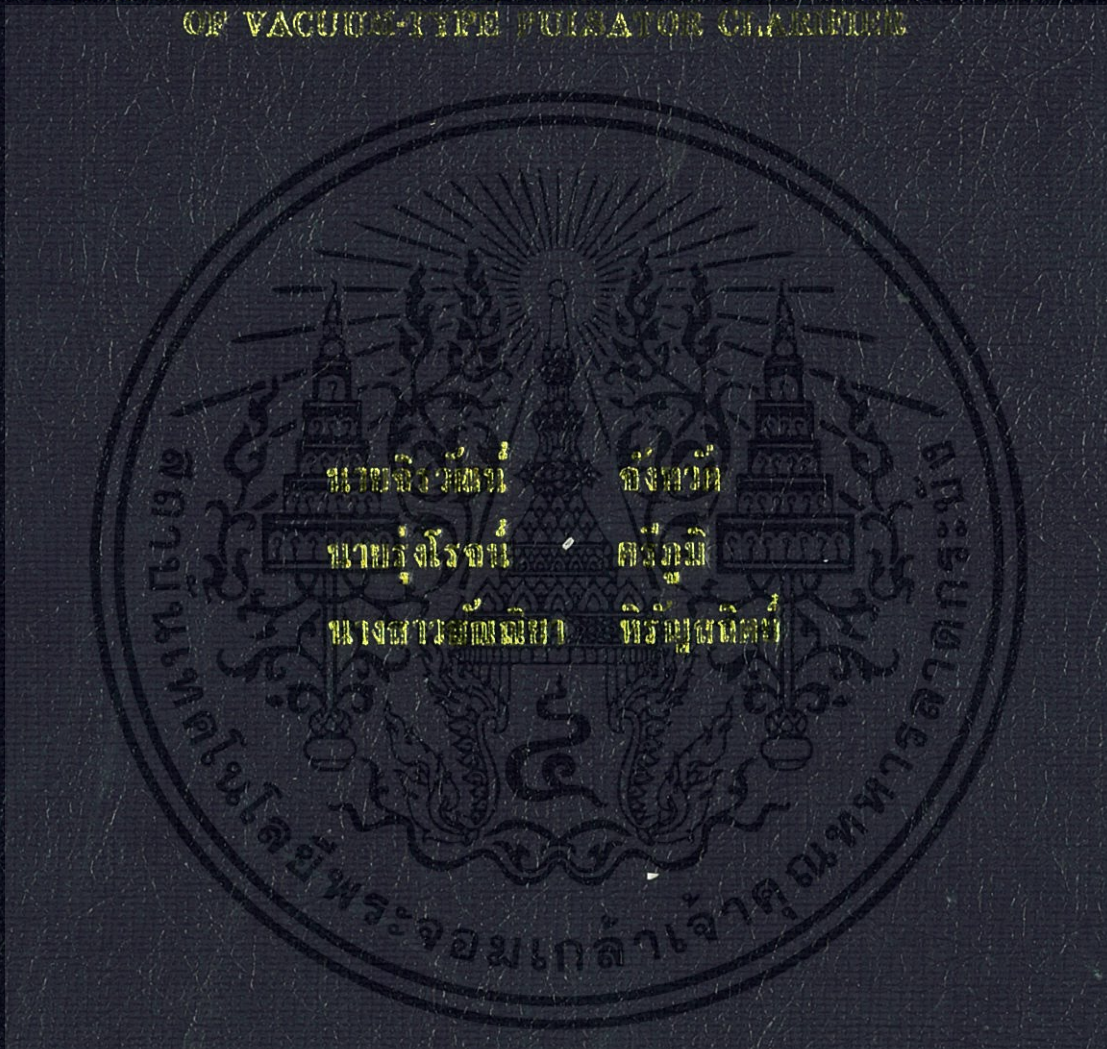


การศึกษาระสิทธิภาพและสมภาวะที่เหมาะสม

ในการทำงานของระบบคอกคอกแบบพ่นอากาศสำหรับสัตว์ปีก

STUDY OF THE EFFICIENCY AND OPTIMUM CONDITIONS
OF VENTILATION FOR PULMONARY CHANGES



โครงการงานศึกษาวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยทางด้านสัตวศาสตร์ สัตวแพทย์ศาสตร์และสัตววิทยา

สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์

คณะสัตวแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ กรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา 2555

การศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสม
ในการทำงานของระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ชนิดสูญญากาศ
STUDY OF THE EFFICIENCY AND OPTIMUM CONDITIONS
OF VACUUM-TYPE PULSATOR CLARIFIER



โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**STUDY OF THE EFFICIENCY AND OPTIMUM CONDITIONS
OF VACUUM-TYPE PULSATOR CLARIFIER**



**CO-OPERATION EDUCATION PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY**

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการสหกิจศึกษา การศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของ
ระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

ชื่อนักศึกษา นายจิรวัฒน์ จังหวัด 52050848
 นายรุ่งโรจน์ ศรีภูมิ 52050901
 นางสาวสัณณิยา หิรัญสถิตย์ 52050917

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธีรักษ์

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
คุณสุเทพ จังหวัด	
ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธีรักษ์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการสหกิจศึกษา	การศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสุญญากาศ		
ชื่อนักศึกษา	นายจิรวัดน์	จังหวัด	52050848
	นายรุ่งโรจน์	ศรีภูมิ	52050901
	นางสาวลัดดา	หิรัญสถิตย์	52050917
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต		
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ชลอ	จารุสุทธิรักษ์	

บทคัดย่อ

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นการศึกษาร่วมกับ บริษัท ตรีทเคมีคอล จำกัด ซึ่งดำเนิน โครงการติดตั้งระบบผลิตน้ำประปา โดยการตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสุญญากาศ โดยทำการศึกษา ประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิด สุญญากาศ จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมพบว่าที่อัตราการผลิตน้ำ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ปริมาณสารรวมตะกอนพอลิลูมิเนียมคลอไรด์ 48 มิลลิกรัมต่อลิตรและสารช่วยรวมตะกอน แอนไออนพอลิเมอร์ 6.25 มิลลิกรัมต่อลิตรระยะเวลาการทิ้งตัวของน้ำในถังสุญญากาศ (Flushing) ที่เหมาะสมคือ 6 วินาที และระยะเวลาการยกตัวของน้ำในถังสุญญากาศ (Suction) ที่เหมาะสมอยู่ที่ 30 วินาที โดยมีความสูงของระยะยกตัว 60 เซนติเมตร และอัตราการทิ้งตะกอนที่ระยะเวลา 10 วินาทีทุก 3 ชั่วโมง จากสภาวะดังกล่าว ระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสุญญากาศ สามารถลดค่าความขุ่น ของน้ำจาก 3.57 เหลือ 1.60 NTU คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ร้อยละ 55.18 และน้ำที่ผ่าน ระบบตกตะกอนถูกส่งเข้าสู่ถังกรองทรายเพื่อกรองตะกอนขนาดเล็กที่หลุดจากถังตกตะกอน โดยน้ำ ผ่านถังกรองทรายมีความขุ่นเหลือเพียง 0.89 NTU

คำสำคัญ : ตกตะกอน, พอลิลูมิเนียมคลอไรด์, พัลเซเตอร์, แอนไออนพอลิเมอร์

Title	Study of The Efficiency and Optimum Conditions of Vacuum- Type Pulsator Clarifier
Student	Jirawat Jungwat Rungrot Sriphum Sanniya Hirunsartit
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Environmental Chemistry
Academic Year	2012
Advisor	Asst. Prof. Dr. Chalor Jarusutthirak

ABSTRACT

This co-operative education project collaborated with Treat Chemical Co., Ltd. The project focused on the installation and operation of vacuum type Pulsator clarifier in water treatment system with a capacity of 10 m³/hr. During commissioning, the optimum conditions and efficiency of system were investigated. The optimum condition of Pulsator clarifier were described as followed : PACl concentration of 48 mg/L, anion polymer concentration of 6.25 mg/L, flushing time of 6 seconds, and suction time of 30 seconds, with the elevation level of 60 centimeters, sludge wasting period of 10 minutes at every 3 hours. With these conditions, the turbidity reduced from 3.57 to 1.60 NTU, equivalent to removal efficiency of 55.18 %. Treated water was delivered to sand filter. The turbidity of final water was 0.89 NTU.

Keyword: Anion polymer, Clarifier, Polyaluminium chloride, Pulsator

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชลอจารย์สุทธิรักษ์อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษอาจารย์คณะกรรมการคุมสอบโครงการพิเศษ และอาจารย์ที่เคยประสิทธิ์ประสาทวิชามาตลอด ทั้งให้คำแนะนำ คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด และเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหา

ขอขอบพระคุณคุณสุเทพ จังหวัด วิศวกรอาวุโส ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด และแนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหา

ขอขอบพระคุณ บริษัท ทริทเคมีคอล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ทำโครงการสหกิจศึกษากับทางบริษัท ทำให้ผู้วิจัยมีประสบการณ์ทางการเดินระบบตกตะกอนแบบฟลลเซเตอร์ รวมทั้งสิ่งอื่นๆอีกมากมาย และสนับสนุนสารเคมีเพื่อใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ โครงการหมู่บ้านจัดสรรที่ให้สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย และที่พักอย่างสะดวกสบาย

นายจิรวัดน์ จังหวัด

นายรุ่งโรจน์ ศรีภูมิ

นางสาวสัณณิษา หิรัญสถิตย์

สารบัญ

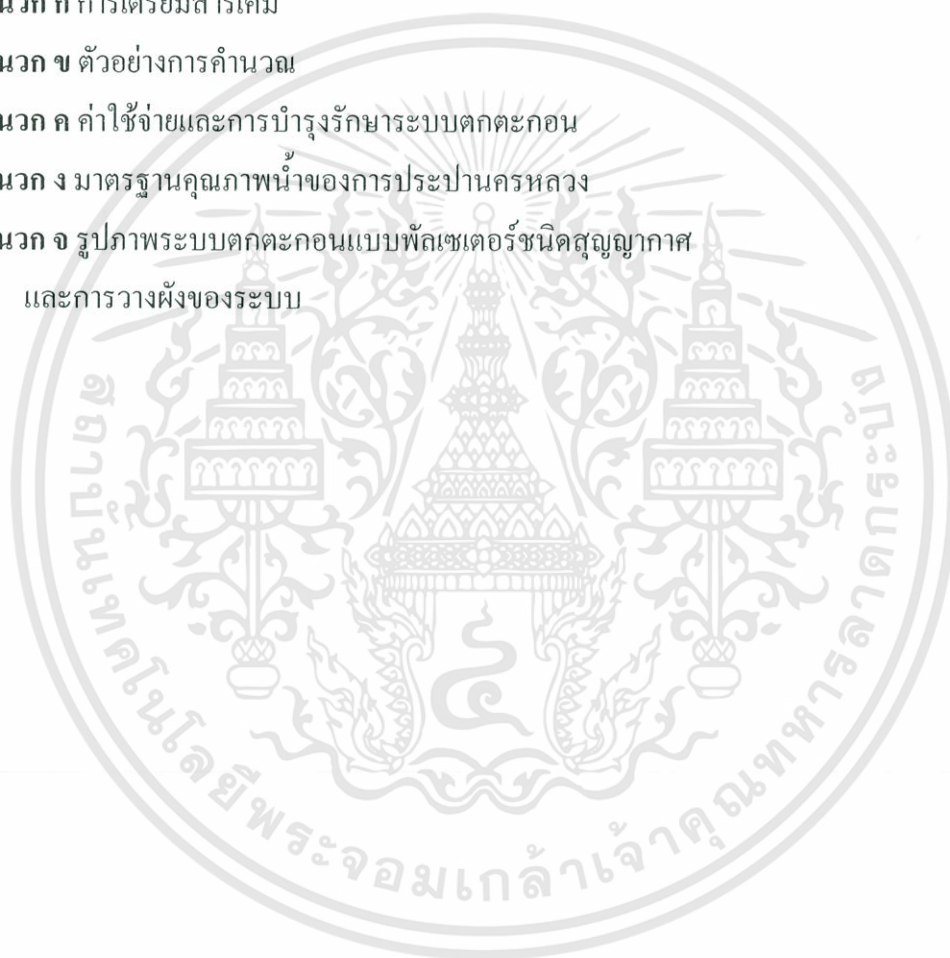
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ข้อมูลสถานประกอบการและงานที่ได้รับมอบหมาย	1
1. ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	1
2. ลักษณะการประกอบการ ผลิตภัณฑ์ของสถานประกอบการ	1
3. รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานในองค์กร	1
4. ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบ	3
5. ที่ปรึกษาและตำแหน่งของที่ปรึกษาภายในบริษัท	3
6. ระยะเวลาที่นักศึกษาฝึกงาน	3
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	3
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1. ระบบที่ทำการศึกษา	4
2. แหล่งน้ำดิบ	4
3. ปัจจัยที่ทำการศึกษา	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 การทบทวนเอกสาร	6
2.1 ข้อมูลของแหล่งน้ำที่ใช้ผลิตน้ำประปา	6
2.2 คอลลอยด์	8
2.3 กระบวนการโคแอกกูเลชัน	9
2.4 กระบวนการฟล็อกกูเลชัน	11

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5 การตกตะกอน	12
2.6 ถังตกตะกอนแบบไซคลิกซ์คอนแทคท์	12
2.7 หลักการทำงานของถังตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ชนิดสูญญากาศ	14
2.8 การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน	20
2.9 การกรองน้ำ	21
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	24
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	24
3.2 แหล่งน้ำดิบที่ใช้	24
3.3 การดำเนินการวิจัย	24
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	26
3.4.1 ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลอง	26
3.4.2 ปริมาณสารรวมตะกอนที่เหมาะสม	26
3.4.3 วิเคราะห์หาค่าความขุ่น	28
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	29
4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำก่อนเข้าระบบ	29
4.2 ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการรวมตะกอนทางเคมี	29
4.3 การปรับอัตรา Pulsation และ ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นขณะดำเนินงาน	32
4.4 การกรองทราย	35
4.5 ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์	35
4.6 ปัญหาและอุปสรรคจากการดำเนินงาน	35
4.6.1 ปัญหาจากอุปกรณ์ที่มีอยู่ก่อน	35
4.6.2 ปัญหาจากการออกแบบ	36
4.6.3 ปัญหาจากการติดตั้ง	38

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผลวิจัย	39
5.2 ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง 41	
ภาคผนวก ก การเตรียมสารเคมี	43
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ	46
ภาคผนวก ค ค่าใช้จ่ายและการบำรุงรักษาระบบตกตะกอน	56
ภาคผนวก ง มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปานครหลวง	58
ภาคผนวก จ รูปภาพระบบตกตะกอนแบบฟลลเซเตอร์ชนิดสูญญากาศ และการวางผังของระบบ	61



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	คุณภาพน้ำดิบ ณ จุดตรวจสะพานหนองสาหร่าย วันที่ 5 กันยายน 2550	7
2-2	เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ	19
3-1	ตารางแสดงปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการทำจารีเทศครั้งที่ 1	26
3-2	ตารางแสดงปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการทำจารีเทศครั้งที่ 1	27
3-3	การปรับปัจจัยและปริมาณตะกอนที่ระดับความสูงต่างๆ	34
ข-1	ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 1	47
ข-2	ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 2	48
ข-3	ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 3	49
ข-4	ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 4	50
ข-5	ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 5	51
ข-6	ความชุ่มที่วิเคราะห์ได้ที่อัตราการไหลต่างๆ	51
ข-7	ปัจจัยและค่าในการปรับแต่งจากการทดสอบครั้งที่ 1	52
ข-8	ปริมาณตะกอนที่ระดับต่างๆภายในถังตกตะกอนจากการทดสอบครั้งที่ 1	52
ข-9	ปัจจัยและค่าในการปรับแต่งจากการทดสอบครั้งที่ 2	53
ข-10	ปริมาณตะกอนที่ระดับต่างๆภายในถังตกตะกอนจากการทดสอบครั้งที่ 2	53
ข-11	ปัจจัยและค่าในการปรับแต่งจากการทดสอบครั้งที่ 3	54
ข-12	ปริมาณตะกอนที่ระดับต่างๆภายในถังตกตะกอนจากการทดสอบครั้งที่ 3	54
ข-13	ปัจจัยและค่าในการปรับแต่งจากการทดสอบครั้งที่ 4	55
ข-14	ปริมาณตะกอนที่ระดับต่างๆภายในถังตกตะกอนจากการทดสอบครั้งที่ 4	55
ค-1	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ	57
ค-2	การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์	57
ง-1	มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง	59

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	แผนผังองค์กร	2
2-1	ตำแหน่งการนำน้ำมาใช้ผลิต	7
2-2	ส่วนประกอบของระบบตกตะกอนแบบ ฟัลเซเตอร์ชนิดสูญญากาศ	13
2-3	พื้นที่ตารางที่กั้นถัง	16
2-4	องศาของรูกระจายน้ำ	16
2-5	ฉากลดความเร็วของกระแสน้ำที่ออกจากรูกระจายน้ำ	17
2-6	ช่องรับตะกอนส่วนเกิน	17
2-7	รางรับน้ำใส	18
2-8	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูรับน้ำใส	18
3-1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	25
4-1	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอลูมิเนียมคลอไรด์กับค่าความขุ่นที่ลดลง	29
4-2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอนไอออนพอลิเมอร์กับค่าความขุ่นที่ลดลง	30
4-3	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอลูมิเนียมคลอไรด์กับค่าความขุ่นที่ลดลง	31
4-4	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอลูมิเนียมคลอไรด์กับค่าความขุ่นที่ลดลง	31
4-5	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอนไอออนพอลิเมอร์กับค่าความขุ่นที่ลดลง	32
ข-1	ปริมาณตะกอนเมื่อมีอัตราการไหลเข้าของน้ำ 10m ³	52
ข-2	ปริมาณตะกอนเมื่อมีอัตราการไหลเข้าของน้ำ 10m ³	53
ข-3	ปริมาณตะกอนเมื่อมีอัตราการไหลเข้าของน้ำ 12m ³	54
ข-4	ปริมาณตะกอนเมื่อมีอัตราการไหลเข้าของน้ำ 12m ³	55
จ-1	ภาพรวมของระบบแบบ ฟัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ	62
จ-2	ภาพด้านข้างของและด้านบนของระบบแบบ ฟัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ	63
จ-3	ภาพตัดตั้งตกตะกอนแบบฟัลเซเตอร์ชนิดสูญญากาศ	64
จ-4	รูปภาพจริงของระบบแบบฟัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ	64
จ-5	ระบบเติมสารเคมี	65
จ-6	รางรับน้ำใส	65
จ-7	ภาพถังกรองทรายอัตโนมัติ	66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ข้อมูลสถานประกอบการและงานที่ได้รับมอบหมาย

1) ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

ชื่อสถานประกอบการ : บริษัท ทรีท เคมีคอล จำกัด

ที่ตั้งสถานประกอบการ : 2/1-2/2 หมู่ 2 ถนนนครอินทร์ ต.บางขุนทอง อ.บางกรวย

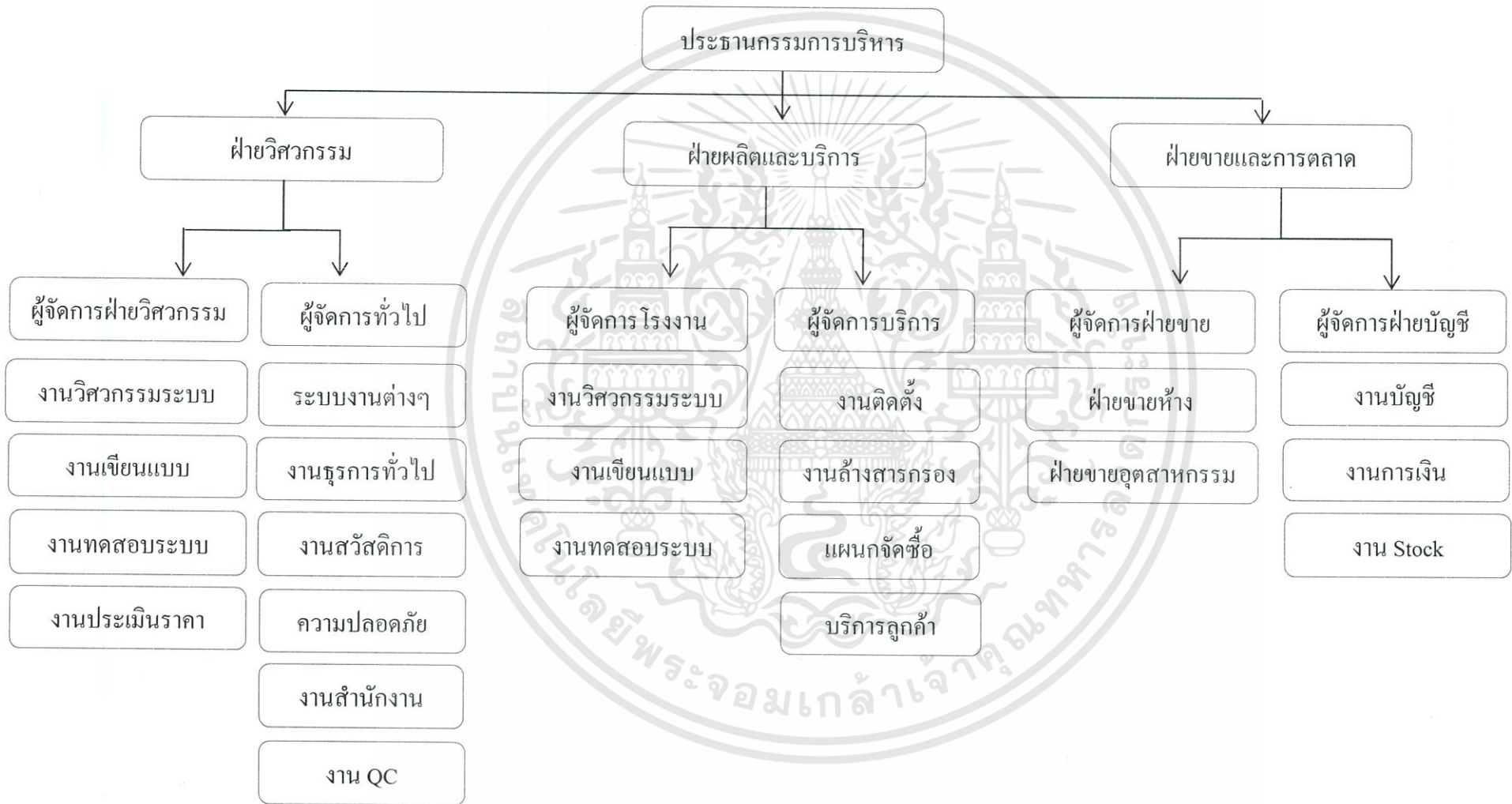
จ.นนทบุรี 11130

2) ลักษณะการประกอบการ ผลิตภัณฑ์หลักของสถานประกอบการ

สถานประกอบการทำธุรกิจด้านปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเน้นผลิตภัณฑ์ด้านน้ำดื่มใช้ในกระบวนการผลิต เช่นอุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมอาหาร โดยทำธุรกิจในรูปแบบที่ปรึกษา ออกแบบพร้อมผลิตและติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำทุกชนิด

ผลิตภัณฑ์หลักได้แก่ระบบ Reverse Osmosis (RO), ระบบ Electro Deionization (EDI), ระบบ Double Pass RO, ระบบตกตะกอน, ฯลฯ

3) รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานภายในองค์กรดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 แผนผังองค์กร

4) ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบ

ตำแหน่งที่ได้รับมอบหมาย : ผู้ช่วยฝ่ายวิศวกร

ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

- ออกงานแสดงสินค้าของบริษัท
- ดูแลลูกค้าด้านระบบ Pilot test
- เข้าร่วมอบรมรับเทคโนโลยีจากบริษัทลูกค้า
- ศึกษาระบบต่างๆของบริษัท
- เป็นผู้ช่วยในการทำงานภายในบริษัท
- จัดเก็บข้อมูลให้บริษัท
- ร่วมจัดระเบียบโรงงาน และร่วมอบรมกับทางบริษัท
- ดูแลและศึกษาระบบตกตะกอนแบบฟลลเซเตอร์ ชนิด สูญญากาศ

5) ที่ปรึกษาและตำแหน่งของที่ปรึกษาภายในบริษัท

ที่ปรึกษาภายในบริษัท : คุณสุเทพจังหวัด

ตำแหน่งของที่ปรึกษา : วิศวกร อาวุโส

6) ระยะเวลา โครงการสหกิจศึกษา

เริ่มฝึกงานวันที่ 4 มิถุนายน 2555 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม 2555

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

บริษัท ทริท เคมิคอล จำกัด ได้มีโครงการติดตั้งระบบผลิตน้ำประปาใช้ภายในโครงการหมู่บ้านจัดสรร บริเวณตำบลขนงพระ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากแหล่งน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นแหล่งน้ำใต้ดินซึ่งมีปัญหาค่าความกระด้างและค่าของแข็งละลายในน้ำ และทางโครงการมีแหล่งน้ำผิวดินภายในโครงการ จึงมีแผนที่จะนำแหล่งน้ำเหล่านั้นมาบำบัดเพื่อให้เป็นน้ำประปาใช้ภายในโครงการ โดยทางโครงการ ได้คำนวณปริมาณการใช้ น้ำสูงสุดที่ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ระบบผลิตน้ำประปาใช้หลักการการตกตะกอนสิ่งปนเปื้อนภายในน้ำดิบเพื่อลดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ความขุ่น สี และความกระด้าง เป็นต้น ซึ่งการบำบัดนั้นก็จะมีกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการโคแอกกูเลชัน-ฟล็อกกูเลชัน กระบวนการตกตะกอน และกระบวนการกรอง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวข้างต้นนั้นเป็นขั้นตอนกระบวนการของถังตกตะกอน น้ำที่ผ่านจากระบบตกตะกอนจะเข้าสู่ถังเก็บน้ำน้ำจะถูกผลักดันผ่านปั๊มเข้าถังกรองทราย เพื่อกรองตะกอนที่หลุดออกจากถังตกตะกอน โดยน้ำที่ผลิตได้จะถูกส่งเข้าสู่ถังเก็บน้ำดี

ถังตกตะกอนแบบ พัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศเป็นถังตกตะกอนแบบมีชั้นตะกอน (Sludge Blanket) มีลักษณะเป็นถังกลมภายในประกอบด้วย ช่องรับตะกอนส่วนเกิน ท่อกระจายน้ำดิบด้านล่าง และท่อรับน้ำใสด้านบน โดยถังตกตะกอนแบบมีชั้นตะกอนนี้ไม่ต้องมีการหมุนเวียนตะกอนแต่ต้องรักษาระดับของชั้นตะกอนให้เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่กระจุกตัวอยู่ที่ก้นถัง หรือฟุ้งกระจายจนเกินไป ถังตกตะกอนแบบ พัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ นี้เป็นระบบที่มีค่า Surface Loading ค่อนข้างสูงกว่าถังตกตะกอนแบบ โชลิตซ์คอนแทกต์ชนิดอื่นๆ จึงทำให้ถังตกตะกอนชนิดนี้มีขนาดถังเล็กกว่าถังตกตะกอนชนิดอื่นๆ โดยน้ำดิบที่ถูกเติมสาร โคแอกกูแลนต์และฟล็อกกูแลนต์นั้นจะถูกเติมไปยังกลางถังที่เป็นบริเวณที่สร้างสูญญากาศ (Vacuum Chamber) เพื่อให้ระดับน้ำมีการขึ้น-ลง เพื่อให้เกิดกระบวนการ โคแอกกูแลชั่น-ฟล็อกกูแลชั่น และรักษาระดับของชั้นตะกอน โดยขณะที่น้ำไหลลงนั้นจะเกิดการกววนเร็ว และขณะที่น้ำไหลผ่านท่อกระจายน้ำดิบก็จะเกิดการกววนช้า ซึ่งน้ำดิบก็จะไหลผ่านชั้นตะกอนขึ้นไปด้านบน โดยตะกอนขนาดใหญ่จะดักจับตะกอนขนาดเล็กไม่ให้ไหลขึ้นไปด้านบน ซึ่งจะทำให้ได้น้ำใสและน้ำใสก็จะไหลเข้าารรับน้ำใสเพื่อเข้าสู่ถังกรองทรายต่อไป

จากระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ ต้องการข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมดูแลเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเดินระบบและปัจจัยที่ต้องควบคุมในการเริ่มเดินระบบ

ผู้วิจัยเห็นว่าการวิจัยร่วมกันเป็นประโยชน์แก่บริษัท ผู้วิจัย และผู้ที่ต้องการศึกษาระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ จากการใช้งานจริงในโอกาสต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ
- 2) เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการควบคุมระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ระบบที่ทำการศึกษา ระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 เมตร ความสูงของถัง 4 เมตร อัตราการผลิตสูงสุดที่ออกแบบ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง Surface Loading ที่ใช้ในการออกแบบ 3 เมตรต่อชั่วโมง

2) แหล่งน้ำดิบน้ำผิวดินจากแม่น้ำลำตะคองช่วงต้น บริเวณตำบลขนงพระ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

3) ปัจจัยที่ทำการศึกษา

-ประสิทธิภาพการทำงานของระบบตกตะกอนแบบ พัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ โดยใช้ค่าความขุ่นเป็นตัวชี้วัด

-สถานะแวดล้อมที่เหมาะสมที่ใช้ในการควบคุมระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศได้แก่ อัตราการไหลของน้ำเข้าระบบ, อัตราการเติมสารเคมี, ระยะเวลาการยกตัวและทิ้งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เพื่อให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์และแก้ไขปัญหาจากการทำงานจริง
- 2) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและควบคุม ถึงตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสุญญากาศ ในอนาคต
- 3) เพื่อใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบตกตะกอนในอนาคต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร

2.1 ข้อมูลของแหล่งน้ำที่ใช้ผลิตน้ำประปา

1) น้ำลำตะคอง(กรมทรัพยากรน้ำ,2551)

ลุ่มน้ำสาขาลำตะคองลุ่มน้ำลำตะคองอยู่ทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำมูลมีต้นกำเนิดบริเวณเส้นสันปันน้ำของลุ่มน้ำป่าสักทางด้านทิศตะวันตกและลุ่มน้ำนครนายกทางด้านทิศใต้มีอาณาเขตทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำลำเชียงไกรทิศใต้ติดกับเทือกเขาบรรทัด ทิศตะวันออกติดกับลำพระเพลิงและลำน้ำมูลตอนบนและทิศตะวันตกติดกับที่ราบสูงระหว่างลุ่มน้ำป่าสักและลุ่มน้ำนครนายกโดยตอนต้นน้ำไหลผ่านหุบเขา ชายเขา และที่สูง มีความลาดชันมีที่ราบแคบๆ ริมลำน้ำเมื่อผ่านอำเภอสีคิ้วแล้วจึงมีที่ราบสองฝั่งลำน้ำต่อเนื่องกันไปตลอด ผ่านอำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ และอำเภอเมืองนครราชสีมาไปหล่มน้ำมูลที่ตำบลท่าช้าง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ โดยลำน้ำลำตะคองมีความยาวตลอดสายรวมประมาณ 220 กิโลเมตรลำตะคองมีขอบเขตลุ่มน้ำครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3,518 ตารางกิโลเมตร แหล่งน้ำสาขาที่สำคัญมี 3 สายประกอบด้วย ห้วยชันประคู้ ห้วยบ้านยาง และธารอโศกมีเขื่อนระบายน้ำในลำตะคอง 4 แห่ง และลำปริบูรณ์ 5 แห่ง

ลุ่มน้ำลำตะคองมีพื้นที่รับน้ำฝนประมาณ 3,518 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำฝนรายปีโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1,200.42 มิลลิเมตรโดยปริมาณฝน 976.72 มิลลิเมตร (81%) เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน เดือนสิงหาคมถึงกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณฝนสูงสุดและปริมาณฝน 223.70 มิลลิเมตร (19%)เกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ส่วนปริมาณน้ำท่าโดยเฉลี่ยคิดเป็นรายปีเท่ากับ 467.47 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณน้ำท่า 359.58 ล้านลูกบาศก์เมตร (77 %) อยู่ในช่วงฤดูฝน เดือนสิงหาคมถึงกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดและมีปริมาณน้ำท่า 107.89 ล้านลูกบาศก์เมตร (23 %) ในฤดูแล้งลุ่มน้ำลำตะคอง มีพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์ประมาณ 1,085.32 ตร.กม. (678,325 ไร่) โดยคิดเป็น 30.85 % ของพื้นที่ทั้งหมด

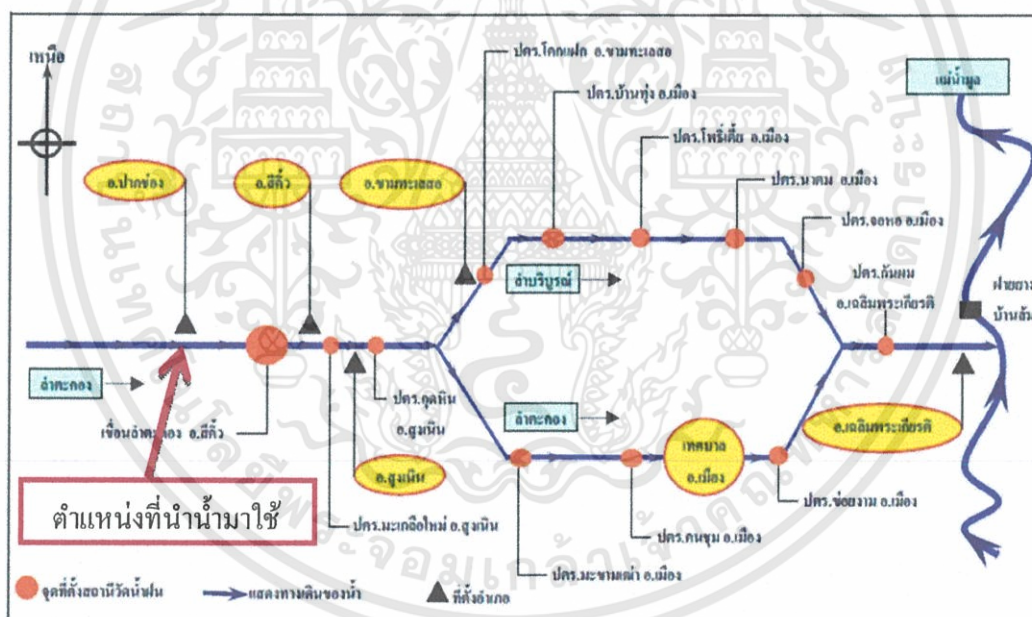
โดยทำการตรวจคุณภาพน้ำที่จุดตรวจสอบหนองสาหร่ายตั้งแต่ปากแม่น้ำ - สะพานบ้านบึงกระแฉกในวันที่ 6 ธันวาคมพ.ศ. 2550 ได้ค่าดังตารางที่ 2-1

แหล่งน้ำที่นำมาผลิตนั้นมาจากลำน้ำลำตะคองช่วงต้นน้ำ ดังรูปที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 คุณภาพน้ำดิบ ณ จุดตรวจสะพานบ้านนุ่งกระเลดวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2550

พารามิเตอร์	ค่าที่ตรวจได้
Temp. (°C)	21.27
pH	8.01
DO(mg/l)	8.25
SS (mg/l)	0
DS (mg/l)	370
FOG (mg/l)	0
BOD ₅ (mg/l)	0.76
Sal. (ppt)	0.27
Cond. (mS/cm)	0.530
Turb. (NTU)	2

ที่มา : กรมเจ้าท่า(2550,6,ธันวาคม)



รูปที่ 2-1 ตำแหน่งการนำน้ำมาใช้ผลิต

ที่มา : กรมเจ้าท่า (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คอลลอยด์

คอลลอยด์ เป็นอนุภาคขนาดเล็กมีขนาดประมาณ 1 นาโนเมตร ถึง 1 ไมครอน ซึ่งระยะเวลาในการตกตะกอนของอนุภาคคอลลอยด์ขนาด 10^{-4} มิลลิเมตร เป็นระยะทาง 1 เมตร ต้องใช้เวลานานถึง 720 วัน ซึ่งจะเป็นปัญหาในกระบวนการผลิตน้ำประปา เนื่องจากระยะเวลาการผลิตน้ำประปานั้นไม่เพียงพอต่อระยะเวลาการตกตะกอนของอนุภาคคอลลอยด์

ระบบคอลลอยด์ หมายถึง ระบบที่ประกอบไปด้วยอนุภาคขนาดเล็กที่กระจายอยู่ทั่วไปในสารตัวกลางซึ่งมีสถานะเป็นสารเนื้อเดียวกัน โดยอนุภาคคอลลอยด์นั้นแบ่งได้เป็น 2 พวกคือ

-ไฮโดรโฟบิก(Hydrophobic) เป็นอนุภาคคอลลอยด์ที่มีแรงดึงดูดที่ผิวอนุภาคกับน้ำต่ำ

-ไฮโดรฟิลิก(Hydrophilic) เป็นอนุภาคคอลลอยด์ที่มีแรงดึงดูดที่ผิวอนุภาคน้ำสูง

1) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์

อนุภาคของคอลลอยด์นั้นอาจมีประจุเป็นบวกหรือมีประจุเป็นลบก็ได้ แต่ส่วนใหญ่ที่พบนั้นอนุภาคของคอลลอยด์จะมีประจุเป็นลบ ซึ่งประจุไฟฟ้าของคอลลอยด์ก็จะทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาค ทำให้อนุภาคต่างๆกระจายออกจากกันจึงไม่เกิดการตกตะกอน

ประจุทางไฟฟ้าของคอลลอยด์นั้นมีที่มาจากหลายทางดังนี้

-ความไม่บริสุทธิ์ของผลึกเกิดจากการที่อนุภาคของคอลลอยด์มีการแลกเปลี่ยนอะตอมภายนอกซึ่งมีประจุที่ไม่เท่ากัน ทำให้ประจุของอนุภาคคอลลอยด์นั้นมากหรือน้อยลง ซึ่งจะทำให้อำนาจของประจุของคอลลอยด์เกิดขึ้น

-ประจุไฟฟ้าของไอออนที่ถูกดูดซับผิวของอนุภาคคอลลอยด์ เกิดจากการที่มีไอออนที่มีประจุมาล้อมรอบอนุภาคของคอลลอยด์ ซึ่งอนุภาคคอลลอยด์ส่วนใหญ่จะดูดไอออนลบมากกว่าเพราะไอออนบวกนั้นจะมีน้ำยึดเกาะอยู่ทำให้อนุภาคของคอลลอยด์ไม่สามารถเข้าถึงได้

-การละลายตัวของไอออน อนุภาคของคอลลอยด์บางชนิดมีประจุไฟฟ้า ซึ่งอนุภาคของคอลลอยด์ที่มีสารประกอบคนละชนิดกันจะมีค่าการละลายที่ไม่เท่ากัน

-การแตกตัวเป็นไอออนของ Functional Group อนุภาคคอลลอยด์ส่วนใหญ่ได้ประจุไฟฟ้ามาจากการแตกตัวเป็นไอออนของ Functional Group

2) เสถียรภาพของคอลลอยด์

การที่คอลลอยด์สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้นาน โดยที่ไม่ตกตะกอนลงมานั้น เรียกว่าเป็นระบบคอลลอยด์ที่มีเสถียรภาพสูง ซึ่งเสถียรภาพของคอลลอยด์นั้นขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ โดยแรงผลักระหว่างอนุภาคของคอลลอยด์ต้องสูงกว่าแรงดึงดูดระหว่างอนุภาค จึงจะทำให้คอลลอยด์นั้นเสถียร ซึ่งถ้าต้องการให้อนุภาคของคอลลอยด์ตกตะกอนนั้นจะต้องทำการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์นั้นเพื่อให้คอลลอยด์นั้นจับตัวกันใหญ่ขึ้นแล้วตกตะกอนลงมา

2.3 กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation)

กระบวนการโคแอกกูเลชัน เป็นการตกตะกอนโดยการเติมสารโคแอกกูแลนต์ (Coagulant) ลงไปเพื่อไปรวบรวมอนุภาคคอลลอยด์ (Colloid) ที่ลอยตัวอยู่กับน้ำให้จับตัวกันเป็นฟล็อก (Floc) แล้วตกตะกอนลงมา โดยในกระบวนการโคแอกกูเลชันนั้นจะเป็นการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคของคอลลอยด์

โดยการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์นั้นจะมีรูปแบบ 4 รูปแบบ ดังนี้ (มันสิน, 2537)

1) การลดความหนาแน่นของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) โดยการเติมไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามกับอนุภาคของคอลลอยด์ ผลก็คือจะทำให้ชั้นกระจายมีความหนาแน่นลดลง และจะทำให้ค่าซีตาโพเทนเชียลลดลงด้วย

