

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดื่มน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชนด้วย  
โพลีเมอร์และไมโครเวฟ

นางสาวสิริบุญการ ปัญญายุทธ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2555  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

FACTORS AFFECTING DEWATERABILITY OF SEWAGE SLUDGE BY POLYMER AND  
MICROWAVE

Ms. Siranyika Panyayut

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดื่มน้ำออกจากตะกอนน้ำเสีย  
ชุมชนด้วยโพลีเมอร์และไมโครเวฟ

โดย

นางสาวสิริบุญญ์การ์ ปัญญายุทธ

สาขาวิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชญ์ รัชฎาวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศธีรวัฒน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชญ์ รัชฎาวงศ์)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ลักษณะณ์ พึ่งรัศมี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(อาจารย์ ดร. เอมมา่ อาสนจินดา)



5270543521 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS : OIL CONTAMINATED WASTEWATER / ANAEROBIC DIGESTION / BIOGAS / KINETIC PARAMETERS

SIRANYIKA PANYAYUT : (FACTORS AFFECTING DEWATERABILITY OF SEWAGE SLUDGE BY POLYMER AND MICROWAVE).

ADVISOR : ASST.PROF. PICHAYA RACHDAWONG , Ph.D., 185 pp.

This research investigated the way to improve dewaterability sludge from the activated sludge wastewater treatment system of Din Daeng Wastewater Treatment Plant .The sludge is the biological sludge exhibiting high water absorption and thus makes it difficult for sludge dewatering. Therefore, we must improve the dewaterability sludge by microwave irradiation that is a method that could be applied thus. The rapided incursive in sludge temperature during microwave irradiation. Could destroy the cell structure and bound water can be released water inside the covers outside and become ease for sludge dewatering. This research aimed to determine the optimum time and the level of microwave irradiation for optimum performance. Have, we used three levels of microwave power and time:500,600 and 900 watts at 60,100 and 120 seconds. The result show on that the optimum conditions for improving dewaterability sludge from activated sludge wastewater treatment system were using 900 watts at 120 seconds . Under these optimum conditions, Specific resistance to filtration, SRF decreased to  $5.26 \times 10^{12}$  m/kg (47% efficiency). The effluent pH was 6.48 .

Department : ...Environmental Engineering..  
Field of Study : .Environmental Engineering...  
Academic Year : ...2012.....

Student's Signature .....  
Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณต่อผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ดังต่อไปนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาแนะแนวทาง หลักการในการดำเนินงานวิจัย และแก้ไขในสิ่งที่บกพร่องมาตลอดระยะเวลาการทำวิจัย ซึ่งมีส่วนสำคัญมากในการทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

รองศาสตราจารย์ ดร. ฐเรศ ศรีสถิตย์ ที่กรุณาเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ตลอดจน ผศ.ดร. วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล ผศ.ดร. วิบูลย์ลักษณะณ์ พึ่งรัศมี และ อ.ดร. เอมมา อาสนจินดา ที่ได้เป็นคณะกรรมการสอบและได้ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์จนวิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ประสาทวิชาให้ความรู้ทางวิชาการ ตลอดจนคำปรึกษาแนะนำต่างๆที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องธุรการ และนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ช่วยให้คำชี้แนะ ความช่วยเหลืองานด้านเอกสาร และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี โรงควบคุมคุณภาพรัตนโกสินทร์ และโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ตะกอนน้ำเสียมาใช้ในงานวิจัย

ขอบคุณเพื่อนๆ นิสิตมหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ในระหว่างการทำวิจัยมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกปัญญาทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเล่าเรียน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สอนให้รู้ว่า “เกียรติภูมิจุฬาฯ คือเกียรติแห่งการรับใช้ประชาชน”

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แหล่งกำเนิดตะกอน.....	4
2.1.1 ตะกอนชั้นแรก.....	4
2.1.2 ตะกอนชั้นที่สอง.....	4
2.1.3 ตะกอนผสม.....	4
2.1.4 ตะกอนที่ย่อยสลายแล้ว.....	5
2.2 สมบัติของตะกอน.....	5
2.2.1 น้ำอิสระ.....	6
2.2.2 อินเตอร์สติเทียลวอเตอร์.....	6
2.2.3 วิซินอลวอเตอร์.....	6
2.2.4 วอเตอร์ออฟไฮเดรชันหรือเบาดวอเตอร์.....	6
2.3 สมบัติบางประการที่เกี่ยวข้องกับการดึงน้ำออกจากตะกอน.....	7
2.4.1 ปริมาณความชื้น.....	7
2.4.2 ค่าปริมาตรของสลัดจ์.....	7
2.4.3 ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง.....	9

	หน้า
2.5 การบำบัดและกำจัดตะกอนจากระบบน้ำเสียชุมชน	10
2.5.1 ระบบจัดการตะกอนขั้นต้น.....	10
2.5.2 ระบบทำตะกอนข้น (Sludge thickening).....	12
2.5.3 ระบบย่อยตะกอนด้วยวิธีเคมี (Chemical stabilization).....	14
2.5.4 การย่อยตะกอนแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic sludge digestion).....	15
2.5.5 การย่อยตะกอนแบบใช้อากาศ (Aerobic sludge digestion).....	15
2.5.6 ระบบหมักตะกอนทำปุ๋ย (Composting).....	16
2.5.7 ระบบปรับสภาพตะกอน (Sludge conditioning).....	17
2.6 วิธีการปรับสภาพและดึงน้ำออกจากตะกอน.....	17
2.6.1 โพลีอิเล็กโทรไลต์.....	17
2.6.2 สารเคมีที่นิยมใช้ในการปรับสภาพตะกอน.....	18
2.6.3 การตากตะกอนชีวภาพบนลานตากสลัดจ์.....	20
2.6.4 การรีดน้ำจากตะกอนชีวภาพด้วยสายพานรีดน้ำ.....	21
2.6.5 การอัดตะกอนชีวภาพด้วยเครื่องอัดกรอง.....	21
2.6.6 การแยกโมเลกุลของน้ำออกจากตะกอนด้วยระบบอัลตราโซนิก.....	22
2.6.7 การแยกโมเลกุลของน้ำออกจากตะกอนด้วยคลื่นไมโคร.....	22
2.6.7.1 ประวัติการใช้ไมโครเวฟ.....	23
2.6.7.2 การทำให้เกิดความร้อนจากพลังงานไดอิเล็กทริก.....	23
2.6.7.3 กลไกการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ.....	24
2.6.7.4 หลักการทำงานของเตาไมโครเวฟ.....	25
2.6.7.5 การให้ความร้อนแบบทั่วไปและแบบคลื่นไมโครเวฟ.....	25
2.6.7.6 องค์ประกอบพื้นฐานพื้นฐานของระบบทำความร้อนด้วยพลังงาน ไมโครเวฟ.....	25
2.6.8.7 แอปพลิเคชันเชิงอุตสาหกรรม (Industrial Microwave Applicators).....	27
2.6.9.8 ข้อดีข้อเสียของไมโครเวฟ.....	28
2.7 การนำตะกอนไปใช้ประโยชน์.....	30
2.8 รายละเอียดเกี่ยวกับโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานครทั้ง 5 โรง.....	30



2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	35
2.9.1 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชนิดของน้ำในตะกอน.....	35
2.9.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับสภาพโดยกรรมวิธีไมโครเวฟและ การดึงน้ำออกจากตะกอน.....	36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	42
3.1 แผนงานวิจัย.....	42
3.2 ตะกอนน้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการวิจัย.....	45
3.3 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี.....	49
3.3.1 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	49
3.3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	49
3.4 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง.....	50
3.4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะสมบัติเบื้องต้นของตะกอนและปัจจัยที่ เกี่ยวข้องกับการดึงน้ำออกจากตะกอน.....	50
3.4.2 การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย สำคัญกับความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอนโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน.....	54
3.4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบผลของการบำบัดเบื้องต้นของกากตะกอนน้ำ เสียโดยกรรมวิธีการใช้คลื่นไมโครเวฟและการใส่สารเคมี.....	55
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
4.1 ลักษณะสมบัติของตะกอนน้ำเสียชุมชน.....	50
4.2 ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะสมบัติเบื้องต้นของตะกอนและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง กับการดึงน้ำออกจากตะกอน.....	50
4.2.1 ศึกษาวิเคราะห์ลักษณะพื้นฐานของตะกอน.....	63
4.2.1.1 ค่าความเป็นกรดต่างของตะกอนเบื้องต้น.....	63
4.2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นไมโครเวฟกับอุณหภูมิ.....	64
4.2.1.3 ของแข็งทั้งหมดของตะกอนเบื้องต้น.....	67
4.2.1.4 ของแข็งแขวนลอยของตะกอนเบื้องต้น.....	68
4.2.1.5 ของแข็งระเหยง่ายของตะกอนเบื้องต้น.....	69
4.2.1.6 ซีไอดีละลายของตะกอนเบื้องต้น.....	69

4.2.1.7 ปริมาตรของตะกอนเป็องตันหลังตกตะกอน 30 นาที(SV30).....	70
4.2.1.8 ดัชนีปริมาตรตะกอนของตะกอนเป็องตัน.....	71
4.2.2 การศึกษาความสามารถในการดิ่งน้ำออกจากตะกอน.....	72
4.2.2.1 ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนเป็องตัน.....	72
4.2.2.2 ค่าปริมาณความชื้นในตะกอน.....	73
4.3 ผลการทดลองที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	74
4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าของแข็งทั้งหมดของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง .....	75
4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าของแข็งแขวนลอยของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง.....	76
4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าของแข็งระเหยง่ายของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง.....	77
4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าซีโอดีละลายของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง.....	78
4.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าปริมาตรของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง.....	79
4.3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าดัชนีปริมาตรของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง.....	80
4.3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับลักษณะพื้นฐานของตะกอน.....	81
4.4 ผลการทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพในการดิ่งน้ำออกจากตะกอนโดยใช้สารโพลีเมอร์และคลีนไมโครเวฟ.....	83
4.4.1 ศึกษาประสิทธิภาพในการดิ่งน้ำออกด้วยคลีนไมโครเวฟ.....	83
4.4.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง(Specific resistance to filtration, SRF) กับประสิทธิภาพการดิ่งน้ำออกของตะกอน.....	83
4.4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคลีนไมโครเวฟกับปริมาณความชื้นในตะกอน.....	94
4.4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคลีนไมโครเวฟกับซีโอดีละลาย.....	99

4.4.1.4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างตะกอนเมื่อผ่านการปรับปรุง คุณภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	105
4.4.2 ศึกษาประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกโดยใช้สารโพลีเมอร์.....	107
4.4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารโพลีเมอร์กับค่าความต้านทานจำเพาะต่อ การกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง.....	107
4.4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารโพลีเมอร์กับค่าความต้านทานจำเพาะต่อ การกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม.....	108
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	111
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	111
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	112
รายการอ้างอิง.....	114
ภาคผนวก.....	118
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	185

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1	โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร.....	46
ตารางที่ 3.4	คุณสมบัติของกากตะกอนเบื้องต้น.....	48
ตารางที่ 3.5	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ตะกอนเบื้องต้น.....	51
ตารางที่ 3.6	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการดั่งน้ำออกของตะกอน.....	54
ตารางที่ 3.8	การศึกษาเปรียบเทียบผลของการบำบัดเบื้องต้นของกากตะกอนน้ำเสีย โดยการใช้สารโพลีเมอร์และไม่โครเวฟ.....	58
ตารางที่ 4.1	องค์ประกอบพื้นฐานของตะกอนน้ำเสียชุมชน 5 แห่ง.....	61
ตารางที่ 4.2	วิเคราะห์ความสามารถในการดั่งน้ำออกของตะกอนน้ำเสียชุมชน.....	62
ตารางที่ 4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพลังงานคลื่นไมโครเวฟที่ระยะเวลา แตกต่างกัน.....	65
ตารางที่ 4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพลังงานคลื่นไมโครเวฟที่ระยะเวลา แตกต่างกัน.....	66
ตารางที่ 4.5	ค่าดัชนีปริมาตรตะกอน.....	71
ตารางที่ 4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับลักษณะ พื้นฐานของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง.....	81
ตารางที่ 4.7	ตารางเปรียบเทียบเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดั่งน้ำออกจาก ตะกอนระหว่างการปรับสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟกับการปรับ สภาพตะกอนด้วยสารโพลีเมอร์.....	110
ตารางที่ ก.1	คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง	114
ตารางที่ ก.2	คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา	116
ตารางที่ ก.3	คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์	118
ตารางที่ ก.4	คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี	120
ตารางที่ ก.5	คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม	122
ตารางที่ ก.6	คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง(2)	124
ตารางที่ ก.7	คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา(2)	126
ตารางที่ ก.8	คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์(2)	128

ตารางที่ ก.9	คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี(2)	129
ตารางที่ ก.10	คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม(2)	130
ตารางที่ ก.11	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง.....	หน้า
ตารางที่ ก.12	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม.....	131
ตารางที่ ก.13	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์.....	132
ตารางที่ ก.14	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี.....	133
ตารางที่ ก.15	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา.....	
ตารางที่ ก.16	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 500 วัตต์ 60 วินาที.....	134
ตารางที่ ก.17	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 500 วัตต์ 100 วินาที.....	135
ตารางที่ ก.18	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 500 วัตต์ 120 วินาที.....	136
ตารางที่ ก.19	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 600 วัตต์ 60 วินาที.....	137
ตารางที่ ก.20	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 600 วัตต์ 100 วินาที.....	138
ตารางที่ ก.21	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 600 วัตต์ 120 วินาที.....	139
ตารางที่ ก.22	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 900 วัตต์ 60 วินาที.....	140
ตารางที่ ก.23	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 900 วัตต์ 100 วินาที.....	141
ตารางที่ ก.24	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 900 วัตต์ 120 วินาที.....	142
ตารางที่ ก.25	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ 500 วัตต์ 60 วินาที.....	143
ตารางที่ ก.26	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ	144



	ไมโครเวฟ 900 วัตต์ 60 วินาที.....	
ตารางที่ ก.41	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 900 วัตต์ 100 วินาที.....	159
ตารางที่ ก.42	ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ที่ผ่าน ไมโครเวฟ 900 วัตต์ 120 วินาที.....	

## สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	การกระจายน้ำในตะกอน.....	7
ภาพที่ 2.2	ชุดอุปกรณ์การวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง.....	10
ภาพที่ 2.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาต่อปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรองกับปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง.....	11
ภาพที่ 2.4	ตัวอย่างลานตากสลัดจ์.....	13
ภาพที่ 2.5	ตัวอย่างเครื่องอัดกรองตะกอน.....	14
ภาพที่ 2.6	ตัวอย่างช่วงคลื่นความถี่.....	16
ภาพที่ 2.7	รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์ไมโครเวฟในอุตสาหกรรม.....	20
ภาพที่ 3.1	แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	35
ภาพที่ 3.2	แผนผังตัวอย่างจุดเก็บตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์	37
ภาพที่ 3.3	แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์.....	38
ภาพที่ 3.4	แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม.....	38
ภาพที่ 3.5	แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี.....	39
ภาพที่ 3.6	แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา.....	39
ภาพที่ 3.7	แผนผังขั้นตอนการทดลองที่ 1.1 ศึกษาวิเคราะห์ ลักษณะพื้นฐานของตะกอนและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดิ่งน้ำของตะกอน.....	44
ภาพที่ 3.8	ภาพการวิเคราะห์ความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง.....	44
ภาพที่ 3.9	แผนผังขั้นตอนการทดลองที่ 1.2 ศึกษาวิเคราะห์ความสามารถในการดิ่งน้ำออกของตะกอน.....	46
ภาพที่ 3.10	.แผนผังขั้นตอนการทดลองชุดการทดลองที่ 1 ศึกษาการบำบัดเบื้องต้นโดยใช้สารโพลีเมอร์.....	49
ภาพที่ 4.1	ตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสีย.....	51
ภาพที่ 4.2	ความเป็นกรดต่างตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพ.....	53
ภาพที่ 4.3	ของแข็งทั้งหมดของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพ.....	53
ภาพที่ 4.4	ของแข็งแขวนลอยของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพ.....	54
ภาพที่ 4.5	ของแข็งระเหยง่ายของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพ.....	55



	หน้า	
ภาพที่ 4.6	ชีไอดีละลายของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพ.....	56
ภาพที่ 4.7	ความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพ.....	57
ภาพที่ 4.8	ค่าปริมาณความชื้นในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพ.....	58
ภาพที่ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งทั้งหมดกับความต้านทานต่อการกรอง.....	62
ภาพที่ 4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างชีไอดีละลายกับความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง.....	65
ภาพที่ 4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในตะกอนกับความต้านทานต่อการ กรอง.....	67
ภาพที่ 4.12	ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนดินแดงที่คลื่น ไมโครเวฟที่ 500.....	69
ภาพที่ 4.13	ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนดินแดงที่คลื่น ไมโครเวฟที่ 600.....	69
ภาพที่ 4.14	ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนดินแดงที่คลื่น ไมโครเวฟที่ 900.....	70
ภาพที่ 4.15	ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนช่องนนทรีที่คลื่น ไมโครเวฟที่ 500.....	73
ภาพที่ 4.16	ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนช่องนนทรีที่คลื่น ไมโครเวฟที่ 600.....	74
ภาพที่ 4.17	ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนช่องนนทรีที่คลื่น ไมโครเวฟที่ 900.....	74
ภาพที่ 4.18	ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนสี่พระยาที่คลื่น ไมโครเวฟที่ 500.....	75
ภาพที่ 4.19	ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนสี่พระยาที่คลื่น ไมโครเวฟที่ 600.....	76
ภาพที่ 4.20	ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนสี่พระยาที่คลื่น ไมโครเวฟที่ 900.....	76
ภาพที่ 4.21	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในตะกอนค่าความต้านทานจำเพาะต่อ การกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม.....	90

ภาพที่ 4.22	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในตะกอนค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง.....	91
ภาพที่ 4.23	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในตะกอนค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา.....	92
ภาพที่ 4.24	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในตะกอนค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ .....	93
ภาพที่ 4.25	ภาพถ่าย SEM ของตะกอนตัวอย่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 5 แห่ง (ก) ตะกอนก่อนการปรับสภาพ (ข) ตะกอนผ่านการปรับสภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟ .....	95
ภาพที่ 4.26	ภาพถ่าย SEM ของตะกอนตัวอย่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 5 แห่ง (ค) ตะกอนก่อนการปรับสภาพ (ง) ตะกอนผ่านการปรับสภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	95

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการขยายการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการขยายขึ้นเป็นชุมชนเมืองอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้เกิดน้ำเสียจากการบริโภคและอุปโภคเป็นจำนวนมาก เกิดเป็นปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นทางกรุงเทพมหานครได้มีการก่อสร้างโรงบำบัดน้ำเสียรวม (Central wastewater treatment plants) ขึ้นในแต่ละพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำเน่าเสีย ซึ่งขณะนี้กรุงเทพมหานครได้ดำเนินการก่อสร้างโรงควบคุมคุณภาพน้ำและเปิดดำเนินการแล้วทั้งหมด 7 แห่ง ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง และโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร ซึ่งความสามารถในการบำบัดน้ำเสียรวม 992,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน Metcalf และ Eddy (2003) กล่าวว่า ตะกอนที่ได้จากขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ตะกอนที่ถูกแยกในถังตกตะกอนชั้นแรกจะมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ปนกัน ขนาดก็จะแตกต่างกันไป ขึ้นกับสภาพที่ระบายน้ำและการใช้น้ำของชุมชน ตะกอนเหล่านี้ส่วนมากกำลังอยู่ระหว่างการย่อยสลายในสภาพไร้อากาศ ทำให้มีกลิ่นเหม็น อีกทั้งมีน้ำเป็นส่วนประกอบร้อยละ 92 - 95 ซึ่งทำให้ การแยกน้ำออกทำได้ยาก ส่วนตะกอนที่ได้จากถังตกตะกอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ ระบบไปรรอง และระบบคลองวนเวียน ส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในถังปฏิกรณ์ หรือถังเติมอากาศ ซึ่งตะกอนเหล่านี้มีน้ำสูงถึงร้อยละ 98.5 - 99.5 ซึ่งการจัดการกับตะกอนเหล่านี้ โรงบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปจะนำตะกอนจากแหล่งต่างๆ มารวมกันก่อนที่จะส่งเข้าสู่ระบบกำจัดตะกอน ทำให้การออกแบบและควบคุมการทำงานของระบบกำจัดตะกอน จำเป็นที่จะต้องทราบคุณสมบัติของตะกอนเหล่านี้ ซึ่งคุณสมบัติและปริมาณตะกอนน้ำเสียที่มาจากระบบบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำเสีย ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย และปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ รวมทั้งระดับของการบำบัดน้ำเสีย (Wojciechowska, 2005) ในกระบวนการบำบัดตะกอนน้ำเสียชุมชนนั้น การดึงน้ำออกจากตะกอนถือเป็นกระบวนการสำคัญ เนื่องจาก ปริมาณตะกอนที่ลดลงช่วยทำให้ต้นทุนในกระบวนการบำบัดต่ำลง ลดค่าใช้จ่ายในการ

เดินทางขนส่ง และการกำจัดตะกอนชั้นสุดท้าย แต่โดยทั่วไป ความสามารถในการดั่งน้ำออกของ ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ประสิทธิภาพมักอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากตะกอนมี ส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่ยึดเกาะกับโมเลกุลของน้ำ เพราะฉะนั้นการลดปริมาณน้ำในตะกอน จึงเป็นปัญหาสำคัญในการบำบัดกากตะกอนน้ำเสียชุมชน จากข้อมูลงานวิจัยได้มีการปรับปรุง กากตะกอนด้วยวิธีคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งสามารถทำให้อนุภาคเกิดความร้อนได้อย่างรวดเร็ว จากการ หมุนของโมเลกุลภายในตะกอน การที่ความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างกระบวนการใช้ คลื่นไมโครเวฟ โครงสร้างของตะกอนจะถูกทำลายเนื่องจากการแตกพันธะเคมีออกบางส่วนทำให้ โครงสร้างตะกอนเกิดการเปลี่ยนแปลง ตะกอนจึงง่ายต่อการดั่งน้ำออก

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดั่งน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชน และ เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของการปรับปรุงคุณภาพตะกอนโดยใช้โพลีเมอร์และคลื่นไมโครเวฟที่มีผลต่อความสามารถในการดั่งน้ำออกจากตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชน เนื่องจาก คลื่นไมโครเวฟเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีเกิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ สูงสุด โดยสามารถเร่งความเร็วของปฏิกิริยาได้ รวมถึงสามารถให้ผลผลิตที่มากกว่าและสม่ำเสมอ กว่า อีกทั้งยังเป็นการให้ความร้อนแบบเจาะจง ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ช้าๆ อย่างมากมาย และยัง ช่วยพัฒนาแนวทางการสังเคราะห์ที่สะอาด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยซึ่งจะ ช่วยลดการใช้ สารโพลีเมอร์ในขั้นตอนการรีดน้ำออกจากกากตะกอนน้ำเสียชุมชน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดั่งน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชน
2. เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของการดั่งน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชนโดยใช้โพลีเมอร์และคลื่นไมโครเวฟ

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดลองในระดับ ห้องปฏิบัติการ ดำเนินการทดลองที่อุณหภูมิต่ำของ ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กากตะกอนที่ใช้ในการทดลอง คือ กากตะกอนจากขั้นตอนการบำบัดกากตะกอนส่วนเกินโรง ควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร 5 แห่ง ดังนี้

1. โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา
2. โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์
3. โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง
4. โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี
5. โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดึงน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชนและประสิทธิภาพการดึงน้ำออกจากตะกอนโดยใช้โพลีเมอร์และคลื่นไมโครเวฟ โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบเบื้องต้นของตะกอนตัวอย่าง ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS) ของแข็งแขวนลอยระเหย (Volatile Suspended Solids, VSS) ค่าปริมาตรของสลัดจ์หรือ  $SV_{30}$  (Settled Sludge Volume, SSV) ดัชนีปริมาตรตะกอน (Sludge Volume Index, SVI) และค่าซีโอดีละลาย (sCOD) และศึกษาปัจจัยที่สำคัญต่อการดึงน้ำออกจากตะกอน โดยมีตัวแปรค่าความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอนจากพารามิเตอร์หลัก คือ ปริมาณความชื้น (Moisture Content, MC) ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง (Specific resistance to filtration, SRF)

#### 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เพื่อลดการใช้สารโพลีเมอร์ที่ใช้ผสมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนในขั้นตอนการดึงน้ำออกจากตะกอน
2. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชนโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แหล่งกำเนิดตะกอน

##### 2.1.1 ตะกอนชั้นแรก (Primary sludge)

ตะกอนชั้นแรกมีอนุภาคขนาดใหญ่และความหนาแน่นสูง มีของแข็งต่ำประมาณร้อยละ 55 – 60 ทำให้มีความสามารถในการดewater ได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถทำให้ตะกอนประเภทนี้มีความเข้มข้นก่อนทำการดewater ได้ง่าย ข้อเสียคือ ตะกอนนี้เกิดกระบวนการหมักได้อย่างง่าย

##### 2.1.2 ตะกอนชั้นที่สอง (Secondary sludge)

ตะกอนชั้นที่สองส่วนใหญ่เป็นตะกอนทางชีวภาพมาจากการบำบัดน้ำเสียซึ่งเกิดจากส่วนผสมของแบคทีเรียส่วนใหญ่ที่ถูกทำให้รวมกันเป็นกลุ่มก้อนของตะกอน และถูกส่งไปยังกระบวนการดewater โดยส่วนหนึ่งเป็นกากตะกอนชีวภาพส่วนเกินและอีกส่วนหนึ่งจะหมุนเวียนเข้าถังปฏิกรณ์ต่อไป โดยสามารถแยกตะกอนชนิดนี้ได้จากลักษณะคุณภาพของตะกอน ดังนี้

- มีปริมาณของแข็งระเหยประมาณร้อยละ 70 -80
- มีปริมาณของแข็งแห้งที่ต่ำประมาณ 7-10 กรัมต่อลิตร และมีความจำเป็นต้องใช้กระบวนการการทำขึ้น โดยการลอยหรือด้วยแรงโน้มถ่วง
- ความสามารถในการดewater ของตะกอนขึ้นอยู่กับปริมาณของแข็งระเหย ถ้าของแข็งระเหยสูง การดewater จากตะกอนจะยาก

##### 2.1.3 ตะกอนผสม

ตะกอนผสมเป็นส่วนผสมของตะกอนชั้นแรกและตะกอนชีวภาพจากการบำบัดน้ำเสียซึ่งมีส่วนผสมของแบคทีเรียส่วนใหญ่ อัตราส่วนการผสมมักจะเป็นดังต่อไปนี้

- ตะกอนชั้นแรก ร้อยละ 33-45
- ตะกอนชีวภาพ ร้อยละ 55-65

คุณสมบัติของการผสมกันของตะกอนชนิดนี้จะอยู่ระหว่างตะกอนสองประเภทข้างต้น ซึ่งการมีส่วนผสมของตะกอนชนิดใดมากกว่าจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการดึงน้ำออก

#### 2.1.4 ตะกอนที่ย่อยสลายแล้ว

ตะกอนที่ย่อยสลายแล้วเป็นตะกอนที่มีความคงตัว และไม่มีปัญหาในเรื่องการเน่าเหม็นเมื่อนำไปกำจัดในขั้นตอนสุดท้ายหรือนำไปใช้ประโยชน์ ตะกอนนี้ย่อยสลายแล้วอาจเป็นตะกอนชั้นแรกหรือตะกอนชั้นสองที่ผ่านกระบวนการปรับเสถียรตะกอนแล้ว เช่น ถังย่อยตะกอนแอโรบิก ถังย่อยตะกอนแอนแอโรบิก เป็นต้น หรืออาจเป็นตะกอนชั้นสองในบางกรณี เช่น ระบบเอเอสแบบเติมอากาศยัดเวลา เป็นต้น

ตะกอนที่ย่อยสลายแล้วมาจากขั้นตอนการรักษาเสถียรภาพทางชีวภาพในกระบวนการที่เรียกว่าการย่อยตะกอนซึ่งจะดำเนินการรักษาเสถียรภาพทางชีวภาพในภาคตะกอนชีวภาพหรือตะกอนผสมได้ในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน (Mesophilic หรือ Thermophilic) และในสภาวะที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้ตะกอนมีคุณสมบัติดังนี้

- ปริมาณของแข็งระเหยลดลงประมาณร้อยละ 50 ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการย่อยสลาย
- เหลือปริมาณของแข็งแห้งประมาณ 20- 40 กรัมต่อลิตร
- สามารถเอาน้ำออกจากตะกอนได้ดี

## 2.2 สมบัติของตะกอน

Vaxelaire และ Cezac (2004) กล่าวว่าสามารถทำการแบ่งน้ำในตะกอนออกเป็น 2 ประเภท คือ น้ำอิสระ (Free water) กับน้ำยึดเกาะ (Bound water) นั้นมักจะไม่ใช่เพียงพอที่จะทำให้เข้าใจและทำนายกลไกการดึงน้ำออก และระบบการปรับสภาพขั้นต้นเพราะมักเป็นการเชื่อมโยงกันและมักจะเกี่ยวข้องกัน เช่น โคแอกกูเลชัน ฟลอคคูเลชัน และปรับสภาพด้วยความร้อน เป็นต้น ดังนั้นเราสามารถพิจารณาชนิดของน้ำเพิ่มเติมได้ โดย Vesilind และคณะ (1994) ได้จัดประเภทน้ำในตะกอนเป็น 4 ประเภทดังภาพที่ 2.1 ซึ่งประเภทของน้ำในตะกอนทั้ง 4 ประเภทนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับการดึงน้ำออกจากตะกอนดังนี้

### 2.2.1 น้ำอิสระ (Free water)

น้ำอิสระเป็นน้ำที่ไม่ยึดติดกับอนุภาคตะกอน โดยอยู่ในช่องว่างระหว่างโมเลกุลตะกอน (Intra molecular spaces) น้ำส่วนนี้ทำการกำจัดออกได้ง่าย เช่น การระเหยจากการอบแห้ง การสกัดจากความร้อน

### 2.2.2 น้ำแทรก (Interstitial water)

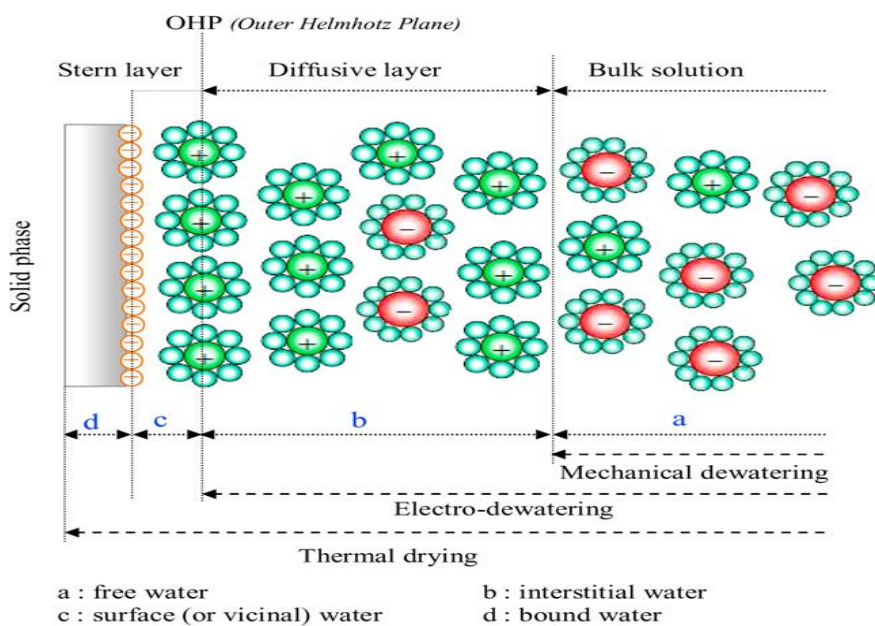
เป็นน้ำที่อยู่ในช่องเล็กๆ ระหว่างอนุภาคน้ำที่ติดกันอยู่ภายในอนุภาคกากตะกอน เมื่ออนุภาคของตะกอนที่เกาะกลุ่มกันถูกรบกวนหรือถูกทำลายเสถียรภาพ โมเลกุลของน้ำเหล่านี้จะกลายเป็นน้ำอิสระ

### 2.2.3 น้ำที่ผิว (Vicinal water)

เป็นเยื่อบางๆ หลายชั้นที่เกิดจากการที่โมเลกุลของน้ำกระทำพันธะไฮโดรเจนกับอนุภาคของกากตะกอน แม้ว่าจะเป็นแรงอ่อนๆ แต่เพราะการที่โมเลกุลอยู่ใกล้ชิดกันมาก ส่งผลให้เกิดโครงสร้างของกากตะกอนรวมตัวกับน้ำชนิดที่แข็งแรงมาก และทำให้บริเวณที่น้ำชนิดนี้ล้อมรอบอยู่มีความหนืดสูงกว่าในบริเวณที่เป็นน้ำอิสระ

### 2.2.4 น้ำเกาะติด (Water of hydration and bound water)

น้ำเกาะติด (Bound Water) เป็นความชื้นหรือน้ำที่ยึดเกาะติดกับอนุภาคของของแข็งด้วยพันธะเคมี (Chemical Bound) น้ำเชิงเคมีที่อยู่รวมเป็นโครงสร้างของอนุภาคของสสารต่างๆ



ภาพที่ 2.1 การกระจายน้ำในตะกอน (Mahmoud และคณะ, 2010)



การแยกประเภทของน้ำจะทำให้เข้าใจในพฤติกรรมของตะกอนน้ำเสีย โดยส่วนใหญ่ใช้ในการพิจารณาการตั้งน้ำออกของตะกอน โดยทั่วไปน้ำที่สามารถตั้งออกจากตะกอนได้ง่ายโดยใช้กระบวนการทางกล ได้แก่ น้ำอิสระ และอินเตอร์สทิเทียลวอเตอร์

## 2.3 สมบัติบางประการที่เกี่ยวข้องกับการตั้งน้ำออกจากตะกอน

### 2.3.1 ปริมาณความชื้น

น้ำในตะกอนหรือที่เรียกว่า เบาต์วอเตอร์ ซึ่งเป็นน้ำในตะกอนตั้งออกจากตะกอนได้ยาก โดยน้ำส่วนนี้จะอยู่ในตะกอนที่ค้างอยู่บนกระดาษกรองในขั้นตอนการกรอง ส่วนน้ำที่ผ่านการกรองเรียก น้ำอิสระ ที่ง่ายต่อการตั้งออกจากตะกอน (Smollen, 1986 และ Lee, 1996) เมื่อตะกอนผ่านการปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ น้ำในส่วนของเบาต์วอเตอร์ ลดลงและลดลงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลา และระดับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ ปริมาณน้ำในตะกอนที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟ ทำให้เกิดการผลึกตัวของโมเลกุลตะกอน ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว จนทำให้บางส่วนของโครงสร้างตะกอน ถูกทำลายหรือปรับเปลี่ยนรูปทรงของโครงสร้างตะกอน น้ำในโครงสร้างตะกอนจึงหลุดออกมา น้ำในส่วนนี้อาจกลายเป็นน้ำอิสระที่ง่ายต่อการตั้งน้ำออกจากตะกอน (Xinghong และคณะ, 2012)

### 2.3.2 ค่าปริมาตรของสลัดจ์หรือ $SV_{30}$ (Settled Sludge Volume, SSV)

การหาค่า Settled sludge volume (SSV) มีประโยชน์ในการติดตามการทำงานของระบบบำบัดทางชีวภาพ สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated sludge จะใช้ค่า  $SV_{30}$  ที่เวลา 30 นาทีหรือที่เรียกกันว่า  $SV_{30}$  เพื่อนำไปหาค่า Sludge Volume Index (SVI)

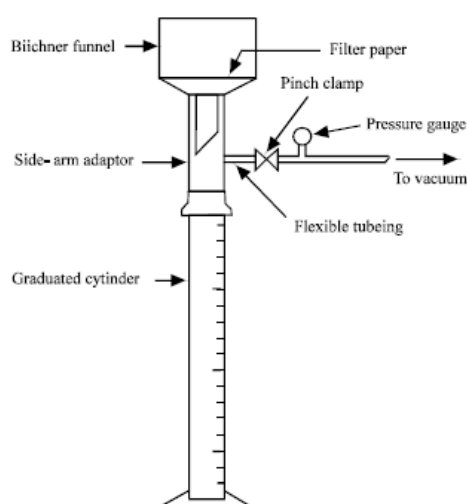
$SV_{30}$  เป็นค่าปริมาตรของสลัดจ์ที่อ่านได้จากการนำน้ำจากบ่อเติมอากาศมาตกตะกอนใน Imhoff กรวย ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 30 นาที ซึ่งค่าที่ได้จะสามารถนำมาประเมินลักษณะการตกตะกอนของสลัดจ์ได้ว่ามีสภาพอย่างไร โดยเมื่อระบบบำบัดน้ำเสีย (ระบบแบบ Activated Sludge) ทำงานปกติ ค่า  $SV_{30}$  จะมีค่าอยู่ระหว่าง 200-300 มิลลิลิตร นอกจากนี้ถ้าเราสังเกตการตกตะกอนของตะกอนระหว่างทดสอบ ก็สามารถทำให้ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อแก้ปัญหาในเบื้องต้นได้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ลักษณะของสลัดจ์มีสีน้ำตาลเข้ม ตะกอนสามารถตกตะกอนได้เร็ว น้ำส่วนบนค่อนข้างใส และปริมาณสลัดจ์ มีค่าระหว่าง 200-300 มิลลิลิตร จากข้างต้นสรุปได้ว่าระบบทำงานเป็นปกติ
- 2) ลักษณะของสลัดจ์มีสีน้ำตาลเข้มมาก ปริมาณสลัดจ์ มีค่าระหว่าง 300-400 มิลลิลิตร จากข้างต้นสรุปได้ว่าระบบทำงานเป็นปกติ แต่สลัดจ์ภายในบ่อเติมอากาศค่อนข้างมากเกินไปจำเป็นต้องสูบตะกอนส่วนเกินไปกำจัดให้มากขึ้น เพื่อให้ค่า  $SV_{30}$  อยู่ระหว่าง 200-300 มิลลิลิตร
- 3) ลักษณะของสลัดจ์มีสีน้ำตาลเข้ม และตกตะกอนได้เร็ว แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง พบว่ามีสลัดจ์ลอยขึ้นที่ผิวน้ำ ซึ่งแสดงว่าเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันภายในถังตกตะกอน อันเกิดจากมีการสะสมของสลัดจ์บริเวณก้นถังตกตะกอน จำเป็นต้องสูบตะกอนส่วนเกินไปกำจัดให้มากขึ้นเพื่อให้ค่า  $SV_{30}$  อยู่ระหว่าง 200-300 มิลลิลิตร
- 4) ลักษณะของสลัดจ์มีสีน้ำตาล และตกตะกอนช้า น้ำส่วนบนมีลักษณะขุ่น ลักษณะดังกล่าวอาจเกิดจากปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบมากเกินไป หรืออาจเกิดจากระบบการเติมอากาศมีความบกพร่อง จำเป็นจะต้องลดการสูบลัดจ์ส่วนเกินไปกำจัดเพื่อเพิ่มปริมาณสลัดจ์ในบ่อเติมอากาศ และให้ตรวจเช็คค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อเติมอากาศว่าเพียงพอหรือไม่ (ค่าปกติอยู่ที่ 1-2 มิลลิกรัม./ลิตร)

จากการศึกษาของ Dewil และคณะ (2006) พบว่ามาตรฐานของตะกอนของน้ำเสียชุมชนในการบอกลักษณะการตกตะกอน เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้เปรียบเทียบปริมาณการตกตะกอน โดยมีปริมาตรของตะกอนระหว่าง 50-100 กรัมต่อลิตร เป็นค่าที่บ่งบอกว่าตะกอนมีลักษณะที่ดีตกตะกอนได้ดี

### 2.4.3 ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง (Specific resistance to filtration, SRF)

ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง คือ ดัชนีความสามารถในการกรองของตะกอน มีหน่วยเป็นเมตรต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการประเมินประสิทธิภาพที่ใช้ในการปรับปรุงลักษณะของตะกอน (อัจริยรัช บุญยง, 2543) โดยถือว่าวิธีที่ใช้ปรับสภาพที่ทำให้ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองต่ำ จะทำให้ตะกอนนั้นมีความสามารถในการกรองสูง วิธีที่มีประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกจากตะกอนได้ดี คือ การหาความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอน สามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ชุดกรวยบุคเนอร์ (Buchner funnel test) ซึ่งประกอบด้วย กระบอกตวง (Graduated cylinder) กรวยกรองบุคเนอร์ (Buchner funnel) และปั๊มสุญญากาศ ภาพที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ชุดอุปกรณ์การวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง (Shihab, 2010)

ให้นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่าง เวลาต่อปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง กับ ปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง ดังภาพที่ 2.3 ค่า “ b ” คือ ความชันของกราฟเส้นตรง นำมาใช้ในการคำนวณค่าความต้านทานจำเพาะ ( r ) ได้ดังสมการ

$$r = (2 PA^2 b) / \mu w$$

โดย r = ความต้านทานจำเพาะ (Specific resistance to filtration), (เมตร/กิโลกรัม)

P = ความดันที่ใช้ในการกรอง (Pressure of filtration), (นิวตัน/ตารางเมตร)

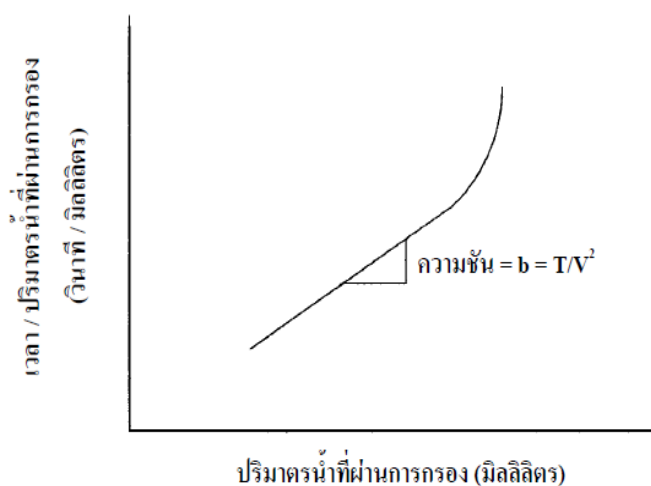
A = พื้นที่ของส่วนกรอง (Area of filter), (ตารางเมตร)