ซีตาโพเทนเชียล (Zeta Potential) คือ ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของน้ำที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับอนุภาคของคอลลอยด์ ซึ่งค่าซีตาโพเทนเชียลจะบอกถึงเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ ถ้าค่าซีตาโพเทนเชียลมีค่าสูงเสถียรภาพของคอลลอยด์ก็จะสูงด้วย และค่าซีตาโพเทนเชียลที่สูงก็จะทำให้เกิดฟล็อกได้ยาก

2) การดูดติดและทำลายอำนาจประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์ (Adsorption/Charge Neutralization) โดยการเติมสารเคมีที่มีประจุไฟฟ้าที่ตรงกันข้ามกับอนุภาคของคอลลอยด์ โดยสารที่เติมไปนั้นจะต้องสามารถดูดติดผิวของอนุภาคคอลลอยด์ได้

3) การห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น (Colloid Encapsulation) โดยการเติมสารเคมีลงไปทำให้เกิดการตกผลึกโดยอนุภาคของคอลลอยด์นั้นเป็นแกนของผลึกทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่และหนักขึ้น

4) การใช้สารอินทรีย์พอลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อมอนุภาคคอลลอยด์ (Polymer Bridging) โดยการเติมพอลิเมอร์ลงไปเพื่อไปทำการเชื่อมอนุภาคของคอลลอยด์ให้รวมตัวกัน ซึ่งพอลิเมอร์นั้นก็มีทั้งจากธรรมชาติ และสังเคราะห์ขึ้น

สารเคมีที่นิยมใช้เป็นสารสร้างตะกอน

1) สารส้ม (Alum)

นิยมใช้มากในการบำบัดน้ำเสียและการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อการกำจัดของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำ เมื่อใส่สารส้มลงไปใต้น้ำที่มีอัลคาไลน์ตี (Alkalinity) เกิดปฏิกิริยา ดังสมการที่ 2.1



อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Aluminium hydroxide) ซึ่งเป็นตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ มีลักษณะคล้ายฟล็อกตกตะกอนมาพร้อมกับของแข็งแขวนลอยในน้ำเสีย แต่การใช้อัลคาไลน์ตีจากน้ำจะทำให้พีเอชของน้ำลดลงดังนั้นถ้าน้ำเสียนั้นมีค่าอัลคาไลน์ตีไม่เพียงพอ ต้องใส่สารเคมี เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ โซดาไฟ หรือปูนขาวผลึกน้ำ

2) เฟอร์รัสซัลเฟตและปูนขาว (Ferrous sulfate and Calcium bicarbonate)

การใส่สารเฟอร์รัสซัลเฟตเพียงอย่างเดียวจะไม่เกิดตะกอนผลึก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเติมปูนขาวลงไปด้วย ดังสมการที่ 2.2



เมื่อเติมปูนขาวลงไป ดังสมการที่ 2.3



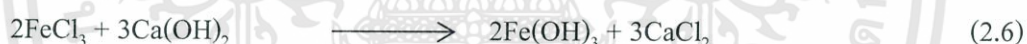
ถ้ามีออกซิเจน (Oxygen) เพียงพอ ดังสมการที่ 2.5



โดยผลึกของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ (Ferric hydroxide) จะมีเนื้อแน่นและตกตะกอนได้อย่างรวดเร็ว การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตจะต้องควบคุมปริมาณปูนขาวอย่างถูกต้อง หากเติมมากเกินไปจะทำให้เกิดหินปูนภายในท่อส่งน้ำได้

3) เฟอร์ริกคลอไรด์ (Ferric chloride)

มีลักษณะผลึกสีน้ำตาลหรือเหลือง เป็นเม็ดสีเขียวหรือดำและในสารละลายมีสีน้ำตาลแกมเหลืองละลายน้ำได้ดี เนื่องจากเฟอร์ริกคลอไรด์เป็นสารเคมีที่แตกตัวในน้ำ สารประกอบเหล็กเมื่อละลายน้ำก็จะมีประจุบวก สามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ประจุลบที่เกิดจากอนุภาคของคอลลอยด์ในน้ำ เฟอร์ริกคลอไรด์จะทำปฏิกิริยากับไบคาร์บอเนตอัลคาไลไนต์ในน้ำ ดังสมการที่ 2.5 และ 2.6



การสร้างตะกอนด้วยสารส้มอาจไม่ได้ผลกับน้ำอ่อนที่มีสีเข้ม ซึ่งเฟอร์ริกคลอไรด์จะให้ผลดีกว่า

4) พอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium chloride, PACl)

พอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ เป็นการสร้างตะกอนที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อลดปัญหาในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เมื่อมีการสร้างตะกอนเกิดขึ้นคลอไรด์ไอออนที่เกิดขึ้นจะเข้าร่วมกับตะกอนและตกลงสู่ด้านล่างจึงไม่มีปัญหาสภาพความเป็นกรดมากเมื่อเทียบกับสารตกตะกอนอย่างอื่นๆ จึงไม่มีผลเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพต่าง การเกิดคาร์บอเนตไดออกไซด์น้อยจึงไม่มีปัญหาเรื่องตะกอนลอย ความกระด้างถาวร และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพก็ใช้น้อย ดังสมการที่ 2.7



สมบัติของพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์เมื่อใช้ในการสร้างตะกอน

-มีอำนาจในการสร้างตะกอนและการรวมตัวของตะกอนสูงและการตกตะกอนเป็นไปอย่างรวดเร็วกว่าสารส้ม

-สะดวกในการใช้งานเนื่องจากมีสมบัติในการละลายน้ำได้ดี

-พอลิอลูมิเนียมคลอไรด์สามารถสร้างตะกอนได้เร็วกว่าสารส้ม โดยระยะเวลาที่สั้นกว่า

-ในการทำงานพอลิอูมิเนียมคลอไรด์จะมีช่วงความเป็นกรดค้างในการเกิดปฏิกิริยากว้างกว่าสารสร้างตะกอนตัวอื่นๆปกติจะมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6-9 แต่บางกรณีจะสามารถตกตะกอนในช่วงค่าพีเอช 5-10

2.4 กระบวนการฟล็อกกูเลชัน (Flocculation)

กระบวนการฟล็อกกูเลชัน เป็นกระบวนการที่ต่อมาจากกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยฟล็อกกูเลชันนั้นจะเป็นกระบวนการที่ทำให้อนุภาคต่างๆเคลื่อนที่มากระทบหรือสัมผัสกัน โดยอนุภาคที่สัมผัสกันแล้วนั้นจะต้องเกาะติดกันจนเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อกจึงจะเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการฟล็อกกูเลชัน

กระบวนการฟล็อกกูเลชันนั้นแบ่งได้ 2 แบบคือ

1) ฟล็อกกูเลชันแบบเพอริไคเนติก (Perikinetic Flocculation) เป็นการเคลื่อนที่แบบสุ่มหรือการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian motion) ซึ่งเกิดจากการกระทบกันเองของอนุภาคคอลลอยด์หรือถูกชนโดยโมเลกุลของน้ำ โดยฟล็อกกูเลชันแบบเพอริไคเนติกนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำนั้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

2) ฟล็อกกูเลชันแบบออร์โธไคเนติก (Orthokinetic Flocculation) เป็นการทำให้อนุภาคของคอลลอยด์เคลื่อนที่ไปมาในน้ำจนเกิดการสัมผัสกันขึ้น วิธีที่นิยมคือ การทำให้น้ำมีอัตราการไหลที่แตกต่างกันโดยการเคลื่อนที่ของน้ำต้องไม่รวดเร็วจนเกินไปเพราะจะทำให้ฟล็อกที่เกิดขึ้นแตกหรือหลุดออกจากกัน ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างฟล็อกเรียกว่า ถังกวนช้า

สารช่วยรวมตะกอน (Coagulant aid)

สารช่วยรวมตะกอนหรืออาจเรียกอีกอย่างว่าสารฟล็อกกูแลนต์ (Flocculants) สามารถแบ่งกว้างๆ ได้ 2 ชนิด คือ

1) สารที่เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ เช่น เซลลูโลส เจลาติน และแป้ง

2) พอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์

ลักษณะของสารโคแอกกูแลนต์เอคสังเคราะห์นั้นจะมีลักษณะเป็นพอลิเมอร์โซ่ยาวสามารถแบ่งชนิดของสารโคแอกกูแลนต์เอคสังเคราะห์ได้ 3 แบบดังนี้

-แคทไอออน พอลิเมอร์ (Cationic polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุเป็นบวก มีประสิทธิภาพในการรวมอนุภาคของคอลลอยด์ที่มีประจุเป็นลบได้ดี ซึ่งคอลลอยด์ในน้ำส่วนใหญ่จะมีประจุเป็นลบ

-แอนไอออน พอลิเมอร์ (Anionic polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุเป็นลบ ใช้ในลักษณะน้ำบางประเภทที่มีอนุภาคของคอลลอยด์ที่มีประจุเป็นบวก

-นอนไอออนิก พอลิเมอร์ (Nonionic polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่มีประจุ ลักษณะในการทำงานคือจะไปเชื่อมอนุภาคของคอลลอยด์ทำให้เกิดการรวมตัวกัน

2.5 การตกตะกอน

การตกตะกอน เป็นวิธีแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลว ซึ่งในการผลิตน้ำประปานั้นจะมีจุดมุ่งหมายที่จะตกตะกอนเพื่อที่จะให้ได้น้ำที่ใสขึ้นเพื่อมาใช้ในการอุปโภค

ในการตกตะกอนนั้นอาจจำแนกประเภทตามระดับความเข้มข้น และสมบัติของของแข็งที่อยู่ในน้ำได้ 4 ประเภทดังนี้

- 1) การตกตะกอนแบบ โดค (Discrete Settling)
- 2) การตกตะกอนแบบรวมกลุ่ม (Flocculent Settling)
- 3) การตกตะกอนแบบแบ่งชั้น (Zone Settling)
- 4) การตกตะกอนแบบอัดตัว (Compression Settling)

ในการวิจัยอธิบายการตกตะกอนแบบรวมกลุ่มกับแบบแบ่งชั้น เนื่องจากการตกตะกอนที่เกิดขึ้นในระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์

1) หลักการการตกตะกอนแบบรวมกลุ่ม

ในการตกตะกอนของอนุภาค โดยอนุภาคนั้นมีโอกาสที่จะมารวมกันเป็นอนุภาคที่ขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ความเร็วในการตกตะกอนนั้นเพิ่มขึ้น ตะกอนที่เกิดจากกระบวนการโคแอกกูเลชัน จัดว่าเป็นการตกตะกอนแบบรวมกลุ่ม ซึ่งประสิทธิภาพในการตกตะกอนแบบกลุ่มจะขึ้นอยู่กับอัตราน้ำไหลล้นกับระยะเวลาที่น้ำ และการหาปริมาณสารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสมในการใช้ตกตะกอนนั้นต้องวิเคราะห์จากผลการทดลอง

2) หลักการการตกตะกอนแบบแบ่งชั้น

การตกตะกอนแบบแบ่งชั้น เกิดขึ้นเมื่ออนุภาคต่างๆจับตัวกันเป็นกลุ่มใหญ่จนเสมือนเป็นก้อนเดียวที่ตกตะกอนด้วยอัตราเดียวกัน เมื่อมีการตกตะกอนแบบชั้นจะเห็นการแยกตัวระหว่างชั้น สัมพันธ์กับชั้นของน้ำอย่างชัดเจน การตกตะกอนแบบแบ่งชั้นนั้นจะไม่เกิดขึ้นในถังตกตะกอนแบบธรรมดาเนื่องจากในถังตกตะกอนแบบธรรมดามีตะกอนแขวนลอยค้างคาเกินไป ซึ่งถังแบบโซลิดซ์คอนแทคที่จะเกิดการตกตะกอนแบบแบ่งชั้นได้เนื่องจากการสะสมของตะกอนไว้ภายในถัง

2.6 ถังตกตะกอนแบบโซลิดซ์คอนแทคท์ (Solid Contact Clarifier)

ถังตกตะกอนแบบโซลิดซ์คอนแทคท์นั้น เป็นถังตกตะกอนที่มีกระบวนการโคแอกกูเลชันและฟล็อกกูเลชันอยู่ภายในถังเดียวกัน ซึ่งถังตกตะกอนแบบโซลิดซ์คอนแทคท์สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

-แบบหมุนเวียนสลัดจ์ (Sludge Recirculation) เป็นถังที่มีการหมุนเวียนสลัดจ์จากบริเวณที่ตกตะกอนไปยังบริเวณที่มีการกวนน้ำที่เป็นทางเข้าของน้ำและสารเคมี ซึ่งจะเป็นบริเวณที่เกิดโคแอกกูเลชัน โดยการกวนนั้นจะใช้วิธีการศาสตร์ หรือชลศาสตร์

-แบบมีชั้นสลัดจ์ (Sludge Blanket) หรือพัลเซเตอร์ (Pulsator) เป็นแบบไม่ต้องหมุนเวียนสลัดจ์ แต่ใช้การรักษาระดับชั้นของสลัดจ์ให้คงที่อยู่ตลอดเวลา โดยตะกอนต้องไม่แตกกระจายและไม่แน่น

ที่ก้นถัง โดยน้ำที่ผ่านการผสมกับสารเคมีจะถูกส่งให้ไหลผ่านชั้นสัจจทำให้เกิดฟล็อกกูเลนซ์ และ น้ำที่ผ่านชั้นสัจจมานั้นก็จะเป็น้ำใสเท่านั้น

1) ข้อดีของถัง โซลิดซ์คอนแทคท์

-ประหยัดเรื่องเนื้อที่การติดตั้งเนื่องจากภายในถังนั้นมีกระบวนการ โคแอกกูเลนซ์-ฟล็อก-กูเลนซ์ อยู่ในถังเดียวและอาจมีราคาที่ถูกกว่าระบบธรรมดา

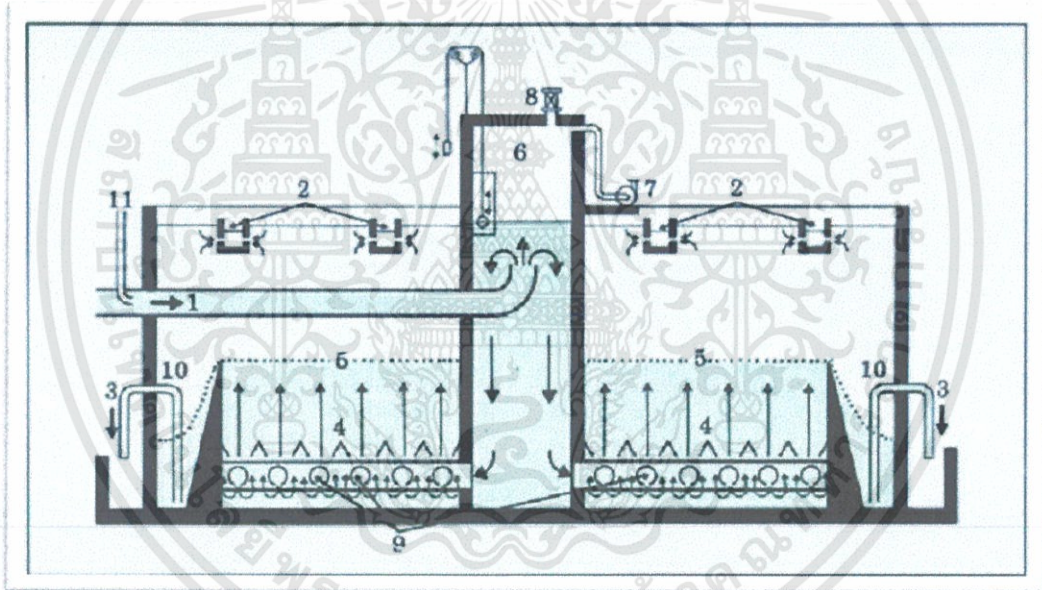
-ค่าใช้จ่ายในการควบคุมระบบต่ำ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีระบบกวนช้าด้วยใบพัด

-มีอัตราการไหลล้นของน้ำที่สูงซึ่งจะทำให้ได้น้ำใสในปริมาณที่มาก

ในการวิจัยนี้จะเป็นการวิจัยถึงตกตะกอนแบบ โซลิดซ์คอนแทคท์ ชนิดมีชั้นสัจจ เป็นถึง ตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ (Pulsator Clarifier Vacuum Type)

2) องค์ประกอบของระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

ในการออกแบบระบบจำเป็นต้องทราบปัจจัยในการออกแบบ เช่น Surface Loading ซึ่งทำให้แปรผันไปถึงขนาดของถังที่จะต้อง ใช้ สำหรับการออกแบบระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ ต้องมีส่วนประกอบดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 ส่วนประกอบของระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

(1.ท่อน้ำเข้า 2.รางรับน้ำใส 3.ท่อรวบรวมตะกอน 4. ฉากลดความเร็ว 5. ระดับบนของชั้นตะกอน 6. ห้องสูญญากาศ 7. บีมดูดอากาศ 8. วาล์วระบายอากาศ 9. ระบบกระจายน้ำดิบ 10. ช่องคักตะกอนส่วนเกิน 11. ระบบเติมสารช่วยตกตะกอน)

2.7 หลักการทำงานของถังตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสุญญากาศ (พรศักดิ์, 2554)

การสูบน้ำดิบนำมาผสมกับสารเคมีในท่อน้ำดิบก่อนเข้าสู่ถังตกตะกอน โดยน้ำดิบที่ผสมสารเคมีตกตะกอนแล้วจะเข้าสู่ห้องสุญญากาศ (Vacuum Chamber) ซึ่งเป็นตัวควบคุมการยกตัวและการทิ้งตัวของน้ำ เพื่อให้เกิดความดัน และกระจายน้ำที่กั้นด้วยหัวกระจายน้ำตามรู และน้ำที่ได้จะกระแทกเข้ากับฉากลดความเร็ว เพื่อไม่ให้น้ำมีความเร็วเกินไป โดยตะกอนใหม่จะผ่านไปที่ยังตะกอนเดิมซึ่งมีการเลี้ยงชั้นตะกอนไว้ที่ส่วนล่างของถังเกิดการชนสัมผัสกัน มีผลทำให้เกิดการเร่งให้มีการรวมตัวกันของตะกอนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น แล้วตะกอนนั้นจะทำหน้าที่ดักจับตะกอนใหม่ไม่ให้ผ่านชั้นนี้ขึ้นไป โดยตะกอนจะมีทิศทางการไหลตรงข้ามกับทิศทางการไหลของน้ำ ส่วนน้ำใสจะเข้าไปสู่รางรับน้ำใสด้านบน โดยชั้นตอนที่กล่าวมาสามารถผลิตน้ำใสได้ในอัตราที่เร็วขึ้นและทำให้อนุภาคชนสัมผัสกันมากขึ้นมีการเกาะตัวเป็นกลุ่มก้อนตะกอนได้มากขึ้น จึงสามารถรับอัตราการไหลสูงกว่าระบบตกตะกอนทั่วไป

ห้องสุญญากาศ (Vacuum Chamber) ทำงานโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) ดูดอากาศออกจากห้องสุญญากาศ ทำให้ระดับน้ำภายในห้องสุญญากาศยกตัวสูงขึ้นกว่าระดับน้ำในถังตกตะกอนประมาณ 60-100 เซนติเมตร อัตราการดูดอากาศของปั๊มจะต้องมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของอัตราการไหลของน้ำเข้าถัง Plusator เมื่อระดับน้ำสูงตามเวลาที่กำหนดไว้แล้วจะเปิดเพื่อให้อากาศจากด้านบนนอกไหลเข้าถัง ระดับน้ำจะตกลงสู่ท่อกระจายน้ำด้านล่าง เมื่อระดับน้ำในห้องสุญญากาศลดลงที่ระดับ 20 เซนติเมตร เหนือระดับน้ำภายในถังตกตะกอน วาล์วภายนอกจะปิด วาล์วปั๊มสุญญากาศจะเปิด และจะเริ่มดูดอากาศอีกครั้ง โดยการทำงานจะทำงานสลับกันไปเรื่อยๆ

ถังตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ หรือ Vertical Flow Sludge Blanket มีลักษณะเป็นถังกลม ภายในมีระบบจ่ายน้ำดิบจากหอความดัน ช่องรับตะกอนส่วนเกิน และหัวกระจายน้ำดิบ สำหรับระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสุญญากาศให้ความสำคัญกับการเกิดชั้นตะกอน (Sludge Blanket) แต่ไม่จำเป็นต้องมีการหมุนเวียนตะกอนและต้องรักษาให้มีชั้นตะกอนคงอยู่เป็นเนื้อเดียวกันตลอดเวลา น้ำดิบหลังจากผสมสารเคมีตกตะกอนภายในเส้นท่อ จะถูกจ่ายเข้าสู่ท่อกลางถัง ซึ่งเป็นพื้นที่เกิดสุญญากาศ (Vacuum Chamber) น้ำที่เข้าจะเกิดการยกตัว และปล่อยสุญญากาศเพื่อให้น้ำทิ้งตัวเข้าสู่หัวกระจายน้ำด้านล่างของถัง ด้วยแรงดัน โดยในกระบวนการทิ้งตัวของน้ำจะทำให้เกิดกระบวนการกวนเร็ว (Flash Mixing) และเมื่อน้ำไหลลงสู่ด้านล่างของถังออกสู่หัวกระจายน้ำจะเกิดกระบวนการกวนช้า (Slow Mixing) การกระจายน้ำจะเกิดจากท่อกระจายน้ำ (Manifold Pipe) แยกเข้าสู่ท่อข้างปลา (Lateral Pipe) น้ำที่ผ่านจากรูกระจายน้ำ จะมีการปั่นป่วน และกระทบกับฉากลดความเร็ว ซึ่งจะติดตั้งอยู่ระหว่างท่อข้างปลา 2 ท่อ เพื่อป้องกันไม่ให้ความเร็วในการไหลของน้ำที่ออกจากท่อข้างปลาเร็วเกินไป และไปผลักดันชั้นตะกอนหลุดออกไปในช่องรับน้ำใส โดยตะกอนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการตกตะกอนจะต้องผ่านชั้นตะกอน และเกิดกระบวนการตกตะกอน ส่วนน้ำใสจะไหลขึ้นด้านบนและเข้าสู่

ท่อรับน้ำซึ่งเจาะเป็นรูรับน้ำ และส่งเข้าสู่ถังกรองอีกครั้ง เพื่อป้องกันตะกอนบางส่วนที่หลุดออกมาจากระบบตกตะกอน

ระยะเวลาที่ใช้ดูดอากาศออกจากถัง (Suction Time) อยู่ในช่วง 20-40 วินาที โดยสามารถปรับความสูงของการดูดจากประตูอากาศแบบลิ้นเพื่อปรับอัตราการไหลเข้าแทนที่ของอากาศ และปรับระยะเวลาการดูดได้จากระบบควบคุมวาล์วด้วยไฟฟ้าตามเวลาที่ต้องการ ระยะเวลาที่อากาศจากภายนอกไหลเข้า (Flushing Time) ประมาณ 5-20 วินาทีซึ่งจะสามารถปรับเวลาการปล่อยได้จากระบบควบคุมวาล์วด้วยไฟฟ้าตามเวลาที่ต้องการ และสามารถปรับความเร็วในการปล่อยอากาศเข้าจากประตูอากาศแบบลิ้น

ในการทดสอบการทำงานของระบบ จำเป็นต้องทดสอบระบบป้องกันความเสียหายหากอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของ ระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ ไม่ทำงานระบบป้องกันจะทำการปล่อยอากาศเข้าแทนที่ทันที

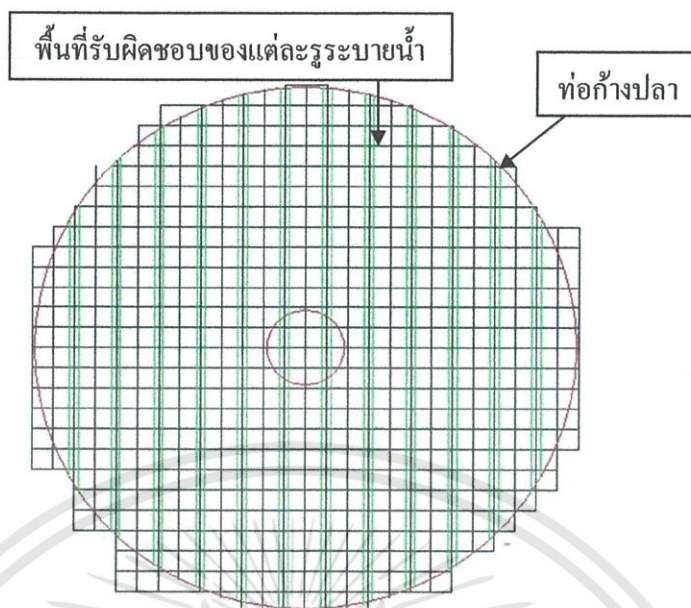
หน้าที่ของห้องสูญญากาศ (Vacuum Chamber) ทำให้เกิดการดึงขึ้นและปล่อยลงของน้ำดิบสลับกันไป เพื่อทำให้เกิดความดันที่ท่อกระจายน้ำบริเวณก้นถัง และมีการเคลื่อนไหวของชั้นตะกอน ทำให้มีการหมุนเวียนของตะกอนตลอดเวลาป้องกันการสะสมของตะกอนเก่า ซึ่งอาจทำให้เกิดการเน่าเสียของตะกอนที่ก้นถังได้ และทำให้ตะกอนมีความเข้มข้นใกล้เคียงกันตลอดชั้น

ในการเริ่มเดินระบบจำเป็นต้องมีการสร้างชั้นตะกอน โดยใช้อัตราการผลิตไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการผลิตสูงสุดเพื่อป้องกันไม่ให้มีตะกอนหลุดลอยไปกับน้ำ โดยกระบวนการนี้ใช้ระยะเวลาแตกต่างกันตั้งแต่ 3-24 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำดิบ และหากระบบมีการหยุดทำงานเกิน 3 วัน จะต้องมีการถ่ายตะกอนทิ้งทั้งถัง และเริ่มระบบใหม่เมื่อมีการใช้งานอีกครั้งหนึ่ง

1) การออกแบบระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

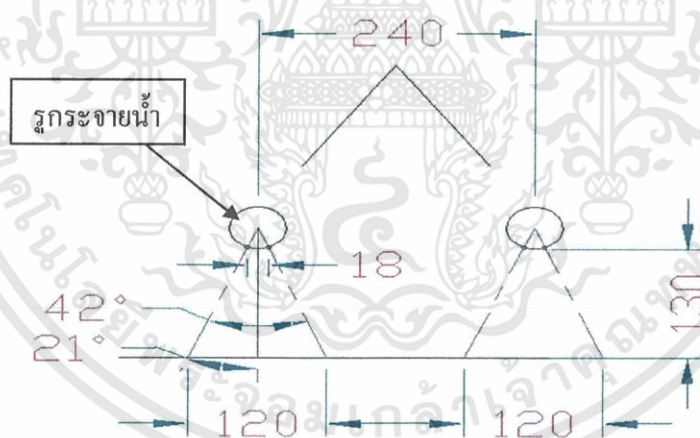
1. บั้มสูญญากาศต้องมีอัตราการไหลของอากาศเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการไหลของระบบตกตะกอน

2. การกระจายของน้ำดิบในถังตกตะกอนต้องมีทั่วบริเวณก้นถังเพื่อไม่ให้เกิดการเน่าของตะกอนที่ก้นถัง จำนวนโดยใช้พื้นที่ก้นถังมาตีตาราง และกำหนดพื้นที่ย่อยเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ประมาณ 12 x 12 เซนติเมตร โดยในแต่ละช่องจะต้องมีรูกระจายสารรับผิชอบในทุกช่อง เพื่อจะหาการวางท่อ และระยะในการเจาะรูดังรูปที่ 2-3



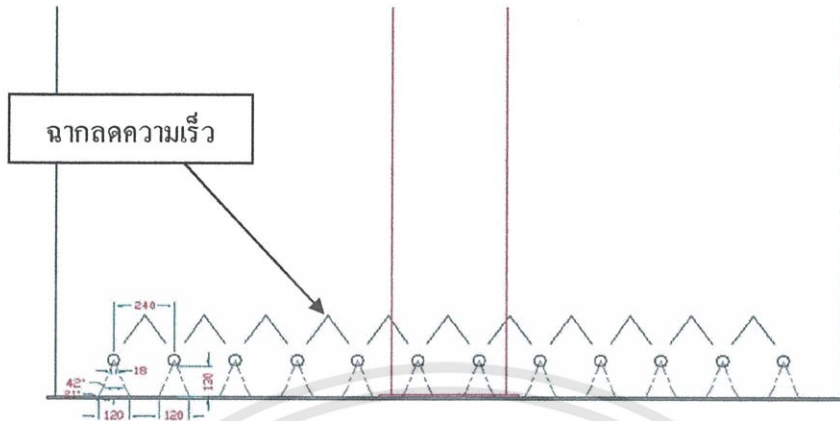
รูปที่ 2-3 พื้นที่ตารางที่กั้นถึง

3. รูในการกระจายน้ำควรมีองศาประมาณ 21 องศาจากจุดศูนย์กลางของท่อ โดยเติมลงกั้นถึง เพื่อให้มีการกระจายและสะท้อนไปโดนจากลดความเร็วดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 องศาของรูกระจายน้ำ

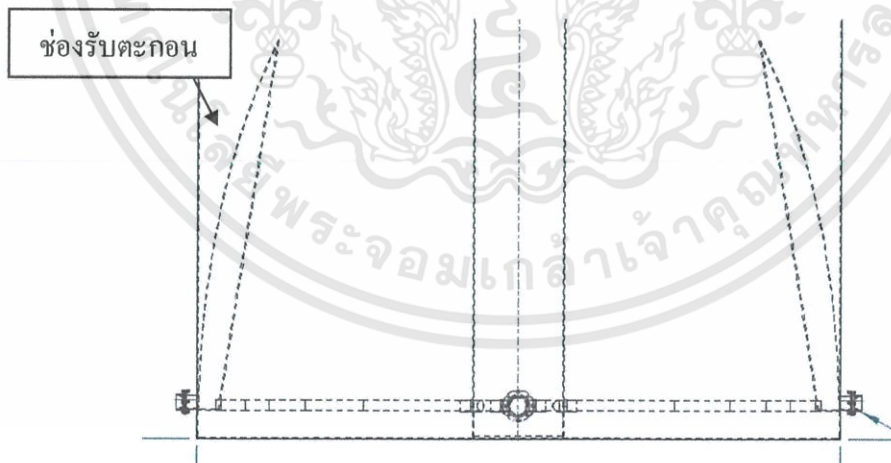
4. ฉากลดความเร็ว มีหน้าที่ลดความเร็วของกระแสน้ำที่ออกจากรูกระจายน้ำ โดยจะทำการเป็นลักษณะฉากอยู่ระหว่างท่อ ซึ่งรับน้ำที่สะท้อนจากรูที่กั้นถึง ดังรูปที่ 2-5



รูปที่ 2-5 ฉากลดความเร็วของกระแสน้ำที่ออกจากรูกระจายน้ำ

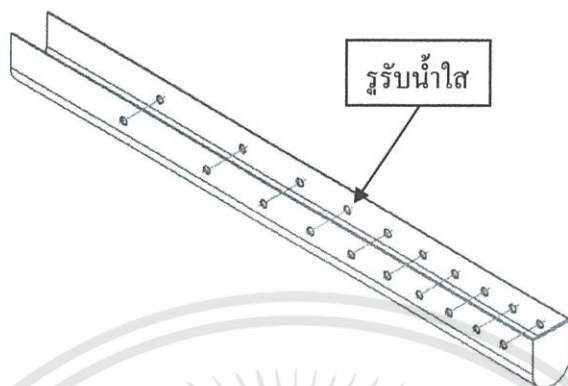
5. ความสูงของการดูดด้วยสูญญากาศ ภายในห้องสูญญากาศควรอยู่ในระยะประมาณ 0.6 – 0.75 เมตร ขึ้นอยู่กับความขุ่นของน้ำดิบ ห้องสูญญากาศจึงควรต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร เพื่อป้องกันหากระบบวาล์วควบคุมการดูดและการปล่อยมีปัญหา น้ำจะไม่เข้าสู่ปั๊มสูญญากาศ ทำให้มีระยะในการป้องกันความผิดพลาดต่างๆ ได้

6. ช่องรับตะกอนส่วนเกิน จะต้องมีความสูงพอดีกับระยะบนสุดของชั้นตะกอนเพื่อให้ตะกอนที่ลอยเกินชั้นนี้ไป จะตกไปสู่ช่องรับตะกอนส่วนเกินและมีการทิ้งตะกอนตามเวลาที่ได้ตั้งไว้เป็นอัตโนมัติ ส่วนใหญ่ช่องรับตะกอนส่วนเกินจะมีความสูงประมาณครึ่งหนึ่งของถึงตกตะกอนดังรูปที่ 2-6



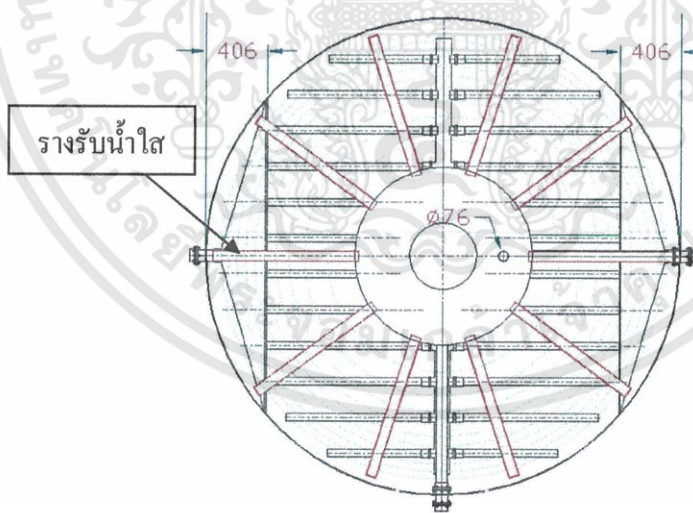
รูปที่ 2-6 ช่องรับตะกอนส่วนเกิน

7.รางรับน้ำใส ในระบบตกตะกอนแบบฟลลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศต้องคำนวณให้มีช่องการไหลที่เพียงพอและน้ำภายในรางรับน้ำจะต้องไม่สูงถึงรูรับน้ำ เพราะจะทำให้น้ำที่ออกจากรูไม่สามารถไหลได้อย่างสะดวก จึงทำให้อัตรการไหลต่ำลง ดังรูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7รางรับน้ำใส

8.รูรับน้ำใส ในระบบตกตะกอนแบบฟลลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศควรจะต้องให้น้ำสูงกว่ารูรับน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนที่อาจจะลอยขึ้นมาไม่เข้าไปในช่องรับน้ำใส และทำให้เกิดความดันจากความสูงที่ต่างกันภายในรางรับน้ำ ดังนั้นรูรับน้ำ จึงต้องคำนึงถึงความดันที่เกิดขึ้นด้วย โดยจุดที่เจาะรูรับน้ำใสควรคำนึงถึงพื้นที่การทำงานของรูรับน้ำแต่ละรู ดูจากอัตราการผลิตน้ำของพื้นที่นั้นๆ เพื่อหาว่ารูต่อไปควรเจาะที่ระยะเท่าไร ดังรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูรับน้ำใส

9. ประสิทธิภาพแบบลิ้น มีหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลเข้าของน้ำ เพื่อใช้ในการเข้าไปแทนที่น้ำ ทั้งด้านจุด และด้านทิ้งตัว ในด้านคูมีหน้าที่ควบคุมอัตราการคูดขึ้นเนื่องจากปั๊มสุญญากาศไม่สามารถปรับอัตราการไหลได้ โดยใช้ประตูกากแบบลิ้นจะปล่อยอากาศเข้าไปแทนที่อัตราการไหลของปั๊ม เพื่อให้ภายในห้องสุญญากาศมีการยกตัวน้อยลง และในด้านทิ้งตัวมีหน้าที่ควบคุมความเร็วในการทิ้งตัวโดยใช้อัตราการไหลเข้าแทนที่ของอากาศ เป็นตัวควบคุม

2) เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ (พรศกดิ์, 2554)

พารามิเตอร์	ค่าที่ออกแบบ				
	Kawamura	EPB	AWWA &ASCE	Clup&Wesner	Degremont
Surface Loading (เมตรต่อชั่วโมง)	2-3	2-3	0.625-4.75 (Average 2.5)	2.44-4.88	2-4
Flocculation Time (นาที)	20	20	-	-	-
Settling Time (ชั่วโมง)	1-2	1-2	-	-	-
Weir Loading (เมตรต่อชั่วโมง)	7.3-15	7-15	-	-	-
Upflow Velocity (นาที)	< 10	< 0.6	-	-	-

ในการวิจัยนี้ออกแบบถังฟลอคเตอร์ใช้ค่า Surface Loading ที่ 3 เมตรต่อชั่วโมง

ข้อดีและข้อเสียของ ระบบตะกอนแบบ ฟลอคเตอร์ ชนิดสุญญากาศ (พรศกดิ์, 2554)

ข้อดี

1. ขนาดกะทัดรัดเนื่องจากการรวมกระบวนการ Coagulation-Flocculation and Sedimentation เข้าด้วยกัน
2. เนื่องจากระบบเป็นแบบใช้ชั้นตะกอน ดังนั้นตะกอนเก่าจึงทำหน้าที่เป็น Buffer ตะกอนใหม่ทำให้ตะกอนไม่ฟุ้งขึ้นด้านบนและช่วยลดความเร็วของน้ำ
3. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาต่ำ
4. การระบายตะกอนส่วนเกินออกจากถัง ไม่มีผลกระทบกับชั้นตะกอน

5. อัตราการไหลล้นของน้ำสะอาดออกจากถัง(Rising rate) ระหว่าง 2-4 เมตรต่อชั่วโมงกรณีเป็นระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศและ 4-8 เมตรต่อชั่วโมง กรณีเป็นระบบตกตะกอนแบบซูเปอร์พัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

6. ใช้ระยะเวลาในการรวมตะกอนสั้น ประมาณ 45 ถึง 90 นาที (ลดขนาดก่อสร้าง)

7. คุณภาพน้ำดิบที่เข้าระบบคงที่จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูง

8. ไม่เกิดปัญหาน้ำมันเกียร์และน้ำมันเครื่องไหลลงถังเนื่องจากไม่มีการใช้ Motor gear
ข้อเสีย

1. ชั้นตะกอนจะกระเพื่อม ถ้ามีตะกอนหนักปนเปื้อนมากับน้ำดิบ

2. ระบบจะทำงานผิดพลาดถ้าระบบการจ่ายสารเคมีไม่ทำงาน

3. อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงมาก ๆ จะมีผลทำให้เกิดการไหลล้นวงจร

4. ไม่เหมาะสำหรับน้ำที่มีสาหร่าย

5. ในสภาพปกติไม่สามารถรับ Shock loading ได้ (อัตราไหลและความขุ่นน้ำดิบที่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อย)

6. ใช้ระยะเวลาในการสร้างตะกอนนาน 2-4 วัน(บางกรณีมากกว่า 7 วัน)

7. บริเวณด้านล่างถังมีโอกาสเกิดการกัดกร่อนสูงถ้าถังทำจากเหล็ก

8. กรณีมีน้ำเสียปนเปื้อนในแหล่งน้ำดิบจะทำให้ตะกอนที่ออกมาจากถังตกตะกอนมีขนาดเล็กมีผลทำให้บ่อกรองไม่สามารถกรองความขุ่นได้

9. กรณีมีน้ำเสียปนเปื้อนในแหล่งน้ำดิบการกำจัดสีออกจากน้ำทำได้ไม่ดี

2.8 การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน

การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน เรียกว่าคลอรีนชัน (Chlorination) ตัวคลอรีนเป็นสารที่ฆ่าเชื้อโรคที่มีอำนาจออกซิไดซิงสูง ทำให้สามารถหยุดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้ ซึ่งคลอรีนนั้นจะมีราคาที่ถูกกว่าโอโซนและแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV)

ประเภทของคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค

ก๊าซคลอรีน เหมาะสำหรับฆ่าเชื้อโรคในน้ำและเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆของระบบประปาซึ่งในระบบประปาคขนาดเล็กจะนิยมใช้คลอรีนผงหรือคลอรีนน้ำเพราะไม่ต้องเสียเงินลงทุนสูงเท่ากับการใช้ก๊าซคลอรีน

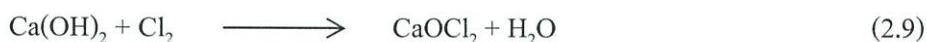
1) ก๊าซคลอรีน

ก๊าซคลอรีนมีสีเหลืองแกมเขียว หนักเป็น 2.5 เท่าของอากาศ เมื่อเป็นของเหลวจะมีสีเหลืองอำพัน และหนักเป็น 1.44 เท่าของน้ำ คลอรีนเหลวสามารถระเหยได้อย่างรวดเร็วถ้าปิดไม่มิดชิด โดยคลอรีนเหลว 1 หน่วยปริมาตรจะให้ก๊าซ 450 หน่วยปริมาตร เนื่องจากก๊าซคลอรีนละลายน้ำได้น้อยมาก

2) ปูนคลอรีน

ปูนคลอรีนได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนและปูนขาวดังสมการที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปูนคลอรีนหรือผงฟอกขาวที่ได้จากการผลิตจะมีความบริสุทธิ์ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์โดยปูนคลอรีนควรมีลักษณะเป็นผงหรือเม็ดสีขาว ไม่ควรเป็นก้อนและควรมีเปอร์เซ็นต์สูงประมาณ 27-37 เปอร์เซ็นต์

3) แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (Ca(OCl)₂)

แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ มี 2 ชนิด คือ ชนิดสารละลาย และชนิดผง ซึ่งชนิดสารละลายจะมีเปอร์เซ็นต์คลอรีนประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์เป็นของเหลวสีเหลือง ส่วนชนิดผงจะมีเปอร์เซ็นต์คลอรีนสูงถึง 70-80 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ที่ผลิตในประเทศส่วนใหญ่จะเป็นชนิดสารละลายเท่านั้น ส่วนชนิดผงนั้นจะนำเข้ามาจากต่างประเทศ

4) โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl)

นิยมใช้กับระบบประปาขนาดเล็กหรือสระว่ายน้ำ ซึ่งโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีความเสถียรต่ำกว่า Ca(OCl)₂ จึงควรเก็บไว้ในที่มืดและอุณหภูมิไม่สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์มี 2 เกรด คือ ชั้นคุณภาพ ก และชั้นคุณภาพ ข ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์คลอรีน 10 และ 5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

5) ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์

ได้จากการทำปฏิกิริยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์กับคลอรีน ซึ่งเมื่อเตรียมแล้วต้องนำไปใช้งานในทันทีดังสมการที่ 2.10



ซึ่งที่ pH 6-10 นั้นจะมีผลกระทบน้อยมากต่อการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ ดังนั้น ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์จะทำงานได้ดีในช่วง pH ต่ำ

2.9 การกรองน้ำ

การกรองน้ำนั้นมีอยู่ 2 ลักษณะคือ การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง และการกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง ซึ่งการกรองแบบติดค้างในชั้นกรองนั้น เป็นการกรองที่ใช้กันทั่วไปในการผลิตน้ำประปา ซึ่งสารกรองที่นิยมใช้มากที่สุดก็คือทราย โดยแบ่งตามอัตราการกรองของน้ำได้ 2 แบบคือ

- 1) เครื่องกรองทรายแบบกรองช้า (Slow Sand Filter)
- 2) เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็ว (Rapid Sand Filter) ดังรูปในภาคผนวก จ รูปที่ จ-7 ภาพถังกรองทรายอัตโนมัติ

1) เครื่องกรองทรายแบบกรองช้า (Slow Sand Filter)

การกรองช้าหรืออาจเรียกได้อีกอย่างว่าการกรองแบบชีวภาพ เนื่องจากเชื่อว่ามีจุลินทรีย์อาศัยอยู่บนชั้นของผิวกรอง โดยการกรองช้านี้สามารถกรองได้ดีในช่วงที่น้ำนั้นมีความขุ่นไม่มาก อย่งไรก็ตามการกรองช้าก็มีข้อจำกัดในด้านพื้นที่ที่ใช้ค่อนข้างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)

เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็วสามารถกรองน้ำได้มากกว่าเครื่องกรองช้าหลายสิบเท่าแต่ก็ต้องมีการทำความสะอาดชั้นกรองที่บ่อยกว่าการกรองแบบช้า โดยวิธีการกรองเร็วนี้จะเป็นที่นิยมมากกว่าเนื่องด้วยปริมาณน้ำที่ได้เยอะมากกว่าและเร็วกว่า

การล้างย้อนเป็นการล้างชั้นตะกอนโดยให้น้ำไหลในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับการกรองเพื่อให้ฟล็อกหรือตะกอนที่ติดอยู่ระหว่างชั้นของสารกรองหลุดออกไป ซึ่งอาจจะมีมีการใช้การเป่าอากาศเข้าไปเพื่อให้อนุภาคของสารกรองแต่ละชั้นสลายตัวก่อนใช้น้ำล้าง ซึ่งมักจะทำในกรณีที่สารกรองมีน้ำหนักมาก

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Surat Intrto(2009) วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดความขุ่นจากโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์โดยใช้เคลิฟายเออร์แบบพัลเซชันที่จำลองขึ้นซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบปฏิบัติการต่อเนื่องเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการลดความขุ่น โดยแปรค่าอัตราพัลเซชันเท่ากับ 6, 10 และ 14 เมตรต่อชั่วโมง อัตราน้ำล้นผิวเท่ากับ 2.90, 3.22 และ 3.54 เมตรต่อชั่วโมง และระยะยกของน้ำในห้องสุญญากาศเท่ากับ 0.40, 0.60 และ 0.80 เมตร

ผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าค่าอัตราพัลเซชัน ไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดความขุ่นในกระบวนการผลิตน้ำโดยตรง ส่วนอัตราน้ำล้นผิวและระยะยกของน้ำในห้องสุญญากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดความขุ่น

จากการศึกษาแสดงว่า เมื่ออัตราน้ำล้นผิวและระยะยกของน้ำในห้องสุญญากาศเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการลดความขุ่นมีแนวโน้มลดลง

สภาวะที่เหมาะสมในการลดความขุ่นคืออัตราพัลเซชันเท่ากับ 14 เมตรต่อชั่วโมง อัตราน้ำล้นผิวเท่ากับ 3.22 เมตรต่อชั่วโมง และระยะยกของน้ำในห้องสุญญากาศเท่ากับ 0.60 เมตร ซึ่งให้ประสิทธิภาพการลดความขุ่นร้อยละ 95.47 สำหรับความขุ่นของน้ำที่ผ่านกระบวนการแล้วมีค่าความขุ่นเท่ากับ 1.09 NTU โดยค่าความขุ่นดังกล่าวต่ำกว่า 5.0 NTU ซึ่งเป็นค่าความขุ่นในสภาวะปกติของโรงงานผลิตน้ำโดยทั่วไป

ชวนชัยและคณะ(2553) โครงการนี้ศึกษาเกี่ยวกับระบบการทำงานถังตะกอนแบบพัลเซเตอร์และถังกรองล้างน้ำย้อนอัตโนมัติโดยการสร้างแบบจำลองและการทดสอบการทำงานของแบบจำลอง ถังตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ และถังกรองน้ำล้างย้อนอัตโนมัติ

การทำงานของถังตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์เมื่อเติมน้ำดิบซึ่งผสมกับสารส้มไหลเข้าสู่บริเวณกลางถังซึ่งเป็นห้องสุญญากาศเพื่อสร้างระดับน้ำขึ้น – ลงแล้วไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนทางด้านล่างด้วยแรงดันจะเกิดการกววนเร็วเกิดขึ้นในบริเวณนี้ น้ำจะไหลลงด้านล่างถึงผ่านช่องเปิดของปลายห้องสุญญากาศด้านล่าง เริ่มเกิดกระบวนการ การกววนช้าขึ้นในบริเวณนี้โดยผ่านปลายท่อของช่องเก็บตะกอนน้ำดิบจะไหลผ่านชั้นตะกอนเก่าขึ้นไปด้านบน โดยส่วนที่เป็นน้ำใสจะไหลขึ้นด้านบนเข้าสู่ท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับน้ำซึ่งจะเป็นรูรับน้ำและไปสู่ถังกรองต่อไป โดยใช้อัตราการสูบน้ำเข้า 0.5 ลิตรต่อนาที อัตราการถ่ายตะกอน 10 นาทีต่อครั้ง ระยะเวลาคู่อากาศ 20 วินาที อัตราน้ำล้น $0.002 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-day}$

การทำงานถังกรองทรายล้างย้อนอัตโนมัติ การทำงานของถังกรองทรายล้างย้อนอัตโนมัติได้แก่ การกรอง การล้างย้อนสารกรอง การกรองถังกรองจะทำงานอัตโนมัติโดยไม่มีส่วนที่จะต้องควบคุมการทำงาน การล้างย้อนสารกรอง การกรองถังกรองจะทำงานอัตโนมัติโดยไม่มีส่วนที่จะต้องควบคุมการทำงาน การล้างย้อนจะเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติเมื่อความดันศักย์ของน้ำเปลี่ยนไปเนื่องจากชั้นสารกรองอุดตัน ระดับน้ำในท่อไชฟอนจะสูงขึ้นและเกิดการไชฟอนทำให้เกิดการล้างสิ่งสกปรกออกจากสารกรองโดยอัตโนมัติและจะหยุดโดยอัตโนมัติเมื่อระดับน้ำในถังน้ำล้างย้อนลดต่ำกว่าปลายท่ออากาศขนาดเล็กที่ต่อกับท่อไชฟอนและการไชฟอนจะสิ้นสุดลงและการกรองรอบใหม่ก็จะเริ่มขึ้นโดยอัตโนมัติ โดยใช้ค่าในการออกแบบได้แก่ ความสูงของถังน้ำดิบกับถังกรอง 1.35 เมตร ความสูงของถังน้ำล้างย้อนกับถังกรอง 1 เมตร

จากผลการศึกษา แบบจำลองสามารถทำงานได้ตามหลักการที่ได้ทำการศึกษา และสามารถนำแบบจำลองไปพัฒนา แล้วสร้างไปเป็นแบบจำลองต้นแบบในการก่อสร้างจริงได้



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1) อุปกรณ์

- เครื่องวัดความขุ่นรุ่น TU-2016 บริษัท LUTRON ELECTRONIC ENTERPRISE จำกัด ประเทศจีน
- Chlorine Meter รุ่น CL-2006 บริษัท LUTRON ELECTRONIC ENTERPRISE จำกัด ประเทศจีน
- TDS METER รุ่น 161002 บริษัท Pure-Pro Water Corporation จำกัด ประเทศจีน
- pH Paper Roll บริษัท MACHEREY-NAGEL จำกัด ประเทศเยอรมัน
- ระบบตกตะกอนแบบฟลลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศบริษัท ทรีทเคมีคอล จำกัด ประเทศไทย
- เครื่องแก้วต่างๆ
- กระจกตวง(Cylinder) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

2) สารเคมี

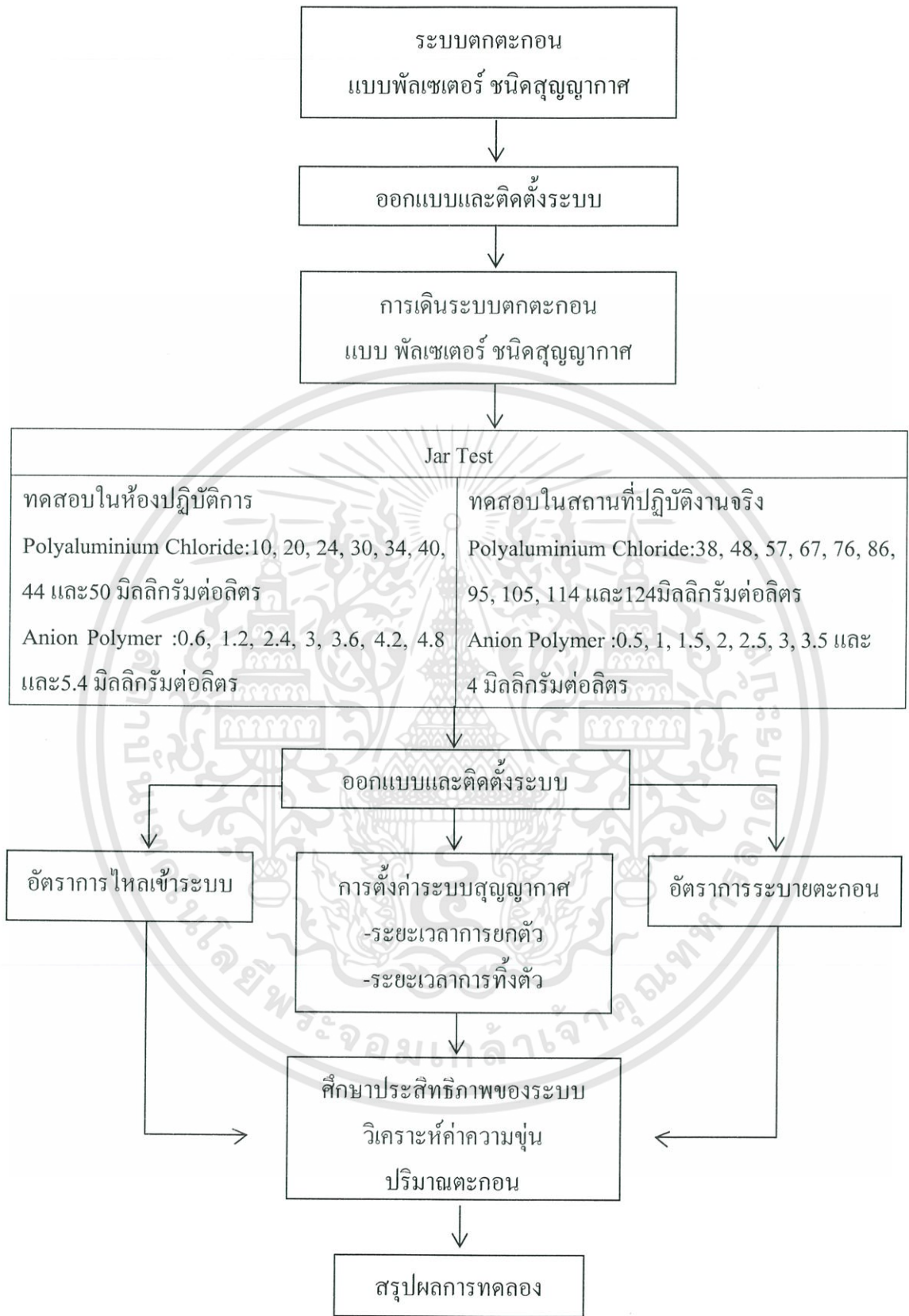
- PACI(Polyaluminum chloride) บริษัท พาร์เวล อินเตอร์เนชันแนล จำกัด ประเทศไทย
- Polymer (Anionic) บริษัท พาร์เวล อินเตอร์เนชันแนล จำกัด ประเทศไทย

3.2 แหล่งน้ำดิบที่ใช้

- แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาได้นำน้ำมาจากลำน้ำลำตะคองซึ่งเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำมูลโดยจะมีการสูบน้ำขึ้นมาพักไว้ในบ่อเก็บน้ำ ก่อนจะนำเข้าสู่ระบบการผลิต

3.3 การดำเนินการวิจัย

- ในการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการทำงานของระบบตกตะกอนแบบฟลลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลอง

น้ำจากแม่น้ำลำตะคองที่สูบมาไว้ในบ่อพักก่อนนำเข้าสู่ระบบตกตะกอน

3.4.2 การศึกษาปริมาณสารรวมตะกอนที่เหมาะสม

3.4.2.1 ศึกษาปริมาณสารรวมตะกอนที่เหมาะสม

1. จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดลองหาความเหมาะสมในการรวมตะกอน (Jar Test)
2. เตรียมสารรวมตะกอนพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ จำนวน 10 กรัมในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรสารละลายที่ได้มีความเข้มข้นเท่ากับ 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. เตรียมสารช่วยรวมตะกอนคือแอนไอออนพอลิเมอร์ จำนวน 0.3 กรัมในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตรสารละลายที่ได้มีความเข้มข้นเท่ากับ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตรปริมาตร 500 มิลลิลิตรจำนวน 4 ใบ วางในเครื่องจาร์เทสต์
5. เปิดสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์เข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์เข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในบีกเกอร์ดังตารางที่ 3-1 ตารางที่ 3-1 ตารางแสดงปริมาตรสารเคมีที่เหมาะสมในการทำจาร์เทสต์ครั้งที่ 1

บีกเกอร์	สารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์		สารละลายแอนไอออน พอลิเมอร์	
	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	0.5	10	5	6
2	1.0	20	5	6
3	1.2	24	5	6
4	1.5	30	5	6
5	1.7	34	5	6
6	2.0	40	5	6
7	2.2	44	5	6
8	2.5	50	5	6

6. ปั่นกวนเร็วด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที
7. ปั่นกวนช้าด้วยความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที ประมาณ 20 นาที
8. ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. นำน้ำส่วนบนไปวัดค่าความขุ่น (NTU)

10. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

3.4.2.2 ศึกษาปริมาณสารช่วยรวมตะกอนที่เหมาะสม

1. จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดลองหาความเหมาะสมในการรวมตะกอน (Jar Test)

2. เตรียมสารรวมตะกอนพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์ จำนวน 10 กรัมในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. เตรียมสารช่วยรวมตะกอนคือแอนไอออน พอลิเมอร์ จำนวน 0.3 กรัมในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

4. เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ปริมาตร 500 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบวางในเครื่องจาร์เทสต์

5. เปิดสารละลายพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์ และสารละลายแอนไอออน พอลิเมอร์ ลงในบีกเกอร์ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ตารางแสดงปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการทำจาร์เทสต์ครั้งที่ 2

บีกเกอร์	สารละลายพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์		สารละลายแอนไอออน พอลิเมอร์	
	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	0.5	10	0.5	6
2	0.5	20	1.0	6
3	0.5	24	2.0	6
4	0.5	30	2.5	6
5	0.5	34	3.0	6
6	0.5	40	3.5	6
7	0.5	44	4.0	6
8	0.5	50	4.5	6

6. ปั่นกวนเร็วด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที

7. ปั่นกวนช้าด้วยความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที ประมาณ 20 นาที

8. ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

9. นำน้ำส่วนบนไปวัดค่าความขุ่น (NTU)

10. ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.4.2.3 ศึกษาค่าพีเอชของสารรวมตะกอนที่เหมาะสมในการรวมตะกอน

1. จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดลองหาความเหมาะสมในการรวมตะกอน (Jar Test)
2. นำน้ำตัวอย่างใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร 7 ใบๆละ 500 มิลลิลิตร
 - บีกเกอร์ที่ 1 ไม่ปรับพีเอช
 - บีกเกอร์ที่ 2 ปรับพีเอชให้เป็น 4
 - บีกเกอร์ที่ 3 ปรับพีเอชให้เป็น 5
 - บีกเกอร์ที่ 4 ปรับพีเอชให้เป็น 6
 - บีกเกอร์ที่ 5 ปรับพีเอชให้เป็น 7
 - บีกเกอร์ที่ 6 ปรับพีเอชให้เป็น 8
 - บีกเกอร์ที่ 7 ปรับพีเอชให้เป็น 9
3. ปั่นกวนเร็วด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที
4. ทำการใส่สารละลายพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์และแอนไอออน พอลิเมอร์ลงในบีกเกอร์ตามปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 3.4.2.1 และ 3.4.2.2
5. ปั่นกวนช้าด้วยความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที ประมาณ 20 นาที
6. ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
7. นำน้ำส่วนบนไปวัดค่าความขุ่น (NTU)
8. ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.4.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์หาค่าความขุ่นของน้ำ ทำโดยการเปิดน้ำส่วนบนที่หลังจากทิ้งให้ตกตะกอนแล้ว 1 ชั่วโมงมาใส่ในหลอดใสและใส่ลงในเครื่องวัดค่าความขุ่น (รุ่น TU-2016, บริษัท LUTRON ELECTRONIC ENTERPRISE จำกัด, ประเทศจีน)

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

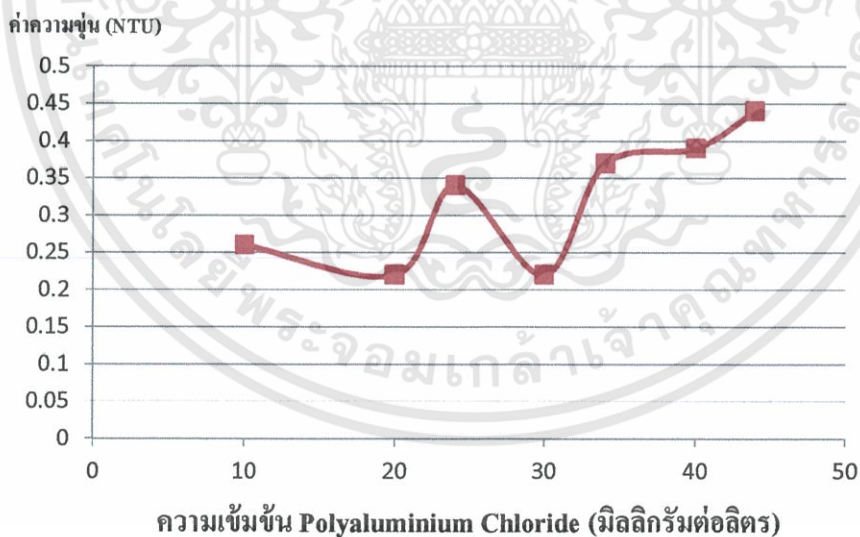
4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำก่อนเข้าระบบ