$w$  = อัตราส่วนของน้ำหนักของแข็งแห้งกับปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง, (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

$b$  = ความชันของเส้นกราฟระหว่าง เวลา/ปริมาตร กับ ปริมาตร, (วินาที/ซิวโมง<sup>2</sup>) ดังภาพที่ 2.3

$t$  = เวลาในการกรอง, (วินาที)

$V$  = ปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง, (มิลลิลิตร)



ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาต่อปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรองกับปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง (USEPA, 1989)

## 2.5 การบำบัดและกำจัดตะกอนจากระบบน้ำเสียชุมชน

### 2.5.1 ระบบจัดการตะกอนขั้นต้น

ระบบจัดการตะกอนขั้นต้นจะเป็นระบบที่ต้องการทำให้ตะกอนเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการนำกรวดทรายออก ทำการบดตัดให้เป็นชิ้นเล็กไม่ให้มีชิ้นใหญ่ และจัดการเก็บกักตะกอนเพื่อไว้บำบัดและกำจัดต่อไป

#### 2.5.1.1 การบดตะกอน (Sludge Grinding)

การบดตะกอนเป็นกระบวนการบดชิ้นใหญ่ๆ ให้เป็นชิ้นเล็ก ด้วยการตัดการเฉือน ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เศษขยะไปอุดตันภายในเครื่องจักรกลต่างๆ ในกระบวนการจัดการตะกอนต่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำตะกอน เครื่องหมุนเหวี่ยงและเครื่องอัดกรองใช้สารฟลายแอสชช่วยให้ง่ายต่อการปฏิบัติภารกิจของสารเคมีที่ใส่ในตะกอนที่มีทั่วถึง เช่น ใสโคลอรินเพื่อฆ่าเชื้อโรค ใสโพลีเมอร์ เป็นต้น เครื่องบดตะกอนจะต้องระมัดระวังในการทำงานและควรมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ถ้าเกิดปัญหาอุด

ตันหรือเครื่องหยุดทำงานเนื่องจากขยะไปติดอยู่ในระบบกลไกในเครื่อง จะต้องรีบทำการดับเครื่องจักร และทำการนำขยะที่ติดอยู่ภายในเครื่องออกมาให้หมด แล้วควรทำการล้างให้สะอาดไม่ควรให้มีเศษเล็กเศษน้อยหลงเหลืออยู่ เพราะอาจนำไปสู่การอุดตันในเวลาต่อมาได้ ในการเลือกใช้เครื่องบดควรเลือกที่ใช้ความเร็วหมุนไม่เร็วมาก เพราะจะทนทานกว่า

### 2.5.1.2 การลดกรวดทรายในตะกอน (Sludge degritting)

การลดกรวดทรายในตะกอนมีวัตถุประสงค์คือ นำกรวดทราย เศษกระดูกอาหาร ออกให้หมดจากตะกอน เพราะจะไปทำลายเครื่องจักรกลต่างๆ ในระบบจัดการตะกอนเสียหาย เครื่องลดกรวดทรายในตะกอนที่นิยมใช้ค่อนข้างมากคือ เครื่องหมุนเหวี่ยงที่ทำให้ตะกอนหมุนเหวี่ยงเร็วมาก จนกระทั่งพวกที่มีน้ำหนักมากเช่น กรวดทรายจะไหลมาที่ส่วนกรวยของถังหมุนเหวี่ยง (Cyclone degritter) ส่วนพวกตะกอนอื่นๆ จะไหลออกอีกทางหนึ่ง ประสิทธิภาพของเครื่องลดกรวดทรายในตะกอนจะขึ้นอยู่กับความดันและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในตะกอน ถ้าความเข้มข้นของตะกอนมีมากขึ้นในถังลดกรวดทราย จะทำให้ขนาดอนุภาคในตะกอนที่ถูกกำจัดมีขนาดลดลง อนึ่งถ้าต้องการกำจัดกรวดทรายออกจากตะกอนให้ได้มากๆ ควรที่จะมีระบบทำชั้นหรือถังทำชั้น

### 2.5.1.3 การผสมตะกอน (Sludge Blending)

การผสมตะกอนมีความสำคัญมาก เพราะตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียจะมีตะกอนหลายประเภท ซึ่งมาจากหลายจุด เช่น ตะกอนขั้นต้นจากระบบตกตะกอนขั้นต้น ตะกอนขั้นสองจากระบบตกตะกอนขั้นที่สอง และตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นสูง ซึ่งทั้งสามชนิดจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ตะกอนบางชนิดเป็นตะกอนชีวภาพ บางชนิดเป็นตะกอนเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีตะกอนมาจากหลายจุดไม่ได้มาผสมกัน เมื่อเข้าระบบบำบัดตะกอนที่ใช้เวลาเก็บกักน้อยในระบบ จะเกิดปัญหาว่าตะกอนที่เข้ามามีลักษณะที่แตกต่างกันมาก ทำให้ประสิทธิภาพของการบำบัดตะกอนลดลงได้มาก เช่น นำตะกอนเข้าเผาในเตาเผา นำตะกอนเข้าระบบดewater จากตะกอน

### 2.5.1.4 การเก็บกักตะกอน

การเก็บกักตะกอนมีข้อมูลที่ควรทราบดังนี้

1. การเก็บกักตะกอนจะช่วยรับตะกอนที่มีมาก มีน้อย ซึ่งเปลี่ยนแปลงบ่อยให้ได้ตะกอนที่เข้าระบบบำบัดมีทั้งปริมาณและลักษณะสม่ำเสมอตลอดเวลา
2. การเก็บกักตะกอนจะช่วยเก็บกักตะกอนไว้ เมื่อระบบบำบัดและกำจัดตะกอนเกิดชำรุดเสียหาย หรือระบบบำบัดและกำจัดไม่ได้เดินระบบต่อเนื่องตลอดเวลา

3. ต้องการได้ตะกอนเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนเข้าระบบบำบัดที่ต้องการได้ ตะกอนที่มีลักษณะเดียวกันสม่ำเสมอ มิฉะนั้นระบบบำบัดตะกอนจะไม่ประสิทธิภาพ

4. การเก็บกักตะกอนอาจมีระยะเวลาเก็บกักตั้งแต่สองสามชั่วโมงจนถึง หลายๆ วัน แต่ถ้าเก็บกักตะกอนไว้นานกว่า 3 วัน จะทำให้ได้ตะกอนที่ดึงน้ำออกได้ยากขึ้น

5. การเก็บกักตะกอนก็ควรมีการเติมอากาศไปด้วยเพื่อไม่ให้เกิดกลิ่นเหม็น และช่วยให้มีการกวนผสมไปด้วย

## 2.5.2 ระบบทำตะกอนข้น (Sludge thickening)

ตะกอนที่มาจากโรงบำบัดน้ำเสียจะมีมาจากหลายจุด จะมีลักษณะตะกอนที่แตกต่างกัน เช่น มีสีต่างกัน มีความเข้มข้นของของแข็งต่างกัน มีสารอินทรีย์มากน้อยต่างกัน

ในระบบทำตะกอนให้เข้มข้นขึ้น มีวัตถุประสงค์หลักคือ ทำให้มีปริมาตรตะกอนน้อยลง โดยการแยกน้ำออกจากตะกอน เช่น เดิมมีความเข้มข้นตะกอนเท่ากับร้อยละ 0.5 จะถูกระบบทำ ตะกอนข้นทำให้มีความเข้มข้นตะกอนเท่ากับ ร้อยละ 3 ซึ่งส่งผลให้มีปริมาตรของตะกอนลดลงถึง 6 เท่า ระบบทำตะกอนข้นแต่ละวิธี

### 2.5.2.1 ประโยชน์ของการทำตะกอนข้น

1. ช่วยลดขนาดของถังและขนาดเครื่องจักรกลของระบบจัดการตะกอนที่ จะมีตามมาหลังจากได้ผ่านระบบทำตะกอนข้นแล้ว

2. ช่วยลดปริมาณสารเคมีที่ต้องการใช้ในการปรับสภาพตะกอน

3. ช่วยลดความต้องการใช้พลังงานต่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำตะกอน เครื่อง มอเตอร์ต่างๆ เครื่องอบแห้ง เครื่องทำความร้อน เป็นต้น

4. ช่วยลดขนาดท่อตะกอนลง และอุปกรณ์อื่นๆ

5. ช่วยลดภาระของรถบรรทุกตะกอน

6. ทำให้จัดการตะกอนได้ง่ายขึ้น เพราะเป็นตะกอนที่ข้น ไม่เหลวเกินไป

7. สามารถทำให้ตะกอนข้นได้ในถังอื่น นอกจากถังทำตะกอนข้น เช่น ทำให้ตะกอนข้นขึ้นในถังตกตะกอนแรก ในระบบย่อยตะกอน หนึ่งในโรงบำบัดน้ำเสียที่มีอัตราไหล ของน้ำเสียน้อยกว่า 3,800 ลูกบาศก์เมตร/วัน การใช้ถังทำตะกอนข้นแยกออกมาเฉพาะจะไม่นิยม ปฏิบัติกันแต่จะให้ถังตกตะกอนแรก และหรือถังย่อยตะกอนเป็นระบบที่ทำหน้าที่ทำตะกอนให้ข้น ขึ้น

### 2.5.2.2 ถังทำชั้นแรงโน้มถ่วง (Gravity thickener)

ถังทำชั้นแรงโน้มถ่วงมีลักษณะเหมือนกับถังตกตะกอน โดยทั่วไปนิยมใช้เป็นถังกลมมากกว่าถังสี่เหลี่ยม เพราะตะกอนมีของแข็งมากอาจไปนอนกันที่มุมถังได้ถ้าใช้เป็นถังสี่เหลี่ยม ถังกลมไม่มีมุมขอบภายในถัง จึงมีของแข็งไปนอนกันน้อยกว่ามาก

ตะกอนจะไหลเข้าตรงกึ่งกลางถัง ทำให้ตะกอนตกตะกอนได้โดยทางแนวตั้ง และเกิดการบดอัดแน่น ตะกอนชั้นจะถูกถ่ายออกจากก้นถัง ณ จุดศูนย์กลางของถัง จะมีใบกวาดหมุนรอบถังอย่างช้าๆ เพื่อตะกอนที่อยู่บนพื้นก้นถัง ณ จุดศูนย์กลางของถัง ตะกอนที่ถูกถ่ายออกจากก้นถังจะมีความเข้มข้นของของแข็งมากขึ้น เพื่อนำไปบำบัดตะกอนชั้นนี้ต่อไป

### 2.5.2.3 การทำชั้นด้วยการลอยตัว (Flotation thickening)

การทำชั้นด้วยการลอยตัวคือ การที่ทำให้ของแข็งต่างๆ ลอยตัวขึ้นมายังผิวของของเหลวในถังจากการอัดอากาศ โดยวิธีการทำให้ลอยตัวมีอยู่ 3 วิธีหลักได้แก่ 1) Dissolved-air flotation 2) Vacuum flotation และ 3) Dispersed-air flotation แต่ในปัจจุบันนี้วิธีทำชั้นด้วยการลอยตัวสำหรับตะกอนจะใช้วิธี Dissolved-air flotation หรือวิธี DAF ซึ่งเป็นกระบวนการกำจัดของแข็งในตะกอนโดยใช้อากาศอัดภายใต้ความดัน แล้วปล่อยให้ลอยตัวในถังบำบัดที่บรรยากาศปกติ พวกฟองอากาศจะนำพาของแข็งให้ลอยตัวขึ้น

ระบบ DAF เป็นระบบที่ใช้ได้ดีกับตะกอนที่มาจากระบบเอเอส เพราะเป็นพวกจุลชีพแขวนลอย สำหรับตะกอนชั้นต้น ตะกอนโปรยกรอง (ตะกอนชนิดเป็นก้อนเมือก) ตะกอนที่มีใช้สารเคมีปรับสภาพ และตะกอนที่ถูกย่อยแล้วก็สามารถใช้ระบบ DAF ได้

### 2.5.2.4 การทำชั้นด้วยการหมุนเหวี่ยง (Centrifugal thickening)

การทำชั้นด้วยการหมุนเหวี่ยงจะอาศัยแรงหนีศูนย์กลางในการแยกของเหลวออกจากของแข็ง หรือแยกน้ำและของแข็งในตะกอนออกจากกัน คือส่วนน้ำออกทางหนึ่งและส่วนของแข็งจะออกอีกทางหนึ่ง ซึ่งจะใช้หลักการของความแตกต่างกันระหว่างความหนาแน่น โดยทั่วไปวิธีนี้จะใช้ได้กับตะกอนเอเอส ไม่เหมาะที่จะใช้กับตะกอนชั้นต้น

### 2.5.2.5 การทำชั้นด้วยสายพานโน้มถ่วง (Gravity Belt Thickening)

การทำชั้นด้วยสายพานโน้มถ่วงเกิดขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วงไหลผ่านสายพาน สายพานจะถูกนำพาด้วยลูกกลิ้งหลายๆ ลูก ตะกอนก่อนที่จะเข้าสายพานควรผสมด้วยโพลีเมอร์ ตะกอนจะถูกใส่ลงในกล่องซึ่งรับตะกอนผสมสารเคมี จากนั้นตะกอนจะถูกกระจายไปทั่วแผ่นสายพาน ทำให้น้ำในตะกอนระบายออก ส่วนตะกอนที่เหลืออยู่บนสายพาน และถูกบีบเอาน้ำออกอีก ทำให้ได้ตะกอนมีความเข้มข้นคล้ายๆ ขนมหั้ว น้ำใสถูกรีดออกมาควรนำกลับไปถังตกตะกอนแรกอีกเพื่อบำบัดน้ำเสียอีก เมื่อตะกอนชั้นออกจากระบบนี้เพื่อนำไประบบบำบัดอื่น

ต่อไป จะมีการล้างสายพานเสียก่อน ก่อนที่จะมีการนำตะกอนเข้ามาอีก ซึ่งเป็นระบบการทำงานอย่างต่อเนื่อง

### 2.5.2.6 การทำชั้นด้วยถังหมุน (Rotary drum thickening)

วิธีทำชั้นด้วยถังหมุนก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง โดยอาศัยถังหมุนซึ่งทำด้วยตะแกรงละเอียดที่ยอมให้น้ำผ่านได้ แต่ของแข็งในตะกอนไม่ออกมาจะอยู่ภายในถังหมุน วิธีนี้จะใช้สารโพลีเมอร์ช่วยปรับสภาพตะกอน ก่อนไหลเข้าระบบ เมื่อตะกอนไหลเข้าระบบจะไหลผ่านถังตะแกรงนี้ ซึ่งแยกน้ำกับของแข็ง น้ำจะไหลผ่านถังตะแกรงลงสู่ส่วนล่างของเครื่อง ส่วนของแข็งในตะกอนจะตกค้างอยู่ภายในถัง เพื่อถูกนำออกจากถังต่อไป วิธีนี้ใช้ได้กับตะกอนเอเอส สำหรับตะกอนขั้นต้นจะไม่นิยมใช้กัน ข้อดีของเครื่องนี้จะใช้พลังงานน้อย ใช้พื้นที่น้อย บำรุงรักษาน้อย แต่ต้องการใช้สารโพลีเมอร์เข้าช่วย

### 2.5.3 ระบบย่อยตะกอนด้วยวิธีเคมี (Chemical stabilization)

เมื่อตะกอนถูกย่อยสลายจะทำให้ลดกลิ่นเหม็น ลดเชื้อโรคและช่วยลดการเน่าเหม็นต่อไป โดยการย่อยตะกอนจะทำให้ผลดังนี้

#### 2.5.3.1 วิธีย่อยตะกอนด้วยปูนขาว (Lime stabilization)

การใช้ปูนขาวใส่ลงไปในระบบเพื่อย่อยตะกอนที่ยังไม่ได้ถูกบำบัด เพื่อให้ได้ pH ขึ้นสูงถึง 12 หรือมากกว่า เพื่อให้สามารถกำจัดจุลินทรีย์ได้มาก และช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากการเน่าเหม็นได้ด้วย ในการใช้ปูนขาวเพื่อย่อยตะกอนแบบใส่ก่อนการดัดน้ำ จะต้องการใช้ปูนขาวจำนวนมากกว่า คือจะต้องการน้ำหนักปูนขาวต่อน้ำหนักตะกอนมากกว่าแบบใส่หลังดัดน้ำเพราะจะต้องให้ได้ pH ถึง 12 จึงเป็นสาเหตุที่ต้องใช้ปูนขาวมากกว่า นอกจากนี้ยังต้องการให้ปูนขาวได้สัมผัสกับตะกอนได้ทั่วถึง เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคในตะกอนให้ได้มากที่สุด

#### 2.5.3.2 วิธีใช้ความร้อน (Heat treatment)

การใช้ความร้อนแก่ตะกอนด้วยการให้ความดันภายในถังตะกอนจนถึง 2,760 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และจนถึงอุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาครึ่งชั่วโมง การใช้ความร้อนแก่ตะกอนจะทำให้เกิดการย่อยสลาย และเกิดการปรับสภาพตะกอนพร้อมๆ กันไป น้ำในตะกอนจะถูกดึงออกมา ส่งผลให้ของแข็งเกาะกลุ่มกันดี พวกจุลินทรีย์ในตะกอนจะถูกทำลาย และพวกสารละลายอินทรีย์และแอมโมเนียไนโตรเจนจะถูกกำจัดออกจากตะกอน



## 2.5.4 การย่อยตะกอนแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic sludge digestion)

ระบบย่อยตะกอนแบบไม่ใช้อากาศเป็นระบบที่มีใช้กันมานานแล้ว โดยมีใช้กันครั้งแรกในโลกตั้งแต่ปี ค.ศ.1850 ซึ่งเป็นถึงที่ทำหน้าที่แยกน้ำกับตะกอนออกจากกัน ตั้งแต่ ค.ศ.1920 ได้มีการพัฒนาระบบนี้อย่างมากจนกระทั่งปัจจุบันนี้ก็ยังมีการศึกษาวิจัยอยู่ตลอดมา วิธีบำบัดด้วยวิธีนี้เป็นวิธีชีวภาพ ไม่ต้องอาศัยสารเคมี ไม่ต้องใช้พลังงานในการเติมอากาศได้ก๊าซชีวภาพ เช่น มีเทน ซึ่งเป็นก๊าซหุงต้ม

### 2.5.4.1 ลักษณะของกระบวนการต่างๆ

กระบวนการบำบัดหรือย่อยตะกอนแบบไม่ใช้อากาศเป็นกระบวนการที่สามารถตัดแปลงเป็นไปได้อีกหลายประการ โดยทั่วไปกระบวนการบำบัดนี้จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เรียกว่า Mesophilic คือ ตั้งแต่ 30 องศาเซลเซียส จนถึง 38 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะไม่สิ้นเปลืองพลังงานมาก สำหรับประเทศที่มีอากาศหนาว และไม่ต้องใช้ความร้อนใส่ลงไปเลยถ้าใช้ระบบที่ประเทศไทย เพราะจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงช่วงนี้ อย่างไรก็ตามถ้าต้องการการย่อยตะกอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อาจเลือกช่วงอุณหภูมิที่เรียกว่า Thermophilic คือตั้งแต่ 49 องศาเซลเซียส จนถึง 57 องศาเซลเซียส ได้พบว่าถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก 10 องศาเซลเซียส อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีจะเพิ่มขึ้น 2 เท่า แต่ก็ต้องใช้พลังงานมา

อนึ่งวิธีย่อยสลายด้วยวิธีนี้เหมาะสมมากกับประเทศไทย เพราะมีอากาศร้อนเกือบทั้งปี

## 2.5.5 การย่อยตะกอนแบบใช้อากาศ (Aerobic sludge digestion)

ระบบย่อยตะกอนแบบใช้อากาศสามารถย่อยสลายตะกอนที่มาจากโรงบำบัดน้ำเสีย จะทำหน้าที่เดียวกับระบบย่อยตะกอนแบบไม่ใช้อากาศ แต่แตกต่างกันที่ระบบย่อยตะกอนแบบใช้อากาศจะใช้เครื่องเติมอากาศให้แก่ตะกอน ปฏิกิริยาชีวเคมีก็มีเช่นเดียวกับระบบเอเอส ระบบย่อยตะกอนแบบใช้อากาศจะใช้บำบัดตะกอนต่างๆดังนี้

- 1) ตะกอนเอเอส
- 2) ตะกอนเอเอสผสมกับตะกอนขั้นต้น
- 3) ตะกอนโปรยกรองผสมกับตะกอนขั้นต้น

ข้อดีของระบบย่อยตะกอนแบบใช้อากาศมีดังนี้

- 1) สามารถลดของแข็งระเหยง่าย ได้เท่ากับวิธีย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ
- 2) ได้บีโอดีของน้ำใสออกต่ำกว่าของวิธีย่อยตะกอนแบบไม่ใช้อากาศ
- 3) ไม่มีกลิ่นเหม็น
- 4) ได้ผลผลิตค่อนข้างเสถียร

- 5) มีค่าอาหารปุ๋ยในตะกอนมากกว่าของวิธีย่อยตะกอนแบบไม่ใช้อากาศ
- 6) การดำเนินการระบบต่ำกว่าของวิธีย่อยตะกอนแบบไม่ใช้อากาศ
- 7) ค่าลงทุนก่อสร้างระบบต่ำกว่าของวิธีย่อยตะกอนแบบไม่ใช้อากาศ

ข้อดีของระบบย่อยตะกอนแบบใช้อากาศมีดังนี้

- 1) ต้องการใช้พลังงานในการเติมออกซิเจน
- 2) ตะกอนที่ได้จะมีลักษณะที่ไม่เหมาะกับการนำเข้าสู่ระบบคั่งน้ำชนิดเครื่องกล
- 3) กระบวนการนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ สถานที่ และวัสดุที่ใช้ก่อสร้างถึง
- 4) ไม่มีก๊าซมีเทนเกิดขึ้น

### 2.5.6 ระบบหมักตะกอนทำปุ๋ย (Composting)

ระบบหมักตะกอนทำปุ๋ยเป็นระบบที่นำตะกอนกลับมาใช้อีกในรูปของปุ๋ย ซึ่งเป็นทั้งการปรับเสถียรและการนำไปกำจัดทิ้ง เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะสามารถบำบัดแล้วได้ปุ๋ยมาใช้ปลูกพืช และใช้ในการปรับสภาพดิน

การหมักตะกอนเป็นกระบวนการที่ย่อยสลายทางชีวภาพจะได้ผลผลิตที่ค่อนข้างเสถียรดี เมื่อถูกหมักอย่างถูกต้องตามหลักวิชาแล้วจะได้ปุ๋ยที่ไม่มีกลิ่นและไม่มีเชื้อโรค โดยพบว่าประมาณร้อยละ 20-30 ของของแข็งระเหยง่ายจะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เมื่อสารอินทรีย์ในตะกอนถูกย่อยสลาย จะทำให้ไปเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 50-70 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิในระดับ Pasteurization ทำให้สามารถฆ่าเชื้อโรคได้

การหมักทำปุ๋ยสามารถกระทำได้ทั้งแบบไม่ใช้อากาศ และใช้อากาศ ระบบแบบใช้อากาศจะเป็นที่นิยมใช้กับตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน ระบบนี้จะทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเร็ว ซึ่งทำให้ฆ่าเชื้อโรคในตะกอนได้ด้วย และตะกอนที่ถูกหมักทำปุ๋ยแล้วจะไม่มีกลิ่นเหม็น

อย่างไรก็ตามตะกอนที่นำมาทำปุ๋ยจะต้องคำนึงถึงปริมาณตะกอน และพื้นที่ที่จะมาทำปุ๋ยมีมากเพียงพอหรือไม่ เนื่องจากการหมักทำปุ๋ยจำเป็นต้องใช้พื้นที่มากในการวางกองหลายๆ กอง ดังนั้นถ้าพิจารณาระบบย่อยตะกอนก่อนเข้าสู่ระบบทำปุ๋ย ก็จะช่วยให้ขนาดพื้นที่ที่ต้องการใช้ในการหมักทำปุ๋ยมีน้อยลง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการหมักตะกอนได้

## 2.5.7 ระบบปรับสภาพตะกอน (Sludge conditioning)

ตะกอนที่ถูกปรับสภาพตะกอนจะช่วยทำให้ตะกอนมีลักษณะถูกดึงน้ำออกได้ง่าย

### 2.5.7.1 วิธีปรับสภาพด้วยสารเคมี (Chemical Conditioning)

วิธีปรับสภาพด้วยสารเคมีทำให้ตะกอนมีลักษณะที่ดึงน้ำง่าย วิธีการใช้สารเคมีทำให้ปริมาณความชื้นในตะกอนจากร้อยละ 90 ถึง 99 ลดเหลือร้อยละ 65 ถึง 85 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของแข็งในตะกอน

กลไกของการปรับสภาพด้วยสารเคมีจะมีการเกิด Coagulation ของของแข็งและเกิดการดูดน้ำออกจากตะกอน

วิธีนี้นิยมใช้ร่วมกับระบบดึงน้ำออกจากตะกอน เช่น ระบบ Vacuum filtration, ระบบ Centrifugation, ระบบ Belt filter presses, ระบบ Pressure filter presses

สารเคมีที่นิยมใช้ในการปรับสภาพตะกอนได้แก่ Ferric chloride, Lime, Alum, และสารโพลีเมอร์อินทรีย์ โดยพบว่าสารเคมีที่ใส่ลงไปอาจทำให้มีของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้น ถ้าใช้พวก Ferric chloride หรือ Lime จะเพิ่มของแข็งทั้งหมดได้ประมาณร้อยละ 20 ถึง 30 แต่ถ้าใช้โพลีเมอร์จะเพิ่มของแข็งทั้งหมดไม่มาก

### 2.5.7.2 วิธีบำบัดด้วยความร้อน (Heat treatment)

การบำบัดด้วยความร้อนมีหน้าที่สองอย่างคือ ทำหน้าที่ปรับเสถียรและปรับสภาพ โดยใช้ความร้อนในระยะเวลาสั้นๆภายใต้ความดัน การบำบัดด้วยความร้อนจะทำให้เกิดการรวมตัวกันของของแข็งในตะกอน เพื่อให้ gel structure แตกกระจายและลดปริมาณน้ำในตะกอน ในการให้ความร้อนแก่ตะกอนจะทำให้เกิดการฆ่าเชื้อโรคและดึงน้ำด้วย วิธีนี้จึงเหมาะกับตะกอนชีวภาพที่ยากแก่การปรับเสถียรและปรับสภาพ ระบบนี้จะได้น้ำใสออกจากตะกอนที่มีบีโอดีค่อนข้างสูง ซึ่งอาจต้องการระบบบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียปกติ ระบบบำบัดด้วยความร้อนอาจต้องการ Heat exchanger ใอน้ำ และการพ่นอากาศ เพื่อให้ตะกอนร้อน

## 2.6 วิธีการปรับสภาพและดึงน้ำออกจากตะกอน (Sludge dewatering)

### 2.6.1 การเติมสารโพลีอิเล็กโทรไลต์

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีความก้าวหน้าไปมากในการผลิตสารโพลีเมอร์สำหรับใช้กับตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย ปัจจุบันสารโพลีเมอร์ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการปรับสภาพตะกอน ทั้งยังมีมากมายหลายตัวให้เลือกใช้ ข้อสำคัญคือสารแต่ละตัวจะมีความแตกต่างกันไป ในด้านส่วนประกอบทางเคมี ประสิทธิภาพและราคา

แต่เดิมสารโพสลิเมอร์ใช้ในการปรับสภาพตะกอนชั้นแรกและช่วยให้ตะกอนชั้นแรกและตะกอนชั้นที่สองที่ผสมกันสามารถรีดน้ำออกได้ง่าย เมื่อนำไปรีดน้ำด้วยเครื่องกรองสุญญากาศแบบหมุน หรือเครื่องปั่นเหวี่ยง การปรับปรุงประสิทธิภาพของสารโพสลิเมอร์ทำให้มีการนำสารโพสลิเมอร์มาใช้ในกระบวนการรีดน้ำทุกประเภทมากขึ้น เหตุผลที่นิยมเลือกใช้สารโพสลิเมอร์ในการปรับสภาพตะกอนมากกว่าใช้สารอนินทรีย์เคมีคือ สารปรับสภาพตะกอนที่เป็นสารโพสลิเมอร์จะทำให้มวลของตะกอนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่สารปรับสภาพตะกอนอนินทรีย์เคมีจะทำให้มวลของตะกอนเพิ่มขึ้นถึงประมาณร้อยละ 15-30 ถ้าต้องนำตะกอนที่ถูกดึงน้ำไปกำจัดโดยการเผา โพสลิเมอร์จะไม่ทำให้ค่าพลังงานเชื้อเพลิงของตะกอนลดลง

โพสลิอะคริลาไมด์ที่เป็นฟลิกคูลแลนท์ชนิดแอนไอออนิก(Anionic) ซึ่งจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าลบในสารละลายน้ำ เกิดขึ้นได้โดยการไฮโดรไลซ์กลุ่มเอไมด์( $\text{NH}_2$ ) การรวมโมโนเมอร์ของอะคริลาไมด์เข้ากับโมโนเมอร์ชนิดที่เป็นแอนไอออนิก

ส่วนโพสลิอะคริลาไมด์ชนิดแคทไอออนิก(Cationic) ซึ่งจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าบวกในสารละลายน้ำ สามารถเตรียมได้โดยเติมสารเคมีเปลี่ยนสภาพของอะคริลาไมด์ ชนิดไม่มีประจุหรือโดยการรวมโมโนเมอร์ ชนิดที่เป็นแคทไอออนิกที่มีประจุและมวลที่แตกต่างกัน สารโพสลิเมอร์นี้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการปรับสภาพตะกอน และอุปกรณ์ที่ใช้ในการดึงน้ำจะเป็นตัวกำหนดการใช้สารโพสลิเมอร์ชนิดแคทไอออนิก เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีที่สุด และราคาเหมาะสม

สารโพสลิเมอร์ที่ใช้กันอยู่มีทั้งแบบผงแห้งหรือแบบเป็นของเหลว แบบของเหลวจะมาในรูปแบบของสารละลายที่ละลายน้ำ โพสลิเมอร์แบบผงแห้งจะมีอายุการใช้งานประมาณ 1 ปี หรือมากกว่า ในขณะที่แบบของเหลวจะมีอายุการใช้งานประมาณ 6-12 เดือน และจะต้องเก็บในอุณหภูมิห้องที่สารโพสลิเมอร์ที่วางขายทั่วไปจะแตกต่างกันไปตามมวลโมเลกุลและความหนาแน่นของประจุ ซึ่งจะมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติในการปรับสภาพตะกอนของสารโพสลิเมอร์และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับตะกอน

## 2.6.2 สารเคมีที่นิยมใช้ในการปรับสภาพสลัดจ์ (มานิต ปานเอม, 2546)

1) **ปูนขาว** โดยทั่วไปแล้วจะเข้าร่วมกันคอปเปอร์รัส (Copperas) ทุกครั้งในการบำบัดน้ำเสีย แต่ในความเข้มข้นที่เพียงพอแล้วสามารถใช้ปูนขาวชนิดเดียวได้ โดยทั่วไปปูนขาวและคอปเปอร์รัสใช้ในการปรับสภาพสลัดจ์ เพื่อนำสลัดจ์ที่ปรับสภาพแล้วไปทำการแยกน้ำต่อไป ความเข้มข้นของปูนขาวชนิด Hydrated Lime ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) และคอปเปอร์รัส ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ที่ต้องการใช้ในการปรับสภาพสลัดจ์มีค่าประมาณร้อยละ 20 และ 10 ของปริมาณของแข็งทั้งหมด

สำหรับสลัดจ์ดิบตามลำดับ และร้อยละ 30 และ 40 ของปริมาณของแข็งทั้งหมดสำหรับสลัดจ์ที่เกิดจากการย่อยสลาย (Digested Sludge) ตามลำดับ สำหรับการปรับสภาพสลัดจ์ที่ได้ประสิทธิภาพที่สุดโดยทั่วไปแล้วคอปเปอร์รัสจะใช้ได้ดีกว่าปูนขาว

การใช้ปูนขาวในการปรับสภาพสลัดจ์มีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี คือ สามารถเพิ่มค่าพีเอชของสลัดจ์ได้ และสามารถกำจัดก๊าซไข่เน่า (Hydrogen Sulfide) ออกไปได้ อย่างไรก็ตามเหตุผลที่ต้องเพิ่มค่าพีเอชให้สูงขึ้นนั้นเพราะแอมโมเนียในสลัดจ์จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มค่าพีเอชจะทำให้เกิดการระบายนแอมโมเนียออกมา ปัจจุบันปูนขาวในก้อนสลัดจ์ที่เพิ่มขึ้นนั้น ชาวนาสามารถนำไปปรับปรุงสภาพดินทำให้ดินมีค่าพีเอชที่สูง ช่วยลดแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค Pathogenic Bacteria ได้

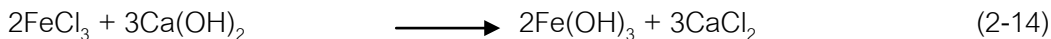
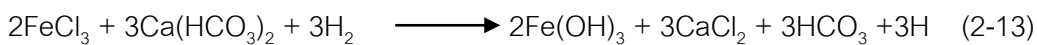
ข้อเสีย คือ ปูนขาวและคอปเปอร์รัส จะทำให้น้ำหนักของแข็งในสลัดจ์เพิ่มขึ้น มีผลต่อการกำจัดความเฉื่อยของสารเคมี (Inert Chemical) ซึ่งมีความสำคัญต่อการลดลงของค่าความร้อน (Calorific Value) ของก้อนสลัดจ์ทำให้มีผลต่อการนำสลัดจ์ไปเผา

2) **อลูมิเนียมคลอไรด์ไฮเดรต (Aluminum Chlorohydrate)** เริ่มนำมาใช้ใน ประเทศอังกฤษตั้งแต่ปี 1950 ในรูปของสารละลายมีความเข้มข้นสูงสุดร้อยละ 15 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) นิยมใช้กันมากในการปรับสภาพสลัดจ์ก่อนที่จะนำไปแยกน้ำออกโดยวิธีการกรองด้วยแรงอัด (Filter Presses) และการกรองด้วยสุญญากาศ (Rotary Vacuum Filter) อลูมิเนียมคลอไรด์ไฮเดรต มีข้อดีตรงที่หากต้องการใช้สามารถที่จะนำสารละลายเข้มข้น (Stock Solution) มาเจือจาง และไม่ได้มีส่วนสำคัญต่อน้ำหนักของก้อนสลัดจ์แต่อย่างใด โดยแท้จริงแล้วความต้องการสารสร้างตะกอนขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสลัดจ์และวิธีการในการแยกน้ำจากสลัดจ์

อลูมิเนียมคลอไรด์ไฮเดรตสามารถควบคุมการระบายนของก๊าซไข่เน่า (Hydrogen Sulfide) ที่จะออกสู่บรรยากาศของระบบการแยกน้ำจากสลัดจ์ได้ นอกจากนี้ อลูมิเนียมคลอไรด์ไฮเดรตยังสามารถใช้ร่วมกับปูนขาวได้ในอัตราร้อยละ 5-10

3) **เฟอริกคลอไรด์ (Ferric Chloride)** เป็นสารเคมีที่แตกตัวในน้ำ รูปแบบของสารประกอบเหล็กเมื่อละลายน้ำจะมีประจุบวก สามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ประจุลบที่เกิดจากของแข็งในสลัดจ์ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุของการรวมกลุ่มของตะกอนเฟอริกคลอไรด์ และจะทำปฏิกิริยากับด่างไบคาร์บอเนต (Bicarbonate Alkalinity) และเปลี่ยนรูปเป็นเหล็กไฮดรอกไซด์เกิดการรวมกลุ่มและตกตะกอนลง

ดังสมการที่ 2-13 และ 2-14



4) **โพลีอิเล็กโทรไลต์** ในปี ค.ศ. 1979 ได้มีการสังเคราะห์โพลีเมอร์ (Polymers) ขึ้นอย่างสมบูรณ์และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โพลีอะคริลาไมด์ (Polyacrylamide) ที่สร้างขึ้นจากโมโนเมอร์ (Monomers) ที่รวมกันเป็นสายโซ่ยาว จำนวนโมเลกุลจะประกอบด้วย น้ำหนักโมเลกุลในปริมาณเป็นล้านหน่วย

การดึงน้ำจะถูกยับยั้งโดยลักษณะทางกายภาพและเคมีของอนุภาคตะกอน สารโพลีเมอร์ในสารละลายจะทำหน้าที่ยึดเกาะอนุภาคตะกอนเข้าไว้ด้วยกัน ทำให้มีปรากฏการณ์เกิดขึ้นคือ ลดการดูดติดของน้ำที่ผิว การทำลายประจุไฟฟ้า การรวมตัวของอนุภาคเล็กโดยกลไกสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาค เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการรีดน้ำอื่นๆ แล้วพบว่า การดึงน้ำแบบสายพานรีดตะกอนมีความจำเป็นอย่างที่สุด ที่จะต้องใช้ปริมาณโพลีเมอร์ให้เหมาะสมสัมพันธ์กับลักษณะของตะกอน

### 2.6.3 การตากตะกอนชีวภาพบนลานตากสลัดจ์ (Sludge drying bed) (เกษตรฯ ภา กลั่นกรอง, 2551)

ลานตากสลัดจ์เป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อนต้องการเครื่องจักรน้อยและมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมระบบต่ำจึงเหมาะกับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดเล็ก สลัดจ์ค่อนข้างคงตัว แต่การแยกน้ำสลัดจ์ด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศซึ่ง มีข้อจำกัดในกรณีที่เป็นฤดูฝนนอกเสียจากมีการทำหลังคาปกคลุมลานตากสลัดจ์

หลักการทำงานของลานตากสลัดจ์ทำให้เกิดการแยกน้ำได้ 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกน้ำจากสลัดจ์ส่วนหนึ่งซึมผ่านชั้นทรายและถูกรวบรวบด้วยระบบท่อที่วางอยู่ใต้ลานตากสลัดจ์ส่วน สลัดจ์ชั้นจะติดค้างอยู่บนผิวหน้าชั้นทราย ซึ่งในขั้นตอนที่ 2 น้ำส่วนหนึ่งถูกแยกโดยการระเหยสู่บรรยากาศ โดยทั่วไปต้องใช้เวลาดตากในขั้นตอนนี้ 10 - 15 วัน หลังจากนั้นจึงขุดลอกกากตะกอน และนำไปกำจัดต่อไป

#### 2.6.4 การรีดน้ำจากตะกอนชีวภาพด้วยสายพานรีดน้ำ (Belt press)

สายพานรีดน้ำเป็นการแยกน้ำจากสลัดจ์แบบใช้เครื่องกล แต่เป็นวิธีที่มีเครื่องจักรและความต้องการพลังงานน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการแยกน้ำจากสลัดจ์ด้วยเครื่องกลอื่นๆ และไม่ต้องการบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญมากนักในการควบคุมระบบ นอกจากนี้การทำงานของสายพานรีดน้ำสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

หลักการทำงานของสายพานรีดน้ำประกอบไปด้วยสายพาน 2 เส้นโดยมีลูกกลิ้ง (Baring) เป็นฐานรองรับและถูกขับเคลื่อนให้หมุนวนในทิศตรงข้ามกัน (ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา) ซึ่งมีส่วนที่สายพานทั้งสองประกบกัน เมื่อสลัดจ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วถูกป้อนเข้าที่ช่องแรกของสายพานน้ำบางส่วนจะถูกแยกออกมาโดยการซึมผ่านสายพานด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก และเมื่อสลัดจ์ชั้นถูกลำเลียงเข้าช่วงที่สายพานทั้ง 2 เส้นประกบกันด้วยลูกกลิ้งบีบอัด จึงทำให้น้ำอีกส่วนหนึ่งถูกแยกและซึมผ่านสายพานได้เพิ่มขึ้นเมื่อสายพานทั้ง 2 เส้นถอยห่างออกจากกันจึงทำให้กากตะกอนหลุดออกและถูกระบายทิ้งต่อไป หลังจากนั้นสายพานจะวนกลับไปรับสลัดจ์อีกแต่ต้องมีหัวฉีดน้ำแรงดันสูง เพื่อล้างสายพานทั้งสองเส้นก่อนเพื่อป้องกันการอุดตันของสายพาน

#### 2.6.5 การอัดตะกอนชีวภาพด้วยเครื่องอัดกรอง (Filter press)

กากตะกอนที่ได้จากเครื่องอัดกรองมีความเข้มข้นสูงและน้ำที่ผ่านการกรองค่อนข้างใส แต่เป็นระบบที่มีเครื่องจักรมาก ราคาแพง ทำงานแบบแบตช์ อายุการใช้งานของผ้ากรองสั้น และจำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการแกะกากตะกอนออกจากผ้ากรองอีกด้วย

องค์ประกอบหลักของเครื่องอัดกรองประกอบด้วย แผ่นยึดผ้ากรองหลายอันเรียงกันบนแกนของเครื่องผ้ากรองและเครื่องดันผ้ากรองดังภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากป้อนสลัดจ์เข้าเครื่องอัดกรองสลัดจ์จะเข้าไปในช่องว่างระหว่างผ้ากรองจนเต็มภายใต้ความดันขณะเดียวกันน้ำจะซึมผ่านผ้ากรองทำให้มีช่องว่างมากขึ้นและป้อนสลัดจ์ภายใต้แรงดันดังกล่าวไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่มีน้ำซึมผ่านผ้ากรองอีกจึงถอดแผ่นหรือเลื่อนแผ่นยึดผ้ากรองออกจากกัน และแกะกากตะกอนออกจากแผ่นกรองด้วยแรงงานคน พร้อมทั้งล้างทำความสะอาดผ้ากรองและเตรียมป้อนสลัดจ์รอบใหม่

2.6.6 การแยกโมเลกุลของน้ำออกจากตะกอนด้วยระบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic) (Pilli และคณะ, 2011)

พลังงานเสียงในรูปแบบของการสั่นสะเทือนอัลตราโซนิกถูกใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของแข็งของตะกอนและของเหลวในตะกอน ผ่านกลไกการแยกตามลักษณะพื้นผิว บางส่วนของวิธีการที่อัลตราโซนิกสามารถปรับปรุงการดึงน้ำออกของตะกอนมีดังนี้

1. การลดทอนหรือการดูดซึมของพลังงานเสียงที่นำไปสู่ความร้อน มีการเพิ่มขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี และความหนืดลดลงของตะกอน

2.. คลื่นของอัลตราโซนิก สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในความหนืดของชนิดของเหลวแบบนอนนิวโตเนียน

3.. ความกดดันที่เกิดขึ้นมีความกดดันสูงส่งผลให้ชั้นตะกอนเกิดการแตกหักการเปิดเป็นช่องสำหรับของเหลวที่จะออกได้

4.. การเคลื่อนไหวสั่นสะเทือนจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่สุทธิหรือแก้ไขการแพร่ของของเหลวผ่านชั้นตะกอนในทิศทางของการไล่ระดับสี เช่นความดันแรงโน้มถ่วงหรือสนามไฟฟ้า

5.. พื้นผิวตัวกรองจะได้รับการรักษาความสะอาดป้องกันการอุดตัน

พลังงานเสียงความถี่สูงสามารถใช้เป็นวิธีการปรับสภาพเพื่อเร่งการย่อยสลายแบบไร้อากาศก่อนการย่อยกากตะกอนและช่วยลดระยะเวลาเก็บกักในถังย่อย สามารถเปลี่ยนโครงสร้างของตะกอนและฟล็อก นอกจากนี้ยังเพิ่มความสามารถในการเอาน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชนได้

2.6.7 การแยกโมเลกุลของน้ำออกจากตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave)

การใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปอาหารเป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในอุตสาหกรรมอาหารสามารถนำไมโครเวฟมาใช้ในกระบวนการต่างๆได้หลายกระบวนการ ได้แก่ การลวก (blanching) การทำให้สุก (cooking) การทำแห้ง (drying) การพาสเจอร์ไรส์ (pasteurizing) การสเตอริไลส์ (sterilizing) การละลายน้ำแข็ง (thawing) การอบ (baking) รวมทั้งกระบวนการอื่นๆ เช่น การควบคุมจุลินทรีย์ การยับยั้งเอนไซม์และการควบคุมแมลงเป็นต้น (Mudgett, 1986 ; Rosenberg and Boegl, 1987) ทั้งนี้เนื่องจากไมโครเวฟทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วและเป็นผลให้เกิดการสูญเสียคุณภาพด้านต่างๆเช่น กลิ่นรส สีและเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการน้อยกว่าการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) ที่มีความถี่ระหว่าง 300 เมกกะเฮิร์ตซ์



(MHz) ถึง 300 จิกะเฮิร์ตซ์(GHz) ระหว่างความยาวคลื่น 100 เซนติเมตร – 1 มิลลิเมตร (Rosenthal,1992) ไมโครเวฟไม่ใช่ความร้อนแต่อยู่ในรูปของพลังงาน(energy) และถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อนโดยการสั่นสะเทือนของอนุภาคที่มีประจุและ/หรือการหมุนตัวโมเลกุลที่มีขั้ว ทำให้ชนกับอนุภาคหรือโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงซึ่งเกิดขึ้นหลังจากที่วัตถุได้รับคลื่นและมีการดูดพลังงานดังกล่าว เป็นผลให้เกิดความร้อน(Fellows,2000) และมีความแตกต่างจากการให้ความร้อนแบบโอมมิคตรงที่ความร้อนแบบโอมมิคนั้น เกิดจากความต้านทานกระแสไฟฟ้า (electrical resistance) ของตะกอนและเปลี่ยนเป็นความร้อนโดยตรง

Singh และ Heldman(2001) รายงานว่าไมโครเวฟมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับคลื่นแสง (visible light) โดยสามารถทำให้มารวมกันเป็นลำคลื่น (beams) ได้และส่งผ่าน (transmit) วัตถุ โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติไดอิเล็กทริก (dielectric properties) ของวัตถุนั้นๆ ซึ่งอาจสะท้อนกลับ (reflect) หรือดูดซับ (absorb) พลังงานไว้ และคลื่นไมโครเวฟอาจผ่านทะลุวัตถุโดยไม่เกิดการดูดซับเลยก็ได้ เช่น วัสดุที่เป็นแก้ว เซรามิกส์ (ceramics) และเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic materials) ส่วนใหญ่ ซึ่งจะยอมให้ไมโครเวฟผ่านโดยมีการดูดซับคลื่นหรือพลังงานเพียงเล็กน้อยหรืออาจไม่ดูดซับได้เลย

### 2.6.7.1 ประวัติการใช้ไมโครเวฟ

เทคโนโลยีไมโครเวฟได้พัฒนาขึ้นในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 และได้เริ่มมีการใช้ไมโครเวฟในกระบวนการแปรรูปอาหาร (Buffler,1993) และในกลางปี ค.ศ. 1960 ได้เริ่มใช้ไมโครเวฟในการพาสเจอร์ไรส์ผลิตภัณฑ์นมหมอบและในการสเตอริไลส์อาหาร และโดยส่วนใหญ่ในปัจจุบันได้มีการใช้คลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงกับวัสดุต่างๆในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ใช้ในการเชื่อมต่อเทอร์โมพลาสติก ใช้ในกระบวนการวัลคาไนเซชันของยางพารา ใช้ในกระบวนการทำแผ่นกระเบื้องเคลือบ และอุตสาหกรรมอื่นๆ เป็นต้น

### 2.6.7.2 การทำให้เกิดความร้อนจากพลังงานไดอิเล็กทริก (Dielectric heating)

Fellows,2000 รายงานว่าพลังงานไดอิเล็กทริก (dielectric energy) จากคลื่นไมโครเวฟและความถี่วิทยุ (radio frequency) เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างหนึ่ง ซึ่งส่งผ่านในรูปของคลื่น (wave) และแทรก (penetrate) เข้าไปในตะกอนและพลังงานนี้จะถูกดูดซับ (absorb) และเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานความร้อนขึ้น โดยทั่วไปเราสามารถทำให้เกิดความร้อนในตะกอนได้ทั้งโดยทางตรง (direct method) ซึ่งความร้อนจะเกิดขึ้นภายในตัวของตะกอนเช่น ความร้อนที่เกิด

จากไมโครเวฟและคลื่นวิทยุและโดยทางอ้อม (indirect method) ซึ่งเป็นการทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายนอกและส่งผ่านพื้นผิวหน้าของตะกอนไปยังด้านใน โดยเกิดจากการแผ่รังสี (radiation) การพาความร้อน (convection) หรือการนำความร้อน (conduction)

### 2.6.7.3 กลไกการเกิดความร้อนเนื่องจากไมโครเวฟ

จากการที่วัตถุดูดซับพลังงานไมโครเวฟเนื่องจากการมีคุณสมบัติไดอิเล็กทริก ทำให้เกิดพลังงาน ความร้อนขึ้นภายในวัตถุ Singh และ Heldman (2001) รายงานว่าการเกิดความร้อนภายในวัตถุที่สัมผัสกับคลื่นไมโครเวฟนั้นมีสาเหตุมาจากกลไก 2 ประการได้แก่ 1. การเคลื่อนที่ของไอออนเมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า (ionic polarization) และ 2. การหมุนของสารประกอบที่มีขั้ว (dipole rotation)

#### 1. การเคลื่อนที่ของไอออน เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า (ionic polarization)

ภายในเตาไมโครเวฟ (microwave oven) จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่าแมกนีตรอน (magnetron) ที่ทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งสนามไฟฟ้าจะถูกส่งออกมาในลักษณะ 3 ทิศทาง คือบนสู่ล่าง ข้างสู่ข้าง และหน้าสู่หลัง เมื่ออนุภาคที่มีประจุในอาหารสัมผัสกับคลื่นไมโครเวฟ จะทำให้เกิดการชนและเคลื่อนที่ซึ่งเกิดการชน (collisions) หรือเสียดสีกับอนุภาคที่อยู่ข้างเคียงเป็นผลให้เกิดความร้อนขึ้นในตะกอนนั้น ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้จะแตกตัวให้อิออนบวก (cations) และอิออนลบ (anions) ดังนั้นอนุภาคที่มีประจุจึงสามารถที่จะมีอันตรกิริยา (interactions) กับสนามไฟฟ้าใดๆ รวมทั้งสนามไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นในเตาไมโครเวฟเช่นเดียวกัน

#### 2. การหมุนของสารประกอบที่มีขั้ว (dipole rotation)

ในตะกอนประกอบด้วยน้ำที่มีปริมาณแตกต่างกัน น้ำเป็นโมเลกุลมีขั้ว (polar molecule) ซึ่งในสภาพปกติจะเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ (random oriented) เมื่อผ่านสนามไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไป ประจุบวกและลบในโมเลกุลจะหมุนตัวเพื่อเปลี่ยนทิศทางตามทิศของสนามไฟฟ้าสลับนั้นๆ โดยการหมุนตัวกลับไปมาจะเกิดอย่างรวดเร็วตามความถี่ของไมโครเวฟ คือ 915 หรือ 2,450 พันล้านครั้งต่อวินาที ทำให้เกิดความร้อนขึ้นและกระจายไปยังโมเลกุลข้างเคียง เนื่องมาจากการชนระหว่างโมเลกุลของน้ำในตะกอน

การเกิดความร้อนในตะกอนบริเวณจุดที่สัมผัสกับไมโครเวฟ เนื่องจากกลไกทั้งสองแบบดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ความร้อนจะกระจายออกไปยังส่วนอื่นๆ เนื่องจากผลของการเดือดของน้ำโดยการนำความร้อนและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับวิธีการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม

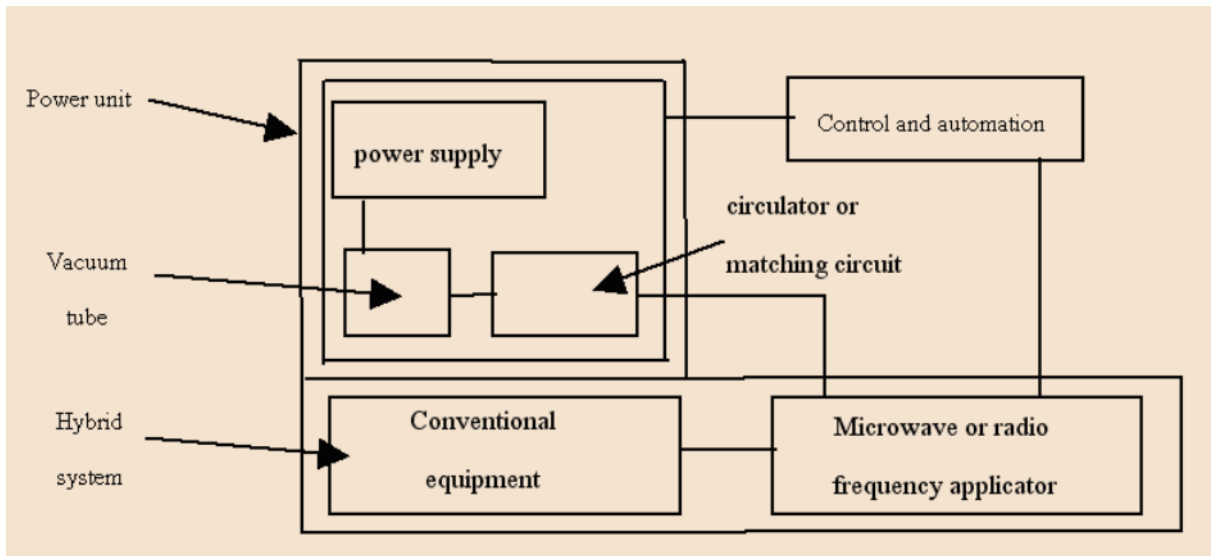
#### 2.6.7.4 หลักการทำงานของเตาไมโครเวฟ

Buffler (1993) รายงานว่าเริ่มแรกที่มีการประดิษฐ์เครื่องไมโครเวฟขึ้นในระหว่างสงครามโลกครั้งที่สองนั้น มีการประดิษฐ์หลอดสูญญากาศ (vacuum tubes) ที่เรียกว่าแมกนีตรอน (magnetrons) ที่สามารถผลิตคลื่นกำลังแม่เหล็กไฟฟ้าได้หลายกิโลวัตต์ (ในช่วงคลื่นตั้งแต่ 1 - 30 GHz) (ความยาวคลื่นระหว่าง 30-0.3 เซนติเมตร) และถูกเรียกว่าไมโครเวฟ แต่ในปัจจุบันคลื่นไมโครเวฟมีความถี่ระหว่าง 300 MHz – 300 GHz ในปี ค.ศ. 1945 ได้มีการจดสิทธิบัตรครั้งแรกในการใช้พลังงานไมโครเวฟเพื่อทำให้เกิดความร้อนแก่อาหาร โดยบริษัท Raytheon Corporation และมีการประดิษฐ์เตาไมโครเวฟขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1947 โดย Percy Spencer

ระบบของเตาไมโครเวฟโดยทั่วไป จะประกอบไปด้วยแมกนีตรอนที่ทำหน้าที่สร้างคลื่นไมโครเวฟ แมกนีตรอนที่ใช้ทั่วไปจะมีความต่างศักย์ประมาณ 4,000 โวลท์ และใช้หม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) เพื่อเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ให้ได้ ตามที่ต้องการ แมกนีตรอนส่วนใหญ่ถูกผลิตเพื่อให้ใช้กับความต่างศักย์ที่คงที่ (constant voltage) ดังนั้นจึงต้องมีวงจรมีวจรของไดโอด (diode) และตัวเก็บประจุ (capacitor) เพื่อใช้ในการเปลี่ยนความต่างศักย์สลับมาเป็นความต่างศักย์คงที่ ขนาดของพลังงานไมโครเวฟจะถูกควบคุมโดยการปรับกระแสไฟฟ้าภายในวงจรและมีตัวควบคุมเวลา ทำหน้าที่ปรับช่วงเวลาการใช้งานของไมโครเวฟ สำหรับเตาไมโครเวฟที่ราคามีราคาถูก จะมีเฉพาะตัวควบคุมเวลาและอุปกรณ์ควบคุมพลังงาน ในขณะที่เตาไมโครเวฟที่มีราคาสูงขึ้นจะประกอบด้วยระบบที่ควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ ในส่วนสุดท้ายของระบบคือ ช่องว่างในเตาหรือช่องใส่อาหาร ซึ่งเป็นบริเวณที่ให้ไมโครเวฟได้สัมผัสกับอาหารหรือตะกอน

#### 2.6.7.5 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบทำความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟ

แนวทางในการออกแบบระบบคลื่นไมโครเวฟหรือไดอิเล็กตริก เป็นแหล่งพลังงาน โดยเฉพาะชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่สำคัญๆ ที่สามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบระบบทำความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟในระดับอุตสาหกรรมได้ รูปแบบการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟในอุตสาหกรรมดังภาพที่ 2.7 โดยพื้นฐานภายในระบบต้องประกอบด้วยอุปกรณ์หลักสามอย่าง



ภาพที่ 2.7 รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์ไมโครเวฟในอุตสาหกรรม ที่มา Fellows,2000

ส่วนแรก คือหน่วยกำลัง (Power Unit) เป็นส่วนที่ผลิตคลื่นไมโครเวฟในช่วงความถี่ที่ต้องการ ซึ่งภายในส่วนแรกนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ เช่น แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ หรือเจนเนอเรเตอร์ (Generator) ซึ่งจะประกอบด้วยแหล่งจ่ายกำลังไฟกระแสตรง และตัวแมกนีตรอน (Magnetron) ไอโซเลเตอร์ (Isolator) หรือ ไอโซ - เซอร์คิวเลเตอร์ (Iso Circulator) และอุปกรณ์ปรับค่าคลื่น (Matching Tuner) ซึ่งต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์วัดกำลังคลื่น (Power Monitor)

ส่วนที่สองคือควาวิตี้ (Cavity) หรือแอฟพลีเคเตอร์ (Applicator) ที่ใช้ใส่วัสดุที่ต้องการให้รับคลื่นไมโครเวฟ ในส่วนนี้อาจมีอุปกรณ์เพิ่มอาทิเช่น บีม สำหรับสร้างสถานะสุญญากาศ ไอน้ำหรือการพ่นลมร้อนซึ่งตัวตู้นี้จะต่อเป็นส่วนสุดท้ายและรูปแบบดังกล่าวเป็นรูปแบบทั่วไปที่ใช้ในกระบวนการไมโครเวฟเชิงอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

ส่วนที่สามคือวงจรควบคุมที่จะทำการปรับแต่งให้การให้ความร้อนโดยไมโครเวฟให้มีประสิทธิภาพสูง หลอดแมกนีตรอนเป็นต้นทางที่ทำหน้าที่ในการผลิตคลื่นไมโครเวฟ เป็นเรื่องปกติที่ต้องป้องกันอุปกรณ์ที่ประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้ฉนวนเฟอร์ไรต์ หุ้มรอบๆ เพื่อป้องกันการรบกวนระหว่างแมกนีตรอนที่ผลิตคลื่นกับอุปกรณ์ประกอบอื่นๆในระบบ

### 2.6.7.7 แอพพลิเคเตอร์เชิงอุตสาหกรรม (Industrial Microwave Applicators)

คาวิตี (Cavity) หรือแอพพลิเคเตอร์ (Applicator) เป็นส่วนที่มีไว้สำหรับการทำความร้อนของกระบวนการ โดยได้รับพลังงานไมโครเวฟมาจากเจนเนอเรเตอร์หรือแมกนีตรอน แอพพลิเคเตอร์ เป็นตัวบ่งบอกถึงรูปแบบคลื่นไมโครเวฟที่กระทำต่อวัสดุว่าเป็นลักษณะคลื่นโหมดเดี่ยว (Single Mode) หรือคลื่นมัลติโหมด (Multimode)

- แอพพลิเคเตอร์แบบโหมดเดี่ยว (Single Mode Applicators) มีการออกแบบแอพพลิเคเตอร์ ให้เป็นลักษณะเรโซแนนท์โหมดเดี่ยว

(Single Resonant Mode) หรือเรโซแนนท์เดี่ยว (Single Resonance) ที่ทำงานใกล้เคียงกับความถี่ทำงาน ส่วนใหญ่แอพพลิเคเตอร์ลักษณะนี้จะเป็นรูปทรงกระบอก (Cylindrical Applicators) เช่น แอพพลิเคเตอร์ชนิดโหมด TM<sub>010</sub> และโหมด TE<sub>10</sub> ซึ่งมีรูปแบบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความเข้มข้นบริเวณตรงส่วนกลางของแอพพลิเคเตอร์ ดังนั้นการวางหรือป้อนวัสดุทดสอบหรือโหลดจึงกระทำที่ตรงส่วนกลางของแอพพลิเคเตอร์

มีข้อสังเกตที่พบก็คือ แอพพลิเคเตอร์ ในลักษณะนี้จะเกิดความไม่สม่ำเสมอของสนามไฟฟ้าภายในบริเวณทำความร้อน วัสดุทดสอบจะมีอุณหภูมิสูงที่บริเวณสนามไฟฟ้าสูง ดังนั้นต้องมีความระมัดระวังในการเลือกขนาดและชนิดวัสดุ ระบบไมโครเวฟชนิดคลื่นโหมดเดี่ยว จึงเหมาะกับวัสดุที่มีขนาดเล็กหรือวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนคลื่นน้อย (Low Lossy Materials) แต่ไม่เหมาะกับวัสดุที่มีขนาดใหญ่หรือวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนคลื่นสูง (High Lossy Materials) อย่างไรก็ตามลักษณะแอพพลิเคเตอร์แบบนี้ก็ง่ายต่อการควบคุมการกระจายตัวของคลื่น เมื่อเทียบกับแอพพลิเคเตอร์แบบมัลติโหมด แอพพลิเคเตอร์แบบนี้ มักใช้สำหรับกระบวนการทางอาหาร อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดอีกมาก เนื่องจากเหตุผลที่ว่าปริมาตรของโหลดหรืออาหารที่ค่าไดอิเล็กตริกใดๆ จะต้องมีความถี่ที่ต่ำกว่านั้น เพื่อที่ยังคงสภาพความเป็นคลื่นเรโซแนนท์ภายในแอพพลิเคเตอร์อยู่ได้

- แอพพลิเคเตอร์แบบมัลติโหมด (Multimode Applicators)

ส่วนใหญ่ในกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารมักออกแบบให้แอพพลิเคเตอร์เป็นลักษณะมัลติโหมด ยกตัวอย่าง เช่น เตอบนไมโครเวฟบ้าน ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาความไม่สม่ำเสมอของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนที่เกิดขึ้นในแอพพลิเคเตอร์แบบโหมดเดี่ยวได้ โดยทำให้คลื่นมีการกระจายตัวมากขึ้นและขยายขอบเขตวงกว้างกินบริเวณวัสดุไดอิเล็กตริกหรือโหลดที่

วางอยู่ โดยคลื่นนี้จะมาจากหลายระนาบและหลายทิศทางมาตกกระทบบนวัสดุนี้ ผลรวมของคลื่นที่ตกกระทบนี้ร่วมกับคลื่นที่สะท้อนที่ไหลและผนังของแอปพลิเคชันเคเตอร์ ก่อให้เกิดคลื่นเรโซแนนซ์หรือมัลติโหมด ทำให้การกระจายของสนามมีความซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้นระบบไมโครเวฟลักษณะคลื่นมัลติโหมดจึงเหมาะสำหรับการทำความร้อนวัสดุขนาดใหญ่หรือวัสดุที่มีการดูดกลืนคลื่นสูง (High Lossy Materials) และเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้หลากหลายกว่า

แอปพลิเคชันแบบมัลติโหมด (Multimode Applicators) ประกอบด้วยผนังหุ้มที่ทำด้วยแผ่นโลหะ ภายในระบบซึ่งมีการป้อนไมโครเวฟผ่านหลายช่องทาง (Multi Feed Ports) และการสะท้อนกลับไปมาหลายๆ ด้านครั้งของคลื่นไมโครเวฟภายในแอปพลิเคชันที่มีลักษณะเป็นอิมโงค์ ซึ่งเป็นการรวมกัน (Superposition) ของคลื่นที่สะท้อนกลับไปกลับมาที่บริเวณผนัง โดยเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ก่อให้เกิดเรโซแนนซ์ของคลื่นนิ่ง (Standing Wave) หรือเกิดคลื่นมัลติโหมดขึ้น ในช่วงของคลื่นความถี่ดังกล่าวอาจต้องมีอุปกรณ์ที่สนับสนุนให้เกิดจำนวนของคลื่นมัลติโหมดเพิ่มขึ้น เช่น ไบควอน (Mode Stirrers) เป็นต้น

#### 2.6.7.8 ข้อดีข้อเสียของคลื่นไมโครเวฟ (Evalueserve, 2005)

##### ข้อดี

- a. เพิ่มความสะดวกและเป็นแหล่งของความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง มีความยืดหยุ่นและควบคุมได้ง่าย เป็นการทำความร้อนที่รวดเร็วกว่าวิธีการทำความร้อนดั้งเดิม
- b. อาหารมีความสะอาด
- c. สามารถทำความร้อนให้แก่อาหารที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดที่แยกการทำความร้อนได้
- d. เป็นการทำความร้อนที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากอากาศที่อยู่รอบๆ และเตาไมโครเวฟไม่ถูกทำให้ร้อน อัตราส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าใช้ได้มากถึง 40-50 เปอร์เซ็นต์ในเตาไมโครเวฟที่ใช้คลื่นความถี่ 2,450 เมกกะเฮิร์ตซ์
- e. ช่วยประหยัดพื้นที่เนื่องจากอัตราการทำความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์จะเทียบเท่ากับอุปกรณ์ให้ความร้อนโดยวิธีดั้งเดิมแต่ไมโครเวฟมีขนาดเล็กกว่า
- f. เป็นวิธีการทำความร้อนที่รวดเร็วกว่า ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการเก็บผลิตภัณฑ์

- g. การทำความร้อนโดยไม่โครเวฟมีลักษณะเฉพาะที่สามารถใช้ร่วมกับวิธีการทำความร้อนแบบอื่นๆ เพื่อที่จะให้ได้อุณหภูมิสูงตามต้องการ เช่น การทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้า
- h. ช่วยลดขั้นตอนการผลิตและลดความเสียหาย
- i. เนื่องจากไมโครเวฟทำให้เกิดความร้อนขึ้นจากภายในอาหาร ทำให้การกระจายของอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอและไม่ทำให้เกิดความร้อนที่สูงเกินไปที่บริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ในทางตรงกันข้ามการดูดซับพลังงานไมโครเวฟซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้องค์ประกอบของอาหารบางอย่างร้อนขึ้นได้เร็วกว่าองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งการที่อุณหภูมิของอาหารมีความสูงต่ำไม่เท่ากัน ทำให้สามารถใช้คุณสมบัตินี้ในการทำความร้อนแก่อาหารที่มีความแตกต่างกันได้ในเวลาเดียวกันได้

### ข้อเสีย

- a. เนื่องจากการดูดซับพลังงานไมโครเวฟของอาหารขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแม่เหล็กไฟฟ้า อาหารที่มีองค์ประกอบแตกต่างกันมาก จะมีรูปแบบของอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก เมื่อทำความร้อนโดยไม่โครเวฟ อาหารที่เกิดความร้อนไม่สม่ำเสมอมีสาเหตุมาจากลักษณะเฉพาะตัวของอาหาร ขนาดและรูปร่าง ดังนั้นโอกาสในการเกิดความร้อนที่สูงเกินไปจึงมักเกิดขึ้นที่บริเวณมุมหรือขอบในขณะที่อาจจะเกิดความร้อนน้อยกว่าที่ต้องการในบริเวณใจกลางอาหารที่มีขนาดใหญ่
- b. เป็นการลงทุนที่สูง เพราะแมกนีตรอนเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงกว่าอุปกรณ์ที่ทำความร้อนวิธีดั้งเดิม
- c. เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อน เป็นผลให้ยากต่อการบำรุงรักษาสำหรับบุคคลที่ขาดประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับใช้ไมโครเวฟ
- d. ไมโครเวฟเพียงลำพังไม่สามารถย่างหรือทำให้อาหารเกิดสีน้ำตาลบนผิวหน้าผลิตภัณฑ์ได้
- e. ต้องการมาตรการรักษาความปลอดภัยที่แตกต่างไปจากการทำความร้อนโดยวิธีดั้งเดิม

## 2.7 การนำตะกอนชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียไปใช้ประโยชน์

ตะกอนน้ำเสียที่ได้จากระบบหมักตะกอนนี้ ได้มีผลการศึกษาจากหลายแหล่งที่กล่าวถึงทางเลือกในการนำไปกำจัดทิ้งหรือนำมาใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การทำปุ๋ย เป็นต้น ทั้งนี้การจัดการกากตะกอนอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เป็นประโยชน์ของกากตะกอน โดยควบคุมหรือจัดการองค์ประกอบที่เป็นโทษของกากตะกอนไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันกระบวนการในการบำบัดตะกอนน้ำเสียชุมชน มีการใช้สารโพลีเมอร์ จำนวนมาก เพื่อช่วยในการรีดน้ำตะกอน ดังนั้นการนำตะกอนมาใช้ประโยชน์จึงมีข้อจำกัด เนื่องจากมีสารเคมีปนเปื้อน ดังนั้นการศึกษารวมวิธีที่ลดการใช้สารโพลีเมอร์ในกระบวนการดึงน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชนจึงเป็นการเพิ่มทางเลือกในการนำตะกอนไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น

## 2.8 รายละเอียดเกี่ยวกับโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานครทั้ง 5 โรง

### 2.8.1 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

รายละเอียดโครงการ	
พื้นที่บริการ	4.142 ตารางกิโลเมตร
ประชากร	76,000 คน
เขตการปกครอง	เขตพระนคร
อัตราการบำบัดน้ำเสีย	40,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน
ที่ตั้งโรงงานบำบัดน้ำเสีย	ตลาดบ้านพานถม เขตพระนคร กทม.
ขนาดพื้นที่โรงบำบัดน้ำเสีย	6,683 ตารางเมตร
ความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย	16.25 กิโลเมตร
กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	แอกติเวเตดสลัดจ์แบบสองขั้นตอน (Two-stage activated sludge)



### ข้อมูลระบบน้ำเสีย

ระบบที่รวบรวมน้ำเสีย เนื่องจากระบบท่อระบายน้ำเสียในบริเวณพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์เป็นระบบระบายน้ำรวม มีความยาวรวมประมาณ 16.25 กิโลเมตร ซึ่งจะรวบรวมระบบท่อระบายน้ำเสียและระบบท่อระบายน้ำฝนเข้าด้วยกัน โดยออกแบบให้สามารถรับน้ำได้ อัตราไม่เกิน 5 DWF(dry water flow) ส่วนปริมาณที่เกินนี้จะเจือจางและไหลล้นลงคลองไป

ระบบบำบัดน้ำเสีย ใช้ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบสองขั้นตอน (Two-stage activated sludge) โดยถังเติมอากาศขั้นแรกจะเป็นแบบ high rate aeration และถังที่สองเป็น extended aeration เพื่อควบคุมกระบวนการให้เป็นแบบ anoxic-oxic ให้มีการกำจัดไนโตรเจน และในถังเติมอากาศขั้นที่สองจะมีการเติมเกลืออลูมิเนียมเพื่อกำจัดฟอสฟอรัส โดยน้ำเสียจะไหลเข้าถังตกตะกอนแล้วเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรคก่อนปล่อยลงสู่คลองสาธารณะ

### 2.8.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

รายละเอียดโครงการ

พื้นที่บริการ	44 ตารางกิโลเมตร
ประชากร	520,000 คน
เขตการปกครอง	เขตหนองแขม ภาษีเจริญ
อัตราการบำบัดน้ำเสีย	236,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน
ที่ตั้งโรงงานบำบัดน้ำเสีย	ซอยเพชรเกษม 106 เขตหนองแขม กทม.
ขนาดพื้นที่โรงบำบัดน้ำเสีย	54 ไร่
ความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย	42.9 กิโลเมตร
กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	แอกทิเวเตดสลัดจ์แบบ (Vertical loop reactors VLR)

### ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบที่รวบรวมน้ำเสีย จัดเป็นระบบท่อตันน้ำเสียแบบรวม กำหนดให้มีการวางโครงข่ายท่อใหม่เพื่อตักน้ำเสียจากท่อระบายน้ำเดิม ที่ปกติไหลลงสู่คูคลอง ในฤดูแล้งระบบท่อตันน้ำเสียจะสามารถลำเลียงน้ำเสียที่เกิดขึ้นในพื้นที่โครงการเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียต่อไป ส่วนในฤดูฝนระบบท่อตันน้ำเสียตามโครงข่ายท่อใหม่จะมีบ่อน้ำล้น(Storm overflow drain,SOD) เพื่อผันน้ำฝนส่วนเกิน 5 เท่าผสมมา กับน้ำเสียให้ไหลลงสู่คูคลองตามปกติต่อไป โดยมีความยาวโครงข่ายท่อใหม่ในพื้นที่ หนองแขม 33,873 เมตร ในระยะระหว่างแนวท่อที่รวบรวมน้ำเสียสู่โรงบำบัดน้ำ

เสียจะมีสถานีสูบน้ำอยู่เป็นระยะกระจายในพื้นที่เพื่อสูบส่งน้ำเข้าสู่โรงบำบัด โดยในพื้นที่หนองแขมจะมีสถานีสูบน้ำจำนวน 11 แห่งส่วนพื้นที่ราษฎร์บูรณะจะมีสถานีสูบน้ำจำนวน 5 แห่ง

ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบ activated sludge และมีการกำจัดไนโตรเจนในถังปฏิกริยาชนิด vertical loop reactors (VLR) ระบบบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนประกอบด้วย 4 ถังปฏิกริยา โดยมีปริมาตรรวม 24,400 ลูกบาศก์เมตร มีระยะเวลาเก็บกักต่ำสุดสำหรับ DWF ในทุกถังปฏิกริยาประมาณ 3.7-3.8 ชม. ในถังปฏิกริยาที่ 1 สามารถเดินระบบด้วยวิธี contact stabilization process การเกิดปฏิกริยา nitrification เพื่อการกำจัดไนโตรเจน

### 2.8.3 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทบุรี

รายละเอียดโครงการ

พื้นที่บริการ	28.5 ตารางกิโลเมตร
ประชากร	580,000 คน
เขตการปกครอง	เขตยานนาวา เขตบางคอแหลม เขตสาทรและเขตบางรัก
อัตราการบำบัดน้ำเสีย	200,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน
ที่ตั้งโรงงานบำบัดน้ำเสีย	1131 ถ.พระราม 3 ชองนนทบุรี ยานนาวา กทม.
ขนาดพื้นที่โรงบำบัดน้ำเสีย	20 ไร่
ความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย	51 กิโลเมตร
	กระบวนการบำบัดน้ำเสียแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบ Cyclic activated sludge system ที่พัฒนามาจาก Sequencing batch reactor

ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย โดยระบบท่อจะเป็นแบบ combined system สามารถรับน้ำได้ 5 DWF ภายในระบบท่อรวบรวมน้ำเสียประกอบด้วยท่อดักน้ำเสีย ความยาวประมาณ 51 กิโลเมตร ประกอบด้วยท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 150-600 มิลลิเมตร ยาว 11,707 เมตร ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 800-1,200 มิลลิเมตร ยาว 20,792 เมตร

CASS basin บัดน้ำเสีย เพื่อลดค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส มีการเติมอากาศโดยใช้ air blower จ่ายลมผ่านหัวเติมอากาศ มีเครื่องสูบลมตะกอน หมุนเวียนตะกอนในถังและมีเครื่องสูบลมตะกอนส่วนเกินออกจากถังภายในถังมี Decanter เพื่อรับน้ำใสที่บำบัดแล้วออกจากถัง

#### 2.8.4 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา

รายละเอียดโครงการ

พื้นที่บริการ	2.7 ตารางกิโลเมตร
ประชากร	120,000 คน
เขตการปกครอง	เขตป้อมปราบ เขตสัมพันธวงศ์ และเขตบางรักบางส่วน
อัตราการบำบัดน้ำเสีย	30,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน
ที่ตั้งโรงงานบำบัดน้ำเสีย	บริเวณปากคลองผดุงกรุงเกษม
ขนาดพื้นที่โรงบำบัดน้ำเสีย	1 ไร่ 3 งาน 61.21 ตารางวา
ความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย	2.275 กิโลเมตร
กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	แอกติเวเต็ดสไลด์จ์แบบ Contact stabilization
ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย	

ระบบรวบรวมน้ำเสีย เป็นแบบ combined system ความสามารถในการรับน้ำเสีย 3 DWF โดยน้ำเสียชุมชนและน้ำฝนที่ไหลลงท่อระบายน้ำเดิม จะถูกดักด้วยบ่อดักน้ำเสียให้ไหลเข้าท่อรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียเพื่อนำไปบำบัดต่อไป ระบบท่อรวบรวมน้ำเสียประกอบด้วย ท่อรวบรวมน้ำเสีย ถนนกรุงเกษม ความยาวประมาณ 2.275 กิโลเมตร บ่อดักน้ำเสียมี 81 บ่อ มีสถานีสูบน้ำ 1 แห่ง โรงบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากพื้นที่ก่อสร้างมีขนาดจำกัด จึงได้ออกแบบอาคารที่มีระบบบำบัดน้ำเสียวางซ้อนกัน 3 ชั้น ความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 10,000 ลูกบาศก์เมตร/ชั้น/วัน รวม 30,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน ระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละชั้นมีหน่วยบำบัดน้ำเสียครบถ้วนตามขบวนการ และเป็นอิสระแยกจากกัน การนำน้ำเสียไปบำบัดทำให้ได้โดยการใช้เครื่องสูบน้ำ สูบน้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสีย เพื่อนำไปบำบัดแต่ละชั้น

## 2.8.5 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

รายละเอียดโครงการ

พื้นที่บริการ	37 ตารางกิโลเมตร
ประชากร	1,080,000 คน
เขตการปกครอง	แขวงถนนนครไชยศรี แขวงวชิรพยาบาล แขวงดุสิต เขตดินแดง เขตพญาไท
อัตราการบำบัดน้ำเสีย	350,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน
ที่ตั้งโรงงานบำบัดน้ำเสีย	กรุงเทพมหานคร 2 ถนนมิตรไมตรี แขวงดินแดง เขตดินแดง กทม.
ขนาดพื้นที่โรงบำบัดน้ำเสีย	47 ไร่
ความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย	66,449 กิโลเมตร
กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	แอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบตะกอนเร่งที่สามารถจัดสรรอาหาร(ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส)

ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย

โครงการบำบัดน้ำเสียรวมระยะที่ 1 มีการก่อสร้างบ่อรับน้ำเสีย แบบ IPC (interceptor point chamber) จำนวน 418 บ่อ เพื่อดักน้ำเสียจากท่อระบายน้ำเดิมไม่ให้ไหลลงคลองสาธารณะ แต่ให้ไหลลงสู่ท่อรวบรวมน้ำเสียซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบท่อระบายรวม ซึ่งสามารถระบายน้ำฝนและรวบรวมน้ำเสียภายในท่อเดียวกัน ที่สร้างขึ้นเพื่อนำน้ำเสียเข้าสู่โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ระบบท่อรวบรวมน้ำเสียมีความยาวท่อรวมประมาณ 63 กิโลเมตร ซึ่งสามารถรับน้ำเสียได้ 5 เท่าของปริมาณน้ำเสียเฉลี่ย 5 DWF น้ำเสีย ซึ่งถือว่าได้รับการเจือจางโดยน้ำฝนแล้วจะไหลลงฝายที่ติดตั้งอยู่ภายในลงสู่คลองสาธารณะ

## 2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชนิดของน้ำในตะกอน

Colin และ Gazbar (1994) ศึกษาชนิดของน้ำในตะกอนที่สัมพันธ์กับกลไกการดึงน้ำออกจากตะกอน ปริมาณของตะกอนโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับ 2 ส่วน คือ Bound water และ น้ำอิสระ การจำแนกนี้ถือว่าใช้ไม่ได้ แต่ก็สามารถบอกลักษณะของพลังงานยึดเหนี่ยวของน้ำเพื่อให้เกิดขึ้นกับของแข็งได้ ปริมาณน้ำยึดเกาะของตะกอนจะวัดโดยการทำให้ตะกอนแห้งด้วยเครื่องจักรกลที่ถูกนำไปใช้กับตะกอน ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะแยกน้ำเป็นประเภทที่แตกต่างกัน (น้ำยึดเกาะที่ถูกนำออกได้ด้วยความเครียดเชิงกลปานกลาง น้ำยึดเกาะที่ถูกนำออกได้ด้วยความเครียดเชิงกลสูงสุด และน้ำยึดเกาะแบบไม่ถูกนำออกด้วยวิธีเชิงกล) ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมในช่วงการดึงน้ำออกจากตะกอนของเครื่องจักรกล น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมีปริมาณตะกอนมากประมาณร้อยละ 5-25 ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมดที่นำมาบำบัด ปริมาณน้ำของตะกอนเหล่านี้โดยทั่วไปสูงกว่าร้อยละ 95 ที่นำเข้าสู่กระบวนการทำให้ตะกอนแห้ง ตะกอนเหล่านี้จะต้องแห้งพอที่จะลดปริมาณการจับเก็บ และอำนวยความสะดวกในการขนส่ง ข้อจำกัดของพลังงานที่ใช้ในกรณีที่มีการเผาขยะและอื่นๆ พบว่าวิธีการทำตะกอนแห้งมีความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับการกักเก็บน้ำของตะกอน แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนี้ในการใช้พลังงานกับความสามารถในการทำให้ตะกอนแห้ง

Vaxelaire และ Cezac (2004) ศึกษาการกระจายความชื้นในตะกอนแอกทิเวเต็ดสลดจ์ของน้ำเสียชุมชน การทำให้ตะกอนแห้งหรือการดึงน้ำออกจากตะกอนเป็นปัญหาในปัจจุบันของการผลิตที่มีของเสียมาก กากตะกอนโดยทั่วไปมักจะยากที่จะทำให้แห้งและการออกแบบควบคุมการดำเนินการแยกน้ำออกจากตะกอนมักจะเป็นไปได้ยาก เพื่อให้เข้าใจปัญหานี้จึงมีความจำเป็นที่ต้องใช้ดัชนีเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งความรู้ของการกระจายน้ำในตะกอนเป็นวิธีการที่น่าสนใจ ได้นำเสนอการเปรียบเทียบการจำแนกชนิดของน้ำเป็นสิ่งแรกที่ใช้กันมากที่สุดของการทดลอง เพื่อประเมินความถูกต้องของผลลัพธ์ที่สามารถนำเสนอได้ กล่าวคือ วัดพลังงานพันธะที่มีลักษณะเฉพาะของน้ำประเภทต่างๆ น่าสนใจ เนื่องจากสถานะของของแข็งทั้งหมด น้ำที่อยู่ในตะกอนไม่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันในแง่ของความดัน โดยพฤติกรรมของโมเลกุลในน้ำในระหว่างการกระจายความชื้นขึ้นอยู่กับความใกล้ชิดของของแข็งโดยปกติแล้วแบ่งออกเป็น 2

ประเภทคือ น้ำอิสระที่ไม่มีอิทธิพลจากอนุภาคของแข็ง และบาดวอเตอร์สามารถพิจารณาชนิดของน้ำเพิ่มเติมได้อีก โดยทั่วไปจะมีประเภทของน้ำ 4 ชนิด และมีข้อแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนี้ 1) น้ำอิสระ (Free water) โมเลกุลของน้ำที่อยู่ร่วมกับภาคตะกอนแบบอิสระไม่มีการกระทำพันธะทางกายภาพหรือทางเคมีกับภาคตะกอน เป็นโมเลกุลน้ำอิสระที่สามารถไหลออกจากภาคตะกอนได้ด้วยแรงดึงดูดของโลก 2) อินเตอร์สติเทียลวอเตอร์ (Interstitial water) น้ำที่อยู่ในช่องเล็กๆ ระหว่างอนุภาค น้ำที่ติดกันอยู่ภายในอนุภาคภาคตะกอน เมื่ออนุภาคของภาคตะกอนเกาะกลุ่มกันถูกรบกวนหรือถูกทำลายเสียสภาพโมเลกุลของน้ำเหล่านี้จะกลายเป็นน้ำอิสระ 3) วิซินอลวอเตอร์ (Vicinal) เป็นเยื่อบางๆ หลายชั้นที่เกิดจากการที่โมเลกุลของน้ำกระทำพันธะไฮโดรเจนกับอนุภาคของภาคตะกอน แม้ว่าจะเป็นแรงอ่อนๆ แต่เพราะการที่โมเลกุลอยู่ใกล้ชิดกันมาก ส่งผลให้เกิดโครงสร้างของภาคตะกอนรวมตัวกับน้ำชนิดที่แข็งแรงมาก และทำให้บริเวณที่น้ำชนิดนี้ล้อมรอบอยู่มีความหนืดสูงกว่าในบริเวณที่เป็นน้ำอิสระ 4) วอเตอร์ออฟไฮเดรชันหรือบาดวอเตอร์ (Water of Hydration and bound water) น้ำเชิงเคมีที่อยู่รวมเป็นโครงสร้างของอนุภาคของสสารต่างๆ