น้ำที่นำเข้าสู่ระบบเป็นน้ำที่มาจากแม่น้ำลำตะคอง จะสูงขึ้นมาพักไว้ยังบ่อเก็บน้ำก่อนนำเข้าสู่ระบบ จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพพบว่าน้ำมีสีเหลืองอ่อน ค่อนข้างใส มีตะกอนเล็กน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าความขุ่นได้ 3.57 NTU, ค่า TDS 157 มิลลิกรัมต่อลิตรและ ค่า pH 7

4.2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการรวมตะกอนทางเคมี

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการรวมตะกอนทางเคมีใช้ตัวชี้วัดคือค่าปริมาณของชั้นตะกอนที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านการเติมสารเคมีเพื่อทำให้เกิดกระบวนการ โคแอกกูเลชัน (Coagulation) และฟล็อกกูเลชัน (Flocculation) คือ พอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride) ที่มีความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตรและแอนไอออนพอลิเมอร์ (Anion Polymer) ที่มีความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยการทำการเจตส์ (Jar Test) และการวัดค่าความขุ่น

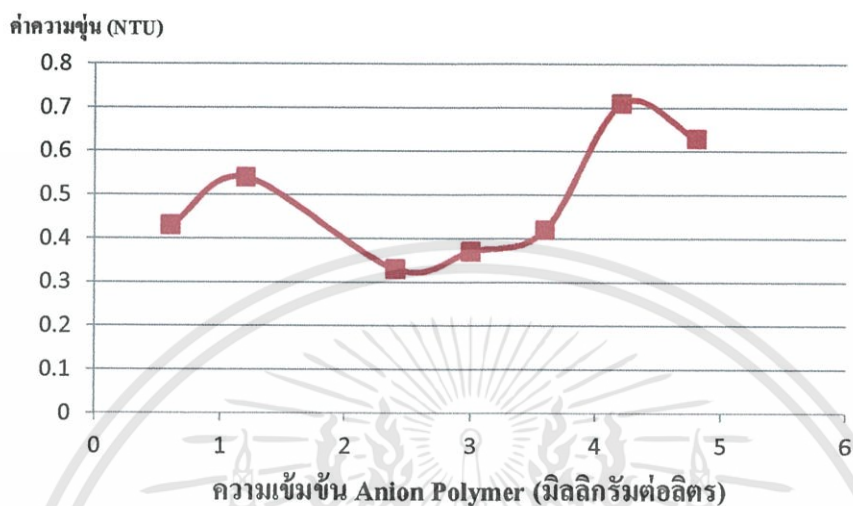
การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยทำการเติมสารละลายพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ และกำหนดความเข้มข้นสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4-1 (แสดงในภาคผนวก ขตารางที่ ข-1 ตารางแสดงปริมาณที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 1)



รูปที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอลูมิเนียมคลอไรด์กับค่าความขุ่นที่ลดลง

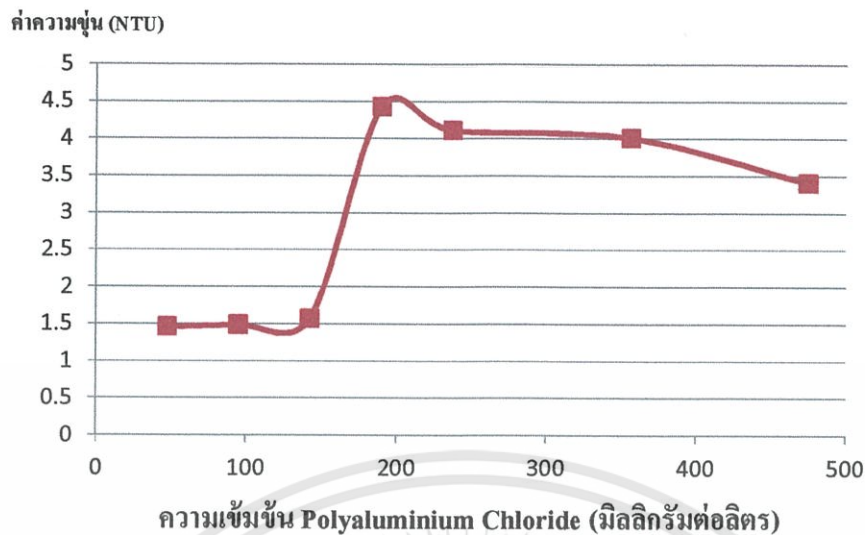
จากรูปที่ 4-1 เห็นได้ว่าค่าความขุ่นของน้ำจะมีค่าลดลงเมื่อมีการเติมพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ลงไป และเมื่อเติมพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ลงไป 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตรจะได้ค่าความขุ่นที่ต่ำที่สุด และหลังจากนั้นถ้าเติมพอลิอลูมิเนียมอีกก็จะทำให้ค่าความขุ่นเพิ่มขึ้น

การทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยทำการกำหนดความเข้มข้นสารละลายพอลิอูมิเนียมคลอไรด์ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และเติมสารละลายแอนไอออน พอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4-2 (แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-2 ตารางแสดงปริมาณที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 2)



รูปที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอนไอออน พอลิเมอร์ กับค่าความขุ่นที่ลดลง จากรูปที่ 4-2 เห็นได้ว่าเมื่อทำการเติมแอนไอออน พอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดค่าความขุ่นของน้ำได้มากที่สุด

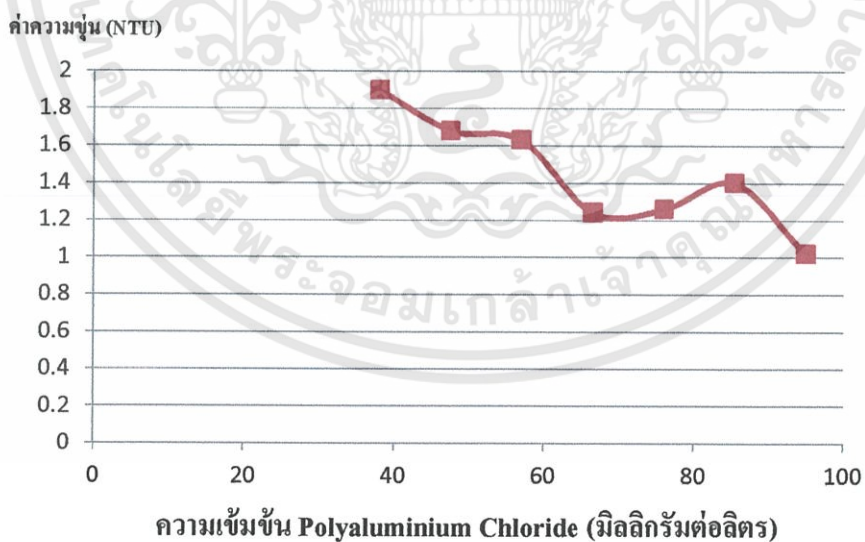
การทดสอบในสถานที่ปฏิบัติงานจริง โดยทำการเติมสารละลายพอลิอูมิเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ และกำหนดความเข้มข้นสารละลายแอนไอออน พอลิเมอร์ 6.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4-3 (แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-3 ตารางแสดงปริมาณที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 3)



รูปที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอลูมิเนียมคลอไรด์กับค่าความขุ่นที่ลดลง

จากรูปที่ 4-3 เห็นได้ว่าที่ความเข้มข้นของพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 48, 95, 143 มิลลิกรัมต่อลิตรค่าความขุ่นที่ได้จะมีค่าที่ไม่ต่างกันมากนัก และเมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นของพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ไปที่ 190 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความขุ่นก็มีค่ามากขึ้น

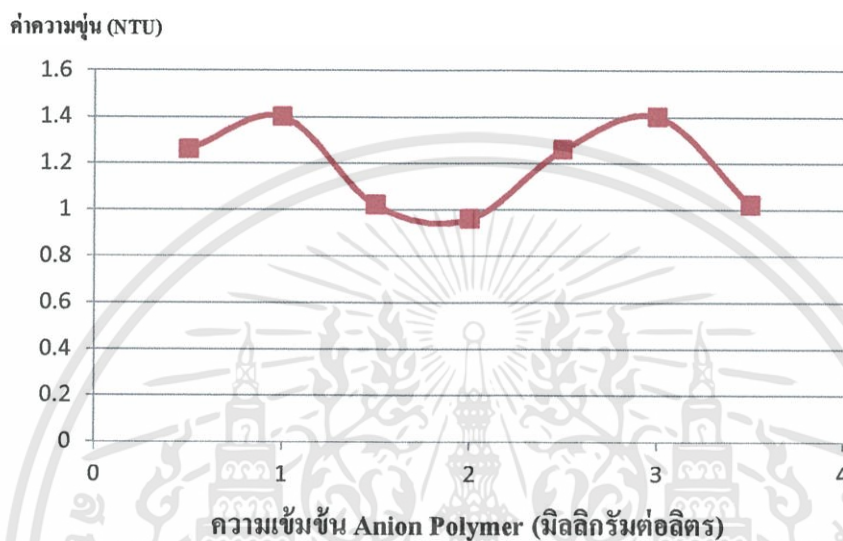
การทดสอบในสถานที่ปฏิบัติงานจริง โดยทำการเติมสารละลายพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ และกำหนดความเข้มข้นสารละลายแอนไอออน พอลิเมอร์ 6.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4-4 (แสดงในภาคผนวก ขตารางที่ ข-4 ตารางแสดงปริมาณที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 4)



รูปที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอลูมิเนียมคลอไรด์กับค่าความขุ่นที่ลดลง

จากรูปที่ 4-4 เห็นได้ว่าเมื่อเราทำการเพิ่มความเข้มข้นของพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์มากขึ้นก็จะทำให้ค่าความขุ่นที่ได้ลดลงมากไปด้วย

เมื่อทำการกำหนดความเข้มข้นสารละลายพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ 104.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และเติมสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4-5 (แสดงในภาคผนวก ขตารางที่ ข-5ตารางแสดงปริมาณที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 5)



รูปที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอนไอออนพอลิเมอร์กับค่าความขุ่นที่ลดลง
จากรูปที่ 4-5 เห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นที่ของแอนไอออนพอลิเมอร์เท่ากับ 1.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถช่วยลดค่าความขุ่นได้มากที่สุด

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการรวมตะกอนทางเคมี ณ สถานที่ปฏิบัติงานโดยใช้ตัวชี้วัดคือค่าปริมาณของชั้นตะกอนและค่าความขุ่นที่เกิดขึ้น เมื่อผ่านการเติมสารเคมีเพื่อทำให้เกิดกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) โดยใช้พอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride) ที่มีความเข้มข้น 95,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟล็อกกูเลชัน (Flocculation) โดยใช้แอนไอออนพอลิเมอร์ (Anion Polymer) ที่มีความเข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร

ผลจากการทำจาร์เทสต์ (Jar Test) ได้ค่าสารเคมีที่เหมาะสมคือ พอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 48 มิลลิกรัมต่อลิตร และแอนไอออนพอลิเมอร์ความเข้มข้น 6.25 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดค่าความขุ่นจาก 3.57 เหลือ 1.60 NTU ซึ่งผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำที่กำหนดไว้ไม่เกิน 2 NTU ซึ่งสามารถดูได้จากภาคผนวก ง. ตารางที่ ง-1

4.3 การปรับอัตรา Pulsation และปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นขณะดำเนินงาน

เมื่อเริ่มต้นเดินระบบจำเป็นต้องทำการสร้างชั้นตะกอนขึ้นมาก่อน ซึ่งทำได้โดยการใช้อัตราการผลิตไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการผลิตสูงสุด ถ้าใช้อัตราการผลิตสูงกว่นี้จะทำให้ตะกอนไม่มี

การรวมตัวกันจะหลุดลอยไปกับน้ำ ระยะเวลาการสร้างชั้นตะกอนขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบและปริมาณสารเคมีที่ใช้ อาจใช้เวลาตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไปแต่โดยทั่วไปมักไม่เกิน 24 ชั่วโมง ในกรณีที่มีการหยุดเดินระบบนานเกิน 3 วัน จำเป็นต้องระบายตะกอนทิ้งให้หมดเพื่อป้องกันตะกอนเกิดการเน่าเสีย

เมื่อเดินระบบแล้ว 3 ชั่วโมงให้ทำการตรวจวัดปริมาณชั้นตะกอนที่ระดับต่างๆ และเมื่อระบบเริ่มทำงานที่อัตราการไหลปกติแล้ว รอจนชั้นตะกอนสูงถึงระดับขอบด้านบนของช่องดักตะกอน (Concentrators) และความเข้มข้นของชั้นตะกอนคงที่ ทำการตรวจวัดปริมาณของชั้นตะกอนโดยวิธีกัลกน้ำด้วยสายยางใสใส่ลงในกระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ที่ระดับความลึก 1, 2, 3 และ 3.90 เมตรวัดจากระดับผิวน้ำ (ไม่ควรเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับตื้นกว่า 15 เซนติเมตร) ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดการตกตะกอน 30 นาที เพื่อสังเกตปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น ซึ่งปริมาณตะกอนของชั้นตะกอนส่วนล่างและชั้นตะกอนส่วนกลางไม่ควรต่างกันเกิน 7 เปอร์เซ็นต์โดยค่าเปอร์เซ็นต์ในส่วนล่างมีค่ามากกว่าเมื่อทำการปรับอัตราการไหลเข้าของน้ำ 10 และ 12 ลูกบาศก์ และปรับอัตราพัลเซชัน ดังตารางที่ 3-3



ตารางที่ 3-3 การปรับปัจจัย และปริมาณตะกอนที่ความสูงต่างๆ

ครั้งที่	Suction Time (S)	Flushing Time (S)	ความสูงของการยกตัว (cm.)	ขนาดช่องรับอากาศ (cm.)	อัตราการเติม Polyaluminium Chloride (L/h)	อัตราการเติม Anion Polymer (L/h)	อัตราการทิ้งตะกอน (h)	เปอร์เซ็นต์ตะกอนที่ระดับความลึกต่างๆ				ค่าความขุ่น (NTU)	Flow late (m ³)	หมายเหตุแสดงในภาคผนวก ข
								1m	2m	3m	3.9m			
1	25	10	60	4	10	1.9	3	10	20	10	10	1.60	10 m ³	รูปที่ ข-1
2	30	6	60	4	10	1.9	3	-	-	40	46	1.60	10 m ³	รูปที่ ข-2
3	30	8	80	4	4	1.9	3	250	300	350	350	2.23	12 m ³	รูปที่ ข-3
4	30	8	80	4	4	1.9	3	260	270	280	2990	2.23	12 m ³	รูปที่ ข-4

หมายเหตุ:ค่าความขุ่นน้ำดิบเท่ากับ3.75 NTU

4.4 การกรองทราย

กรองทรายจะเป็นการกรองตะกอนขนาดเล็กที่หลุดมาจากถังตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสุญญากาศ โดยที่อัตราการผลิตน้ำที่ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงสามารถลดค่าความขุ่นจาก 1.60 NTU เหลือ 0.89 NTU คิดเป็นร้อยละการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 44.38 และที่อัตราการผลิต 12 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สามารถลดค่าความขุ่นจาก 2.23 NTU เหลือ 1.23 NTU คิดเป็นร้อยละการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 44.84

เนื่องจากที่อัตราการผลิต 12 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงมีค่าความขุ่นหลังจากผ่านถังตกตะกอนพัลเซเตอร์เกินมาตรฐาน ถ้าทำการกรองต่อไปจะส่งผลให้ถังกรองทรายอุดตันเร็ว การล้างย้อนที่บ่อยทำให้เปลืองเวลาและเปลืองน้ำในการล้างย้อนเพราะฉะนั้นจึงเดินระบบที่อัตราการผลิต 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงเพื่อป้องกันปัญหาการอุดตันเร็วของตะกอน แต่ถ้าหากระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ชนิดสุญญากาศ เดินตามประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้ออกแบบไว้ และค่าความขุ่นที่ออกจากถังตกตะกอนไม่เกิน 2 NTU ระบบกรองทรายก็สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพดังกล่าว จ. รูปที่ จ-7

4.5 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร โดยมีปัจจัยในการคำนวณดังนี้

1. ค่าพลังงานผลิตของระบบ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละอุปกรณ์
3. ค่าสารเคมีในการบำบัดน้ำ

จากการคำนวณค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มีค่าใช้จ่าย 6.02 บาท ต่อ ลูกบาศก์เมตร โดยสามารถดูรายละเอียดการคำนวณได้จากภาคผนวก ค. ดังตาราง ค-1 Design parameter และ ตารางที่ ค-2 Cost estimation

4.6 ปัญหาและอุปสรรคจากการดำเนินงาน

4.6.1 ปัญหาจากอุปกรณ์ที่มีอยู่ก่อน

ปัญหาปั๊มสูบน้ำจากบ่อเก็บน้ำ เนื่องจากอัตราการไหลของปั๊มที่บ่อเก็บน้ำดิบมีขนาดใหญ่เกินกว่าอัตราการไหลสูงสุดที่ระบบจะสามารถรับได้ทำให้กระบวนการสร้างตะกอนมีปัญหาส่งผลให้ต้องมีการปล่อยน้ำทิ้งส่วนหนึ่ง

คุณสมบัติของปั๊มสูบน้ำ

- ยี่ห้อ waterpumpss.r.l.
- รุ่น CM 50-250 Aหมายเลข 444451
- อัตราการไหล 450-1300 ลิตรต่อนาที

- เฮดปั๊ม 89.5-71.7เมตร
- กำลังไฟฟ้า 22.5 กิโลวัตต์ แรงม้า 30แรงม้า
- ความเร็วรอบเครื่อง 2800 รอบต่อนาที
- ใช้ไฟฟ้า 3 เฟส
- ใช้ไฟ 380-660 โวลต์ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์
- ใช้กระแส 39.8-27 แอมแปร์

การแก้ไขปัญหา

เบื้องต้นคิดว่าควมควบคุมอัตราการไหลของปั๊มส่งน้ำหลังจากออกจากปั๊ม โดยต้องควบคุมกระแสไฟฟ้าของปั๊มไม่ต่ำเกินขีดจำกัดของปั๊มที่ 27 แอมแปร์ ได้ทำการทดสอบแล้ว สามารถลดอัตราการไหลได้ต่ำสุดที่ 333 ลิตรต่อนาที หรือ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่กระแสประมาณ 28 แอมแปร์ และแรงดันที่หัวปั๊มอยู่ประมาณ 8 บาร์ แต่ขณะที่ระบบเริ่มเดินจำเป็นต้องเริ่มอัตราการไหลที่ 166 ลิตรต่อนาที จึงต้องทำให้ต้องมีการ แบ่งน้ำส่วนหนึ่งเข้าระบบตกตะกอนแบบฟลลเซเตอร์ชนิดสุญญากาศและอีกส่วนเข้าถังเก็บน้ำดิบบริเวณยอดเขาและเมื่อถึงน้ำดิบเต็มก็จำเป็นต้องปล่อยให้น้ำล้นทิ้งไป การแก้ปัญหาระยะยาวทำการติดตั้งปั๊มตัวใหม่ ที่บริเวณถังเก็บน้ำดิบที่ยอดเขาเพื่อเข้าสู่ระบบตกตะกอน ทำให้สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ดี และประหยัดพลังงาน โดยปั๊มตัวเดิมจะทำงานเต็มประสิทธิภาพ เพื่อสูบน้ำมาเก็บในถังน้ำดิบบนยอดเขา และควบคุมตามลูกลอยในถัง

4.6.2 ปัญหาจากการออกแบบ

1.การเลือกใช้ Surface Loading

จากแหล่งน้ำดิบแม่น้ำลำตะคอง ซึ่งมีค่าความขุ่นเพียง 3.57NTUและมีตะกอนหนักน้อยมาก ส่วนใหญ่จะเป็นความขุ่นจากสารอินทรีย์ ซึ่งมีน้ำหนักเบา ในทฤษฎี มีค่า Surface Loading ระหว่าง 2-4 เมตรต่อชั่วโมง โดยจากการออกแบบได้เลือกใช้ค่า Surface Loading 3 เมตรต่อชั่วโมง แต่เนื่องจากมีความขุ่นน้อยและไม่มีตะกอนหนัก จึงทำให้ตะกอนลอย และฟุ้งออกไปทางรางรับน้ำใส