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับสภาพโดยการเติมสารโพลีเมอร์

Vesilind (1973) ได้กล่าวถึงการเลือกใช้สารโพลีเมอร์ในการปรับสภาพสลัดจ์ว่า ในโรงบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จะใช้สารโพลีเมอร์ประจุบวกในการปรับสภาพสลัดจ์ เนื่องจากต้องการใช้ประจุบวกในการทำละลายประจุลบของสลัดจ์ แต่ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ได้แก่ การเติมสารที่ให้ประจุบวก เช่น ไฮโดรเจนไอออน ลงไปในสลัดจ์ เพื่อลดการรบกวนจากอำนาจของประจุลบของสลัดจ์ ก่อนนำมาปรับสภาพด้วยสารโพลีเมอร์ประจุลบ โดยใช้กระบวนการสร้างสะพานด้วยโพลีเมอร์

Sarikaya และ Marshoud (2004) ศึกษาการปรับสภาพสลัดจ์ที่ผ่านการย่อยทางแอโรบิกพบว่าโพลีเมอร์ประจุบวกจะให้ประสิทธิภาพดีกว่าโพลีเมอร์ชนิดอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการดูดติดผิวและทำลายประจุ ส่วนโพลีเมอร์ประจุลบจะมีความยาวของลูกโซ่ (Chain Lengths) มากกว่าโพลีเมอร์ชนิดอื่นๆ ทำให้ประสิทธิภาพของกลไกการสร้างสะพานเชื่อมดีกว่าโพลีเมอร์ชนิดอื่นๆ และศึกษาผลของการกวนเร็วที่ใช้ในการปรับสภาพสลัดจ์ โดยเปรียบเทียบการกวนเร็วที่ความเร็ว 100 และ 500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที พบว่าสามารถทำการแยกน้ำจากสลัดจ์ได้ดี เมื่อใช้ปริมาณโพลีเมอร์ที่เหมาะสม โดยเมื่อใช้ความเร็ว 100 รอบต่อ

นาที่ พบว่าปริมาณที่เหมาะสมของโพลีเมอร์ที่ใช้เป็นครั้งหนึ่งของปริมาณที่เหมาะสมของโพลีเมอร์ที่ใช้ที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที

Foster (1985) ได้ทำการรวบรวมค่าความต้านทานจำเพาะของการกรองของสลัดจ์หลายชนิด พบว่ามีค่าระหว่าง  $1.4 \times 10^{12}$  -  $4 \times 10^{14}$  เมตร/กิโลกรัม และได้ให้ข้อสังเกตว่า สลัดจ์ที่มีค่าความต้านทานจำเพาะของการกรองมากกว่า  $5 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม เป็นสลัดจ์ที่มีความสามารถในการกรองต่ำ โดยเมื่อนำสลัดจ์ดังกล่าวมากรองจะต้องใช้เวลาในการกรองนาน หรือแผ่นสลัดจ์ที่กรองได้มีปริมาณของแข็งต่ำ

Robhun และคณะ (1989) กล่าวว่าค่าความต้านทานจำเพาะของการกรองจะใช้ในการตัดสินใจประสิทธิภาพของการปรับสภาพสลัดจ์ สารปรับสภาพสลัดจ์ที่ทำให้ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรองต่ำลง จะทำให้ความสามารถต่อการกรองดีขึ้น และยังใช้ในการเลือกหาอัตราการใช้สารปรับสภาพสลัดจ์ที่เหมาะสมสอดคล้องกับค่าความต้านทานจำเพาะของการกรองต่ำสุด

อัจฉริยรัช บุญยง (2543) ศึกษาปริมาณสารโพลีเมอร์ที่เหมาะสมในการแยกน้ำจากสลัดจ์ที่ผ่านการหมักจากถังหมักแบบไร้อากาศของโรงบำบัดน้ำเสียเคหะชุมชนห้วยขวาง โดยเปรียบเทียบโพลีเมอร์ 2 ประเภท ได้แก่ BESTFLOC และ KENFLOC 709 ด้วยวิธีกรองบนบุคเนอร์ จากการศึกษพบว่าปริมาณของสารโพลีเมอร์ที่เหมาะสมต่อการแยกน้ำจากสลัดจ์อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 0.6-1.0 ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและสภาวะการย่อยสลายทางชีวภาพของสลัดจ์ และทดลองการแยกน้ำจากสลัดจ์ด้วยเครื่องแยกน้ำจากสลัดจ์แบบสายพานอัตโนมัติ โดยใช้สารโพลีเมอร์ทั้ง 2 ชนิด พบว่าปริมาณสารโพลีเมอร์ BESTFLOC และ KENFLOC 709 ที่เหมาะสมสำหรับสลัดจ์จากถังหมักไร้อากาศที่มีความเข้มข้นสลัดจ์ร้อยละ 2 คือ ร้อยละ 0.6 และ 0.4 ซึ่งทำให้ปริมาณของแข็งรวมสูงที่สุด คือ ร้อยละ 20.49 และ 21.83 ตามลำดับ

## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับสภาพโดยกรรมวิธีไมโครเวฟและการ ดื่มน้ำออกจากตะกอน

Jin และคณะ (2003) ศึกษาข้อมูลเชิงลึกของลักษณะตะกอน และเพื่อให้ทราบปัจจัยสำคัญที่กำหนดการแยกของแข็งและของเหลวออกจากกันคุณสมบัติของตะกอนแอกทิเวเต็ด สกัดจากร่างน้ำเสียชุมชน เพื่อครอบคลุมในการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการทั้งทางกายภาพและทางเคมี จากกากตะกอนน้ำเสียโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยอย่างยิ่งการกระจายตัวของขนาดฟล็อก ความสามารถในการฟล็อกคูเลชันความหนืดไม่ชอบน้ำและประจุบนพื้นผิว เพื่อระบุผลกระทบต่อความสามารถในการตกตะกอน ความสามารถในการบีบอัด และความสามารถในการรีดน้ำของ ตะกอน ตัวอย่างตะกอนแอกทิเวเต็ดสไลด์จ์ 7 แห่ง ในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนออสเตรเลียและอื่นๆ การทดลองได้ขนาดเฉลี่ยของตะกอนระหว่าง 40 – 320 ไมโครเมตร ตะกอนมีลักษณะการตกตะกอนที่แตกต่างกันมากอยู่ในช่วงดัชนีปริมาตรตะกอนอยู่ที่ 40 – 260 มิลลิตรต่อกรัม ตะกอนที่สูงกว่า 150 มิลลิตรต่อกรัม แสดงให้เห็นว่าตะกอนมีลักษณะการตกตะกอนได้ต่ำมาก มีผู้ตรวจสอบจำนวนมากที่ได้กล่าวว่าค่าดัชนีปริมาตรตะกอนไม่อาจเป็นพารามิเตอร์ที่เป็นประโยชน์ สำหรับการใช้ในการเปรียบเทียบลักษณะการตกตะกอนของกากตะกอนที่แตกต่างกันได้โดยมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามค่าดัชนีปริมาตรตะกอนก็เป็นวิธีที่สะดวกประจำที่โรงบำบัดน้ำเสียชุมชนมากที่สุดเพื่อหาลักษณะสมบัติการตกตะกอนเนื่องจากง่ายและสะดวก

Tastu (2007) ศึกษาเพื่อประเมินวิธีการศึกษาคุณสมบัติของตะกอนในการดื่มน้ำออกจากตะกอนที่พัฒนาโดย KemiraKemi AB และอธิบายโดย Bouskova และ Jansen (อ้างใน Tastu ,2007) การศึกษาครั้งนี้เพื่อประเมินค่าของผลที่ได้เมื่อนำไปใช้กับชนิดของตะกอนที่แตกต่างกันในการอธิบายความสามารถในการดื่มน้ำออกของตะกอน เพื่อปรับปรุงขั้นตอนวิธีที่ดีกว่า ปริมาณของตะกอนที่ผลิตโดยระบบบำบัดน้ำเสียเป็นสิ่งสำคัญมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งตั้งแต่ตะกอนที่เป็นของเหลวมักจะมีปริมาณน้ำสูง ดังนั้นการลดลงของปริมาณน้ำมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและการกำจัด กระบวนการดื่มน้ำออกของตะกอน เป็นกระบวนการที่เป้าหมายในการลดปริมาณน้ำของตะกอนและสามารถทำได้โดยการใช้เทคนิคหลายอย่าง เหล่านี้มักจะเป็นเทคนิคการแยกทางกลและการใช้แรงโน้มถ่วง หรือแรงดัน ประสิทธิภาพของเทคนิคประสิทธิภาพของเทคนิคเหล่านี้จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของ



ตะกอนที่จะนำไปใช้ นอกจากนี้ยังมีตะกอนแต่ละที่แตกต่างกัน คุณสมบัติการดึงน้ำออกของตะกอน ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของแรงที่น้ำจับกับของแข็ง ค่าสำหรับการประเมินผลการทำงานในการดึงน้ำออกของตะกอน ที่มีอยู่แล้วเพื่อหาลักษณะสมบัติของตะกอนในการดึงน้ำออกคือ เวลาดูดคาปิลลารี (Capillary suction time) และความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง (SRF) วิธีการไม่เคยให้ความพึงพอใจเกี่ยวกับการคาดการณ์ของเต็มประสิทธิภาพ การดึงน้ำออกจากตะกอน ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง ยังคงค่อนข้างที่จะใช้วิธีการที่ซับซ้อน ดังนั้นการพัฒนาวิธีการอื่น ที่ใช้งานง่ายและเชื่อถือได้จะเป็นสิ่งที่ดี การทดลองจะมี 2 ขั้นตอนประกอบด้วย ขั้นตอนการกรองตามด้วยขั้นตอนการกดอัดตะกอนด้วยน้ำหนัก ปริมาณของแข็งของตะกอนจะต้องมีการวัดก่อนที่จะใช้โดยการอบแห้งตะกอนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ผลการทดลองที่จะอธิบายลักษณะความสามารถในการกรองยังไม่ประสบผลแต่ในขั้นตอนการกดอัดตะกอนมีแนวโน้มความสัมพันธ์ที่จะได้รับการพิจารณาเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทำนายผลการดึงน้ำออกจากตะกอน

Texier (2008) การศึกษาการย่อยสลายของตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน เพื่อศึกษาการใช้กรดซัลฟิวริกกับตะกอนต่อความสามารถในการดึงน้ำออกของตะกอนจาก วิธีการพัฒนาโดย KemiraKemi AB เป็นวิธีการ 2 ขั้นตอนตะกอนจะถูกกรองอย่างต่อเนื่องและขั้นตอนการกรองตัวอย่างตะกอนที่ความเข้มข้นของของแข็งเท่ากับ 1 กรัมของของแข็งทั้งหมด กรองโดยใช้การกรองสูญญากาศเส้นผ่าศูนย์กลางของกระดาษกรองอยู่ที่ 9 เซนติเมตร มีระยะเวลาที่ใช้ในการกรองเป็นเวลา 40 นาที เพื่อให้ตะกอนเป็นเค้กแข็งพอสำหรับขั้นตอนการกดทับ(MC) ของเค้ก หลังจากการกรองสามารถนำมาคำนวณได้ จากนั้นนำกระดาษกรองที่มีของแข็งเป็นเค้กที่ได้จากการกรองมาวางบนกระดาษกรองแผ่นใหม่ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 เซนติเมตร 5 แผ่นทั้งบน และล่างของกระดาษที่ผ่านการกรองแล้ว กดด้วยอุปกรณ์ที่พัฒนาโดยKemiraKemi AB ในเส้นผ่าศูนย์กลางจะอยู่ที่ด้านบนอุปกรณ์ และมีโลหะซึ่งใช้ในการกดทับมีน้ำหนัก 20 กิโลกรัมกดทับลงบนชั้นกระดาษกรองที่เตรียมไว้ 10 นาที น้ำหนักเค้ก (MF) สามารถคำนวณได้หลังจากกดอัดและ อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสในเตาอบ น้ำหนักของตะกอนแห้ง (MI) สามารถคำนวณได้ค่าที่ได้ ถูกใช้ในการประเมินการดึงน้ำออกของตะกอน ปรากฏว่าการเติมกรดซัลฟิวริกช่วยเพิ่มความสามารถในการดึงน้ำออกอย่างไรก็ตาม การนำกรดเข้ามาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของตะกอนนั้น จะเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการก่อตัวของฟองก๊าซทำให้การเพิ่มขึ้นของปริมาณ

ตะกอนที่พีเอช ระหว่าง 3.45-5.91 และที่พีเอช 7.50 และ 6.56 จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะรู้ว่าการดำเนินการเพื่อขอรับการกรองสุญญากาศ ดังนั้นการวัดความเข้มข้นของฟอสเฟตที่ละลายในกับกระบวนการดั่งน้ำออกอย่างเต็มรูปแบบ พีเอชที่เหมาะสม ค่าเฉลี่ยการกรองระหว่างนาที่ที่ 0 ถึง 10 นาที่ ความสามารถในการดั่งน้ำออกมีประสิทธิภาพดีขึ้น จากผลการทดลองการนำกรดมาช่วยในการดั่งน้ำออกจากตะกอนนั้น สามารถให้ลดค่าใช้จ่ายจากได้มากขึ้นประมาณร้อยละ 5

Wojciechowska (2005) ศึกษาการดั่งน้ำตะกอนที่เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการบำบัดตะกอนน้ำเสียชุมชน เวลาที่ใช้ในการดั่งน้ำออกจากตะกอน ปริมาณตะกอนที่ลดลง ผลที่ทำให้ต้นทุนต่ำในกระบวนการบำบัด การเดินทางขนส่ง และการกำจัดสุดท้ายของตะกอน แต่โดยทั่วไปความสามารถในการดั่งน้ำออกของตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของเทศบาลประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากตะกอนมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่ยึดเกาะกับโมเลกุลของน้ำ เพราะฉะนั้นเงื่อนไขสำคัญในการปรับปรุงตะกอนในการดั่งน้ำออก นับเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างแพง กรรมวิธีการไมโครเวฟเป็นพลังงานระดับต่ำ ที่ทำให้พันธะเคมีแตกลดลงบางส่วน ของโครงสร้างปรับเปลี่ยน โดยมีจุดประสงค์ของการทดลองคือ ศึกษาคลื่นไมโครเวฟที่มีผลต่อความสามารถในการดั่งน้ำออกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาล ศึกษาลักษณะสำคัญของการดั่งน้ำออกจากตะกอนตัวอย่างโดยเปรียบเทียบการใช้คลื่นไมโครเวฟกับวิธีให้ความร้อนธรรมดา ตะกอนที่ใช้ในการทดลองคือ ตะกอนขั้นแรก ตะกอนขั้นที่สอง ตะกอนผสมระหว่างตะกอนขั้นแรกกับตะกอนขั้นที่สอง และตะกอนที่ผ่านการย่อยแล้ว โดยได้ตะกอนน้ำเสียมาจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนประเทศโปแลนด์ อัตราการไหลของน้ำเสีย 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เก็บตัวอย่างตะกอน 2-3 ครั้งต่อเดือน ทั้งหมด 54 ตัวอย่าง ใช้เครื่องไมโครเวฟไฟฟ้า ที่ 2450 เมกะเฮิร์ตซ์พลังงาน 500 วัตต์ ความหนาตะกอน 2.5 เซนติเมตรที่ระยะเวลา 30 – 240 วินาที แบ่งตัวอย่างตะกอนเป็น 3 กลุ่มคือ 1) ตะกอนที่ปรับปรุงด้วยเครื่องไมโครเวฟ 2) ตะกอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยโพลีเมอร์และ 3) ตะกอนที่ผลระหว่างตะกอนที่ปรับปรุงด้วยเครื่องไมโครเวฟกับตะกอนที่ปรับปรุงด้วยสารโพลีเมอร์ ผลการปรับปรุงคุณภาพตะกอนด้วยไมโครเวฟเปรียบประสิทธิภาพการดั่งน้ำออกจากตะกอนด้วยวิธี การกรองด้วยความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองลดลงอย่างมากเมื่อเพิ่ม ระยะเวลาในการคลื่นไมโครเวฟ ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเฉลี่ย  $0.797 \times 10^3$  เมตรต่อกิโลกรัม (ร้อยละ 18 ของตะกอนเริ่มต้น)แต่เมื่อระยะเวลาภายในเครื่องไมโครเวฟนานมากขึ้นไปอีก ค่าความต้านทานจำเพาะต่อ

การกรองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำการทดลองสรุปได้ดังนี้ ตะกอนชั้นแรกและตะกอนผสม ที่ระยะเวลาคลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมคือ 180 วินาที ในกรณีของตะกอนที่ย่อยแล้วใช้เวลาที่ 120 วินาที วัดค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองมีค่าเฉลี่ยลดลงร้อยละ 8 ของค่าเริ่มต้นตะกอนชั้นแรกที่ร้อยละ 10 ของกากตะกอนผสม และลดลงที่ร้อยละ 13 ของตะกอนที่ย่อยแล้ว

HwaAhnและคณะ (2009)ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพกากตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ 2,450 เมกะเฮิร์ตซ์ที่พลังงาน 700 วัตต์ในการปรับสภาพกากตะกอนชั้นที่สองระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองไปฮัง ประเทศเกาหลีใต้ ตะกอนน้ำเสียมีค่าของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 26 ของของแข็งทั้งหมดโดย เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนที่จะนำมาใช้ในการทดลองใช้ตัวอย่างตะกอน 500 มิลลิลิตร ระยะเวลาในเครื่องไมโครเวฟ เป็นเวลา 0 3 5 7 9 11 และ 15 นาที ที่ระดับพลังงานไมโครเวฟที่ 700 วัตต์ และเมื่อวัดค่าซีไอดี และความเข้มข้นของโปรตีนคาร์โบไฮเดรตไขมันและแคลเซียมในตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองไปฮัง ก่อนปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟและหลังปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ความสามารถในการสลายของตะกอนเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะค่าซีไอดีละลายต่อซีไอดีเพิ่มขึ้นจาก 0.02-0.22 จกนาที่ที่ 0 ถึง 15 นาที ในเครื่องไมโครเวฟ ศักยภาพทางชีวเคมี ของตะกอนเพิ่มขึ้น 3.58-4.77 กรัมซีไอดีต่อลิตร ค่าใช้จ่ายในการปรับปรับตะกอนเบื้องต้น ใช้พลังงานต่ำกว่าพลังงานที่ใช้กับคลื่นความถี่สูง แสดงให้เห็นถึงการแตกตัวไมโครเวฟที่มีแนวโน้มสูงช่วยเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงานของการย่อยตะกอนชั้นที่สองอย่างมีนัยสำคัญ

Yu และคณะ (2009) ศึกษาการแตกตัวออกตะกอนขนาดอนุภาคและวิธีการในการวิเคราะห์คลื่นไมโครเวฟ ที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการดึงน้ำออกของตะกอน งานวิจัยได้ศึกษาข้อมูลเชิงลึกบางส่วนในการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของตะกอน กลไกที่อยู่เบื้องหลังการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ใน การดึงน้ำออกของตะกอน คลื่นไมโครเวฟก่อให้เกิดความร้อนอย่างรวดเร็วของอนุภาคจากการหมุนของโมเลกุล การที่ความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างคลื่นไมโครเวฟ โครงสร้างของตะกอนจะถูกทำลายจากคลื่นไมโครเวฟ ใช้ตัวอย่างตะกอน 400 ได้ใส่ลงไปในเครื่องไมโครเวฟและที่พลังงาน 500 750 และ 900 วัตต์ สำหรับระยะเวลาต่างๆเช่น 0 20 40 ถึง 140 วินาที แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในเครื่องไมโครเวฟค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง

ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มระยะเวลายาวนานมากขึ้น ซึ่งขึ้นกับพลังงานไมโครเวฟ ความสามารถในการกรองแย่ง อาจเป็นผลจากการหยุดการย่อยสลายของโครงสร้างตะกอนโดย คลื่นไมโครเวฟมากเกินไป เกิดการแตกภายในเซลล์และสาร กระบวนการยังผลิตอนุภาคเล็กๆ จำนวนมาก ทำให้ประสิทธิภาพในการกรองลดลง สังเกตได้ว่าคลื่นไมโครเวฟช่วยในการปรับปรุง ตะกอนทำให้ความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอนดีขึ้นที่พลังงาน 900 วัตต์ที่มีเวลาในเครื่อง ไมโครเวฟที่ 60 วินาที คือสภาพการทำงานที่ดีที่สุดของคลื่นไมโครเวฟ และผลกระทบขึ้นอยู่กับ ชนิดของตะกอน นอกจากนี้ยัง พบว่าหลังจากที่ 180 วินาทีของความร้อนจากไมโครเวฟ ค่าความ ต้านทานเฉพาะต่อการกรอง (SRF) ของตะกอนลดลงอย่างต่อเนื่องจึงง่ายต่อการดึงน้ำออกจาก ตะกอน

Yu และคณะ (2010) ศึกษาความสำคัญกับวิธีการใช้พลังงานไมโครเวฟ ระยะเวลาได้รับคลื่นไมโครเวฟที่มีผลกระทบต่อากตะกอน ความต้องการออกซิเจน ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน ความต้านทานเฉพาะต่อการกรอง มีรายงานน้อยมากที่อธิบายว่าคลื่นไมโครเวฟได้รับ ผลกระทบทางกายภาพอย่างไรการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่ผลของคลื่นไมโครเวฟในลักษณะทาง กายภาพและทางเคมีเพื่อตรวจสอบเวลาที่เหมาะสมและพลังของคลื่นไมโครเวฟที่มีประสิทธิภาพ สูงสุดสำหรับกากตะกอนน้ำเสียชุมชน อุปกรณ์ไมโครเวฟที่ใช้ในการศึกษานี้มีคอลัมน์ปิด เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้เพื่อหลีกเลี่ยงการระเหยของสารอินทรีย์ในช่วงของคลื่นโดยใช้ตัวอย่างกาก ตะกอนน้ำเสียชุมชน (400 มล. ) ได้ใส่ลงไปในเครื่องปฏิกรณ์และที่พลังงาน 500 750 และ 900 วัตต์ สำหรับระยะเวลาต่างๆเช่น 0 20 40 ถึง 140 วินาทีผลจากการทดลอง จำนวนของอนุภาค คอลลอยด์ซึ่งมีขนาดอยู่ระหว่าง 1 ไมครอนและ 100 ไมครอนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อลักษณะ การกรองตะกอน สำหรับสัดส่วนของคอลลอยด์มีขนาดเล็กมีผลกระทบของตะกอนที่เกี่ยวกับการ ดึงน้ำออกของตะกอนได้ดีขึ้นคลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมช่วย ลดปริมาณของคอลลอยด์ในกาก ตะกอนและเพิ่มความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอน ในการศึกษาสัดส่วนคอลลอยด์ ลดลงจากร้อยละ 100 เป็นร้อยละ 78.24 74.46 และ 66.56 ณ จุดของพลังงาน 500 วัตต์ 750 วัตต์และ 900 วัตต์ตามลำดับ ดังนั้นจึงเป็นข้อเสนอแนะของพลังงาน 900 วัตต์ที่มีเวลาในเครื่อง ไมโครเวฟที่ 60 วินาทีคือสภาพการดำเนินงานที่ดีที่สุดของคลื่นไมโครเวฟสำหรับปรับปรุง ความสามารถในการดึงน้ำออกของตะกอน

## บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1 แผนงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการน้ำเสีย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการศึกษาดังน้ำออกจากกากตะกอนน้ำเสียชุมชนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานครเพื่อบำบัดตะกอนส่วนเกินจากระบบการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกการศึกษาลักษณะพื้นฐานของตะกอนและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดั่งน้ำในตะกอน รวมถึงความสามารถในการดั่งน้ำออกจากตะกอน จากนั้นจึงนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์กับปัจจัยข้างต้นในรูปแบบการ สูดท้ายจึงทำการทดลองเปรียบเทียบผลของการบำบัดกากตะกอนน้ำเสียเบื้องต้นโดยใช้สารโพลีเมอร์และไมโครเวฟ ซึ่งมีรายละเอียดการทดลอง ดังนี้

#### การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะสมบัติเบื้องต้นของกากตะกอน

##### การทดลองที่ 1.1 การศึกษาวิเคราะห์ลักษณะพื้นฐานของตะกอน

ทำการศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ของตัวอย่างตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ตะกอนที่ใช้ในการทดลองเป็นกากตะกอน จากขั้นตอนการบำบัดกากตะกอนส่วนเกินจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียกรุงเทพมหานคร 5 แห่ง ดังนี้

- 1). โรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา
- 2). โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์
- 3). โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง
- 4). โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี
- 5). โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

นำกากตะกอนตัวอย่างมาวิเคราะห์ลักษณะสมบัติ และองค์ประกอบเบื้องต้น ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง(pH), ของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS), ของแข็งแขวนลอยระเหย ( Volatile Suspended Solids, VSS) ค่าปริมาตรของสลัดจ์หรือ SV30(Settled Sludge Volume (SSV)) ดัชนีปริมาตรตะกอน Sludge Volume Index (SVI) และ ค่าซีโอดีละลาย (sCOD) โดย

พารามิเตอร์ต่างๆ ที่นำมาวิเคราะห์เพื่อบ่งชี้คุณสมบัติเบื้องต้นของตัวอย่างตะกอน และการศึกษาปัจจัยที่สำคัญต่อการดึงน้ำออกจากตะกอน

### การทดลองที่ 1.2 การศึกษาความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอน

การทดลองหาความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอนโดยวัดจากค่าความชื้นและค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเริ่มต้น และสุดท้าย เพื่อนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดึงน้ำกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดึงน้ำของตะกอนในการทดลองที่ 2

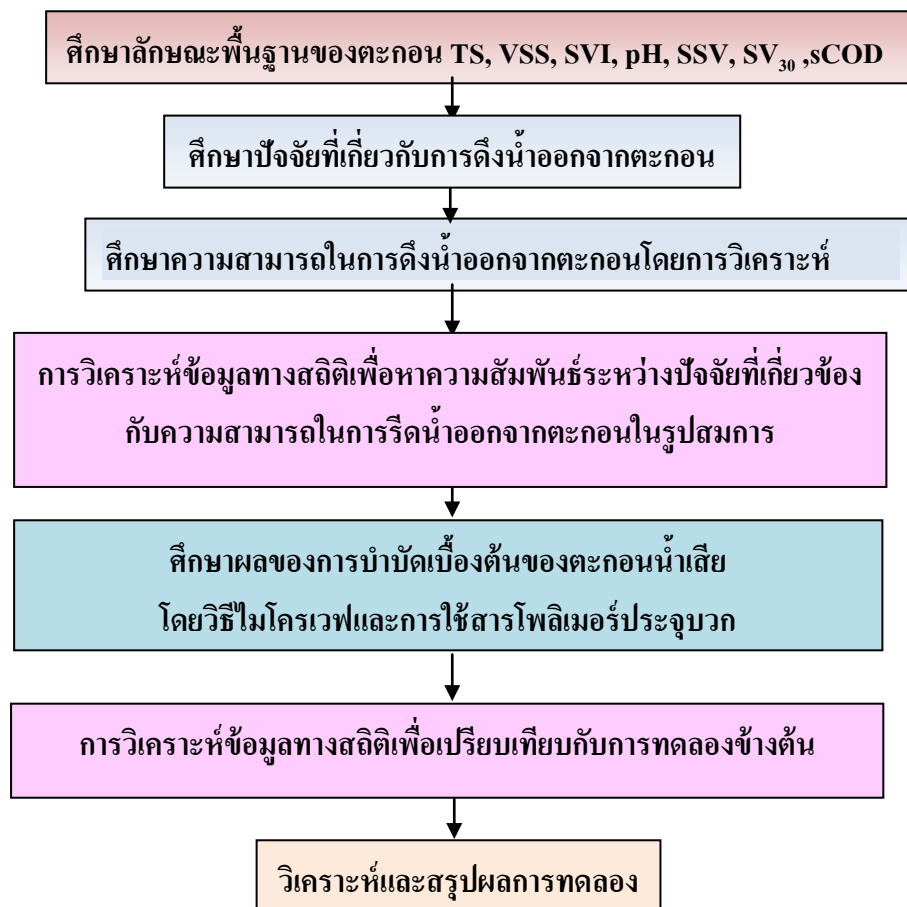
### การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสำคัญกับความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอนโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนมาวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติแบบ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**การทดลองที่ 3** ศึกษาเปรียบเทียบผลของการบำบัดเบื้องต้นของกากตะกอนน้ำเสียโดยวิธีการใช้สารโพลีเมอร์ และคลื่นไมโครเวฟ

วิธีการใช้คลื่นไมโครเวฟและการใส่สารเคมี (โพลีเมอร์) เป็นกระบวนการบำบัดตะกอนเบื้องต้น เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของตะกอนน้ำเสียชุมชนให้ง่ายต่อการดึงน้ำออกจากตะกอน

เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นทั้ง 3 การทดลองจึงทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากทั้ง 3 การทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดึงน้ำออกจากตะกอน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมและเพื่อประเมินประสิทธิภาพของคลื่นไมโครเวฟ และการใช้สารโพลีเมอร์ ในการปรับปรุงคุณภาพของตะกอนให้ง่ายต่อการดึงน้ำออก โดยมีแผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

### 3.2 ตะกอนน้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการวิจัย

วิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยสามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ให้เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ในปัจจุบัน ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนผสมบูรณ์ (Completely Mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) ระบบคลอง

วนเวียน (Oxidation Ditch) และ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) เป็นต้น

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำใส โดยตะกอนที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังและตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศใหม่ เพื่อรักษาความเข้มข้นของตะกอนสลัดจ์ในถังเติมอากาศให้ได้ตามที่กำหนด และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นตะกอนส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่ต้องนำมาใช้ในการวิจัย

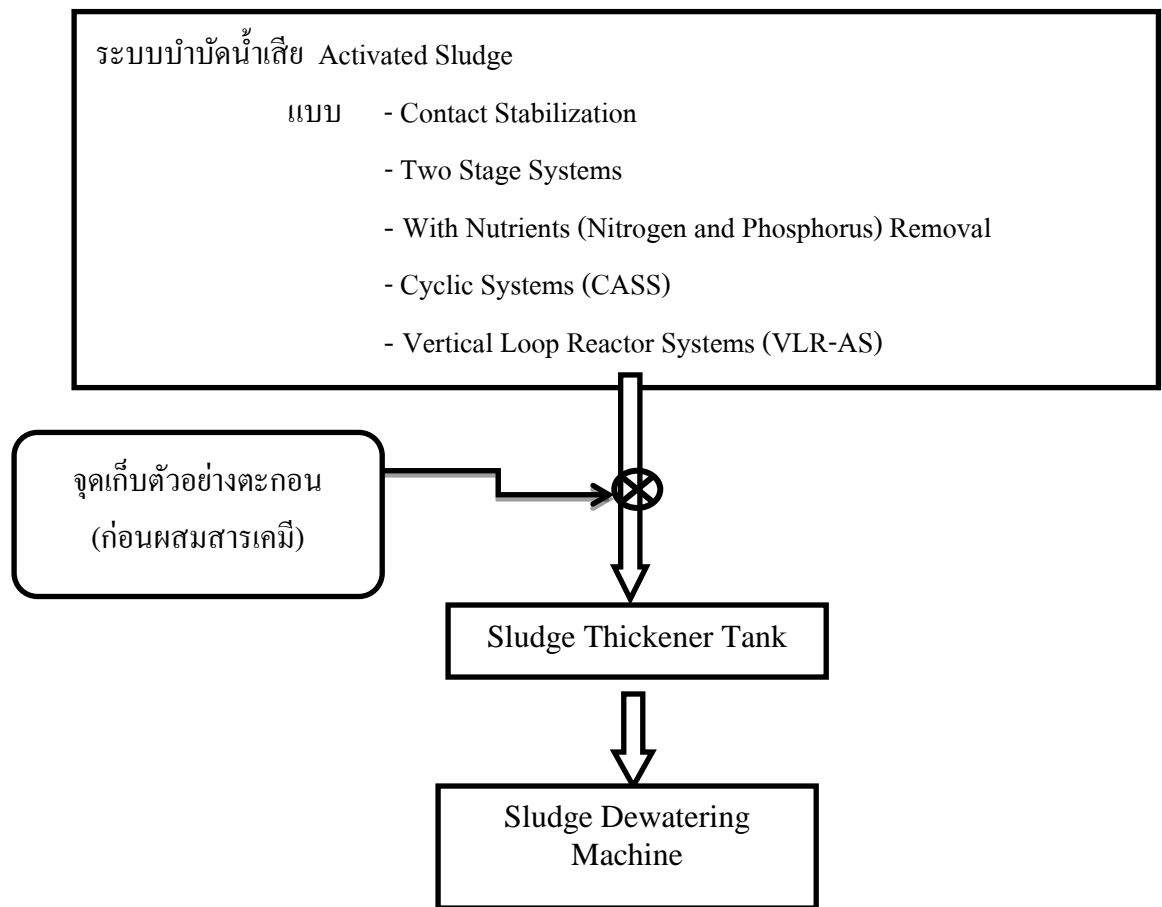
ตัวอย่างตะกอนสามารถจัดกลุ่มตามระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ได้ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งแต่ละกลุ่มเป็นตัวแทนของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ในรูปแบบต่างๆ

ตารางที่ 3.1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร

โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร	ระบบบำบัดน้ำเสีย	ประเภทแบบระบบ	การแบ่งกลุ่ม
สี่พระยา	Activated Sludge	Contact Stabilization	A
รัตนโกสินทร์	Activated Sludge	Two Stage Systems	B
ดินแดง	Activated Sludge	With Nutrients (Nitrogen and Phosphorus) Removal	C
ช่องนนทรี	Activated Sludge	Cyclic Systems (CASS)	D
หนองแขม	Activated Sludge	Vertical Loop Reactor Systems (VLR-AS)	E

การเก็บตะกอนตัวอย่างที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อนำมาใช้ในการทำการทดลองนั้น ได้ทำการเก็บตะกอนที่ยังไม่ได้ผสมสารเคมีเพื่อใช้ในการทดลองความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอน แผนผังจุดเก็บตัวอย่างตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียดังภาพที่ 3.2





ภาพที่ 3.2 แผนผังจุดเก็บตัวอย่างตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำ

ตะกอนที่ใช้ในการศึกษาวิจัย เป็นตะกอนสีม่วง (ตะกอนสด) ของบ่อรวมตะกอนที่ผ่านการบำบัดจากบ่อตกตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ไม่ผ่านกระบวนการย่อยสลาย ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างตะกอนน้ำเสียจากจุดรวมรวมตะกอน ในการวิเคราะห์ได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนแบบจ้วง (Grab Sampling) โดยใช้กระบอกรับตัวอย่างน้ำที่ความลึกจากผิวน้ำลงไป 10 เซนติเมตร ปริมาณ 20 ลิตร เก็บรักษาตะกอนน้ำเสียในตู้แช่อุณหภูมิต่ำ 4 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก่อนทำการทดลองจะตักน้ำตะกอนออกจากตู้แช่ ตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิตัวอย่างคงที่ที่อุณหภูมิห้อง จึงนำมาทำการทดลอง

ตะกอนที่ได้จากขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ตะกอนที่ถูกแยกในถังตกตะกอนถังแรกมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ปนกัน ขนาดก็แตกต่างกันไปขึ้นกับสภาพท่อระบายน้ำ และการใช้น้ำของชุมชน ส่วนตะกอนที่ได้จากถังตกตะกอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในถังปฏิกริยา หรือถังเติมอากาศมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำสูงถึง 98.5 – 99.5 เปอร์เซ็นต์ ในโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียโดยทั่วไปจะนำตะกอนจากแหล่งต่างๆ มารวมกันก่อนที่จะส่งเข้าสู่ระบบกำจัดตะกอน ในการออกแบบและควบคุมการทำงานของระบบกำจัดตะกอน จำเป็นที่จะต้องทราบคุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนเหล่านี้ เนื่องจากยังไม่ได้ทำการทดลอง จึงนำค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติของกากตะกอนเบื้องต้นจากงานวิจัยของ Yu และคณะ (2009) มาใช้ประกอบการทดลอง ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของกากตะกอนเบื้องต้น

พารามิเตอร์	คุณสมบัติกากตะกอนเบื้องต้น
pH	6.68
Soluble chemical oxygen demand (mg/l)	85 ± 1.50
Water content (%)	98.56±0.01
Protein (mg/l)	585.25 ± 25.52
Polysaccharide (mg/l)	97.7 ± 2.80
Specific resistance of filtration (m/kg)	$5.37 \times 10^9 \pm 2.67 \times 10^8$

ที่มา : Yu และคณะ (2009)

### 3.3 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

#### 3.3.1 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. อุปกรณ์ชุดกรวยบุคเนอว์
2. เครื่องวัดพีเอช(pH meter)
3. เครื่องกรองสุญญากาศ
4. นาฬิกาจับเวลา
5. ตู้อบควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส
6. เตาเผาควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 550 องศาเซลเซียส
7. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
8. กระดาษกรอง ("Whatman" GF/C) เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร
9. เทอร์โมมิเตอร์
10. เครื่องไมโครเวฟแอปพลิเคชันแบบมัลติโหมด(Multimode Applicators)
11. ตู้อบซีโอดี
12. ถ้วยกระเบื้อง
13. เดซิเคเตอร์
14. เครื่องหมุนเหวี่ยง
15. อ่างไอน้ำ (Water bath)

#### 3.3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

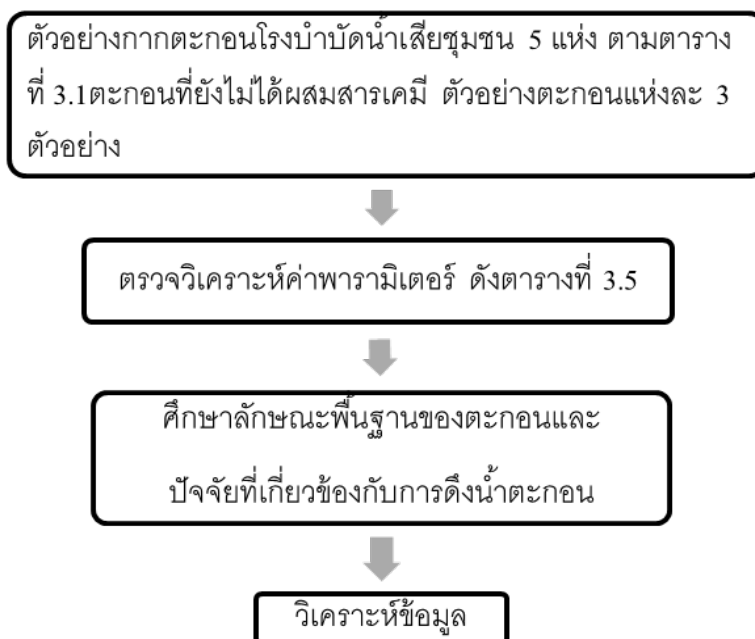
1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตเข้มข้น 0.25 N
2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
3. สารซิลเวอร์ซัลเฟต
4. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulphate, FAS)
5. สารละลายเฟอโรอินดิเคเตอร์
6. สารละลายมาตรฐานไอร์ออน(II)แอมโมเนียมซัลเฟตไตเตรนท์เข้มข้น 0.10 N

### 3.4 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

#### 3.4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะสมบัติเบื้องต้นของกากตะกอนและปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการดื่มน้ำออกจากตะกอน ซึ่งสามารถแบ่งการทดลองออกได้ ดังนี้

##### การทดลองที่ 1.1 ศึกษาวิเคราะห์ลักษณะพื้นฐานของตะกอน

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะพื้นฐานของตะกอนที่ใช้ในการทดลอง โดยการวิเคราะห์และหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการดื่มน้ำออกจากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ซึ่งมีการเก็บตัวอย่างตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร 5 แห่ง (ดังตารางที่ 4.1) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่าของแข็งทั้งหมด ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าของแข็งระเหยง่าย และค่าซีไอดีละลายเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นของตะกอนในการเปรียบเทียบกับตะกอนที่ผ่านกระบวนการบำบัด ดังภาพที่ 3.7



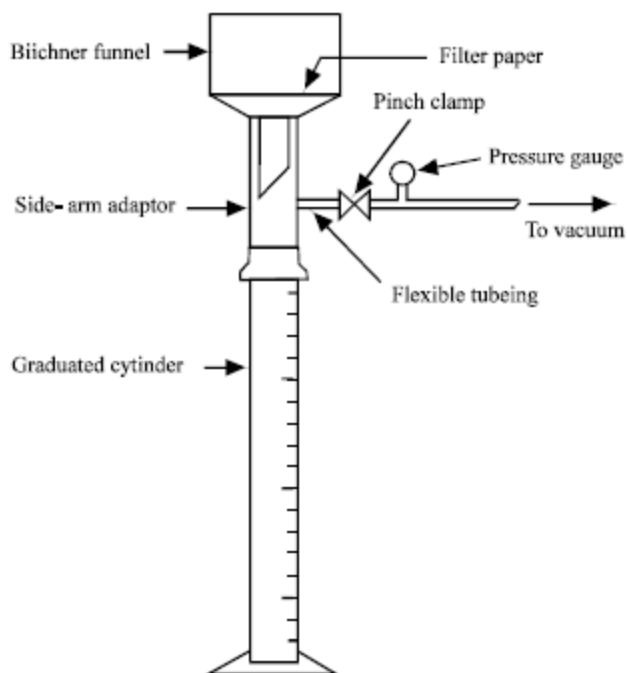
ภาพที่ 3.7 แผนผังขั้นตอนการทดลองที่ 1.1

ตารางที่ 3.5 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ตะกอนเบื้องต้น

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	pH Meter
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS)	Standard Method#2540B (Dried 103 - 105°C)
Settled Sludge Volume (SSV)	Standard Method (APHA et al., 1998)
Sludge Volume Index (SV <sub>30</sub> )	Standard Method (APHA et al., 1998)
ของแข็งแขวนลอยระเหย ( Volatile Suspended Solids, VSS)	Standard Method#2540 (Dried 550°C )
ซีโอดีละลาย (sCOD)	Standard method#5220C (Closed reflux)

### การทดลองที่ 1.2 การศึกษาความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอน

เป็นการศึกษาความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชน จากเอกสารงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าประสิทธิภาพในการดึงน้ำของตะกอนขึ้นอยู่กับตัวแปร 2 ตัว คือ ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง (Specific resistance to filtration, SRF) และค่าปริมาณความชื้น (Moisture Content, MC) เนื่องจากค่าความต้านทานจำเพาะของการกรองแสดงถึงความสามารถในการกรอง ถ้าน้ำสามารถออกจากตะกอนได้เร็ว ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรองจะมีค่าต่ำ ส่วนปริมาณความชื้นในตะกอน หมายถึงปริมาณความชื้นทั้งหมดที่อยู่ในตะกอน ซึ่งหาโดยวิธีการอบ ถ้าปริมาณความชื้นมีค่ามากแสดงว่าตะกอนมีคุณสมบัติยอมให้น้ำที่รีดออกมาได้ดี หรือมีความสามารถในการรีดน้ำสูง ดังนั้น ในการพิจารณาประสิทธิภาพการรีดน้ำของตะกอนจำเป็นต้องพิจารณาตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทำนายความสามารถในการรีดน้ำออกของตะกอนด้วยเช่นกัน



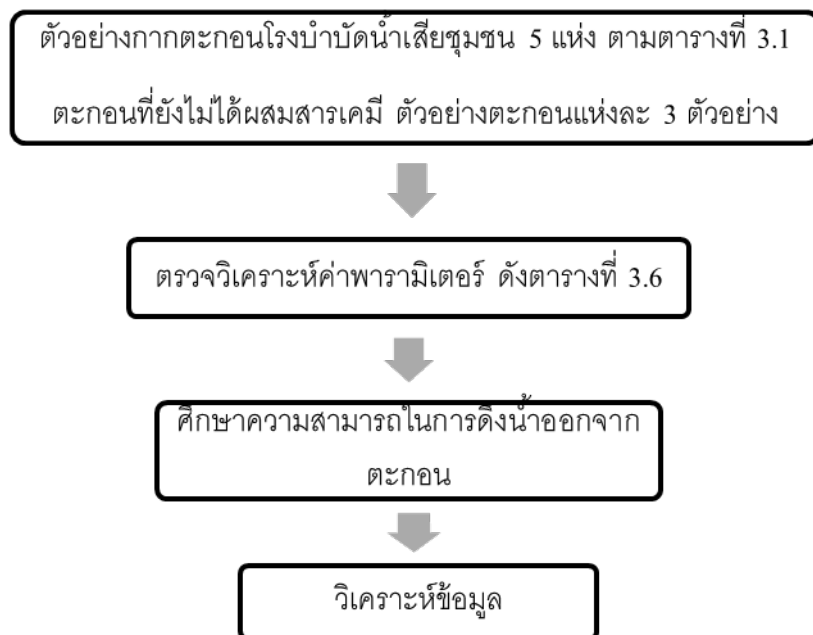
รูปที่ 3.8 ภาพการวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง (Shihab,2010)

วิธีการวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง

1. นำตัวอย่างตะกอนน้ำเสียชุมชน ปริมาณ 200 มิลลิลิตร เติมลงในบีกเกอร์
2. วางกรวยกรองบุคเนอร์ไว้บนกระบอกตวงดังภาพที่ 3.8 และวางกระดาษกรองไว้บนกรวยกรอง
3. เทตะกอนลงในกรวย จากนั้นปล่อยให้ให้น้ำระบายออกประมาณ 2 นาที จึงเปิดปั๊มสุญญากาศ (ใช้ความดัน 15 นิ้วของปรอท) เป็นช่วงๆ ช่วงละ 15 วินาที
4. วัดปริมาณของน้ำที่ผ่านการกรอง และบันทึกค่าไว้
5. ทำจนกระทั่งถึงจุดยุติของสุญญากาศ หรือเมื่อน้ำส่วนเกินไม่สามารถออกมาได้อีกแล้ว
6. จากนั้นเอากากตะกอนออกจากกรวยกรองนำมาชั่งน้ำหนักหาค่าน้ำหนักเปียกของกากตะกอน

7. นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาปริมาณความชื้นในตะกอน
8. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง โดยนำค่าที่ได้จากการจับเวลาและวัดปริมาตรน้ำที่ผ่านการกรองไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาต่อปริมาตรน้ำที่ผ่านการกรอง (TV) และปริมาตรน้ำที่ผ่านการกรอง (V) เพื่อใช้หาค่าความชัน  $b$  ดังภาพที่ 2.3

ในการทดลองนี้ใช้ตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร 5 แห่ง เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 1.1 เพื่อเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่สำคัญและความสามารถในการรีดน้ำออกของตะกอนโดยทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 3.8



รูปที่ 3.9 แผนผังขั้นตอนการทดลองที่ 1.2 ศึกษาวิเคราะห์ความสามารถในการดึงน้ำออกของตะกอน

ตารางที่ 3.6 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการดื่งน้ำออกของตะกอน

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ปริมาณความชื้น (Moisture Content, MC)	Standard Method#2540 (Dried 103-105 <sup>0</sup> C)
ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง (Specific resistance to filtration, SRF)	Specific resistance to filtration Method(Shihab,2010)

#### 4.4.2 การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสำคัญกับความสามารถในการดื่งน้ำออกจากตะกอนโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ 1(1.1 และ 1.2) (ซึ่งแต่ละการทดลองจะทำทั้งหมดสามซ้ำ) มาวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติแบบ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่สำคัญกับความสามารถในการรีดน้ำออกจากตะกอน

ค่าของแข็งทั้งหมดมีความสำคัญทั้งในน้ำดีและน้ำเสีย ดังนั้น TSS หมายถึงของแข็งแขวนลอยในน้ำ ความขุ่นในน้ำก็เป็น SS หรือของแข็งแขวนลอยด้วย และ TDS จึงหมายถึง สารละลายต่างๆ ในน้ำ ซึ่งเป็นอิออนต่างๆ แต่ TSS สามารถบำบัดด้วยการตกตะกอนง่ายกว่าการบำบัด TDS ซึ่งเป็นประจุที่แตกตัวในน้ำ มักทำได้ยากเนื่องจากไม่สามารถตกตะกอนสารเหล่านี้ได้ง่ายนัก



#### 4.4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบผลของการบำบัดเบื้องต้นของกากตะกอนน้ำเสียโดยกรรมวิธีการใช้คลื่นไมโครเวฟและการใส่สารเคมี

วิธีที่ 1 การใช้สารโพลิเมอร์ในการปรับสภาพตะกอนในโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้สารโพลิเมอร์ประจุบวกในการปรับสภาพตะกอน เนื่องจาก ต้องการจะใช้ประจุบวกในการทำลายประจุลบของตะกอนจะให้สารโพลิเมอร์ประจุบวกในการปรับสภาพตะกอน จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแยกทิวเต็ดสล์ดจ์ โดยใช้ปริมาณสารโพลิอิเล็กโทรไลต์ชนิดประจุบวก 6 ค่า คือ ร้อยละ 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 และ 1.0 ของปริมาณของของแข็งทั้งหมด (Sarikaya และคณะ, 2004)

วิธีที่ 2 เป็นการศึกษาหาความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอนโดยการบำบัดเบื้องต้นที่แตกต่างกัน วิธีแรก คือ การใช้คลื่นไมโครเวฟ ซึ่งเป็นการให้ความร้อนกับตะกอนโดยการแผ่คลื่นความถี่ไมโครเวฟโดยปกติจะใช้ช่วงความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ตซ์ (หรือ ความยาวคลื่น 12.24 เซนติเมตร) ผ่านเข้าไปในตะกอน พลังงานของคลื่นที่ผ่านเข้าไปและเกิดเป็นความร้อนขึ้น โดยเป็นการนำตะกอนตัวอย่างจากตารางที่ 3.1 โดยแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 1 : การบำบัดเบื้องต้นโดยใช้สารโพลิเมอร์

ชุดการทดลองที่ 2 : การบำบัดเบื้องต้นโดยคลื่นไมโครเวฟ

ชุดการทดลองประกอบด้วยกากตะกอนตัวอย่างดังในตารางที่ 3.1 ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

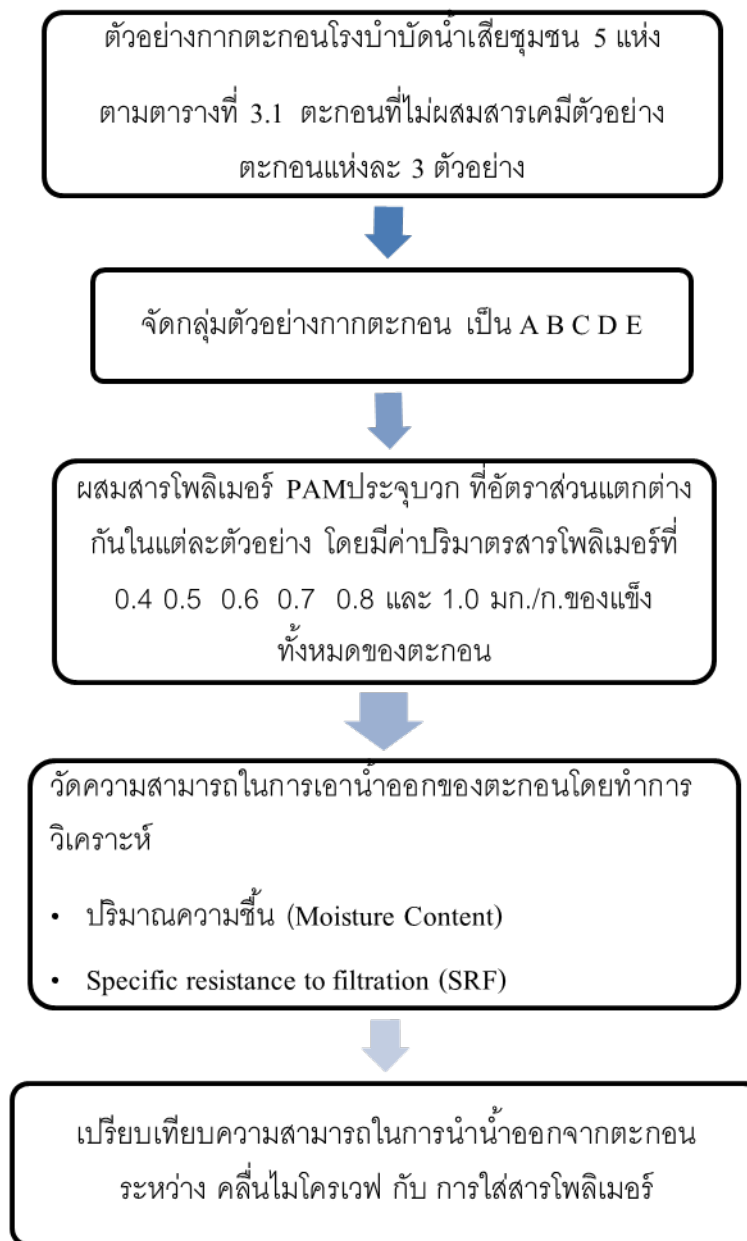
##### ชุดการทดลองที่ 1 การบำบัดเบื้องต้นโดยใช้สารโพลิเมอร์

ทำการทดลอง โดยนำตะกอนตัวอย่างที่ไม่ผสมสารเคมี มาใส่สารโพลิเมอร์ตามปริมาณที่กำหนดพบว่าปริมาณโพลิเมอร์ที่ใช้ในการปรับสภาพตะกอน (ในหน่วย มก./ล.) ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของแข็งในตะกอน และปริมาณโพลิเมอร์ที่ใช้ (กก./ตัน.ของปริมาณของแข็งแห้งในตะกอน) วัดความสามารถในการรีดน้ำของตะกอนโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความต้านทานจำเพาะของการกรองคือ ชุดกรวยบุคเนอร์ ซึ่งวัดปริมาตรน้ำที่กรองได้เทียบกับเวลา โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

1. นำตัวอย่างตะกอน 400 มิลลิลิตรที่ไม่ได้ผสมสารเคมีมาผสมสารโพลิเมอร์โพลีอะครีลาไมด์ที่เป็นฟล็อกคูแลนท์ชนิด ประจุบวก (cationic polyacrylamide, PAM)
2. ผสมสารโพลิเมอร์ PAM ที่ปริมาณ 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 และ 1.0 มก./ก. ของแข็งทั้งหมดของ ตะกอน

3. นำตัวอย่างตะกอนมาผสมสารโพลีเมอร์ตามปริมาตรข้างต้น แล้วกวนด้วยความเร็ว 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นให้กวนด้วยความเร็ว 50 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที นำไปวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ
4. นำตะกอน 100 มิลลิลิตร เทลงในกรวยบุคคลนอร์ใช้เวลาประมาณ 2 นาที จึงเปิดปั๊มสุญญากาศใช้ความดัน 15 นิ้วของปรอท
5. วัดปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรองทุก 2 นาที และบันทึกค่าไว้จนกระทั่งถึงจุดยุติของสุญญากาศ หรือเมื่อน้ำส่วนเกินไม่สามารถออกได้อีกแล้ว
6. ชั่งน้ำหนักกากตะกอนบนกระดาษกรองหาค่าน้ำหนักเปียกของกากตะกอน
7. นำไปอบแห้ง ที่ 105 องศาเซลเซียส เพื่อหาค่าน้ำหนักแห้ง
8. ค่าที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่าง เวลาต่อปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง กับ ปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง ดังกราฟแสดงในภาพที่ 3.3

แผนผังขั้นตอนการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการรีดน้ำออกจากตะกอนผสมสารโพลีเมอร์ทดลองชุดที่ 1 ดังภาพที่ 3.9 และ จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.8



ภาพที่ 3.10 แผนผังขั้นตอนการทดลองชุดการทดลองที่ 1 ศึกษาการบำบัดเบื้องต้นโดยใช้สารโพลีเมอร์

ชุดการทดลองที่ 2 การบำบัดเบื้องต้นโดยคลื่นไมโครเวฟ

ทำการทดลองโดยนำตะกอนตัวอย่างที่ไม่ผสมสารเคมี มาผ่านกรรมวิธีการใช้คลื่นไมโครเวฟ วิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง และปริมาณความชื้น เช่นเดียวกับการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 และได้เพิ่มการวิเคราะห์ค่า sCOD เป็นค่าการวิเคราะห์หาความสกปรกของน้ำเสียหรือเป็น ตัวแปรที่บอกถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ทำการ

วิเคราะห์โดยนำน้ำที่ผ่านการกรอง หรือแยกส่วนใสจากเครื่องหมุนเหวี่ยง ไปทำการวิเคราะห์ค่า เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาค่าซีไอดี ใช้ในการประเมินผลจากคลื่นไมโครเวฟในการแตกสลายของ ตะกอน ขั้นตอนการทดลองศึกษาประสิทธิภาพ การดึงน้ำออกจากตะกอนโดยการคลื่นไมโครเวฟ ในชุดการทดลองที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และ ระยะเวลาในเครื่องไมโครเวฟกับกากตะกอนดัง ตารางที่ 3.8

1. ตัวอย่างตะกอนที่ไม่ได้ผสมสารเคมี 400 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร. มีฝาแก้วปิด
2. ใส่ในเครื่องไมโครเวฟ 2.45 เมกะเฮิร์ตซ์ที่พลังงานที่แตกต่างกันโดยใช้ค่าพลังงาน ที่ 500 600 และ 900 วัตต์
3. จากข้อ 2 นำตัวอย่างตะกอนมาใส่เครื่องไมโครเวฟโดยใช้เวลาที่แตกต่างกันทำการทดลองที่ระยะเวลา 0 60 100 และ 140 วินาที
4. วัดอุณหภูมิก่อนและหลังเข้าเครื่องไมโครเวฟรอจนตัวอย่างตะกอนมีอุณหภูมิ เท่ากับอุณหภูมิห้อง
5. เอาตัวอย่างตะกอนที่ผ่านการเข้าเครื่องไมโครเวฟเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที แยกส่วนใสวิเคราะห์ sCOD
6. นำตะกอน 100 มิลลิลิตร. เทลงในกรวยบุคเนอรีใช้เวลาประมาณ 2 นาที จึงเปิด บีมสุญญากาศ(ใช้ความดัน 15 นิ้วของปรอท)
7. วัดปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรองทุก 2 นาที และบันทึกค่าไว้จนกระทั่งถึงจุดยุติ ของสุญญากาศ หรือเมื่อน้ำส่วนเกินไม่สามารถออกได้อีกแล้ว
8. ชั่งน้ำหนักกากตะกอนบนกระดาษกรองหาค่าน้ำหนักเปียกของกากตะกอน
9. นำไปอบแห้ง ที่ 105 องศาเซลเซียส เพื่อหาค่าน้ำหนักแห้ง
10. ค่าที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่าง เวลาต่อปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง กับ ปริมาตร ของน้ำที่ผ่านการกรอง

ตารางที่ 3.8 การศึกษาเปรียบเทียบผลของการบำบัดเบื้องต้นของกากตะกอนน้ำเสียโดยการใช้สารโพลีเมอร์และไม่โครเวฟ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรดต่าง(pH)	pH Meter
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS)	Standard Method#2540B (Dried 103 - 105°C)
ของแข็งแขวนลอยระเหย ( Volatile Suspended Solids, VSS)	Standard Method#2540E (Dried 550°C )
ปริมาณความชื้น(Moisture Content,MC)	Standard Method#2540 (Dried 103-105°C)
Settled Sludge Volume (SSV)	Standard Method (APHA et al., 1998)
Sludge Volume Index (SVI)	Standard Method (APHA et al., 1998)
ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง (Specific resistance to filtration, SRF)	Specific resistance to filtration Method (Shihab,2010)
ซีโอดีละลาย (sCOD)	Standard Method#5220C (Closed reflux)

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 ลักษณะสมบัติของตะกอนน้ำเสียชุมชน

ตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียชุมชนโดยทั่วไปจะพบว่าตะกอนน้ำเสียที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนจะมีน้ำในตะกอนประมาณร้อยละ 88 - 99.75 ซึ่งเมื่อมีน้ำมากทำให้ปริมาตรตะกอนมากเป็นปัญหาในการจัดการกับตะกอน(Jiang, 2007) จากงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะเบื้องต้นของตะกอนน้ำเสียชุมชนของกรุงเทพมหานครทั้ง 5 โรง พบว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียชุมชนดินแดงมีตะกอนจากระบบบำบัด มีปริมาณของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยง่ายสูงที่สุดเท่ากับ 28,122 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 9,034 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เนื่องจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียชุมชนดินแดงมีลักษณะตะกอน เป็นตะกอนที่มีความเข้มข้นมากเมื่อ ตั้งทิ้งไว้จะไม่สามารถแยกชั้นของน้ำและตกตะกอนได้ ตะกอนตัวอย่างที่เก็บมาจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีสีน้ำตาล และมีกลิ่นดิน(Earthy odor) ลักษณะคล้ายโคลนมีความชื้นเหนียว จึงทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียชุมชนของกรุงเทพมหานครทั้ง 4 โรง โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียชุมชนทั้ง 5 โรง มีปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 6,804 -16,734 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 3,328 - 9,034 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งระเหยง่ายอยู่ในช่วง 3,328 - 4,779 ปริมาตรของสลัดจ์อยู่ในช่วง 93 - 990 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าดัชนีปริมาตรตะกอนอยู่ในช่วง 16.44-75.18 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบพื้นฐานของตะกอนน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 5 แห่ง

พารามิเตอร์	โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียชุมชน				
	สีพระยา	รัตนโกสินทร์	ดินแดง	ช่องนนทรี	หนองแขม
ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)	6,804±95.39	8,908±11.55	28,122±50.33	6,972±46.19	16,734±372.87
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	5,718±109.70	8,602±61.10	26,102±23.09	6,726±47.26	14,602±124.23
ของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (มก./ล.)	3,328±92.38	4,621±15.28	9,034±15.27	3,511±15.28	4,779±102.14
ซีโอไซด์ละลาย (มก./ล.)	11.2±0.79	16.6±0.23	61.1±1.68	13±0.14	31.1±0.97
ความเป็นกรดต่าง	6.75	6.72	7.79	6.68	7.49
ปริมาตรของสลัดจ์ (มล./ล.)	93	647±5.77	990	371±11.55	873±5.77
ดัชนีปริมาตรตะกอน (มล./ก.)	16.44±0.88	75.18±1.14	37.94±0.127	55.18±0.54	61.82±0.48

การศึกษาความสามารถในการดื่มน้ำออกจากตะกอน ของตะกอนน้ำเสียชุมชน พบว่าประสิทธิภาพในการดื่มน้ำของตะกอนขึ้นอยู่กับตัวแปร 2 ตัว คือ ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง (Specific resistance to filtration, SRF) และค่าปริมาณความชื้นในตะกอน (Moisture

Content, MC) เนื่องจากค่าความต้านทานจำเพาะของการกรองแสดงถึงความสามารถในการกรอง (Yuan, 2010) แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 วิเคราะห์ความสามารถในการดั่งน้ำออกของตะกอนน้ำเสียชุมชน

โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียชุมชน	ปริมาณความชื้นในตะกอน (ร้อยละ)	ค่าความต้านทานจำเพาะของการกรอง ( $\times 10^{12}$ เมตร/กิโลกรัม)
สีพระยา	58.82 $\pm$ 2.41	0.28 $\pm$ 1.13
รัตนโกสินทร์	71.88 $\pm$ 1.23	3.48 $\pm$
ดินแดง	82.35 $\pm$ 1.49	13.23 $\pm$
ช่องนนทรี	68.96 $\pm$ 0.26	0.58 $\pm$
หนองแขม	78.51 $\pm$ 1.47	4.46 $\pm$

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในตะกอน มาจากการทดลองหาค่าความต้านทานต่อการกรอง โดยนำตะกอนที่ค้างอยู่บนกระดาษกรอง มาหาค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง พบว่าที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง มีปริมาณความชื้นในตะกอนสูงที่สุดร้อยละ 82.35 และมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง เท่ากับ  $13.23 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1: ตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียทั้ง 5 แห่ง



ลักษณะทั่วไปของตะกอนตัวอย่างจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียชุมชน มีลักษณะคล้ายโคลน เพราะมีน้ำมากประมาณร้อยละ 88-99.75 หรือมีของแข็งประมาณร้อยละ 0.27-12 โดยน้ำหนัก ซึ่งเมื่อมีน้ำมากทำให้ปริมาตรสลัดจ์มีมาก (เกรียงศักดิ์, 2547) ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่เป็นแบบระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ มีจุลชีพทั้งแบบ Aerobic และ แบบ Anoxic โดยตะกอนอาจมีสีน้ำตาลหรือสีดำ มีกลิ่นคล้ายดิน โดยลักษณะของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียดินแดง มีความข้นหนืดมากที่สุด เมื่อตั้งทิ้งไว้ไม่สามารถตกตะกอนได้ และโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียสีพระยา มีความข้นหนืดน้อยที่สุด และตกตะกอนน้ำใสแยกชั้นมากที่สุด โดยเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าของแข็งทั้งหมดคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียดินแดง มีค่าของแข็งทั้งหมดมากที่สุดคือ 28,122 มิลลิกรัม/ลิตร เพราะตะกอนมีความข้นหนืด ไม่ตกตะกอน ส่วนโรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา ก็มีค่าของแข็งทั้งหมดน้อยที่สุด คือ 6,804 มิลลิกรัมต่อลิตร

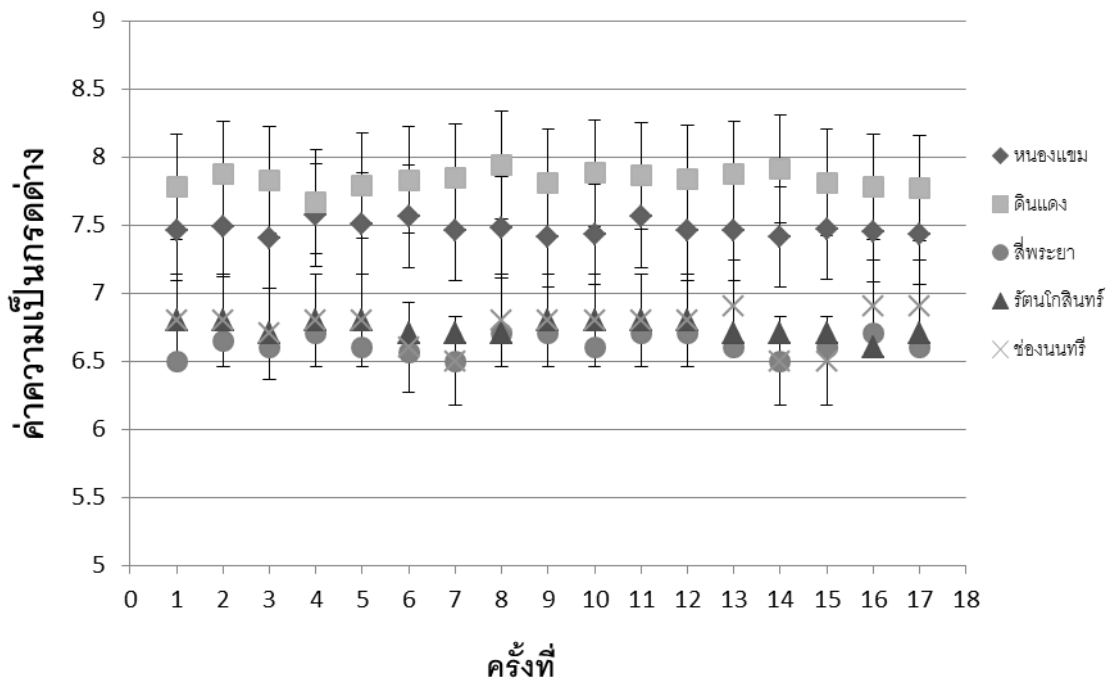
#### 4.2 ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะสมบัติเบื้องต้นของตะกอนและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดewaterออกจากตะกอน

##### 4.2.1 ศึกษาวิเคราะห์ลักษณะพื้นฐานของตะกอน

โดยทำการศึกษาค่าประกอบต่างๆ ของตัวอย่างตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยตะกอนที่ใช้ในการทดลองเป็นตะกอนจากขั้นตอนการบำบัดตะกอนส่วนเกินจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียกรุงเทพมหานคร 5 แห่ง โดยนำกากตะกอนตัวอย่างมาวิเคราะห์ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบเบื้องต้น ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH), ของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS), ของแข็งแขวนลอยระเหย (Volatile Suspended Solids, VSS) ค่าปริมาตรของสลัดจ์หรือ  $SV_{30}$  (Settled Sludge Volume SSV) ดัชนีปริมาตรตะกอน (Sludge Volume Index, SVI) และ ค่าซีโอดีละลาย (sCOD) โดยพารามิเตอร์ต่างๆ ที่นำมาวิเคราะห์เพื่อบ่งชี้ลักษณะสมบัติเบื้องต้นของตัวอย่างตะกอน และการศึกษาปัจจัยที่สำคัญต่อการดewaterออกจากตะกอน

##### 4.2.1.1 ค่าความเป็นกรดต่างของตะกอนเบื้องต้น

ค่าความเป็นกรดต่างของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 5 แห่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.68 - 7.79 โดยอยู่ในช่วงเดียวกับตะกอนทั่วไปจากระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่มีค่าอยู่ในช่วง 5-8 โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง มีค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยสูงสุดที่ 7.79 และโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี ค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยต่ำสุดที่ 6.68 ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ความเป็นกรดต่างของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพ

#### 4.2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นไมโครเวฟกับอุณหภูมิ

ในงานวิจัยนี้ใช้พลังงานคลื่นไมโครเวฟในช่วง 500 – 900 วัตต์เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของตะกอน ที่เปลี่ยนแปลงไปตามพลังงานคลื่นไมโครเวฟที่ระดับต่างๆ

จากผลการทดลอง พบว่าพลังงานคลื่นไมโครเวฟ มีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับอุณหภูมิของตะกอน เนื่องจาก ความชื้นในตะกอนมีสมบัติดูดซับพลังงานคลื่นไมโครเวฟได้ โดยคลื่นไมโครเวฟทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำ จนทำให้เกิดความร้อน ซึ่งระดับพลังงานคลื่นไมโครเวฟที่มีค่าพลังงานสูง ส่งผลให้เกิดผลให้เกิดความร้อน และอุณหภูมิของตะกอนสูงขึ้นตามไปด้วย (Huang และคณะ, 2008)

จากผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิมี่ความสัมพันธ์แปรผันตรงกับพลังงานไมโครเวฟที่ให้กับตะกอนน้ำเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ พบว่าอุณหภูมิของตะกอนน้ำเสียชุมชนที่ระดับพลังงานไมโครเวฟต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกันแสดงดังตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพลังงานคลื่นไมโครเวฟที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

1. ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ ปริมาณตัวอย่างตะกอน 200 มิลลิลิตร (Chia และคณะ, 2011)			
ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	300 วัตต์	450 วัตต์	600 วัตต์
1.0	38	46	56
1.5	46.5	58	71
2.0	56.5	72	85
2. ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ ปริมาณตัวอย่างตะกอน 400 มิลลิลิตร (Qiang และคณะ, 2010)			
ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	500 วัตต์	750 วัตต์	900 วัตต์
40	39	56	71
60	52	70	90
80	64	85	97
100	78	93	98
120	85	96	99

จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิแปรผันตรงกับระยะเวลา และพลังงานของคลื่นไมโครเวฟ ตะกอนน้ำเสียจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียทั้ง 5 แห่งนั้นมีอุณหภูมิสูงสุดที่ระดับพลังงานไมโครเวฟ 900 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที โดยพบว่าอุณหภูมิของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียพระยามากที่สุด เท่ากับ 91 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมและโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี เท่ากับ 90 องศาเซลเซียส โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์มีอุณหภูมิของตะกอนเท่ากับ 89 องศาเซลเซียส และพบว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำของตะกอนที่ต่ำที่สุด คือโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง เท่ากับ 87 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพลังงานคลื่นไมโครเวฟที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

1. ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม			
ระยะเวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	500 วัตต์	600 วัตต์	900 วัตต์
0	28	28	28.5
60	48	62	68
100	71	80	84
120	80	87	90
2. ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง			
ระยะเวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	500 วัตต์	600 วัตต์	900 วัตต์
0	29	29	29
60	46	50	61
100	56	62	70
120	67	75	87
3. ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์โรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา			
ระยะเวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	500 วัตต์	600 วัตต์	900 วัตต์
0	28	28	28.5
60	48	62	68
100	71	80	84
120	80	87	90

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพลังงานคลื่นไมโครเวฟที่ระยะเวลาแตกต่างกัน (ต่อ)

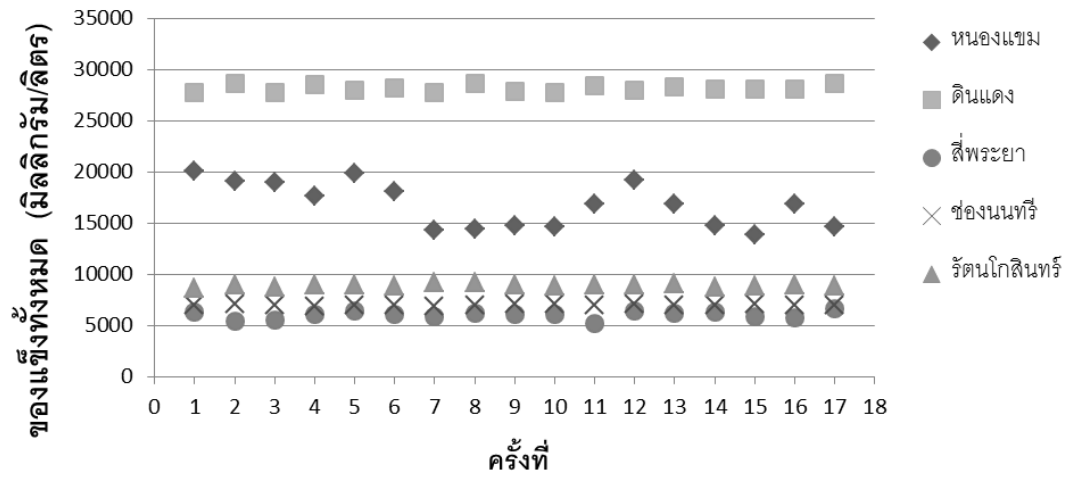
4. ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์			
ระยะเวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	500 วัตต์	600 วัตต์	900 วัตต์
0	30	30	30
60	55	63	65
100	62	71	79
120	70	79	89

5. ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์โรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนท์			
ระยะเวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	500 วัตต์	600 วัตต์	900 วัตต์
0	30	30	30
60	53	65	66
100	62	72	81
120	74	79	90

#### 4.2.1.3 ค่าของแข็งทั้งหมดของตะกอนเบื้องต้น

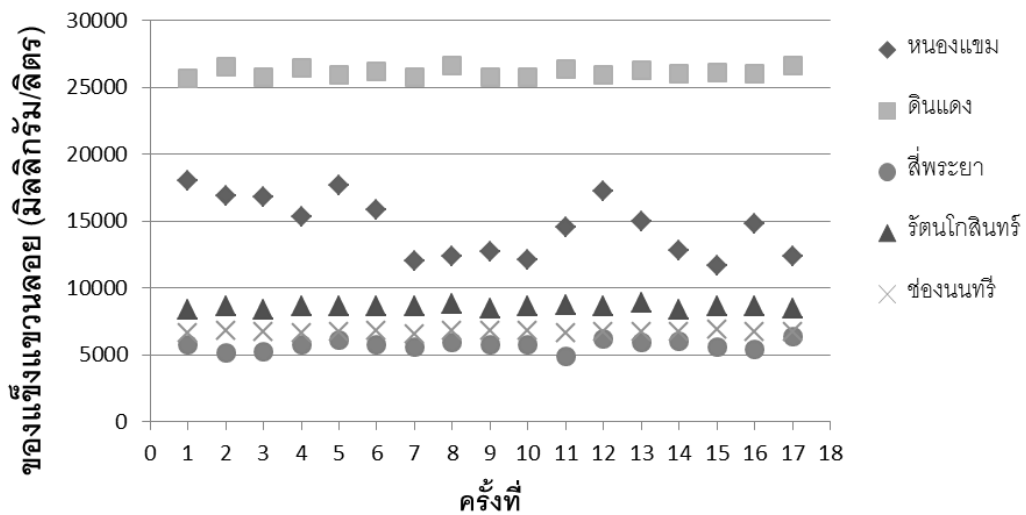
ค่าของแข็งทั้งหมด หมายถึง ของแข็งทั้งหมดในน้ำ พารามิเตอร์ตัวนี้แสดงถึงสารต่างๆ ทุกชนิดที่มีอยู่ในน้ำ รวมทั้งสิ่งที่มองเห็นและมองไม่เห็น โดยค่าของแข็งทั้งหมดของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีค่าสูงสุด และโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีค่าต่ำสุด โดยตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 2.81 ที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 0.68 แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ของแข็งทั้งหมดของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

#### 4.2.1.4 ค่าของแข็งแขวนลอยของตะกอนเบื้องต้น

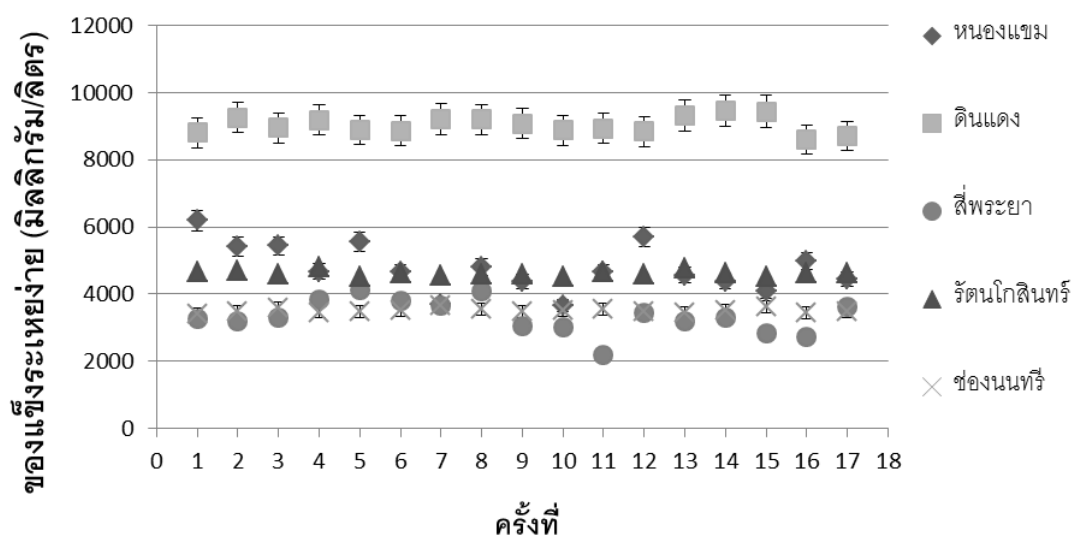
ค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าในทิศทางเดียวกับ ค่าของแข็งทั้งหมด โดยค่าสูงสุดเป็นค่าจาก ตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง หนองแขม รัตนโกสินทร์ ชองนนทรี สีพระยา ตามลำดับ ดังนี้ 26,102 14,602 8,602 6,726 และ 5,718 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ของแข็งแขวนลอยของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

#### 4.2.1.5 ค่าของแข็งระเหยง่ายของตะกอนเบื้องต้น

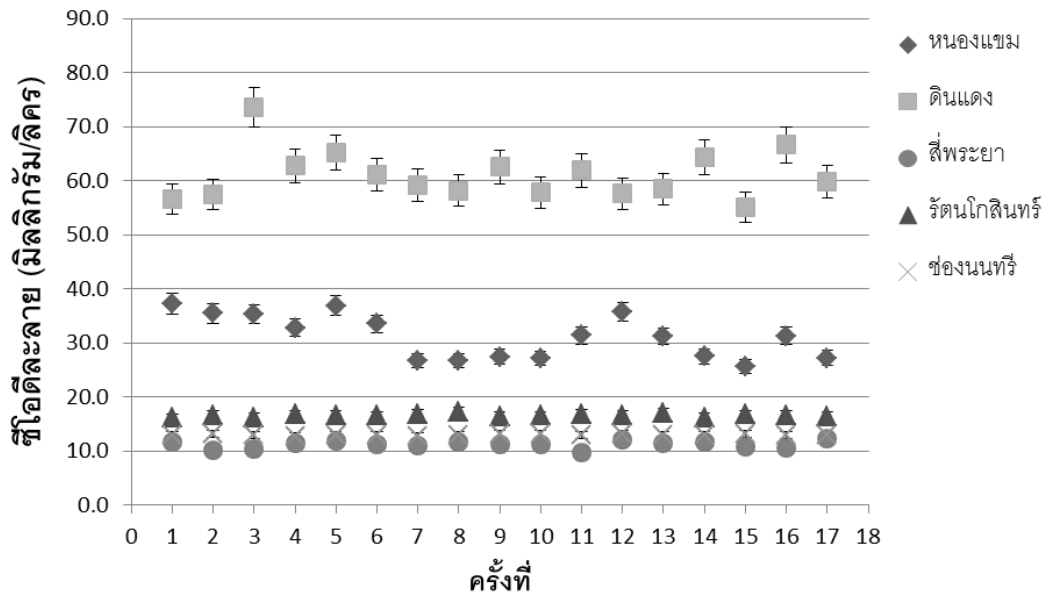
ค่าของแข็งทั้งหมด และ ค่าของแข็งระเหยง่าย เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงปริมาณของแข็ง และปริมาณสารอินทรีย์โดยประมาณตามลำดับ โดยค่าของแข็งระเหยง่ายของตะกอนคิดเป็นร้อยละของค่าของแข็งทั้งหมด โดยค่าของแข็งระเหยง่ายจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม คิดเป็นร้อยละ 28.56 โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงคิดเป็นร้อยละ 32.12 โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาคิดเป็นร้อยละ 48.91 ค่าของแข็งระเหยง่ายของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์คิดเป็นร้อยละ 51.87 ค่าของแข็งระเหยง่ายโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรีคิดเป็นร้อยละ 50.35 ของของแข็งทั้งหมด ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ของแข็งระเหยง่ายของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

#### 4.2.1.6 ค่าซีไอดีละลายของตะกอนเบื้องต้น

ผลการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปซีไอดีละลาย ของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง ซึ่งต่อไปจะถูกใส่เป็นตัววัดประสิทธิภาพของกระบวนการปรับปรุงตะกอน โดยมีค่าซีไอดีละลาย อยู่ในช่วง 11 - 62 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 4.6