การแก้ไขปัญหา

เนื่องจากคาดว่าค่า Surface Loading ที่ออกแบบ มีค่าสูงเกินไป จึงจะมีการเพิ่มอุปกรณ์ลดความเร็วของน้ำ โดยใช้ Stilling Baffles บริเวณหัวกระจายน้ำที่กั้นถัง และเพิ่ม Lamellae Module หรือ Tube Settler เพื่อลดความเร็วของน้ำ และให้ตะกอนเข้าปะทะกับแผ่นของ Lamellae ซึ่งตะกอนที่มีน้ำหนักมากกว่าน้ำ จะตกลงก้นถัง แต่น้ำใสจะขึ้นสู่รางรับน้ำใส จะทำให้ระบบเพิ่มประสิทธิภาพ เป็นระบบตกตะกอนแบบชุปเปอร์ฟลลเซเตอร์ ที่มีความสามารถรับ Surface Loading ได้ถึง 4-8 เมตรต่อชั่วโมง

2.การออกแบบระบบเติมสารและผสมสารเคมี

ภายในระบบตกตะกอนมีการเติมสารสร้างตะกอนคือ พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์และเติมสารช่วยรวมตะกอน คือแอนไอออน พอลิเมอร์พร้อมกันจึงทำให้เกิดปัญหาเมื่อ เกิดการสร้างตะกอนที่มีขนาดเล็ก

แล้วเจอกับสารช่วยรวมตะกอนเลขทันที จึงทำให้ตะกอนมีขนาดเล็กและไม่แน่น จึงอาจจะทำให้เกิดปัญหาตะกอนที่ออกมาเบา และลอยออกมาบนรางรับน้ำใส

การแก้ไขปัญหา

มีการออกแบบแก้ไขให้แยกการเติมสารและผสมสารสร้างตะกอน ให้อยู่ก่อนและเพิ่มเส้นท่อเพื่อเพิ่มระยะเวลาในการผสมกับน้ำดิบให้มากยิ่งขึ้น โดยเพิ่มระยะท่อประมาณ 8 เมตร แล้วเลื่อนจุดเติมสารช่วยรวมตะกอน ไว้ในบริเวณก่อนเข้าหอสุญญากาศ เพื่อรวมตะกอนที่สร้างขึ้นให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จึงเข้าสู่ถังตกตะกอน

3. ปัญหาปั๊มเติมสารเคมีสร้างตะกอน

จากการออกแบบระบบตกตะกอนต้องออกแบบให้กว้างและรองรับน้ำดิบได้หลายชนิดจึงได้เลือกขนาดของปั๊มเติมสารเคมีที่มีอัตราการไหลถึง 44 ลิตรต่อชั่วโมง แต่จากการทำจารีตศาสตร์ต้องการอัตราการไหลเพียง 4 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งไม่ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลที่เหมาะสมต่ำสุดของปั๊ม

การแก้ไขปัญหา

เปลี่ยนปั๊มให้มีขนาดเล็กลง ให้การทำงานอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ในที่นี้เลือกปั๊มที่มีอัตราการไหลสูงสุดที่ 23 ลิตรต่อชั่วโมง เพื่อให้ 15 เปอร์เซ็นต์ของปั๊มไม่ต่ำกว่า 4 ลิตรต่อชั่วโมง

4. น้ำในถังตกตะกอนเกิดการไหลย้อนกลับ

เนื่องจากความสูงของถังตกตะกอนสูงกว่าถังเก็บน้ำดิบที่ยอดเขา จึงทำให้เกิดปัญหาหากมีการเปิดวาล์วแบ่งน้ำครั้งหนึ่งเข้าสู่ระบบตกตะกอน แล้วมีการปิดน้ำเข้าจากปั๊มที่บ่อด้านล่าง จะทำให้เกิดปัญหาน้ำไหลย้อนกลับแบบกาดักน้ำไปทางบ่อเก็บน้ำดิบ ในการออกแบบเบื้องต้นไม่ได้คำนึงถึงการแบ่งน้ำขณะเริ่มเดินระบบ จึงทำให้ชั้นตะกอนที่กั้นถึงถูกดูดไปลงในถังน้ำดิบที่ยอดเขา จึงทำให้การสร้างชั้นตะกอนไม่สำเร็จ เพราะจากระบบควบคุม ถ้าน้ำเต็มถึงเก็บน้ำ ระบบตกตะกอนจะหยุดทำงาน

การแก้ไขปัญหา

ติดตั้งวาล์วป้องกันการไหลย้อนกลับก่อนเข้าสู่ถังตกตะกอน เพราะถ้ามีการหยุดปั๊มน้ำเข้า น้ำที่อยู่ ในถังตกตะกอนบางส่วนที่มีระดับสูงกว่าที่รับน้ำเข้าจะไม่ไหลย้อนออก มีเพียงส่วนที่ก่อบถึงวาล์วป้องกันการไหลย้อนกลับเท่านั้นที่ไหลลงไปที่ถังเก็บน้ำดิบบนยอดเขา

5. ปัญหาการล้นน้ำของถังกรองทราย

จากการออกแบบให้ถังกรองทรายมีการล้างกลับตามเวลาที่กำหนดเพื่อลดการอุดตันของกรองทราย จะมีโอกาสให้เกิดปัญหาจากการเปิดวาล์วน้ำทิ้งขณะล้างกลับ แล้วน้ำต่ำกว่าระดับลูกลอยในถังเก็บน้ำจากถังตกตะกอนปั๊มล้างกลับจะหยุดทำงาน แต่จะเกิดกาดักน้ำไหลไปทางด้านน้ำทิ้งเพราะวาล์วน้ำทิ้งจะอยู่ในท่าเปิดตลอดเวลาจนกว่าจะหยุดล้างกลับ จึงเกิดปัญหาให้น้ำไม่สามารถเติมพอ เพราะน้ำที่เกิดกาดักน้ำออกไปมากกว่าน้ำที่เติมเข้ามา จึงทำให้น้ำหมดถังเก็บน้ำ

การแก้ไขปัญหา

แก้ไข PLC ควบคุมการทำงานของวาล์วอัตโนมัติ โดยกำหนดให้เมื่อระบบทำการล้างกลับแล้วน้ำหมดถึงเก็บน้ำ วาล์วทุกตัวของถังกรองทรายจะอยู่ในท่าปิด เพื่อป้องกันการเกิดคาถักน้ำ และวาล์วจะอยู่ในตำแหน่งที่พร้อมใช้งานใหม่อีกครั้งเมื่อน้ำในถังเก็บน้ำมีน้ำเพียงพอตามตำแหน่งของลูกลอยอยู่ภายในถังน้ำ

4.6.3 ปัญหาจากการติดตั้ง

- ปิ๊มเคมี

หลังจากการเดินระบบตกตะกอน ปิ๊มเติมสารเคมีเดินอย่างปกติ แต่เมื่อมีการหยุดเติมสารเคมี จะไม่สามารถเติมสารเคมีได้อีกครั้ง ในการติดตั้งช่วงติดตั้งไม่ได้ใส่ลูกบอลกันการไหลย้อนที่หัวกะโหลกด้านดูดสารเคมี จึงทำให้ปิ๊มเติมสารเคมีหากหยุดเติมสารเคมี สารเคมีจะย้อนออกจากปิ๊มทำให้ภายในปิ๊มมีอากาศเข้าไปแทนที่ซึ่งทำให้ปิ๊มไม่มีแรงดูดสารเคมี และไม่เติมสารเคมีเข้าสู่ระบบ

การแก้ไขปัญหา

ใส่ลูกบอลป้องกันการไหลย้อนกลับพร้อมทั้งแป้นวางไว้ระหว่างหัวกะโหลกด้านดูดและสายดูดสารเคมี



บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลวิจัย

1) การรวมตะกอนทางเคมี

จากการทำจาร์เทสต์ได้ทำการเลือกใช้พอลิลูมิเนียมคลอไรด์และแอนไอออนพอลิเมอร์ในปริมาณที่น้อยที่สุดที่สามารถลดค่าความขุ่นได้อยู่ในค่าที่เหมาะสม

ใช้พอลิลูมิเนียมคลอไรด์ 48 มิลลิกรัมต่อลิตร และแอนไอออนพอลิเมอร์ 6.25 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดค่าความขุ่นของน้ำเข้าจาก 3.57 NTU เหลือ 1.60 NTU คิดเป็นร้อยละการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 55.18

2) อัตราการเติมคลอรีน

ทำการเติมคลอรีนเพื่อไปทำการฆ่าเชื้อแบคทีเรียโดยทำการเติมโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 4000 มิลลิกรัมต่อลิตรปรับอัตราการเติมไปที่ 0.47 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งจะได้ความเข้มข้นของคลอรีนเท่ากับ 1.88 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำดิบก่อนตกตะกอน โดยน้ำที่ผ่านการตกตะกอนจะมีค่าคลอรีนคงเหลือ 0.99 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งอยู่ในมาตรฐานของน้ำประปา

3) ระบบตกตะกอนแบบ พัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

ที่อัตราการผลิตน้ำที่ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

- ระยะเวลาการคูดน้ำภายในถังสูญญากาศ 30 วินาที
- ระยะเวลาการทิ้งตัวของน้ำที่ 6 วินาที
- ระยะการยกตัวของน้ำในห้องสูญญากาศ 60 เซนติเมตร
- อัตราการระบายตะกอน 1.64 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงทำการระบายทุกๆ 3 ชั่วโมงครั้งละ 10

วินาที

- อัตราการเติมพอลิลูมิเนียมคลอไรด์ 4 ลิตรต่อชั่วโมง (คิดเป็นความเข้มข้น 48 มิลลิกรัมต่อลิตร)
- อัตราการเติมแอนไอออนพอลิเมอร์ 1.9 ลิตรต่อชั่วโมง (คิดเป็นความเข้มข้น 6.25 มิลลิกรัมต่อลิตร)

โดยสามารถลดค่าความขุ่นของน้ำเข้าจาก 3.57 เหลือ 1.60 NTU คิดเป็นร้อยละการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 55.18 และเมื่อทำการปรับอัตราการผลิตน้ำเป็น 12 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงแล้วค่าความขุ่นหลังจากผ่านถังตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศเท่ากับ 2.23 NTU ซึ่งค่าความขุ่นที่ได้นั้นเกินมาตรฐานการผลิตที่ต้องได้ค่าความขุ่นอยู่ระหว่าง 1.0-2.0 NTU ส่งผลให้ไม่สามารถปรับอัตราการผลิตให้สูงกว่า 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงได้ ซึ่งเกิดจากการออกแบบและลักษณะของน้ำดิบซึ่งเป็นตะกอนที่ได้ค่อนข้างเบา

แต่เนื่องด้วยระยะเวลาของโครงการสหกิจศึกษาที่จำกัดส่งผลให้การวิจัยจำเป็นที่จะต้องยุติที่อัตราการผลิตน้ำที่ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงแต่จะมีการติดตามปรับปรุงแก้ไขระบบจากทางบริษัทต่อไปจนสามารถผลิตได้ตามกำลังการผลิตสูงสุด

4) ความแตกต่างความขุ่นของแม่น้ำลำตะคอง และความขุ่นของน้ำเข้าสู่ระบบตตะคอน

จากการเปรียบเทียบค่าความขุ่นของแม่น้ำลำตะคอง และความขุ่นเข้าสู่ระบบตตะคอนมีความแตกต่างกัน เนื่องจากมีการตตะคอนโดยธรรมชาติก่อนภายในบ่อเก็บน้ำ ทำให้น้ำที่เข้าสู่ระบบตตะคอนมีความใสกว่าน้ำดิบ และทำให้ระบบตตะคอนมีปัญหาไม่สามารถตตะคอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2. ข้อเสนอแนะ

- 1) ลูกค้าควรมีข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้น้ำในช่วง 1 ปี เพื่อให้บริษัทออกแบบได้อย่างเหมาะสม
- 2) บริษัท ควรศึกษาลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำดิบก่อนออกแบบ เพราะน้ำดิบแต่ละที่มีความแตกต่างกัน เช่นความขุ่นของน้ำ
- 3) สำหรับแหล่งน้ำที่มีตะคอน และความขุ่นค่อนข้างน้อย สมควรใช้ระบบตตะคอนแบบ Solid Contact เพราะควบคุมปัจจัยได้ง่ายกว่า และยังเป็นแบบเปิดสามารถเติมตะคอนเข้าสู่ระบบได้ง่ายในช่วงเดินระบบ

เอกสารอ้างอิง

กรมเจ้าท่า. (2550).รายงานผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำในลำน้ำลำตะคอง.[ออนไลน์].

สืบค้นได้จาก: http://www.md.go.th/safety_environment/Data/July_Dec/08%20ลำตะคอง/ข้อมูล/11.pdf. (สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2555).

เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์. (2537). วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ :มิตรนราการพิมพ์
ชวนชัย ผกากรอง, ธวัชชัย ทิมา และพงษ์ธวัช วงศ์คำจันทร์.(2553). ทดสอบการทำงานของแบบจำลอง
ถังตกตะกอน แบบ Pulsatorและถังกรองแบบล้างย้อนอัตโนมัติ. โครงการนักศึกษาชั้นปีที่ 4.

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ.(2554). คู่มือการควบคุมถังตกตะกอน Superpulsator Clarifier ประเภท
VacuumType.กรุงเทพฯ:ส่วนควบคุมการผลิตน้ำ 4 กองผลิตและจำหน่าย
ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำสามเสน การประปานครหลวง

พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ. (มปป.)หลักการดำเนินงานถังตกตะกอน Pulsator Clarifier ประเภท
Pressure Type.กรุงเทพฯ:ส่วนแผนและประเมินผล กองคุณภาพน้ำฝ่ายคุณภาพน้ำ ,การประปา
นครหลวง

พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ. (มปป.)หลักการดำเนินงานถังตกตะกอน Pulsator Clarifier
ประเภท Vacuum Type.กรุงเทพฯ:ส่วนแผนและประเมินผล กองคุณภาพน้ำฝ่ายคุณภาพน้ำการ
ประปานครหลวง

พรชัยวรรณ ศรีนาค.(2552). การควบคุมมลพิษทางน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ:ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มันสิน ตันฑูลเวศม์.(2537 ก.). วิศวกรรมการประปา เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มันสิน ตันฑูลเวศม์.(2537 ข.). วิศวกรรมการประปา เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มันสิน ตันฑูลเวศม์.(2540). คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ:
บริษัท แชน.อี 68 แล็บ จำกัด

- Crittenden, J.C. Ph.D., P.E. (2005). **Water Treatment Principle And Design**. New Jersey: Second Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Intrto, S. (2009). **Effects of pulsation rate, surface overflow rate and suction height on the turbidity removal efficiency of pulsator clarifier**. Thesis, Faculty of Public Health Mahidol University.
- Lin, S.D. (2007). **Water And Wastewater Calculation Manual**. New York: Second Edition. Mc Graw Hill.
- Tchobanoglous, G. Burton, F.L. Stensel, D. (2004). **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. New York: Fourth Edition. Metcalf & Eddy, Inc.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมสารรวมตะกอน (Coagulant)

1. เติมน้ำลงในถัง 500 ลิตร ไปประมาณ 200 ลิตร
2. เติมสารเคมี Polyaluminium Chloride ขนาดกระสอบละ 25 กิโลกรัม 2 สอบ โดยขณะที่เติมควรใส่ผ้าปิดจุกเนื่องจากสารเคมีเป็นผงขนาดเล็กและเบา มีกลิ่นฉุนแสบจุก
3. ปิดฝาถัง พร้อมทั้งเติมน้ำจนเต็มถัง
4. เปิดใบกวน เพื่อกวนผสมจนกว่าสารเคมีจะละลายเป็นเนื้อเดียวกันประมาณ 30 นาที
5. เมื่อสารเคมีพร้อมแล้วจึงเปิดปั๊มเติมสารเคมี

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้น Polyaluminium Chloride (มิลลิกรัมต่อลิตร)} \\ &= \text{น้ำหนัก Polyaluminium Chloride (g) / ปริมาตรน้ำ (m}^3\text{)} \\ &= 100,000 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของเนื้อสาร 95 \% มวล ต่อ ปริมาตร} \\ \text{ดังนั้นจะได้ความเข้มข้นของ Polyaluminium Chloride (มิลลิกรัมต่อลิตร)} &= 100000 * 0.95 \\ &= 95,000 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร} \end{aligned}$$

การเตรียมสารช่วยรวมตะกอน (Flocculants)

1. เติมน้ำลงในถัง 500 ลิตร ไปประมาณ 200 ลิตร
2. เติมสารเคมี Anion Polymer ขนาดถุงละ 2.5 กิโลกรัม 1 ถุง
3. ปิดฝาถังแล้วเติมน้ำจนเต็มถัง
4. เปิดใบกวน เพื่อกวนผสม จนกว่าสารเคมีจะละลายเป็นเนื้อเดียวกันประมาณ 30 นาที
5. เมื่อสารเคมีพร้อมแล้วจึงเปิดปั๊มเติมสารเคมี

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้น Anion Polymer (มิลลิกรัมต่อลิตร)} \\ &= \text{น้ำหนัก Anion Polymer (g) / ปริมาตรน้ำ (m}^3\text{)} \\ &= 5000 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร} \end{aligned}$$

การเติมสารเคมีฆ่าเชื้อ (Disinfectant)

1. เติมน้ำลงในถัง 500 ลิตร ไปประมาณ 200 ลิตร
2. เติมสารเคมี Sodium Hypo Chloride ขนาดถังละ 20 ลิตร ความเข้มข้น 10เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1 ถัง โดยขณะที่เติมควรใส่ผ้าปิดจุกเนื่องจากสารเคมี มีกลิ่นฉุนแสบจุกและเป็นอันตรายกับระบบหายใจ
3. ปิดฝาถังแล้วเติมน้ำจนเต็มถัง
4. เปิดใบกวน เพื่อกวนผสม จนกว่าสารเคมีจะละลายเป็นเนื้อเดียวกันประมาณ 30 นาที
5. เมื่อสารเคมีพร้อมแล้วจึงเปิดปั๊มเติมสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

ความเข้มข้น Sodium Hypo chlorite (ppm)

= (น้ำหนัก Sodium Hypo chlorite (g) * เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของคลอรีนน้ำ) / ปริมาตรน้ำ (m³)

= 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 ตารางแสดงปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 1

ปริมาณสารละลายพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์และปริมาณแอนไอออน พอลิเมอร์ 5 มิลลิลิตร โดยใช้สารละลายพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์ เข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตรและแอนไอออน พอลิเมอร์เข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตรในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตรจากการทดลองภายในห้องปฏิบัติการ

บีกเกอร์	ปริมาณสารละลายพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลายพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าความขุ่น (NTU)
1	0.5	10	5	6	0.26
2	1	20	5	6	0.22
3	1.2	24	5	6	0.34
4	1.5	30	5	6	0.22
5	1.7	34	5	6	0.37
6	2	40	5	6	0.39
7	2.2	44	5	6	0.44
8	2.5	50	5	6	0.83

ตารางที่ ข-2 ตารางแสดงปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 2

ปริมาณสารละลายพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์ 0.5 มิลลิลิตร และปริมาณแอนไอออน พอลิเมอร์ โดยใช้สารละลายพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์ เข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตรและแอนไอออน พอลิเมอร์ เข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตรในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตรจากการทดลองภายในห้องปฏิบัติการ

บีกเกอร์	ปริมาณสารละลายพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลายพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าความขุ่น (NTU)
1	0.5	10	0.5	0.6	0.43
2	0.5	10	1	1.2	0.54
3	0.5	10	2	2.4	0.33
4	0.5	10	2.5	3	0.37
5	0.5	10	3	3.6	0.42
6	0.5	10	3.5	4.2	0.71
7	0.5	10	4	4.8	0.63
8	0.5	10	4.5	5.4	0.32

ตารางที่ ข-3 ตารางแสดงปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 3

ปริมาณสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์และปริมาณแอนไอออน พอลิเมอร์ 0.25 มิลลิลิตร โดยใช้สารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ เข้มข้น 95,000 มิลลิกรัมต่อลิตรและแอนไอออน พอลิเมอร์ เข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบีกเกอร์ 200 มิลลิลิตร

บีกเกอร์	ปริมาณสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าความขุ่น (NTU)
1	0.1	48	0.25	6.25	1.46
2	0.2	95	0.25	6.25	1.49
3	0.3	143	0.25	6.25	1.57
4	0.4	190	0.25	6.25	4.43
5	0.5	238	0.25	6.25	4.11
6	0.75	356	0.25	6.25	4.01
7	1	475	0.25	6.25	3.41