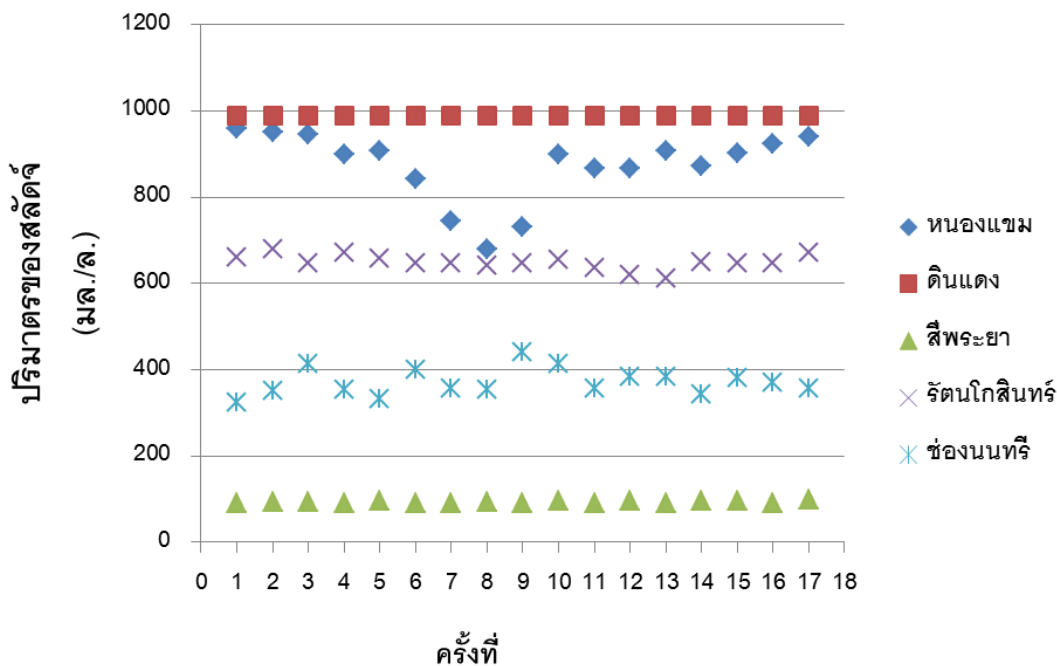


ภาพที่ 4.6: ซีไอดีละลายของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

#### 4.2.1.7 ปริมาตรของตะกอนเบื้องต้นหลังตกตะกอน 30 นาที(SV30)

ปริมาตรของสลัดจ์เป็นค่าใช้วัดความสามารถในการตกตะกอนของของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศ โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานครทั้ง 5 แห่งมีค่าปริมาตรของสลัดจ์อยู่ในช่วง 93 - 990 มิลลิกรัมต่อลิตร. ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีค่าปริมาตรของสลัดจ์อยู่ที่ 990 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยามีค่าเท่ากับ 93 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 4.7





ภาพที่ 4.7: ปริมาณของสัจค์ของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

#### 4.2.1.8 ดัชนีปริมาณตะกอนของตะกอนเบื้องต้น

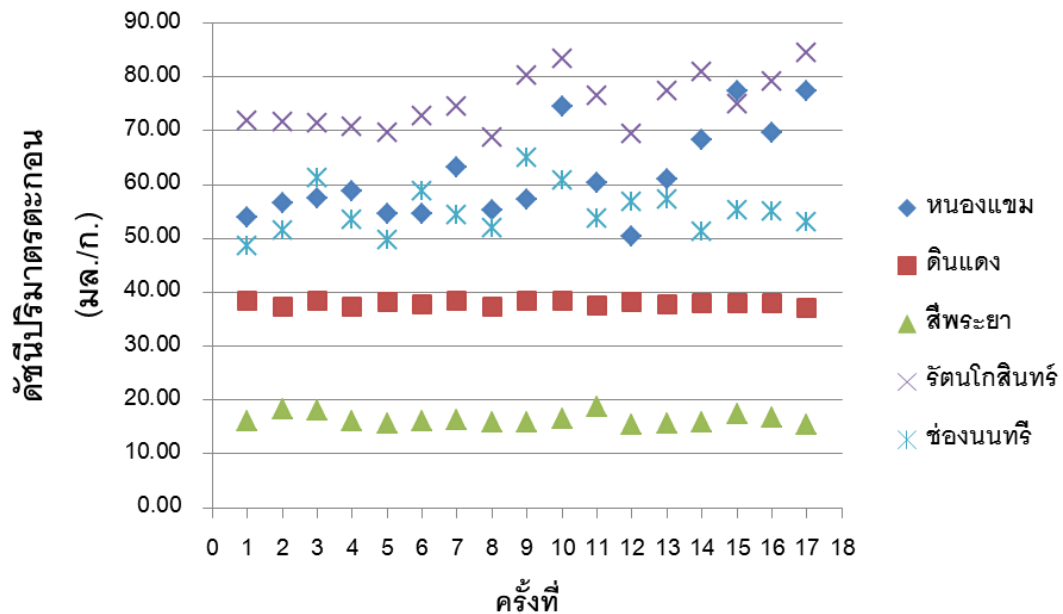
ค่าดัชนีปริมาณตะกอนจะแสดงให้เห็นความสามารถในการตกตะกอนของแข็ง ในถังเติมอากาศ ถ้าค่าของดัชนีปริมาณตะกอนสูงแสดงว่าการตกตะกอนไม่ดี ตะกอนอาจตกแล้วไม่แน่นทำให้มีส่วนที่เป็นน้ำใสน้อย ค่า SVI สามารถบอกได้คร่าวๆดังนี้ ถ้าค่าดัชนีปริมาณตะกอนประมาณ เกียรติศักดิ์ (2547)

ตารางที่ 4.5 ค่าดัชนีปริมาณตะกอน

ประสิทธิภาพในการตกตะกอน	การแปลผล
50	ดีมาก
100	ดี
200	พอใช้
300	เลว

จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 5 แห่ง มีค่าดัชนีปริมาณตะกอนอยู่ในช่วง 16.44-61.82 มล./ก.อยู่ในช่วงที่ประสิทธิภาพในการตกตะกอนดี โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 61.82 มิลลิเมตรต่อ

กรัม ค่าดัชนีปริมาณตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โดยค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 16.44 มิลลิกรัมต่อกรัม ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ดังภาพที่ 4.8

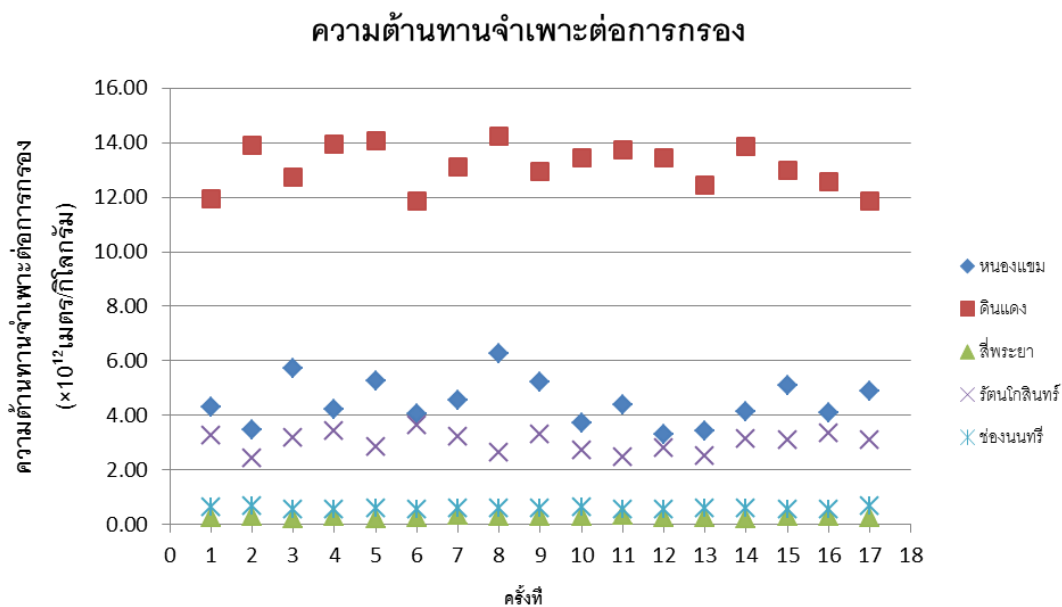


ภาพที่ 4.8: ดัชนีปริมาณของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

#### 4.2.2 การศึกษาความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอน

##### 4.2.2.1 ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนเบื้องต้น

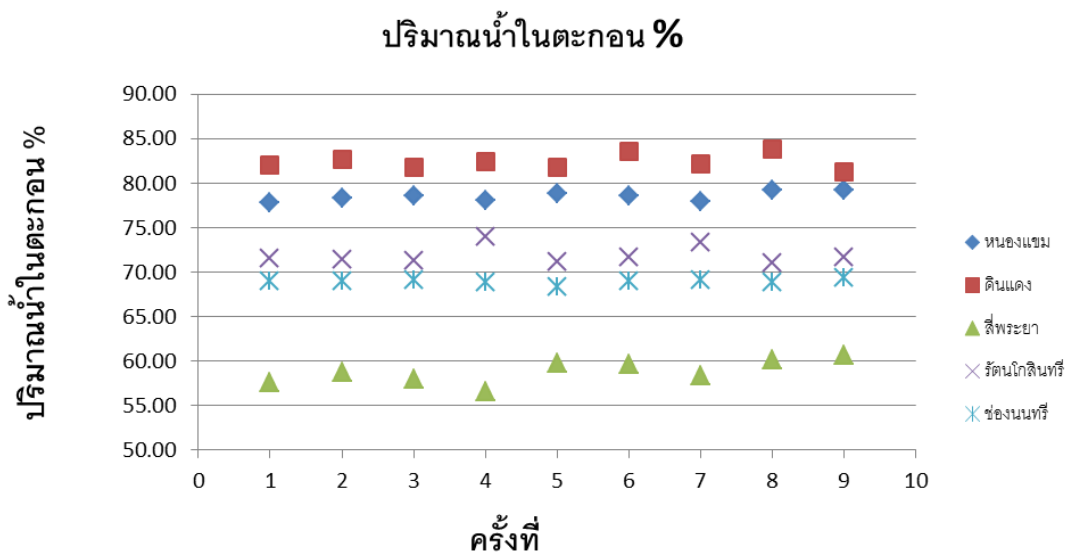
จากการวิเคราะห์พบค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองที่สูง แสดงถึงประสิทธิภาพของการกรองที่ต่ำ ดึงน้ำออกจากตะกอนได้ยาก โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองที่สูง คือ  $13.23 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม และค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองที่ต่ำคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา เท่ากับ  $0.28 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพทั้ง 5 แห่ง

#### 4.2.2.2 ค่าปริมาณความชื้นในตะกอน

ค่าปริมาณความชื้นในตะกอนเป็นดัชนีที่สำคัญตัวหนึ่ง ในการวัดประสิทธิภาพการดื่มน้ำออกจากตะกอน ค่าปริมาณความชื้นในตะกอนได้มาจากตะกอนที่ค้างอยู่บนกระดาษกรองจากการวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง โดยน้ำที่ผ่านการกรองเป็นปริมาณน้ำอิสระ ซึ่งเป็นน้ำชนิดที่ง่ายต่อการดื่มน้ำออกจากตะกอน ส่วนค่าปริมาณความชื้นในตะกอนที่ค้างอยู่บนกระดาษกรองจะเป็นน้ำที่ดื่มน้ำออกได้ยาก หรือ เบาดวอเทอร์ (Vesilind, 1997) นำค่าปริมาณความชื้นในตะกอน ส่วนนี้มาเปรียบเทียบกับตะกอนหลังปรับสภาพด้วยพลังงานไมโครเวฟ ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพทั้ง 5 แห่ง พบว่า ค่าปริมาณความชื้นในตะกอน ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง มีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 82.35 ซึ่งมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองที่  $13.23 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม และค่าปริมาณความชื้นในตะกอนต่ำสุดที่ร้อยละ 58.82 จากตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา และมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง  $0.28 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ดังนั้นค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองแปรผันตรงกับค่าปริมาณความชื้นในตะกอน ค่าปริมาณความชื้นในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ค่าปริมาณความชื้นในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

#### 4.3 ผลการทดลองที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสำคัญกับความสามารถในการดึงน้ำออกจากตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

จากงานวิจัยอยู่ในส่วนของการทดลองที่ 2 จะหาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดึงน้ำออกจากตะกอนโดยใช้ข้อมูลการทดลองลักษณะพื้นฐานของตะกอนในการทดลองที่ 1 คือ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS) ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Suspended Solids, VSS) ค่าปริมาตรของตะกอนหรือ  $SV_{30}$  (Settled Sludge Volume) ดัชนีปริมาตรตะกอน (Sludge Volume Index, SVI) และ ค่าซีโอดีละลาย (sCOD) โดยในที่นี้จะให้ตัวแปร มี 2 กลุ่มดังนี้

$$\text{ตัวแปรต้น}(X) = \text{TS SS VSS } SV_{30} \text{ SVI sCOD}$$

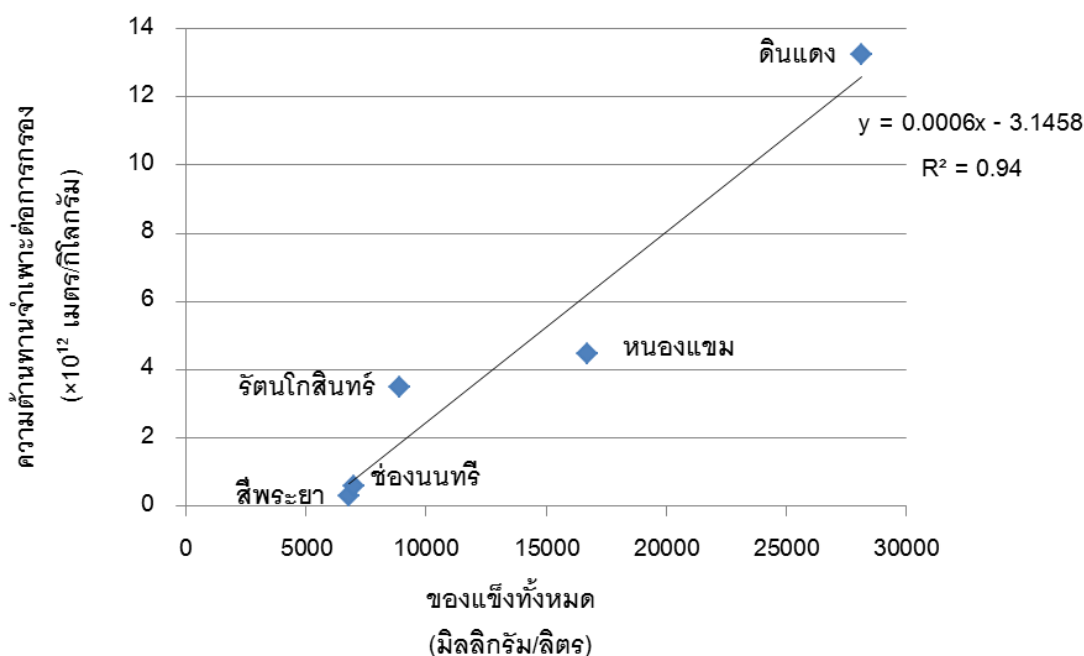
$$\text{ตัวแปรตาม}(Y) = \text{ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง (SRF)}$$

จะมีการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของค่าตัวแปร X ต่างๆ กับค่าตัวแปร Y ในรูปของ  $R^2$  และเมื่อเสร็จสิ้นจะมีการทดสอบ ความสัมพันธ์ของตัวแปร X ที่น่าสนใจกับ ค่าตัวแปร Y โดยใช้ t-test อีกครั้งหนึ่ง

#### 4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าของแข็งทั้งหมดของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

ผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งทั้งหมดกับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อค่าของแข็งทั้งหมดมีค่าสูง ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองมีค่าสูงเช่นกัน และมีความสัมพันธ์ของค่า  $R^2 = 0.94$

โดยพบว่าตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีค่าของแข็งทั้งหมดร้อยละ 2.81 และมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $13.23 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัมและเปรียบเทียบกับตะกอนหนองแขมที่มีค่าของแข็งทั้งหมดร้อยละ 1.67 มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $4.46 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ดังภาพที่ 4.11

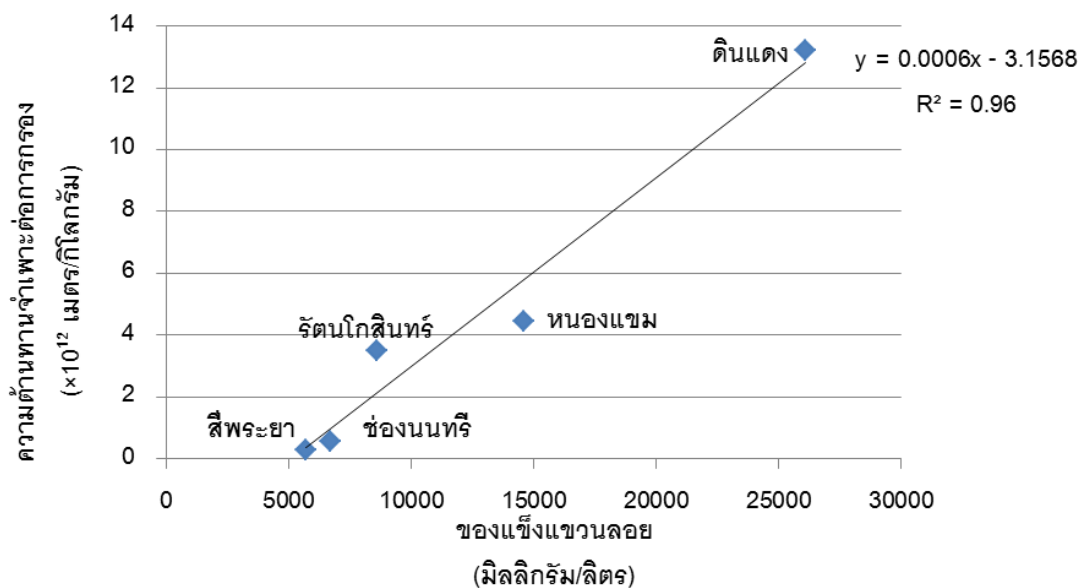


ภาพที่ 4.11: ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งทั้งหมดกับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง

#### 4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าของแข็งแขวนลอยของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

ผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยมีความสัมพันธ์กับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง ไปในทิศทางเดียวกับ ของแข็งทั้งหมดโดย เมื่อค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าสูง ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองมีค่าสูงเช่นกัน และมีความสัมพันธ์ของค่า  $R^2 = 0.96$

ตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีค่าของแข็งแขวนลอยร้อยละ 92.82 ของของแข็งทั้งหมด และมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $13.23 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม และเปรียบเทียบกับตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมที่มีค่าของแข็งแขวนลอยร้อยละ 87.26 ของของแข็งทั้งหมด มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $4.46 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ดังภาพที่ 4.12

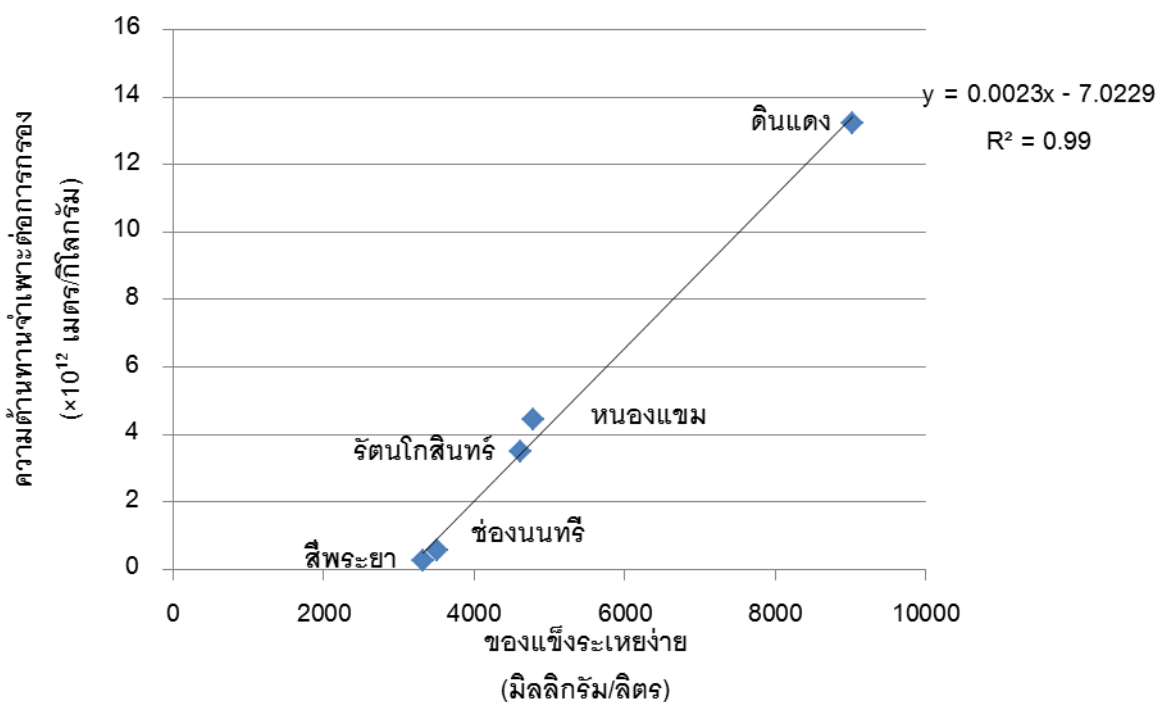


รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งแขวนลอยกับค่าความต้านทานต่อการกรอง

#### 4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าของแข็งระเหยง่ายของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

ผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งระเหยง่ายกับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกล่าวคือ เมื่อค่าของแข็งระเหยง่ายมีค่าสูง ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองมีค่าสูงเช่นกัน และมีความสัมพันธ์ของค่า  $R^2 = 0.99$

โดยพบว่าตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีค่าของแข็งระเหยง่ายร้อยละ 32.12 ของของแข็งทั้งหมด และมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $13.23 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัมและเปรียบเทียบกับตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม มีค่าของแข็งระเหยง่ายร้อยละ 28.56 ของของแข็งทั้งหมด มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $4.46 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ดังภาพที่ 4.13

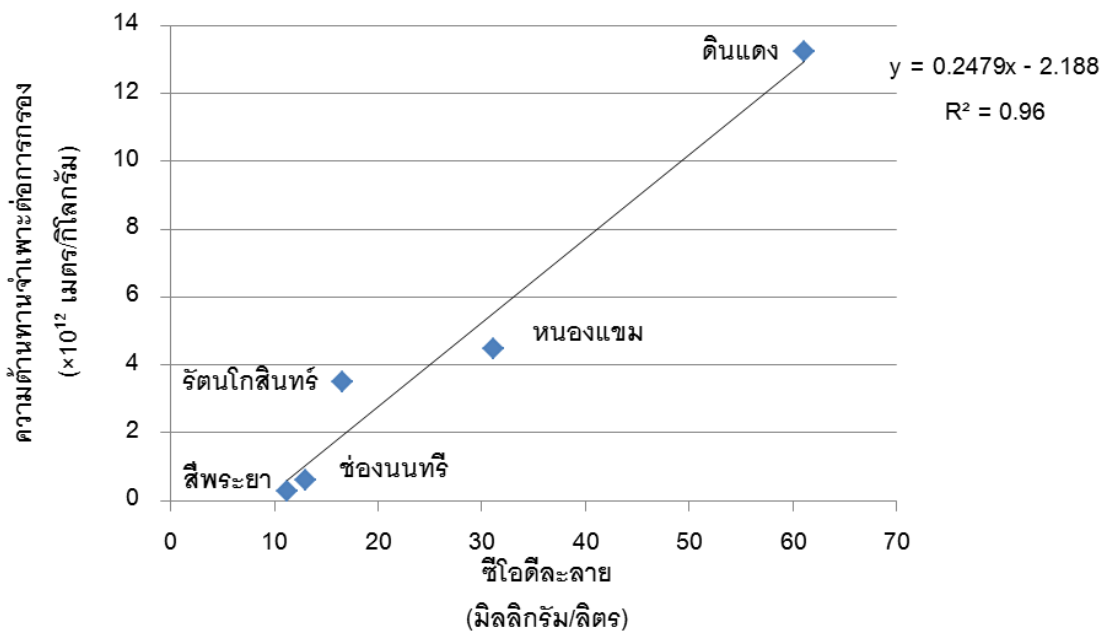


ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งระเหยง่ายกับค่าความต้านทานต่อการกรอง

#### 4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าซีไอดีละลายของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

ผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งทั้งหมด ค่าของแข็งแขวนลอย และค่าของแข็งระเหยง่าย ซึ่งค่าซีไอดีละลายอาจมาจากการสลายตัวของค่าของแข็งทั้งหมดของตะกอน เนื่องจากอาจมีการแตกตัวเป็นของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ทำให้ค่าซีไอดีละลายมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าของแข็งทั้งหมด และมีความสัมพันธ์ของค่า  $R^2 = 0.96$

ค่าซีไอดีละลายของตะกอนจากหนองแขม,ดินแดง,สี่พระยา,รัตนโกสินทร์ และ ชองนนทรี มีค่าเท่ากับ 31.1 61.1 11.2 16.6 และ13.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่าซีไอดีละลาย กล่าวคือเมื่อค่าซีไอดีละลายสูงค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองก็สูงด้วยเช่นกัน กับงานวิจัยของQiang Yu และคณะ,(2010) ที่ได้ทำการทดลองค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองโดยใช้ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน และพบว่าค่าซีไอดีละลายสูงมีผลให้ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองสูง ดังภาพที่ 4.14



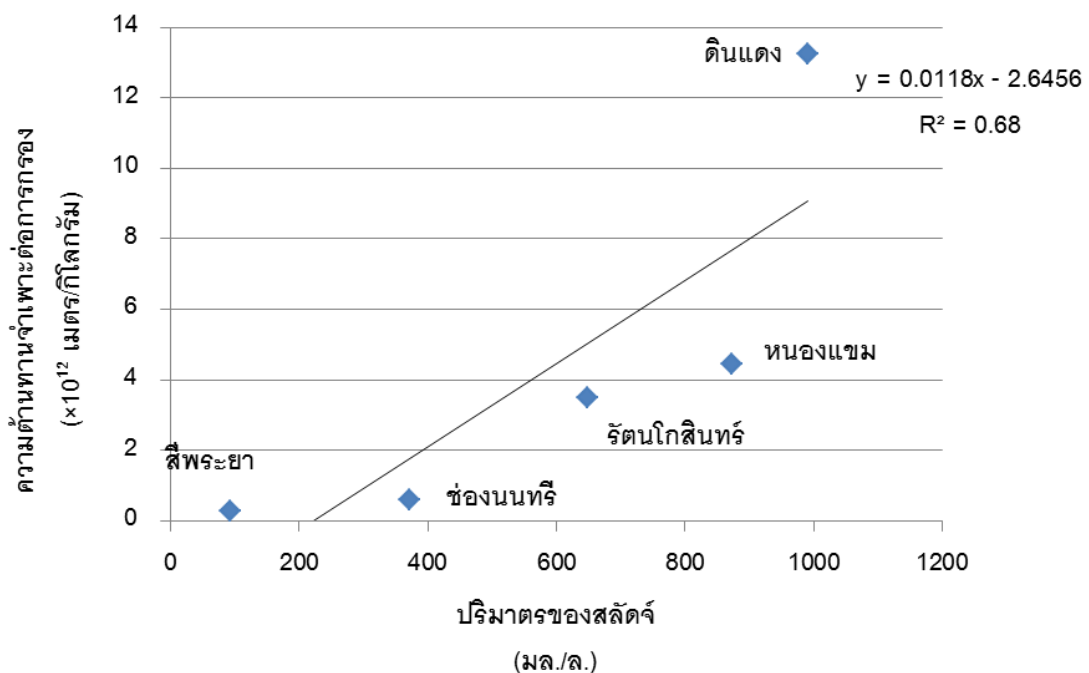
ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีไอดีละลายกับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง



#### 4.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าปริมาตรของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาตรของสลัดจ์ กับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองพบว่าไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจน และมีความสัมพันธ์ของค่า  $R^2 = 0.68$  ซึ่งค่า  $R^2$  มีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ ค่าของแข็งทั้งหมด ค่าของแข็งแขวน ค่าของแข็งระเหยง่าย ซึ่งมีค่าสูงกว่า เป็นต้น

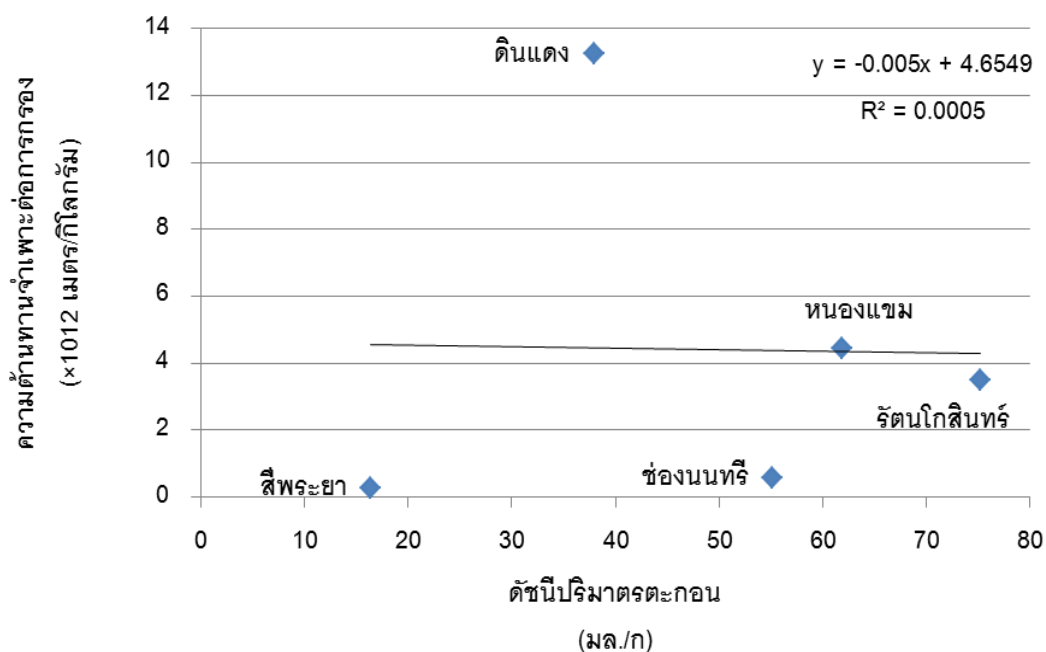
โดยพบว่าตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีค่าปริมาตรของสลัดจ์ 990 มิลลิเมตรต่อลิตรและมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $13.23 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัมและเปรียบเทียบกับตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมที่มีค่าปริมาตรของสลัดจ์เท่ากับ 873 มิลลิเมตรต่อลิตร มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $4.46 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาตรของตะกอนกับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง

#### 4.3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับค่าดัชนี ปริมาตรของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

ตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีค่าดัชนีปริมาตร 37.94 มิลลิลิตรต่อกรัม และมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $13.23 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัมและเปรียบเทียบกับ ตะกอนหนองแขมที่มีค่าดัชนีปริมาตร เท่ากับ 61.82 มิลลิลิตรต่อกรัม มีค่าความต้านทาน จำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $4.46 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ดังภาพที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี ปริมาตร กับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองพบว่าแทบไม่มีความสัมพันธ์ตามค่า  $R^2$



ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีปริมาตรตะกอนกับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง

#### 4.3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับลักษณะพื้นฐานของตะกอน

จากผลการทดลองข้างต้นตามภาพที่ 4.11 – 4.16 พบว่าตัวแปรต้นต่างๆ มีความสัมพันธ์กันกับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง(SRF) ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานจำเพาะต่อการกรองกับลักษณะพื้นฐานของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง

โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสีย	ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	R <sup>2</sup>
โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสีย กรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง	TS	SRF	R <sup>2</sup> = 0.94
โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสีย กรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง	SS	SRF	R <sup>2</sup> = 0.96
โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสีย กรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง	TVSS	SRF	R <sup>2</sup> = 0.99
โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสีย กรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง	SCOD	SRF	R <sup>2</sup> = 0.96
โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสีย กรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง	SV <sub>30</sub>	SRF	R <sup>2</sup> = 0.68
โรงควบคุมคุณภาพน้ำเสีย กรุงเทพฯทั้ง 5 แห่ง	SVI	SRF	R <sup>2</sup> = 0.0005

เมื่อพิจารณาจากค่า  $R^2$  ของ TS SS VSS  $SV_{30}$  SVI sCOD พบว่าตัวแปรต้นจากการวิเคราะห์ห้ตะกอนพื้นฐานของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯ ที่มีค่า  $R^2$  สูง มีพารามิเตอร์ดังนี้ SS VSS sCOD โดยเราได้ทำการตัดตัวค่า SS ออกไปเนื่องจากค่า  $R^2$  ของค่า VSS มีค่าเท่ากับ 0.99 และตัว VSS ก็เป็นส่วนหนึ่งของ SS อยู่แล้ว

จึงได้นำตัวแปร X สองตัวคือ ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย กับค่าซีไอดีละลาย มาเข้าสมการเพื่อ ยืนยันว่าตัวแปรทั้งสองมีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานต่อการกรองจริง โดยพิจารณาค่า Significance ที่มากกว่า 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้โปรแกรม SPSS 17.0 for Windows(Statistical Package for the Social Sciences)ดังภาพที่ 4.17

Model		Coefficients <sup>a</sup>						
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	-6.722	.293		-22.955	.000	-7.305	-6.140
	TVSS	.002	.000	.976	40.838	.000	.002	.002
2	(Constant)	-4.893	.381		-12.833	.000	-5.651	-4.134
	TVSS	.001	.000	.557	7.927	.000	.001	.002
	sCOD	.110	.018	.437	6.223	.000	.075	.145

a. Dependent Variable: SRF

ภาพที่ 4.17 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของโปรแกรม SPSS 17.0

เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ค่าัยสำคัญพบว่าทั้ง 2 ตัว แปรคือ ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย กับค่าซีไอดีละลาย มีความสัมพันธ์อย่างมีัยสำคัญกับค่าความต้านจำเพาะต่อการกรอง ทางสถิติแบบ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

#### 4.4 ผลการทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกจากตะกอนโดยใช้สารโพลีเมอร์และคลื่นไมโครเวฟ

##### 4.4.1 ศึกษาประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกด้วยคลื่นไมโครเวฟ

การใช้คลื่นไมโครเวฟ ซึ่งเป็นการให้ความร้อนกับตะกอน โดยการแผ่คลื่นความถี่ไมโครเวฟ โดยปกติจะใช้ช่วงความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ตซ์ (หรือ ความยาวคลื่น 12.24 เซนติเมตร) ผ่านเข้าไปในตะกอน โมเลกุลของน้ำ จะดูดซับพลังงานของคลื่นที่ผ่านเข้าไปและเกิดเป็นความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ 500 600 และ 900 วัตต์ ในระยะเวลา 60 100 และ 120 วินาที

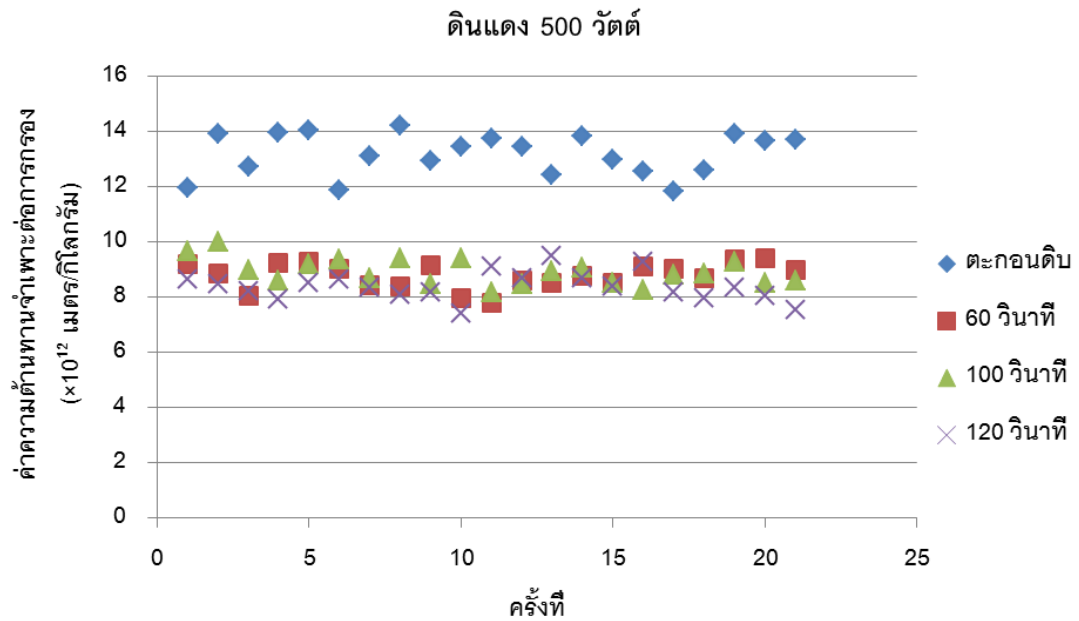
##### 4.4.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง (Specific resistance to filtration, SRF) กับประสิทธิภาพการดึงน้ำออกของตะกอน

ตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนเป็นดัชนีที่สำคัญตัวหนึ่ง ในการวัดประสิทธิภาพการดึงน้ำออกจากตะกอน โดยค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองสะท้อนถึงความสามารถในการกรอง ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ

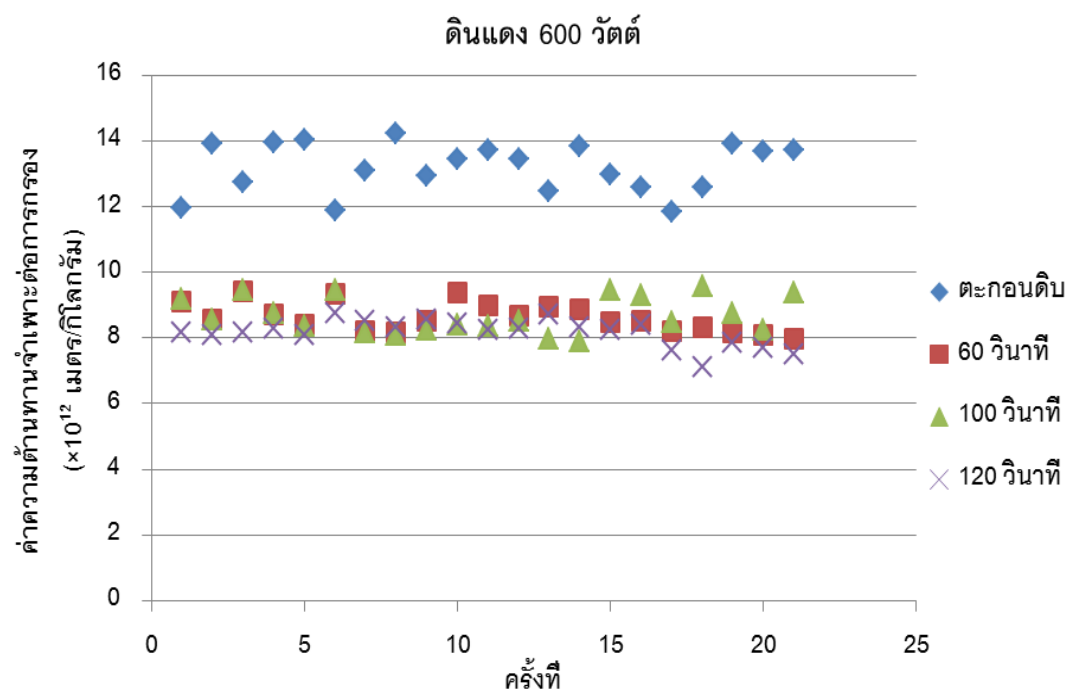
ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60 100 และ 120 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $8.78 \times 10^{12}$   $8.92 \times 10^{12}$  และ  $8.39 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม ตามลำดับ มีความแตกต่างกันจากตะกอนดิบที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $13.20 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามภาพที่ 4.18

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $8.62 \times 10^{12}$   $8.69 \times 10^{12}$  และ  $8.16 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ตามภาพที่ 4.19

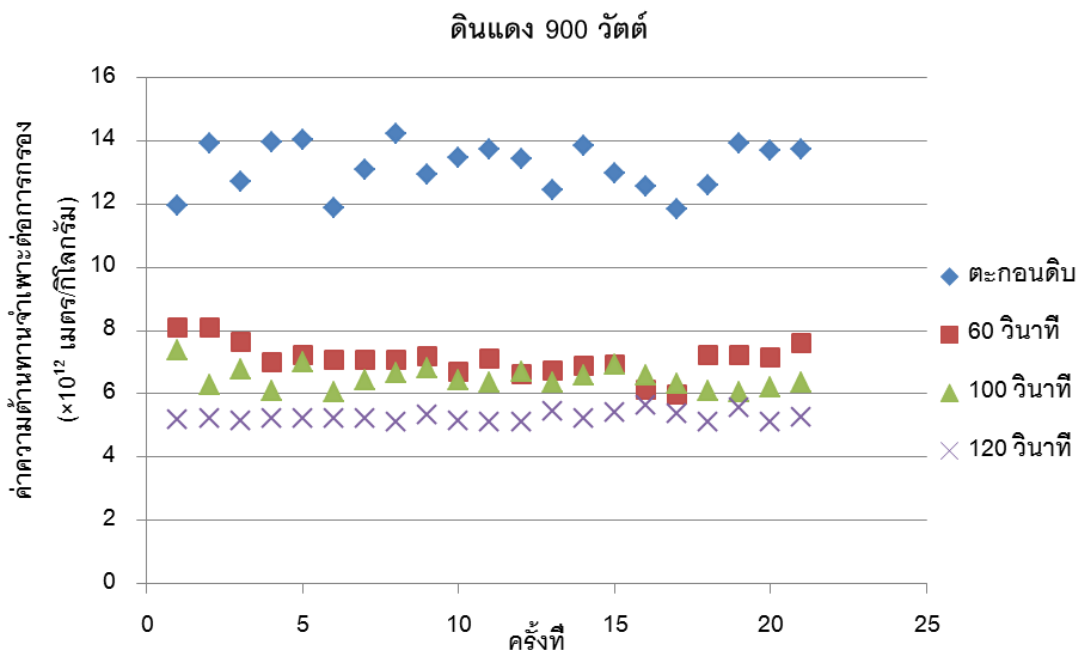
ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 ตามภาพที่ 4.21 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $7.08 \times 10^{12}$   $6.50 \times 10^{12}$  และ  $5.26 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองแตกต่างกับตะกอนก่อนการปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 60.15



ภาพที่ 4.18 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนดินแดงที่คลื่นไมโครเวฟที่ 500



ภาพที่ 4.19 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนดินแดงที่คลื่นไมโครเวฟที่ 600