ตารางที่ ข-4 ตารางแสดงปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 4

ปริมาณสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์และปริมาณแอนไอออน พอลิเมอร์ 0.06 มิลลิลิตร โดยใช้สารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ เข้มข้น 95,000 มิลลิกรัมต่อลิตรและแอนไอออน พอลิเมอร์ เข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตรในบีกเกอร์ 200 มิลลิลิตร

บีกเกอร์	ปริมาณสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าความขุ่น (NTU)
1	0.08	38	0.06	1.5	1.90
2	0.10	48	0.06	1.5	1.68
3	0.12	57	0.06	1.5	1.63
4	0.14	67	0.06	1.5	1.24
5	0.16	76	0.06	1.5	1.26
6	0.18	86	0.06	1.5	1.40
7	0.20	95	0.06	1.5	1.02
8	0.22	105	0.06	1.5	0.96
9	0.24	114	0.06	1.5	1.15
10	0.26	124	0.06	1.5	1.62

ตารางที่ ข-5 ตารางแสดงปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนครั้งที่ 5

ปริมาณสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ 0.22 มิลลิลิตร และปริมาณแอนไอออน พอลิเมอร์โดยใช้สารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ เข้มข้น 95,000 มิลลิกรัมต่อลิตรและแอนไอออน พอลิเมอร์ เข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตรในบีกเกอร์ 200 มิลลิลิตร

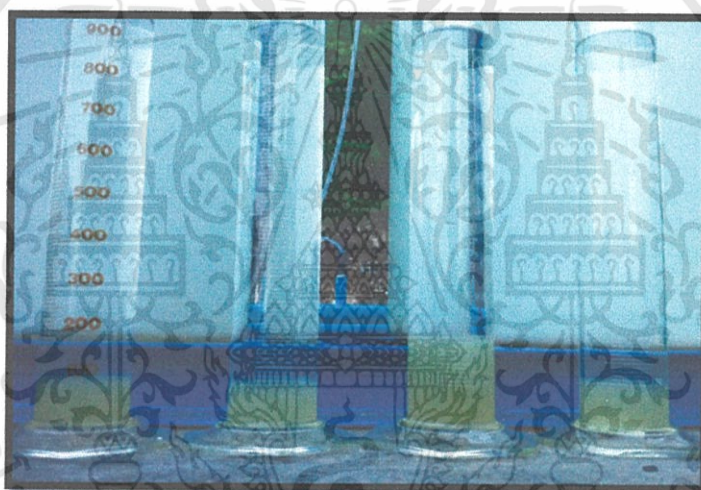
บีกเกอร์	ปริมาณสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลายพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลายแอนไอออนพอลิเมอร์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าความขุ่น (NTU)
1	0.22	105	0.02	0.5	1.26
2	0.22	105	0.04	1	1.40
3	0.22	105	0.06	1.5	1.02
4	0.22	105	0.08	2	0.96
5	0.22	105	0.10	2.5	1.26
6	0.22	105	0.12	3	1.40
7	0.22	105	0.14	3.5	1.02
8	0.22	105	0.16	4	0.96

ตารางที่ ข-6 ตารางแสดงความขุ่นที่วิเคราะห์ได้ในอัตราการไหลต่างๆ

อัตราการไหลของน้ำ	ค่าความขุ่น (NTU)
10m ³	1.60
12m ³	2.23

ตารางที่ ข-7 ตารางแสดงปัจจัย และค่าในการปรับแต่ง จากการทดสอบครั้งที่ 1

ปัจจัยในการปรับแต่ง	ค่าในการปรับแต่ง
Flushing Time	10 วินาที
Suction Time	25 วินาที
ความสูงของการยกตัว	60 เซนติเมตร
ขนาดช่องรับอากาศ	4 เซนติเมตร
เติมพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride)	10 ลิตรต่อชั่วโมง
เติมแอนไอออน โพลิเมอร์ (Anion Polymer)	1.9 ลิตรต่อชั่วโมง
อัตราการทิ้งตะกอน	ทุก 3 ชั่วโมง
ระยะเวลาทิ้งตะกอน	10 วินาที
อัตราการไหลเข้าของน้ำ	10 m ³



รูปที่ ข-1 ปริมาณตะกอนเมื่อมีอัตราการไหลเข้าของน้ำ 10 m³

ตารางที่ ข-8 ตารางแสดงปริมาณตะกอนที่ระดับต่างๆภายในถังตกตะกอน จากการทดสอบครั้งที่ 1

ความลึกที่ตรวจวัด ปริมาณตะกอน (เมตร)	ปริมาณตะกอนหลังจากทิ้งไว้ 30 นาที (มิลลิกรัม)	เปอร์เซ็นต์ตะกอน
3.90	100	10
3	100	10
2	200	20
1	100	10

ตารางที่ ข-9 ตารางแสดงปัจจัย และค่าในการปรับแต่ง จากการทดสอบครั้งที่ 2

ปัจจัยในการปรับแต่ง	ค่าในการปรับแต่ง
Flushing Time	6 วินาที
Suction Time	30 วินาที
ความสูงของการยกตัว	60 เซนติเมตร
ขนาดช่องรับอากาศ	4 เซนติเมตร
เติมพอลิออลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride)	10 ลิตร/ชั่วโมง
เติมแอนไอออน พอลิเมอร์ (Anion Polymer)	1.9 ลิตร/ชั่วโมง
อัตราการทิ้งตะกอน	ทุก 3 ชั่วโมง
ระยะเวลาทิ้งตะกอน	10 วินาที
อัตราการไหลเข้าของน้ำ	10 m ³



รูปที่ ข-2 ปริมาณตะกอนเมื่อมีอัตราการไหลเข้าของน้ำ 10m³

ตารางที่ ข-10 ตารางแสดงปริมาณตะกอนที่ระดับต่างๆภายในถังตกตะกอน จากการทดสอบครั้งที่ 2

ความลึกที่ตรวจวัด ปริมาณตะกอน (เมตร)	ปริมาณตะกอนหลังจากทิ้งไว้ 30 นาที (มิลลิกรัม)	เปอร์เซ็นต์ตะกอน
3.90	460	46
3	400	40
2	-	-
1	-	-

ตารางที่ ข-11 ตารางแสดงปัจจัย และค่าในการปรับแต่ง จากการทดสอบครั้งที่ 3

ปัจจัยในการปรับแต่ง	ค่าในการปรับแต่ง
Flushing Time	8 วินาที
Suction Time	30 วินาที
ความสูงของการยกตัว	80 เซนติเมตร
ขนาดช่องรับอากาศ	4 เซนติเมตร
เติมพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride)	4 ลิตร/ชั่วโมง
เติมแอนไอออน พอลิเมอร์ (Anion Polymer)	1.9 ลิตร/ชั่วโมง
อัตราการทิ้งตะกอน	ทุก 3 ชั่วโมง
ระยะเวลาทิ้งตะกอน	10 วินาที
อัตราการไหลเข้าของน้ำ	12 m ³



รูปที่ ข-3 ปริมาณตะกอนเมื่อมีอัตราการไหลเข้าของน้ำ 12m³

ตารางที่ ข-12 ตารางแสดงปริมาณตะกอนที่ระดับต่างๆภายในถังตกตะกอน จากการทดสอบครั้งที่ 3

ความลึกที่ตรวจวัด ปริมาณตะกอน (เมตร)	ปริมาณตะกอนหลังจากทิ้งไว้ 30 นาที (มิลลิกรัม)	เปอร์เซ็นต์ตะกอน
3.90	350	35
3	350	35
2	300	30
1	250	25

ตารางที่ ข-13 ตารางแสดงปัจจัย และค่าในการปรับแต่ง จากการทดสอบครั้งที่ 4

ปัจจัยในการปรับแต่ง	ค่าในการปรับแต่ง
Flushing Time	8 วินาที
Suction Time	30 วินาที
ความสูงของการยกตัว	80 เซนติเมตร
ขนาดช่องรับอากาศ	4 เซนติเมตร
เติมพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride)	4 ลิตร/ชั่วโมง
เติมแอนไอออน โพลีเมอร์ (Anion Polymer)	1.9 ลิตร/ชั่วโมง
อัตราการทิ้งตะกอน	ทุก 3 ชั่วโมง
ระยะเวลาทิ้งตะกอน	10 วินาที
อัตราการไหลเข้าของน้ำ	12 m ³



รูปที่ ข-4 ปริมาณตะกอนเมื่อมีอัตราการไหลเข้าของน้ำ 12m³

ตารางที่ ข-14 ตารางแสดงปริมาณตะกอนที่ระดับต่างๆภายในถังตกตะกอน จากการทดสอบครั้งที่ 4

ความลึกที่ตรวจวัด ปริมาณตะกอน (เมตร)	ปริมาณตะกอนหลังจากทิ้งไว้ 30 นาที (มิลลิลิตร)	เปอร์เซ็นต์ตะกอน
3.90	290	29
3	280	28
2	270	27
1	260	26



ภาคผนวก ค.

ค่าใช้จ่ายและการบำรุงรักษาระบบตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 Design parameter

Design parameter

1	Design permeate capacity	20	m ³ /h
2	Operating Cost Evaluate at 10 year	3650	day
3	Operating hour per day	16	hour
4	Chlorine feed	1.72	ppm
5	Alum feed	10	ppm
6	Polymer feed	0.95	ppm
7	Operating hour River to Pone	8	hour

ตารางที่ ค-2 Cost estimation

Cost evaluation

	data	Unit	Per Day	Per 10 Year	Price/Unit	Total	
1	Electrical energy for raw water pump form river to Pone (kW)	30	kWh	240	876,000	3.0	2,628,000
2	Electrical energy for raw water pump form Pone to Clarifier System (kW)	20	kWh	320	1,168,000	3.0	3,504,000
3	Chlorine feed		kg	0.55	2,009	80	160,717
4	Alum feed		kg	3.20	11,680	10	116,800
5	Polymer feed		kg	0.30	1,110	150	166,440
6	Sand filter replace (2 year)	1,500	L		7,500	10	75,000
7	Electrical energy for clear water pump (kW)	2.2	kW	35	128,480	3.0	385,440
8	Total Cost 3 Year		-	-	-	-	7,036,397
9	Produce water		M ³	320	1,168,000	-	-
10	Produced Water Cost		Baht/M ³	-	-	-	6.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง.

มาตรฐานคุณภาพนำของการประปานครหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานความขุ่นหลังจากออกจากระบบตกตะกอน

ระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

ควรอยู่ในช่วงต่ำกว่า 1.5 – 20 NTU (พรศกค., 2554)

ตารางที่ ง-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง

พารามิเตอร์	หน่วย (units)	คำแนะนำ WHO 2006 (Guideline Value)
1. คุณสมบัติน้ำแบคทีเรีย (Bacteriological Quality)		
แบคทีเรียชนิด 5 โคไล (<i>E. coli</i>)	พบ-ไม่พบ/100 ml	ไม่พบ/100 ml
2. คุณสมบัติน้ำเคมี-ฟิสิกส์ (Physical and Chemical Quality)		
สี ปรากฏ (Apperance colour) #	True colour unit	15
ความขุ่น (Turbidity) # *	NTU	5
รส และ กลิ่น (Taste and odour) #	-	ไม่เป็นที่ยอมรับ
สารหนู (Arsenic)	mg/l	0.01
แคดเมียม (Cadmium)	mg/l	0.003
โครเมียม (Chromium)	mg/l	0.05
ไซยาไนด์ (Cyanide)	mg/l	0.07
ตะกั่ว (Lead)	mg/l	0.01
ปรอท (Inorganic Mercury)	mg/l	0.006
เซเลเนียม (Selenium)	mg/l	0.01
ฟลูออไรด์ (Fluoride)	mg/l	1.5
คลอไรด์ (Chloride) #	mg/l	250
ทองแดง (Copper) #	mg/l	2
เหล็ก (Iron) #	mg/l	0.3
แมงกานีส (Manganese) #	mg/l	0.4
โซเดียม (Sodium) #	mg/l	200
ซัลเฟต (Sulfate) #	mg/l	250
สังกะสี (Zinc) #	mg/l	3
ปริมาณมวลสารที่ละลายทั้งหมด (Total dissolved solids)	mg/l	1,000
ไนเตรทในรูปไนเตรท (Nitrate as NO ₃ -)	mg/l	50
ไนไตรท์ในรูปไนไตรท์ (Nitrite as NO ₂ -)	mg/l	3
ไตรคลอโรอีเทน (Trichloroethene)	mg/l	0.02
เตตราคลอโรอีเทน (Tetrachloroethene)	mg/l	0.04
ไมโครซิสติน-แอลอาร์ (Microcystin-LR)	mg/l	0.001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	หน่วย (units)	คำแนะนำ WHO 2006 (Guideline Value)
3. สารเคมีที่ใช้ป้องกันและกำจัดศัตรูพืช (Pesticides)		
อัลดรินและดีลดริน (Aldrin/Dieldrin)	µg/l **	0.03
คลอเดน (Chlordane)	µg/l	0.2
ดีดีที (DDT)	µg/l	1
สอง,สี่-ดี (2,4-D)	µg/l	30
เฮปตาคลอและเฮปตาคลออีพอกไซด์ (Heptachlor and Heptachlor epoxide)	µg/l	0.03
เฮกซะคลอโรเบนซีน (Hexachlorobenzene)	µg/l	1
ลินเดน (Lindane)	µg/l	2
เมทอซอกซิล (Methoxychlor)	µg/l	20
เพนตาคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	µg/l	9
4. ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes) sum of the ratio		1
คลอโรฟอร์ม (Chloroform , CHCl ₃)	mg/l	0.3
โบรมอไดคลอโรมีเทน (Bromodichloromethane , CHBrCl ₂)	mg/l	0.06
ไดโบรมอไดคลอโรมีเทน (Dibromochloromethane , CHBr ₂ Cl)	mg/l	0.1
โบรมอฟอร์ม (Bromoform , CHBr ₃)	mg/l	0.1
5. กัมมันตภาพรังสี (Radioactive)		
ความแรงรวมรังสีแอลฟา (Gross alpha activity)	Bq/l	0.5
ความแรงรวมรังสีเบตา (Gross beta activity)	Bq/l	1

หมายเหตุ การประปนครหลวงพิจารณาวิเคราะห์รายการที่มีผลต่อสุขภาพและความนำดื่มมาใช้ (#)

* ความขุ่นไม่มีผลต่อสุขภาพ แต่ควรต่ำกว่า 0.1 NTU เพื่อประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อ

** 1 mg = 1,000 µg

Recommended minimum sample numbers for faecal indicator testing in distribution systems ***

Population	Total number of samples per year
<u>Point sources</u>	Progressive sampling of all sources over 3 to 5 year cycles (maximum)
<u>Piped supplies</u>	
< 5000	12
5000 - 100000	12 per 5,000 head of population
> 100000 - 500000	12 per 10,000 head of population plus an additional 120 samples
> 500000	12 per 100,000 head of population plus an additional 180 samples

*** Parameters such as chlorine, turbidity and pH should be tested more frequently as part of operational and verification monitoring.

ติดต่อสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ ส่วนน้ำประปา กองเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ โทร. 0 2981 7321

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

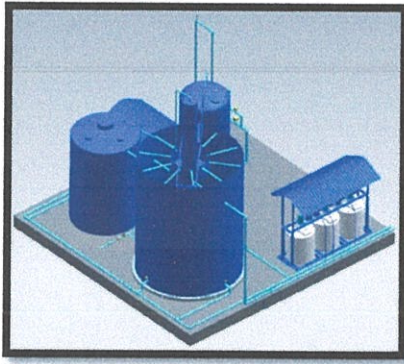


ภาคผนวก จ.

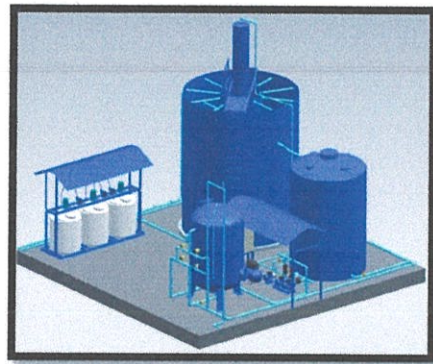
รูปภาพพระบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

และการวางผังของระบบ

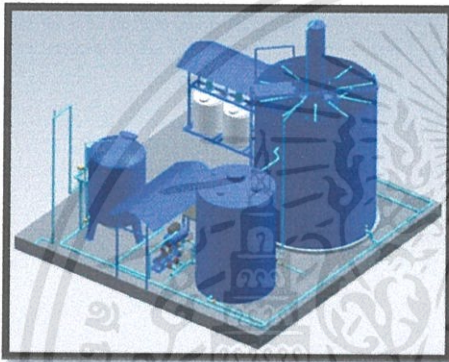
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



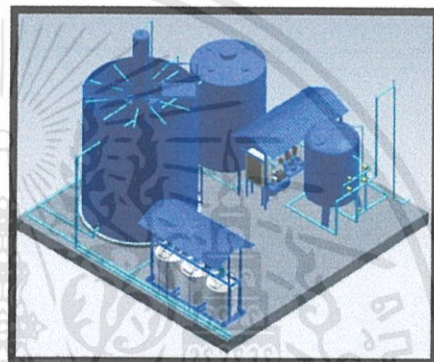
ก.



ข.



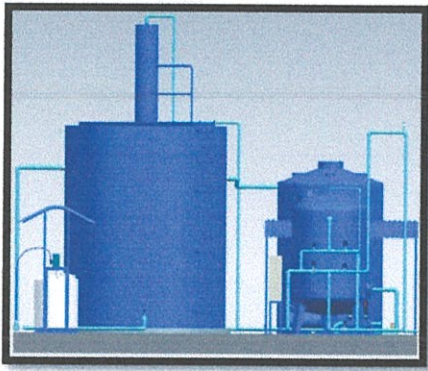
ค.



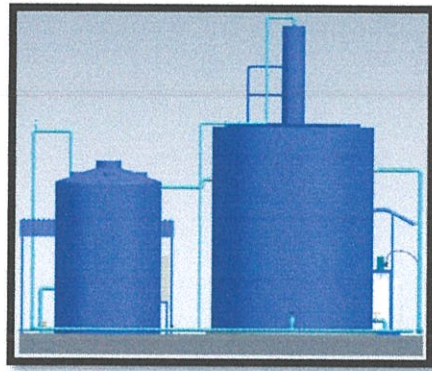
ง.

รูปที่ จ-1 ภาพรวมของระบบคอกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

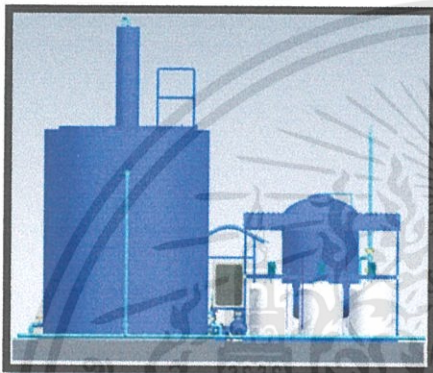
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



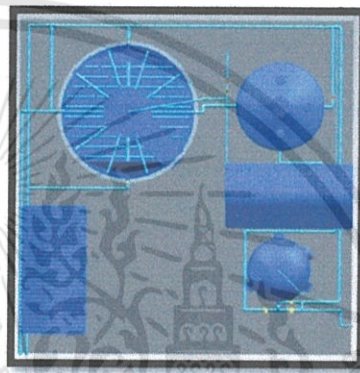
ก.



ข.

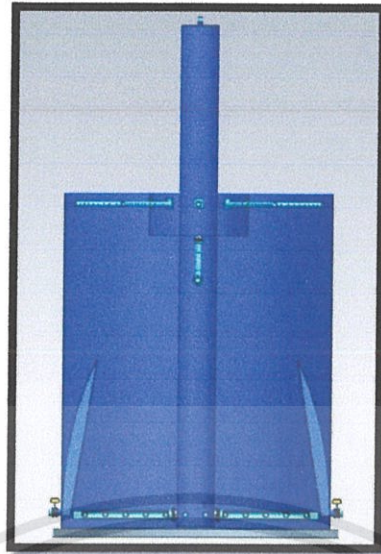


ค.



ง.

รูปที่ จ-2 ภาพด้านข้างและด้านบนของระบบตกตะกอนแบบฟัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ



รูปที่ จ-3 ภาพตัดถึงตกตะกอน ระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ



รูปที่ จ-4 รูปภาพจริงของระบบตกตะกอนแบบพัลเซเตอร์ ชนิดสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-5ระบบเติมสารเคมี



รูปที่ จ-6รางรับน้ำใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-7 ภาพถังกรองทรายอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้