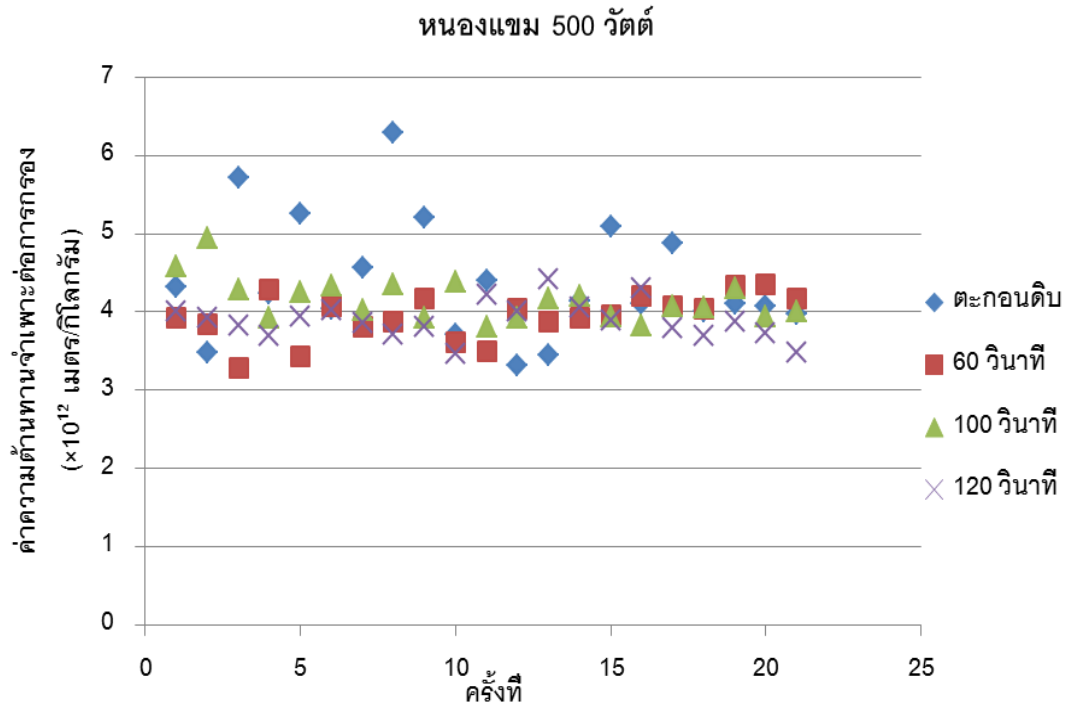
ภาพที่ 4.20 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนดินแดงที่คลื่นไมโครเวฟที่ 900

ตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ตะกอนตัวอย่างจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีค่าของแข็งทั้งหมดต่ำกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง มีค่าเท่ากับ  $16,734 \pm 372.87$  มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองจึงต่ำกว่าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ดังนี้

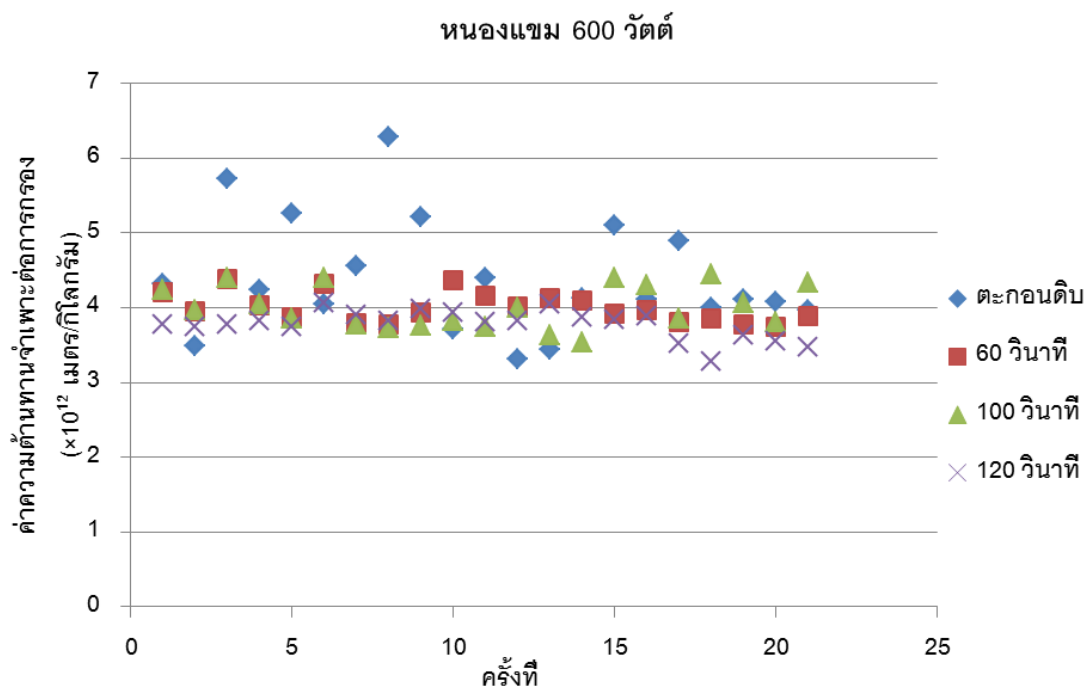
ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60 100 และ 120 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $3.94 \times 10^{12}$   $4.15 \times 10^{12}$  และ  $3.89 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีความแตกต่างกันจากตะกอนดิบที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ มีค่า  $4.4 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัมตามภาพที่ 4.21

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $3.99 \times 10^{12}$   $4.00 \times 10^{12}$  และ  $3.77 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับตามภาพที่ 4.22

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60 100 และ 120 ตามภาพที่ 4.23 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $3.27 \times 10^{12}$   $3.01 \times 10^{12}$  และ  $2.88 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองแตกต่างกับตะกอนก่อนการปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 34.54

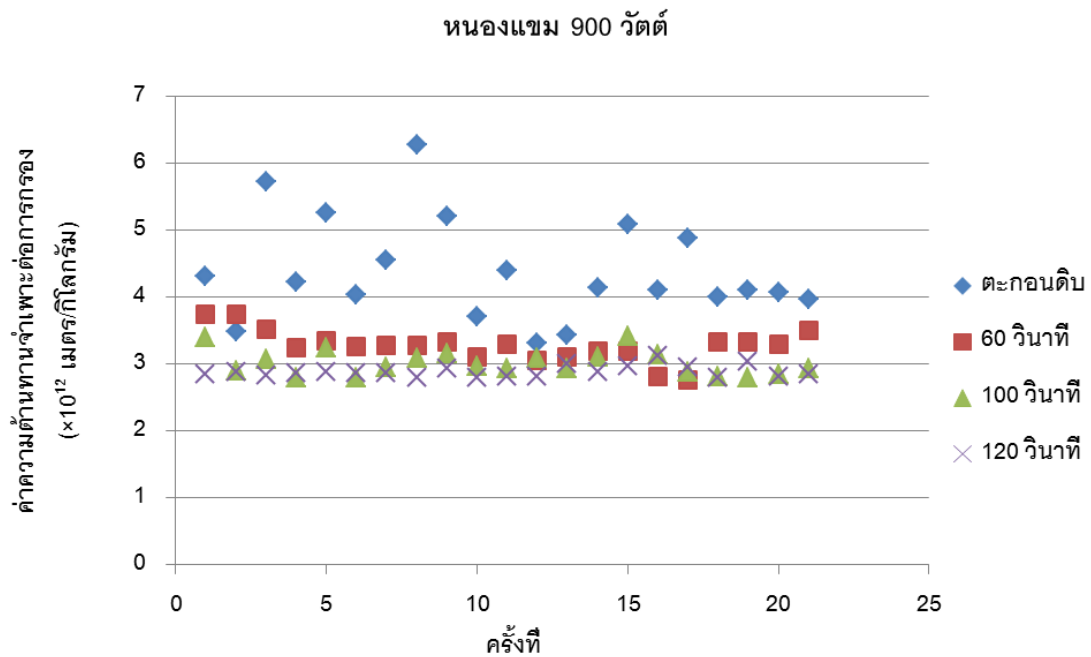


ภาพที่ 4.21 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนหนองแขมที่คลื่นไมโครเวฟที่ 500



ภาพที่ 4.22 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนหนองแขมที่คลื่นไมโครเวฟที่ 600





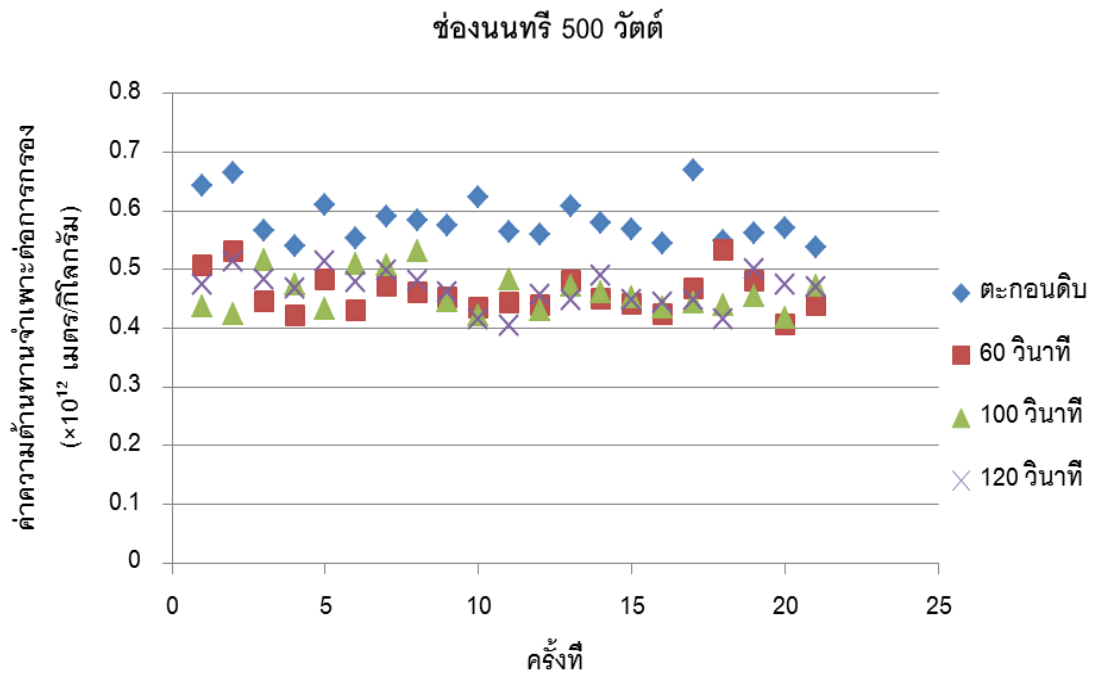
ภาพที่ 4.23 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนหนองแขมที่คลื่นไมโครเวฟที่ 900

โรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ

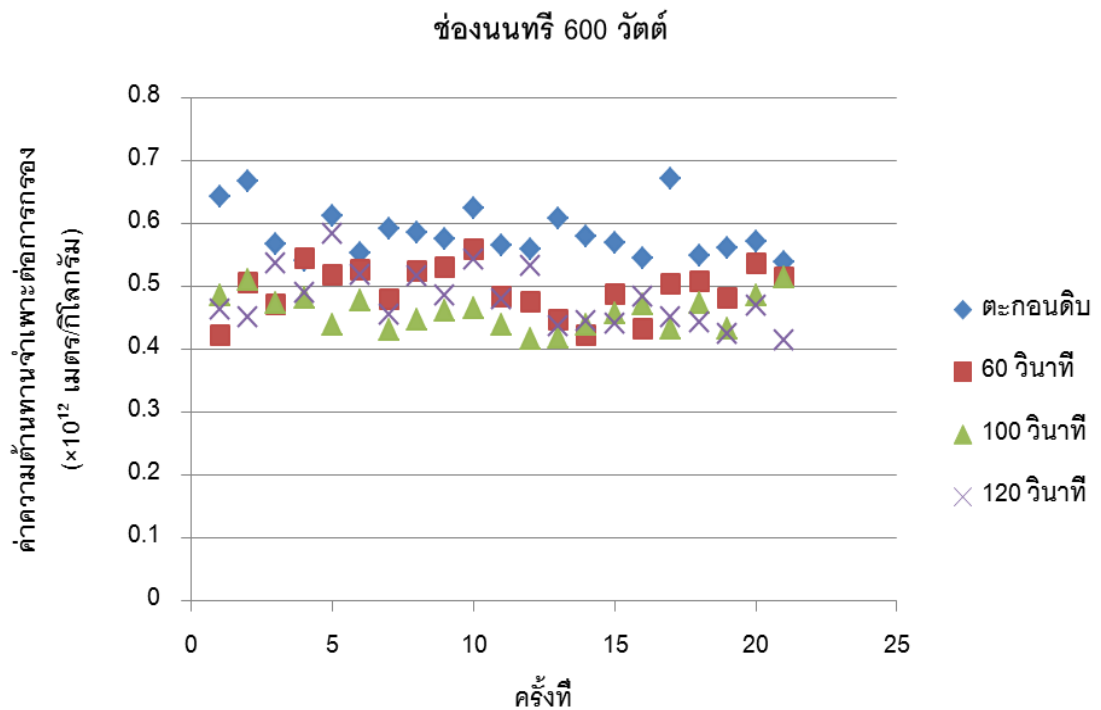
ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60 100 และ 120 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $0.45 \times 10^{12}$   $0.46 \times 10^{12}$  และ  $0.46 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีความแตกต่างกันจากตะกอนดิบที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ มีค่า  $0.58 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัมตามภาพที่ 4.24

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60 100 และ 120 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $0.49 \times 10^{12}$   $0.45 \times 10^{12}$  และ  $0.47 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับตามภาพที่ 4.25

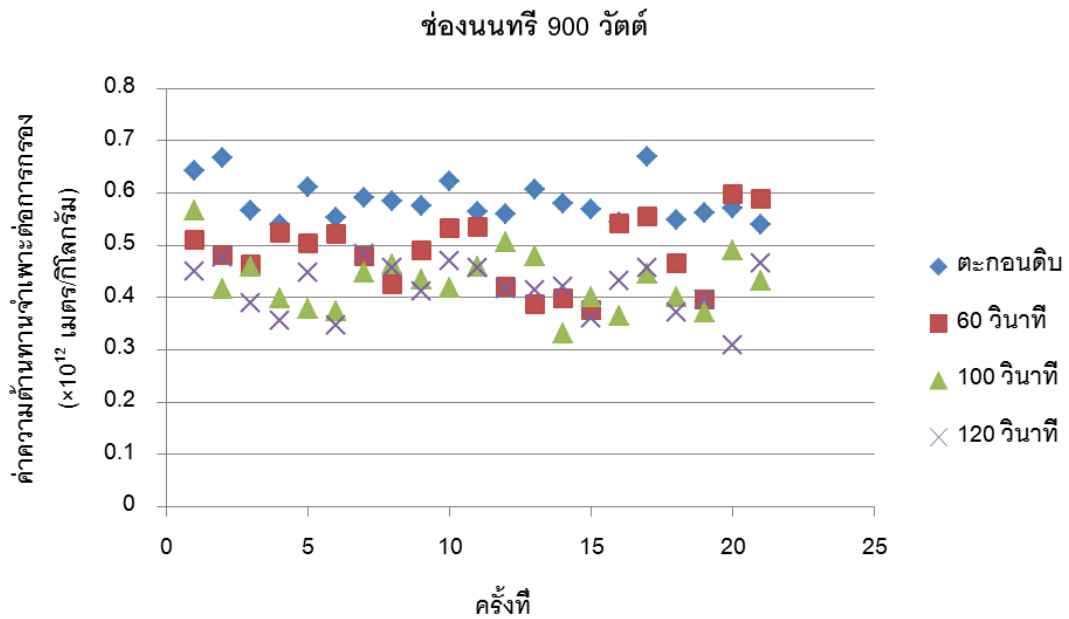
ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 ตามภาพที่ 4.26 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $0.48 \times 10^{12}$   $0.43 \times 10^{12}$  และ  $0.41 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองแตกต่างกับตะกอนก่อนการปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 29.31



ภาพที่ 4.24 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนช่องนนทรีที่คลื่นไมโครเวฟที่ 500



ภาพที่ 4.25 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนช่องนนทรีที่คลื่นไมโครเวฟที่ 600



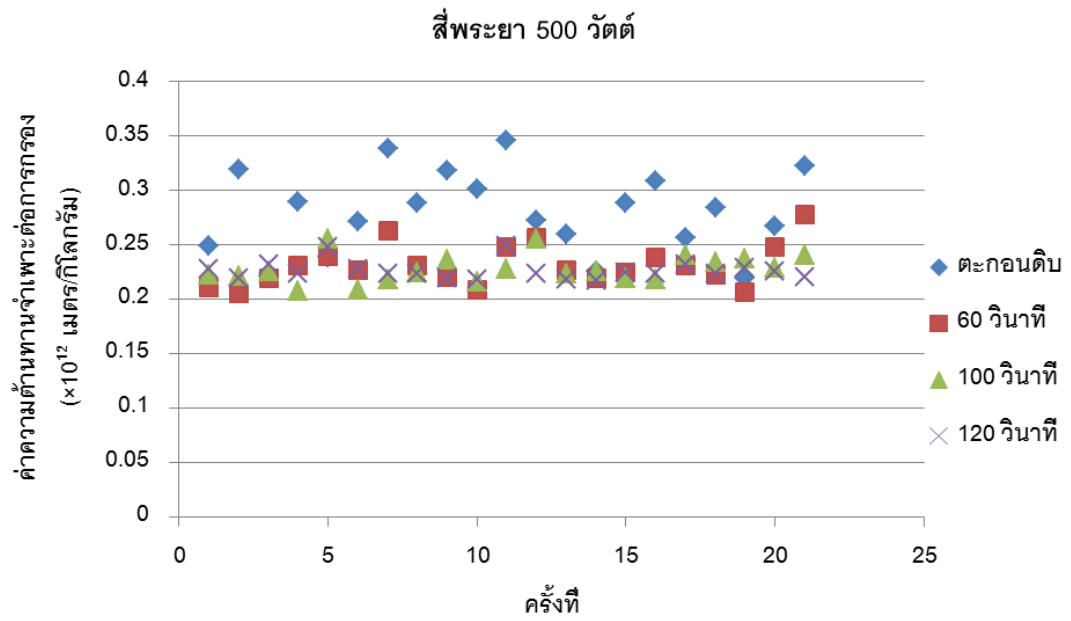
ภาพที่ 4.26 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนช่องนนทรีที่คลื่นไมโครเวฟที่ 900

โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา มีค่าของแข็งทั้งหมดต่ำที่สุดที่เท่ากับ  $6,804 \pm 95.39$  มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าของแข็งระเหยง่ายต่ำที่สุดเท่ากับ  $3,328 \pm 92.38$  มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ดังนี้

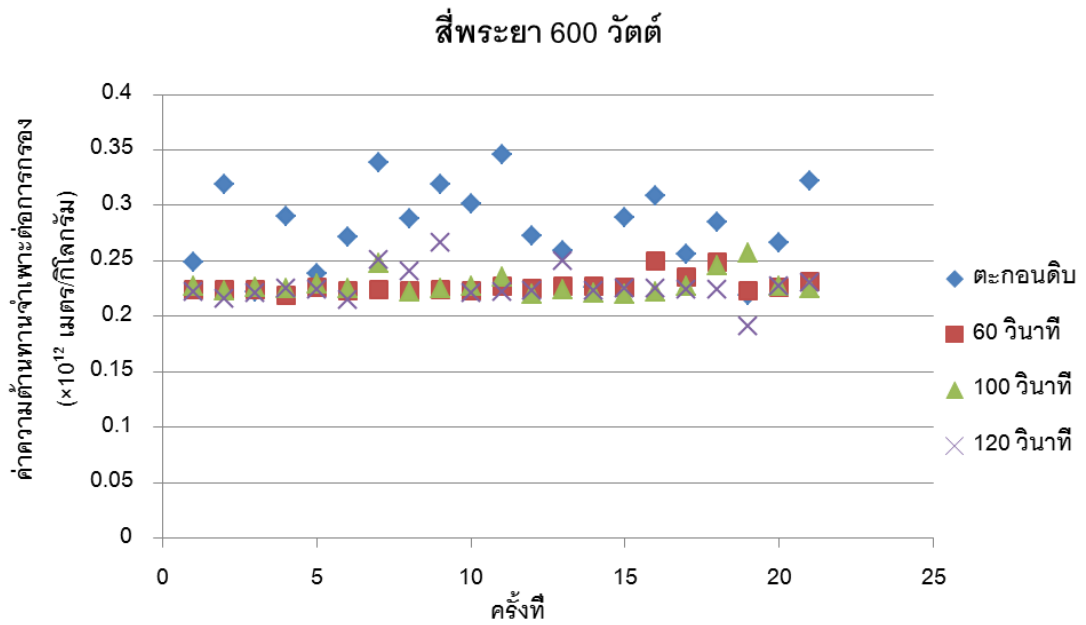
ที่ 500 วัดต์ในระยะเวลา 60, 100 และ 120 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $0.23 \times 10^{12}$   $0.21 \times 10^{12}$  และ  $0.22 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีความแตกต่างกันจากตะกอนดิบที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ มีค่า  $0.28 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัมตามภาพที่ 4.27

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัดต์ในระยะเวลา 60, 100 และ 120 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $0.22 \times 10^{12}$   $0.22 \times 10^{12}$  และ  $0.22 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับตามภาพที่ 4.28

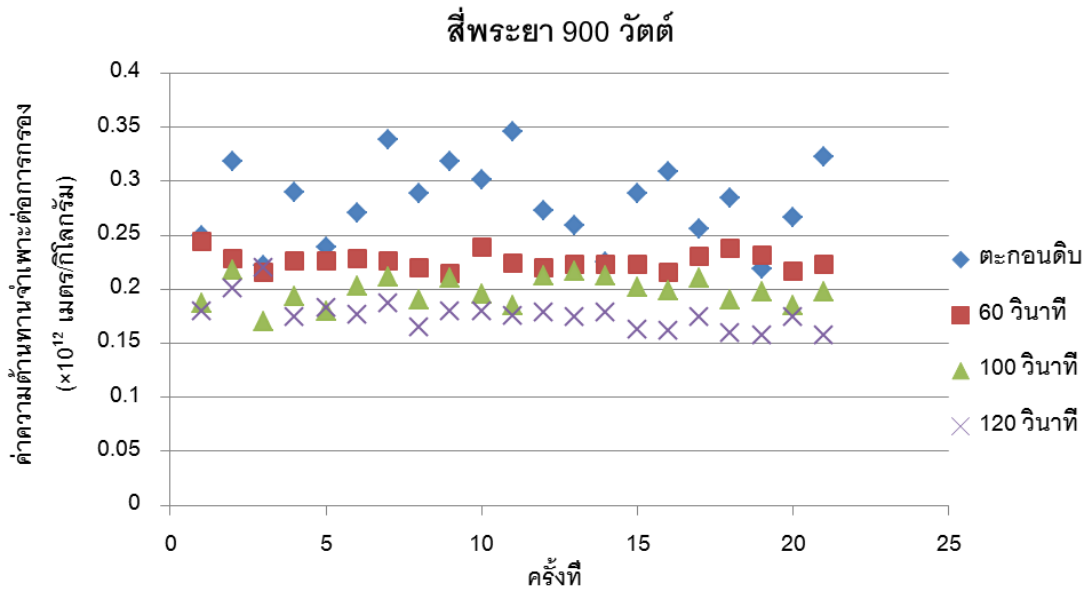
ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัดต์ในระยะเวลา 60, 100 และ 120 ตามภาพที่ 4.29 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $0.22 \times 10^{12}$   $0.19 \times 10^{12}$  และ  $0.17 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองแตกต่างกับตะกอนก่อนการปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 39.28



ภาพที่ 4.27 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนสี่พระยาที่คลื่นไมโครเวฟที่ 500



ภาพที่ 4.28 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนสี่พระยาที่คลื่นไมโครเวฟที่ 600



ภาพที่ 4.29 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนสี่พระยาที่คลื่นไมโครเวฟที่ 900

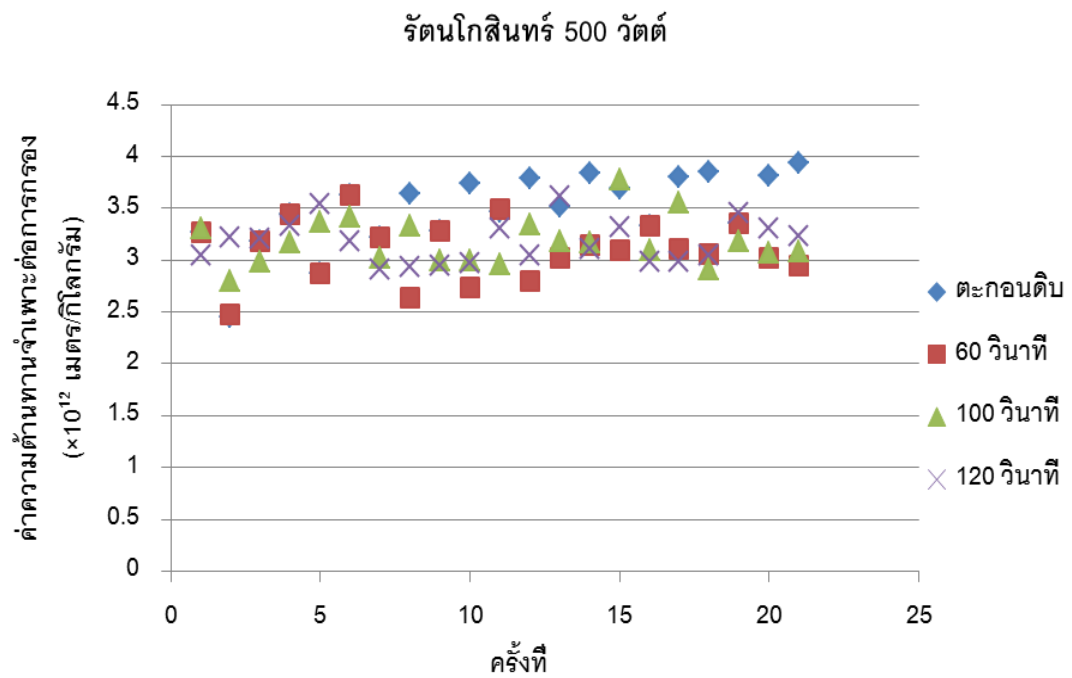
โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ดังนี้ ที่ 500 วัดต์ในระยะเวลา 60 100 และ 120 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $3.10 \times 10^{12}$   $3.17 \times 10^{12}$  และ  $3.17 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีความแตกต่างกันจากตะกอนดิบที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ มีค่า  $3.48 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัมตามภาพที่ 4.30

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัดต์ในระยะเวลา 60 100 และ 120 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $3.13 \times 10^{12}$   $3.01 \times 10^{12}$  และ  $2.93 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับตามภาพที่ 4.31

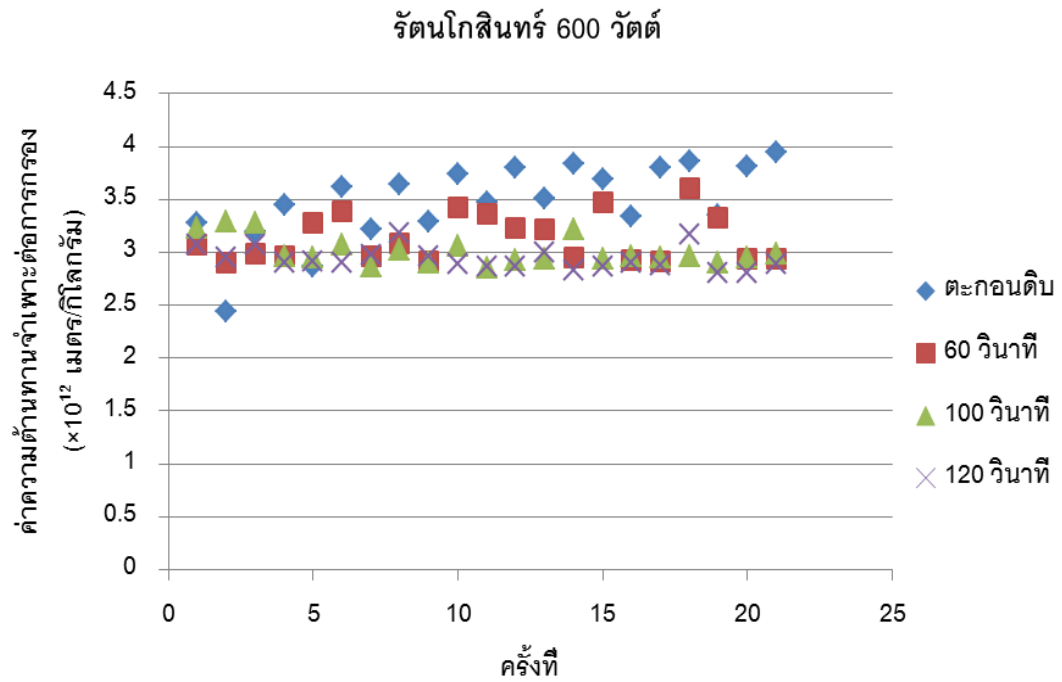
ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัดต์ในระยะเวลา 60 100 และ 120 ตามภาพที่ 4.32 โดยมีค่า SRF เฉลี่ย  $2.48 \times 10^{12}$   $2.09 \times 10^{12}$  และ  $1.92 \times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองแตกต่างกับตะกอนก่อนการปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 44.83

พบว่าประสิทธิภาพในการลดค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองดีที่สุดที่ 900 วัดต์ ที่ระยะเวลา 120 วินาที อยู่ที่ตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง โดยมีประสิทธิภาพในการดั่งน้ำออกประมาณร้อยละ 60 โดยตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีค่าของแข็งทั้งหมด และค่าของแข็งแขวนลอยสูงสุด

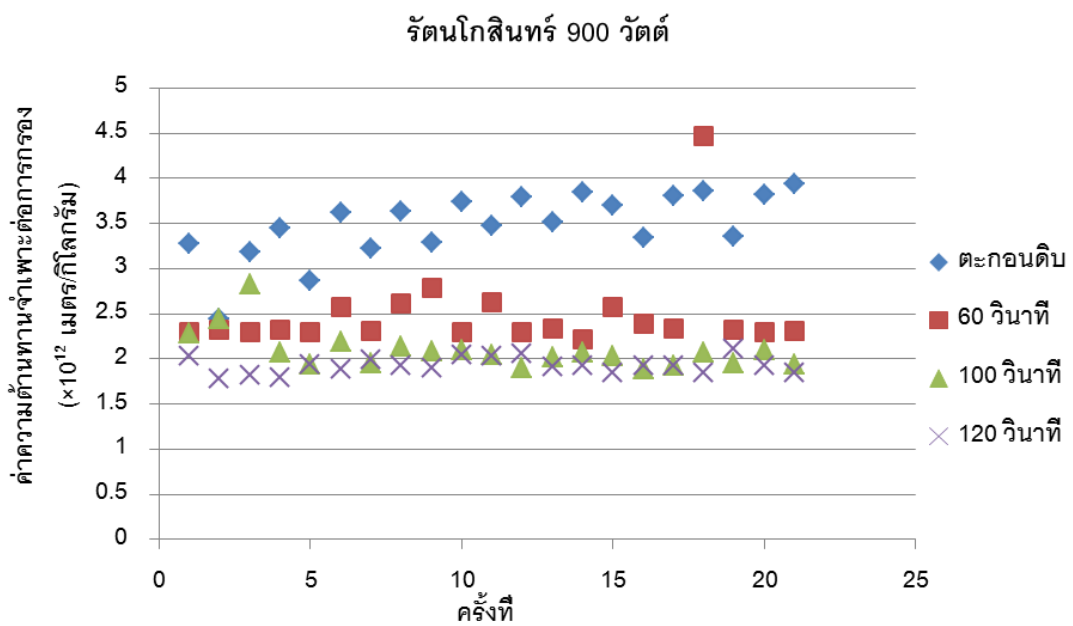
จากงานวิจัยพบว่าที่พลังงานไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ อาจยังไม่ใช่ที่เหมาะสมที่สุด เพราะหากมีพลังงานไมโครเวฟที่มากขึ้นกว่า 900 วัตต์ ก็อาจจะได้ผลที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ ถูกจำกัดโดยอุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องตลาด



ภาพที่ 4.30 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนรัตนโกสินทร์ที่คลื่นไมโครเวฟที่ 500



ภาพที่ 4.31 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนรัตนโกสินทร์ที่คลื่นไมโครเวฟที่ 600



ภาพที่ 4.32 ผลของค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนรัตนโกสินทร์ที่คลื่นไมโครเวฟที่ 900

#### 4.4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นไมโครเวฟกับปริมาณความชื้นในตะกอน

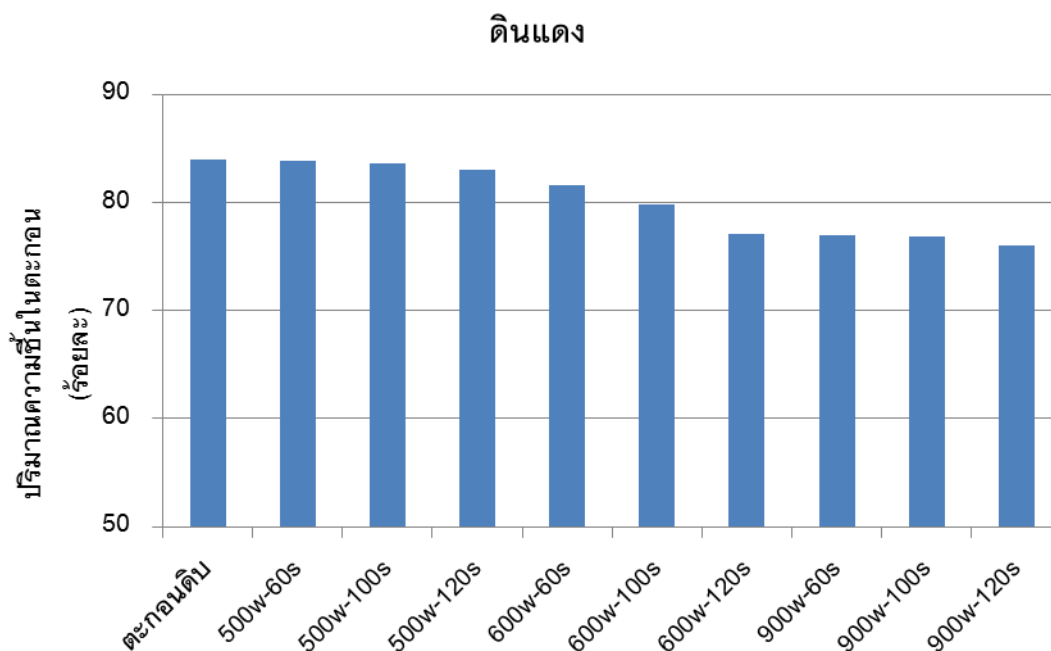
จากงานวิจัย โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงพบว่าปริมาณความชื้นในตะกอน ก่อนการปรับปรุงสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ มีค่าเท่ากับร้อยละ 84.02 เมื่อผ่านการปรับปรุงตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในตะกอน โดยน้ำในตะกอนลดลงเรื่อยๆตามลำดับดังภาพที่ 4.33

โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าของปริมาณน้ำคงค้างในตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีเฉลี่ยร้อยละ 83.97 83.61 และ 82.97 ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 81.61 79.82 และ 77.06 ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 76.98 76.85 และ 75.99 ตามลำดับ แสดงว่าตะกอนง่ายต่อการดึงน้ำออกมากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงอยู่ที่ระยะเวลา 120 วินาที ระดับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 9.56





ภาพที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำคงค้างในตะกอนค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

จากงานวิจัย โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมพบว่าปริมาณความชื้นในตะกอน ก่อนการปรับปรุงสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ มีค่าเท่ากับร้อยละ 78.34 เมื่อผ่านการปรับปรุงตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในตะกอน โดยน้ำในตะกอนลดลงเรื่อยๆตามลำดับ ดังภาพที่ 4.34

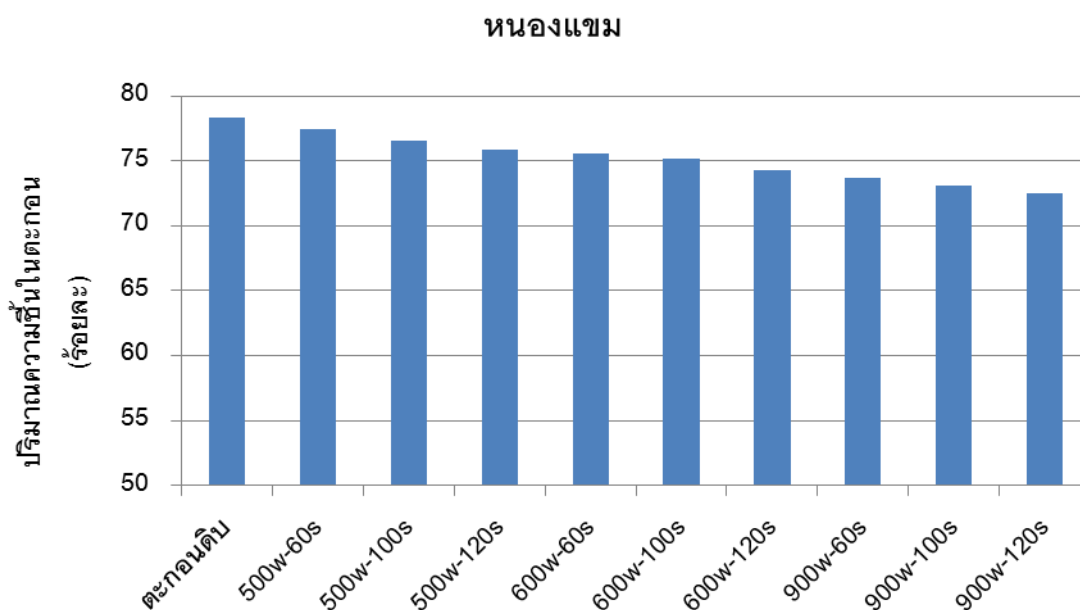
โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าของปริมาณความชื้นในตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีเฉลี่ยร้อยละ 77.43 76.60 และ 75.81 ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 75.59 75.18 และ 74.33 ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 73.69 73.14 และ 72.50 ตามลำดับ ดังนั้นค่าปริมาณความชื้น

ในตะกอนลดลง โดยแปรผันตรงกับระดับพลังงานไมโครเวฟและระยะเวลา ในทิศทางที่สอดคล้องกันอย่างมากกับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง กล่าวคือ

ปริมาณความชื้นในตะกอนมากค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองมากแสดงว่าดิ่งน้ำออกได้ยาก เมื่อปรับปรุงตะกอนโดยคลื่นไมโครเวฟ ปริมาณความชื้นในตะกอนลดลงค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองลดลง แสดงว่าตะกอนง่ายต่อการดิ่งน้ำออกมากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงตะกอนหนองแขมอยู่ที่ ระยะเวลา 120 วินาที ระดับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 7.45



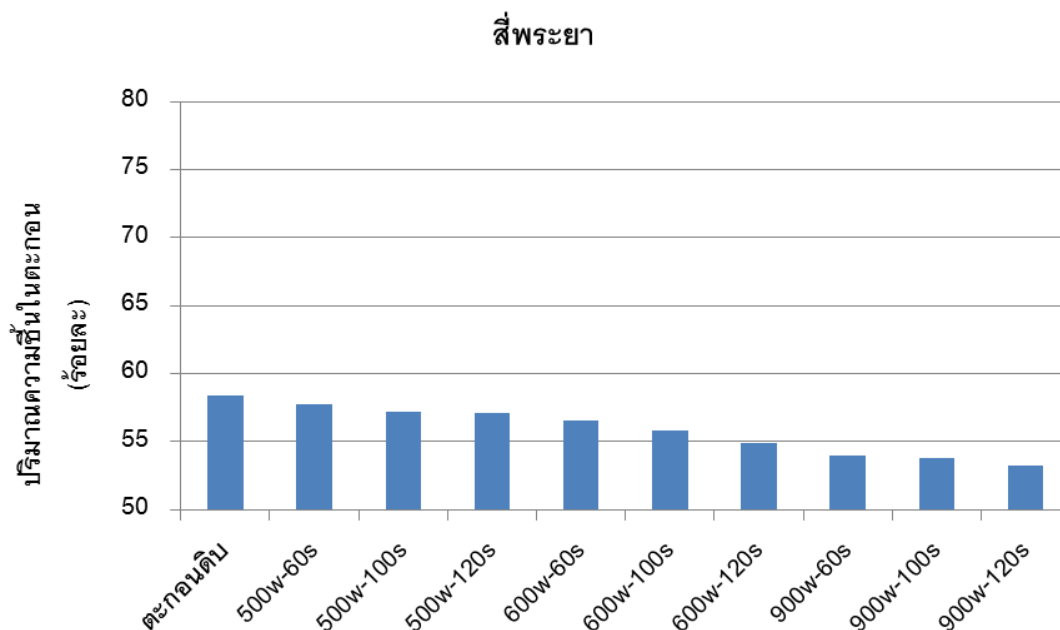
ภาพที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในตะกอนค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

จากงานวิจัย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาพบว่าปริมาณน้ำคั่งค้างในตะกอน ก่อนการปรับปรุงสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ มีค่าเท่ากับร้อยละ 58.41 เมื่อผ่านการปรับปรุงตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในตะกอน โดยน้ำในตะกอนลดลงเรื่อยๆตามลำดับ ดังภาพที่ 4.35

โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าของปริมาณน้ำคั่งค้างในตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีเฉลี่ยร้อยละ 57.69 57.16 และ 57.04 ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 56.53 55.83 และ 54.84 ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 53.93 53.76 และ 53.25 ตามลำดับ แสดงว่าตะกอนง่ายต่อการดื่มน้ำออกมากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยาอยู่ที่ระยะเวลา 120 วินาที ระดับพลังงานคลีนไมโครเวฟ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 8.83



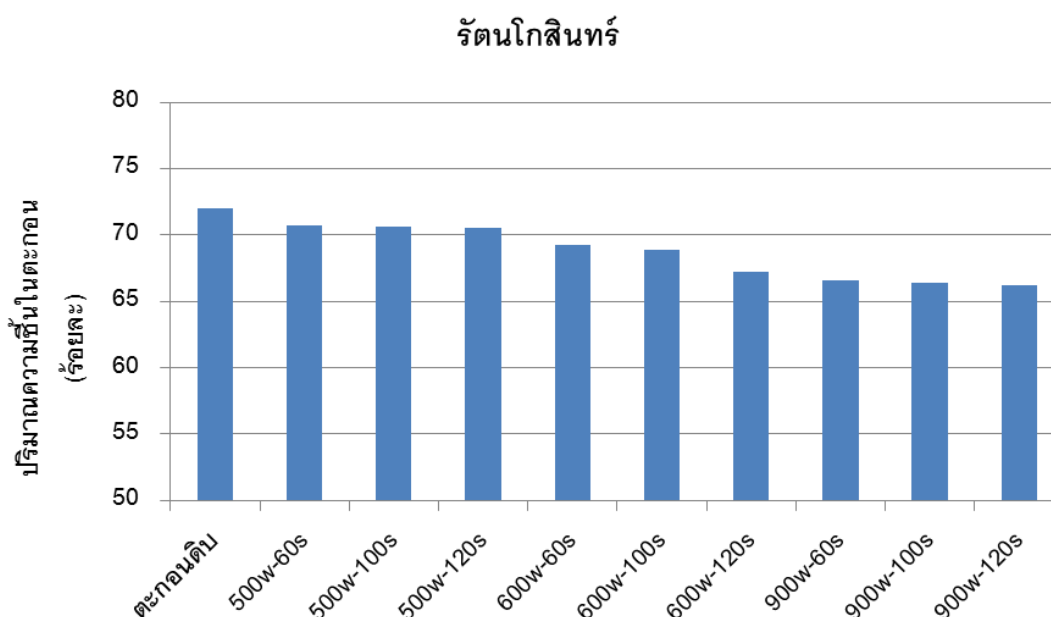
ภาพที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความขุ่นในตะกอนค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา

จากงานวิจัย โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์พบว่าปริมาณน้ำคั่งค้างในตะกอน ก่อนการปรับปรุงสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ มีค่าเท่ากับร้อยละ 72.03 เมื่อผ่านการปรับปรุงตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำคั่งค้างในตะกอน โดยน้ำคั่งค้างในตะกอนลดลงเรื่อยๆตามลำดับดังภาพที่ 4.36

โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าของปริมาณความขุ่นในตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีเฉลี่ยร้อยละ 70.68 70.58 และ 70.54 ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 69.26 68.87 และ 67.2 ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 66.54 66.38 และ 66.18 ตามลำดับ ปริมาณน้ำค้างค้างในตะกอนลดลงค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองลดลง แสดงว่าตะกอนง่ายต่อการดึงน้ำออกมากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์อยู่ที่ ระยะเวลา 120 วินาที ระดับพลังงานคลีนไมโครเวฟ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 8.83



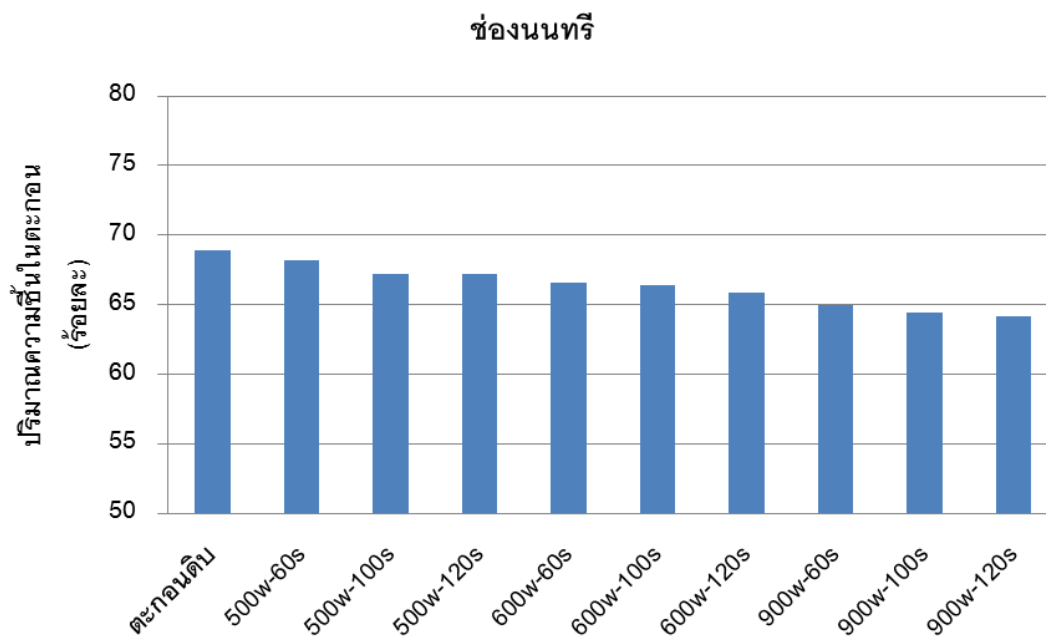
ภาพที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในตะกอนค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

จากงานวิจัย โรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทบุรี พบว่าปริมาณน้ำค้างค้างในตะกอน ก่อนการปรับปรุงสภาพตะกอนด้วยคลีนไมโครเวฟ มีค่าเท่ากับร้อยละ 68.91 เมื่อผ่านการปรับปรุงตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำค้างค้างในตะกอน โดยน้ำในตะกอนลดลงเรื่อยๆ ตามลำดับดังภาพที่ 4.37

โรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทบุรี ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าของปริมาณความชื้นในตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีเฉลี่ยร้อยละ 68.23 67.20 และ 67.25 ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 66.56 66.37 และ 65.83 ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 64.98 64.40 และ 64.13 ตามลำดับ แสดงว่าตะกอนง่ายต่อการดึงน้ำออกมากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรีอยู่ที่ระยะเวลา 120 วินาที ระดับพลังงานคลีนไมโครเวฟ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 6.94



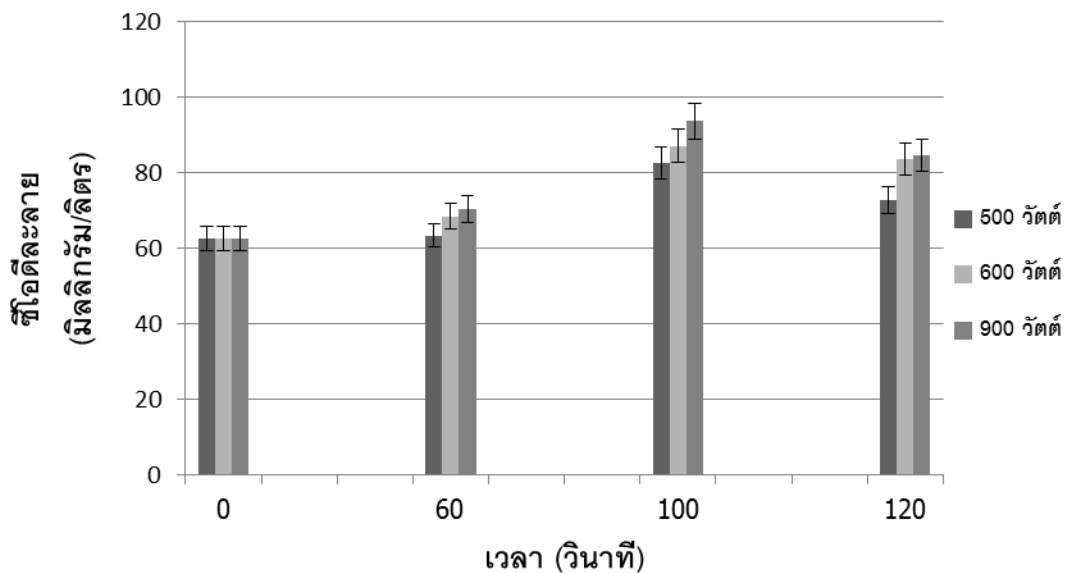
ภาพที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำค้างค้างในตะกอนค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี

#### 4.4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคลีนไมโครเวฟกับซีโอดีละลาย

โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีละลายของตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีโอดีละลายเฉลี่ย 63.46 82.66 และ 72.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันจากตะกอนดิบที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ มีค่า 62.62 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีโอดีละลายเฉลี่ย 68.46 87.16 และ 83.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีไอดีละลายเฉลี่ย 70.46 93.67 และ 84.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับดังภาพที่ 4.38 มีค่าซีไอดีละลายแตกต่างกับตะกอนก่อนการปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยค่าซีไอดีละลายจะเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับระดับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ และระยะเวลาโดยจะ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงตะกอนอยู่ที่ ระยะเวลา 100 วินาที ระดับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 49.58



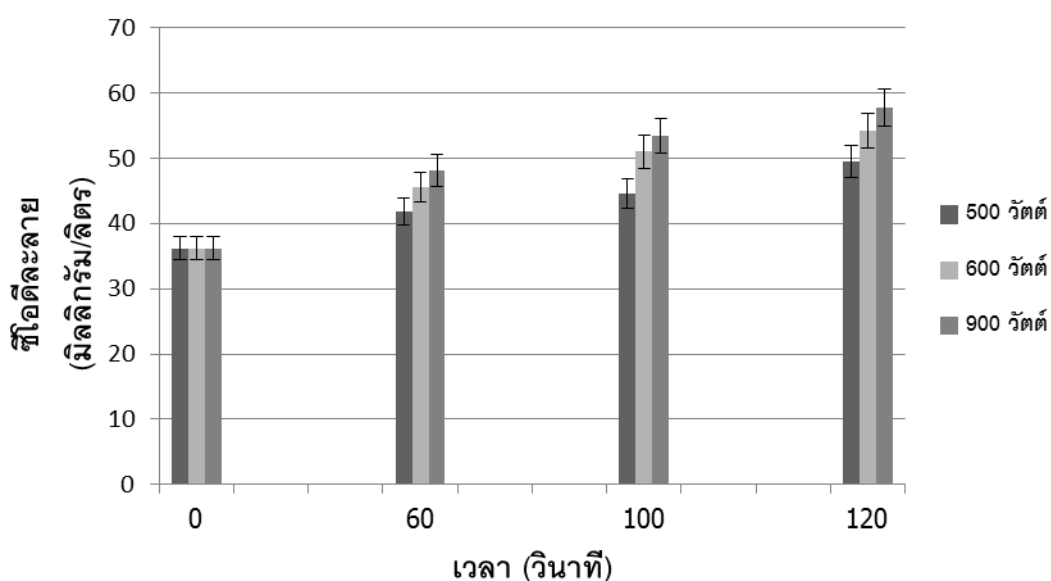
ภาพที่ 4.38 ผลของค่าซีไอดีละลายต่อระดับคลื่นไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่างๆของตะกอนดินแดง

ค่าซีไอดีละลายมักถูกใช้ในการประเมินประสิทธิภาพในการย่อยสลายตัวของตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ค่าซีไอดีละลายในตะกอนน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแวม เดิมมีค่าเท่ากับ 36.17 มิลลิกรัม/ลิตร ดังภาพที่ 4.39 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของค่าซีไอดีละลาย ในระหว่างตะกอนที่ผ่านการปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ ผลที่ได้จะเห็นว่าค่าซีไอดีละลาย เพิ่มขึ้นและค่อยเพิ่มตามระยะเวลา และระดับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ การเพิ่มขึ้นของซีไอดีละลาย อาจเกิดจากโครงสร้างของตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงและปล่อยพวก โปรตีนและน้ำตาลออกมากลายเป็นสารละลายในตะกอน(Eskicioglu, 2006)

โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแวม ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าซีไอดีละลายของ ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีไอดีละลายเฉลี่ย 41.82 44.53 และ 49.49 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันจากตะกอนดิบที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ มีค่า 36.17 มิลลิกรัม/ลิตร

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีไอดีละลายเฉลี่ย 45.62 51.03 และ 54.19 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีไอดีละลายเฉลี่ย 48.12 53.43 และ 57.79 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีค่าซีไอดีละลายแตกต่างกับตะกอนก่อนการปรับปรุงตะกอนด้วยคลีนไมโครเวฟ โดยค่าซีไอดีละลายจะเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับระดับพลังงานคลีนไมโครเวฟ และระยะเวลาโดยจะ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงตะกอนอยู่ที่ ระยะเวลา 120 วินาที ระดับพลังงานคลีนไมโครเวฟ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 59.77

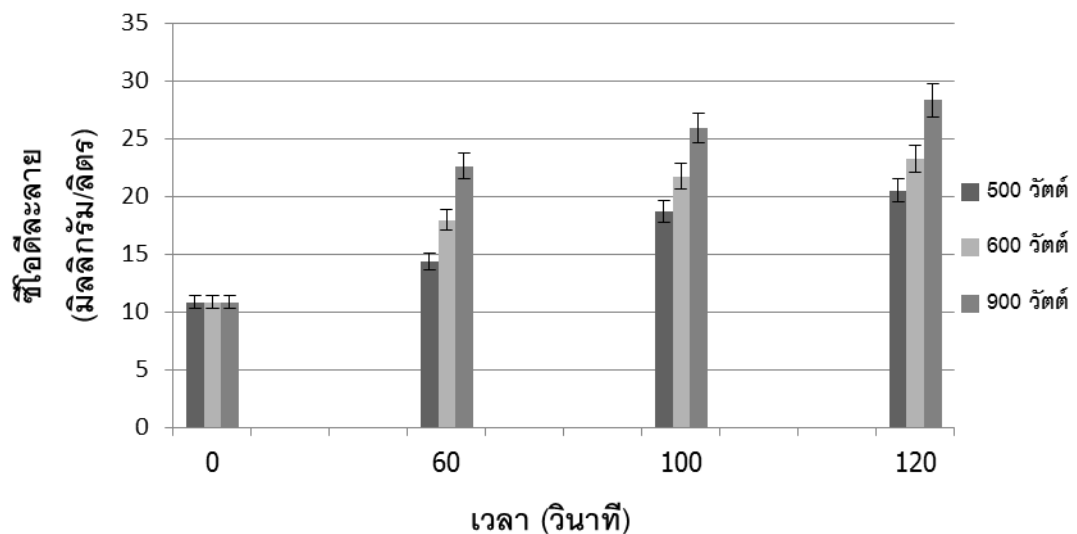


ภาพที่ 4.39 ผลของค่าซีไอดีละลายต่อระดับคลีนไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่างๆของตะกอนหนองแวม

โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีละลายของ ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีโอดีละลาย เฉลี่ย 14.34 18.71 และ 20.53 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันจากตะกอนดิบที่ไม่ ผ่านไมโครเวฟ มีค่า 10.84 มิลลิกรัม/ลิตร

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีโอดีละลาย เฉลี่ย 17.93 21.74 และ 23.22 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีโอดีละลาย เฉลี่ย 22.63 25.89 และ 28.32 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับดังภาพที่ 4.40 มีค่าซีโอดีละลายแตกต่างกับตะกอนก่อนการปรับปรุงตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยค่าซีโอดี ละลายจะเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับระดับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ และระยะเวลาโดยจะ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงตะกอนอยู่ที่ ระยะเวลา 120 วินาที ระดับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 161.25



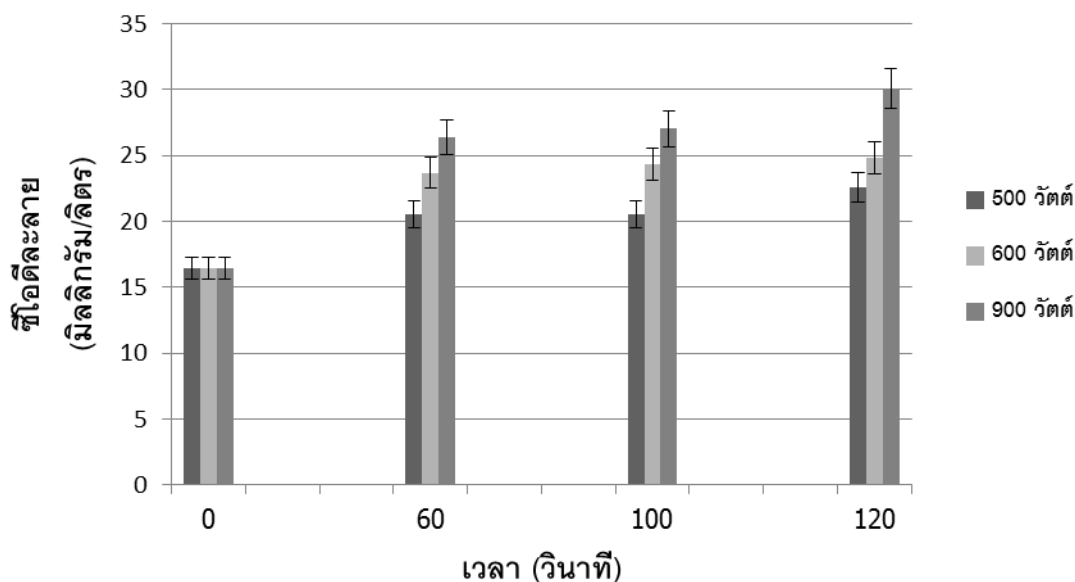
ภาพที่ 4.40 ผลของค่าซีโอดีละลายต่อระดับคลื่นไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่างๆของตะกอนสี่พระยา



โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีละลายของตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีโอดีละลายเฉลี่ย 20.57 20.5 และ 22.60 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันจากตะกอนดิบที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ มีค่า 16.4 มิลลิกรัม/ลิตร

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีโอดีละลายเฉลี่ย 23.67 24.31 และ 24.82 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีโอดีละลายเฉลี่ย 26.37 27.01 และ 30.10 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับดังภาพที่ 4.41 มีค่าซีโอดีละลายแตกต่างกับตะกอนก่อนการปรับปรุงตะกอนด้วยคลีนไมโครเวฟ โดยค่าซีโอดีละลายจะเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับระดับพลังงานคลีนไมโครเวฟ และระยะเวลาโดยจะ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงตะกอนอยู่ที่ ระยะเวลา 100 วินาที ระดับพลังงานคลีนไมโครเวฟ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 83.53



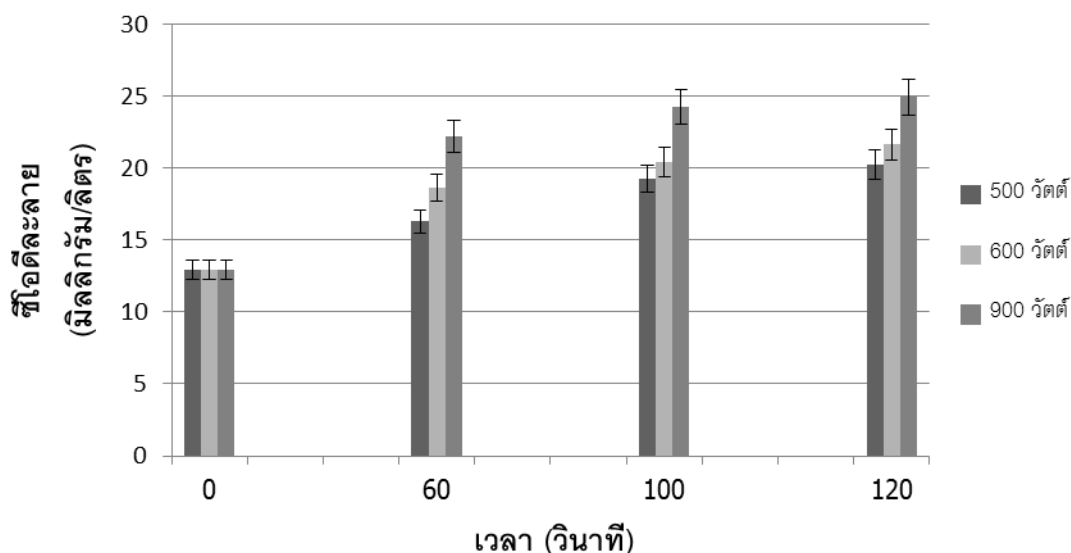
ภาพที่ 4.41 ผลของค่าซีโอดีละลายต่อระดับคลีนไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่างๆของตะกอนรัตนโกสินทร์

โรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าซีไอดีละลายของ ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 500 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีไอดีละลายเฉลี่ย 16.27 19.25 และ 20.23 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันจากตะกอนดิบที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ มีค่า 12.92 มิลลิกรัม/ลิตร

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟ ที่ 600 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีไอดีละลายเฉลี่ย 18.67 20.45 และ 21.63 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตะกอนที่ผ่านคลีนไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ในระยะเวลา 60,100 และ 120 โดยมีค่าซีไอดีละลายเฉลี่ย 22.17 24.25 และ 24.93 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับดังภาพที่ 4.42 มีค่าซีไอดีละลายแตกต่างกับตะกอนก่อนการปรับปรุงตะกอนด้วยคลีนไมโครเวฟ โดยค่าซีไอดีละลายจะเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับระดับพลังงานคลีนไมโครเวฟ และระยะเวลาโดยจะ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงตะกอนอยู่ที่ ระยะเวลา 100 วินาที ระดับพลังงานคลีนไมโครเวฟ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 92.95

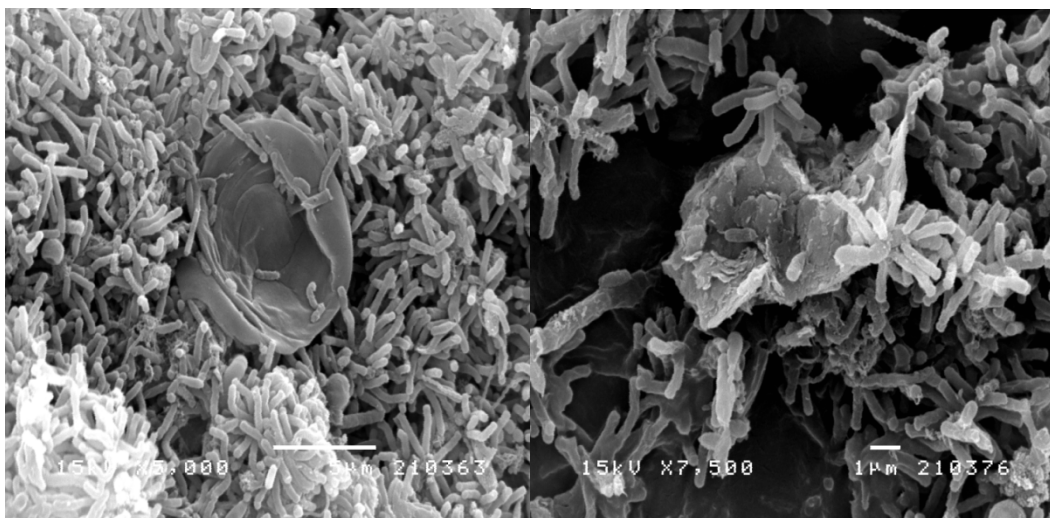
จากงานวิจัยพบว่า ค่าซีไอดีละลายจะมีการเปลี่ยนแปลงมากในรูปร้อยละกับตะกอนที่มีความเข้มข้นของค่าของแข็งทั้งหมดหรือของแข็งแขวนลอย เริ่มต้นต่ำ เช่น โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาคิดเป็นประสิทธิภาพในกากำจัดค่าซีไอดีละลายร้อยละ 161.25



ภาพที่ 4.42 ผลของค่าซีไอดีละลายต่อระดับคลีนไมโครเวฟที่ระยะเวลาต่างๆของตะกอนชองนนทรี

#### 4.4.1.4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างตะกอนเมื่อผ่านการปรับปรุงคุณภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ

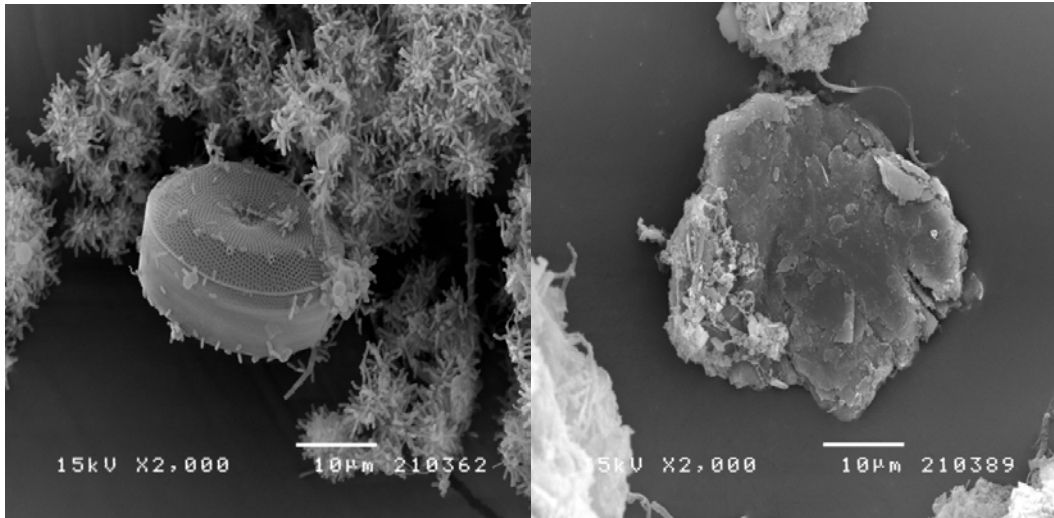
เป็นตะกอนตัวอย่างที่แสดงลักษณะแตกต่างของพื้นผิวของตัวอย่างตะกอน ด้วยภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(Scanning electron microscope;SEM) ภาพที่ 4.43(ก) เป็นตะกอนที่มีรูปร่างปกติ ผิวเรียบ รูปร่างสมบูรณ์ ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างตะกอนที่ถูกปรับสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ ภาพที่ 4.44(ข) ซึ่งให้เห็นว่าตะกอนถูกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวโครงสร้างตะกอน เกิดการผิดรูปไปจากเดิม พื้นผิวตะกอนไม่เรียบ และสารภายในโครงสร้างตะกอนจะละลายลงในสารละลาย บางส่วนอาจสลายตัวด้วยคลื่นไมโครเวฟ น้ำที่ออกมาจากโครงสร้างตะกอนน้ำในส่วนนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกจากตะกอน (Hai-ping และคณะ,2011)



(ก) ตะกอนก่อนการปรับสภาพ

(ข) ตะกอนผ่านการปรับสภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟ

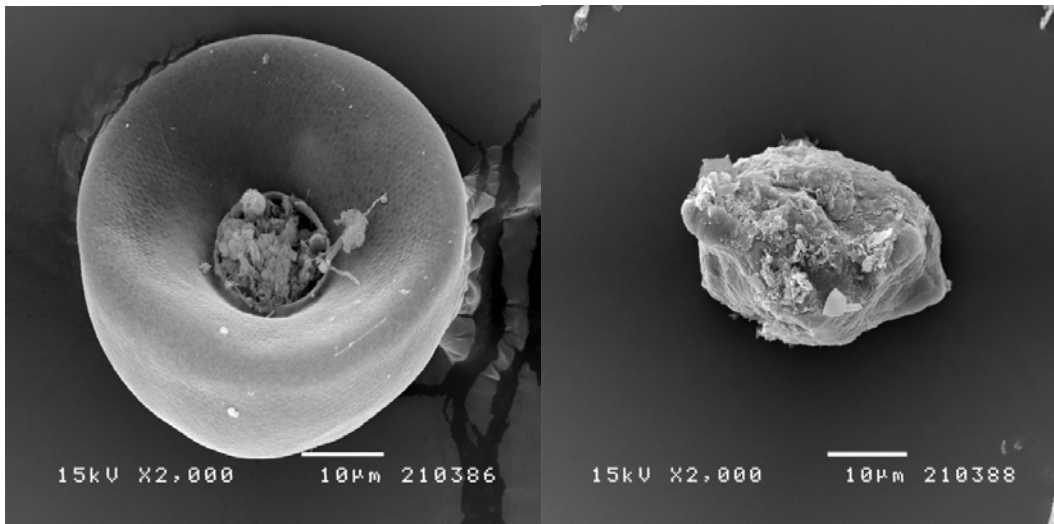
ภาพที่ 4.43 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 7,500 เท่าของตะกอนตัวอย่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯ



(ก) ตะกอนก่อนการปรับสภาพ (ข) ตะกอนผ่านการปรับสภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟ  
 ภาพที่ 4.44 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 2,000 เท่าของ  
 ตะกอนตัวอย่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯ

จ

ฉ



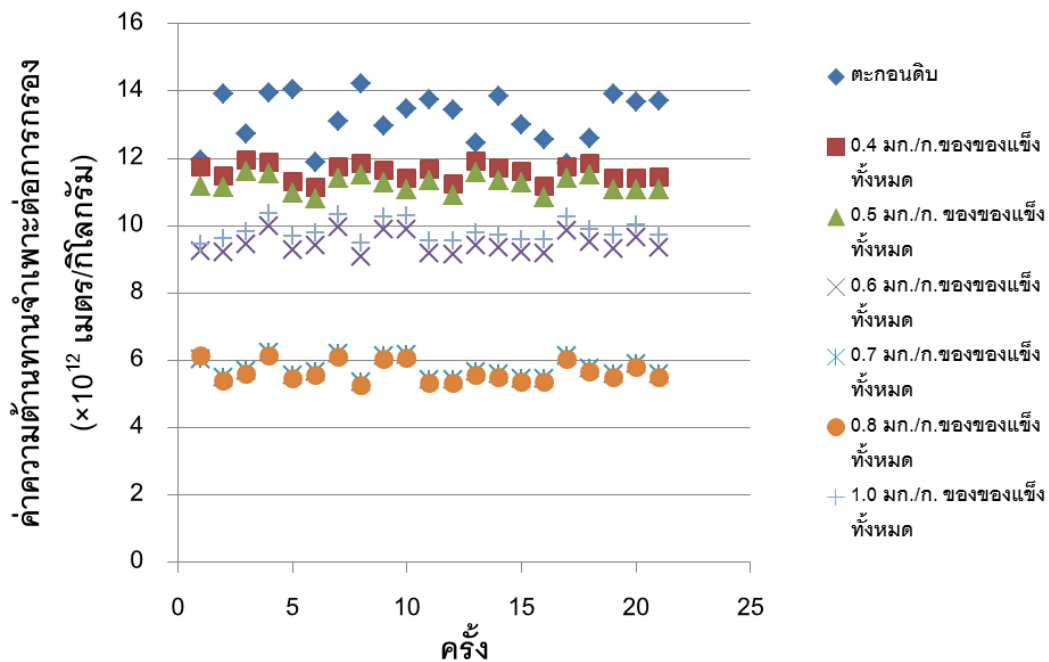
(ก) ตะกอนก่อนการปรับสภาพ (ข) ตะกอนผ่านการปรับสภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟ  
 ภาพที่ 4.45 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 2,000 เท่าของ  
 ตะกอนตัวอย่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพฯ

#### 4.4.2 ศึกษาประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกโดยใช้สารโพลิเมอร์

การศึกษากการดึงน้ำออกโดยสารโพลิเมอร์จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ชนิดประจุบวกที่ส่งผลต่อค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอน Vesilind, 1975 ได้กล่าวถึงการเลือกใช้สารโพลิเมอร์ในการปรับสภาพตะกอนว่าโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่ จะให้สารโพลิเมอร์ประจุบวกในการปรับสภาพตะกอน จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ โดยใช้ปริมาณสารโพลิอิเล็กโทรไลต์ชนิดประจุบวก 6 ค่า คือ ร้อยละ 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 และ 1.0 ของปริมาณของของแข็งทั้งหมด (Sarikaya และคณะ, 2004) โดยผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกโดยใช้โพลิเมอร์ จากตะกอนตัวอย่างจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงและโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม 2 แห่ง เนื่องจากมีค่าของแข็งทั้งหมดอยู่ที่ช่วงประมาณ 15,000 – 25,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองที่สามารถนำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างของประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกได้

##### 4.4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารโพลิเมอร์กับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

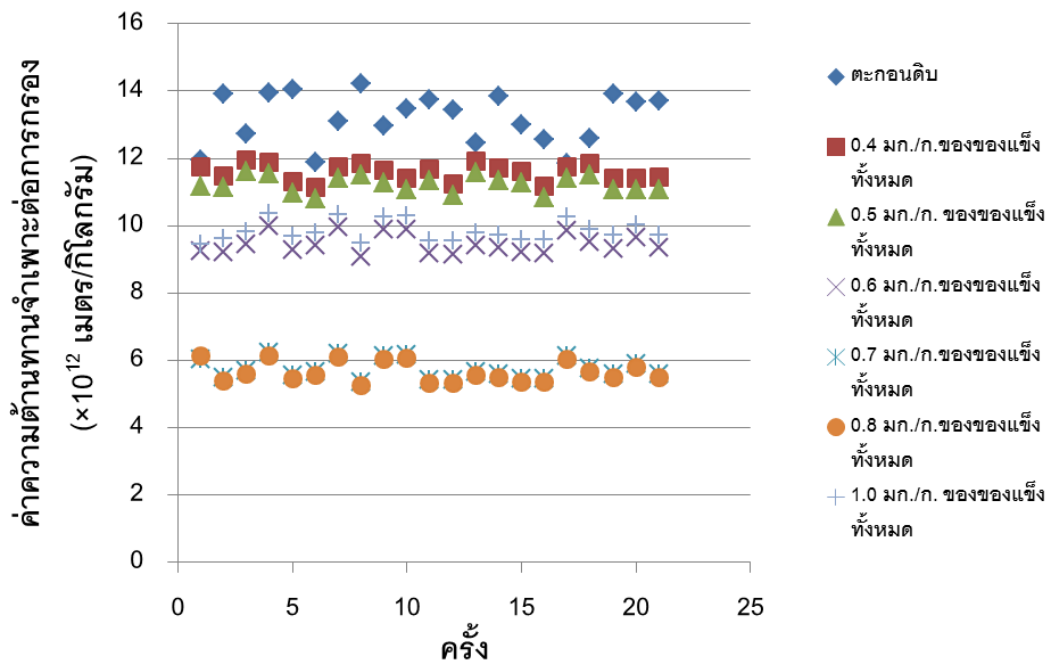
ผลจากงานวิจัยนำตะกอนตัวอย่างจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ปรับสภาพด้วยสารโพลิเมอร์ประจุบวกที่ 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัม/กรัม ของของแข็งทั้งหมด เมื่อมาทดสอบความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเพื่อ เปรียบเทียบประสิทธิภาพต่อการดึงน้ำออกจากตะกอน มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ 11.58 11.23 9.45 5.73 5.64 และ  $9.82 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยก่อนการปรับปรุงสภาพตะกอนด้วยสารโพลิเมอร์ประจุบวก มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $13.19 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม จากผลการทดลองสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับสภาพตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงอยู่ที่ 0.8 มิลลิกรัม/กรัม มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $5.64 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 57.24 ดังภาพที่ 4.46



ภาพที่ 4.46: ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารโพลิเมอร์กับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

#### 4.4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารโพลิเมอร์กับค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

ผลจากงานวิจัยนำตะกอนตัวอย่างจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ปรับสภาพด้วยสารโพลิเมอร์ประจุบวกที่ 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัม/กรัม ของของแข็งทั้งหมด เมื่อมาทดสอบความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพต่อการดึงน้ำออกจากตะกอน มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ 3.82 3.31 2.71 2.94 2.58 และ  $3.57 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยก่อนการปรับปรุงสภาพตะกอนด้วยสารโพลิเมอร์ประจุบวก มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $4.39 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม จากผลการทดลองสถานะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับสภาพตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม อยู่ที่ 0.8 มิลลิกรัม/กรัม มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ  $2.58 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 41.23 ดังภาพที่ 4.47



ภาพที่ 4.47: ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารโพลีเมอร์กับค่าความต้านทานจำเพาะต่อกรรกรองของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดัดน้ำออกจากตะกอนระหว่างการปรับสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟกับการปรับสภาพตะกอนด้วยสารโพลีเมอร์ จากสภาวะที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้

โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงปรับสภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ ที่ระยะเวลา 120 วินาที มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อกรรกรองเท่ากับ  $5.29 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม

โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงปรับสภาพด้วยสารโพลีเมอร์ ที่ 0.8 มิลลิกรัม/กรัมของของแข็งทั้งหมด มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อกรรกรองเท่ากับ  $5.64 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม

โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมปรับสภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ 900 วัตต์ ที่ระยะเวลา 120 วินาที มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อกรรกรองเท่ากับ  $2.88 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม

โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมปรับสภาพด้วยสารโพลีเมอร์ ที่ 0.8 มิลลิกรัม/กรัมของของแข็งทั้งหมด มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อกรรกรองเท่ากับ  $2.58 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม

ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกจากตะกอนระหว่างการปรับสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟกับการปรับสภาพตะกอนด้วยสารโพลีเมอร์

โพลีเมอร์	ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง	
	ดีที่สุดไมโครเวฟ	ดีที่สุดโพลีเมอร์
โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง	$5.29 \times 10^{12}$ เมตร/กิโลกรัม	$5.64 \times 10^{12}$ เมตร/กิโลกรัม
โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนอง แขม	$2.88 \times 10^{12}$ เมตร/กิโลกรัม	$2.58 \times 10^{12}$ เมตร/กิโลกรัม

ผลที่ได้มีจากการปรับสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟและปรับสภาพตะกอนด้วยสารโพลีเมอร์มีค่าใกล้เคียงกันมากดังตารางที่ แต่การใช้สารโพลีเมอร์มีข้อเสีย ในการหาค่าที่เหมาะสมในการใช้ปริมาณสารโพลีเมอร์ต่อตะกอนซึ่งต้องมีการคำนวณหาปริมาณสารโพลีเมอร์เสมอ ถ้าใช้สารโพลีเมอร์เกินพอดี จะทำให้การดึงน้ำออกจากตะกอนได้ยากขึ้น รวมถึงการใช้สารโพลีเมอร์ทำให้มีสารเคมีตกค้างในตะกอน การนำไปใช้ประโยชน์ตะกอนอาจมีข้อจำกัด แต่การปรับสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ ของเครื่องไมโครเวฟที่ขายตามท้องตลาดมีระดับพลังงานของไมโครเวฟที่จำกัด ดังนั้นประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกจากตะกอนจะดีขึ้นเรื่อยๆ เมื่อพลังงานไมโครเวฟที่วัตต์สูงๆ และระยะเวลาเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพก็จะสูงขึ้น



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ ดังนี้

##### 5.1.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดึงน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชน

1. ลักษณะของตะกอนในแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำมีความแตกต่างกัน โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง มีค่าของแข็งทั้งหมดสูงที่สุด ตั้งทิ้งไม่ตกตะกอน ส่วนโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม สีพระยา รัตนโกสินทร์ ชองนนทรี สามารถตกตะกอนได้ดีกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

2. จากการหาความสัมพันธ์เมื่อพิจารณาจากค่า  $R^2$  ของ TS SS VSS  $SV_{30}$  SVI sCOD พบว่ามีค่า  $R^2$  สูง มีดังนี้ SS VSS sCOD โดยเราได้ทำการตัดตัวค่า SS ออกไปเนื่องจากค่า  $R^2$  ของค่า VSS มีค่าเท่ากับ 0.99 และตัว VSS ก็เป็นส่วนหนึ่งของ SS อยู่แล้ว

จึงได้นำตัวแปร X สองตัวคือ ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย กับค่าซีไอดีละลาย มาเข้าสมการเพื่อ ยืนยันว่าตัวแปรทั้งสองมีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานต่อการกรองจริง โดยพิจารณาค่า Significance ที่มากกว่า 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย และค่าซีไอดีละลาย เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดึงน้ำออกของตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียทั้ง 5 แห่งดังนี้ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ โรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี โรงควบคุมคุณภาพน้ำสีพระยา

มีค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายเท่ากับ  $9,034 \pm 15.27$   $4,779 \pm 102.14$   $4,621 \pm 15.28$   $3,511 \pm 15.28$  และ  $3,328 \pm 92.38$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายมีค่าสูงจะมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองสูง ดังนี้ 13.23 4.46 3.48 0.58 และ 0.28  $\times 10^{12}$  เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สรุปว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงเป็นตะกอนที่ยากต่อการดึงน้ำออกมากที่สุด เนื่องจากมีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองสูงที่สุด รวมถึงมีค่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายสูงที่สุด เช่นเดียวกับกับค่าซีไอดีละลาย

### 5.1.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการดึงน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชนโดย คลื่นไมโครเวฟและสารโพลิเมอร์

1. จากผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงตะกอนด้วยวิธีคลื่นไมโครเวฟสามารถนำมาใช้ปรับสภาพตะกอนน้ำเสียดังนี้ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ระยะเวลาและพลังงานของคลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมคือ 120 วินาทีและ 900 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพของการดึงน้ำออกได้ง่ายขึ้นร้อยละ 60.15 34.57 44.83 29.31 และ 39.28 ตามลำดับ

2. จากผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงตะกอนด้วยสารโพลิเมอร์ประเภทจากตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง และโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม อยู่ที่ 0.8 มิลลิกรัม/กรัม มีค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองเท่ากับ 5.64 และ  $2.58 \times 10^{12}$  เมตร/กิโลกรัม คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 57.24 และ 41.23 ตามลำดับ

3. เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของการดึงน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียชุมชนโดยคลื่นไมโครเวฟและสารโพลิเมอร์ มีผลใกล้เคียงกัน แต่งานวิจัยนี้ในเรื่องของการปรับสภาพตะกอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ ยังไม่ได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องไมโครเวฟที่ขายตามท้องตลาดมีระดับพลังงานของไมโครเวฟที่จำกัด ดังนั้นประสิทธิภาพในการดึงน้ำออกจากตะกอนจะดีขึ้นเรื่อยๆ เมื่อพลังงานไมโครเวฟที่วัตต์สูงๆ และระยะเวลาเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพก็จะสูง

4. ข้อจำกัดของสารโพลิเมอร์ คือ ตะกอนที่ถูกปรับสภาพตะกอนด้วยสารโพลิเมอร์จะมีสารตกค้างในตะกอน รวมทั้งต้องมีการคำนวณหาปริมาณสารโพลิเมอร์ที่เหมาะสมกับตะกอนนั้นๆ จึงเกิดความยุ่งยากเกิดขึ้น ถ้าใช้สารโพลิเมอร์มากเกินไปอาจทำให้ตะกอนยากต่อการดึงน้ำออกจากตะกอนด้วยเช่นกัน

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำงานวิจัยชิ้นนี้พบประเด็นที่น่าสนใจ และเหมาะแก่การนำมาเสนอแนะเป็นแนวทางในการต่อยอดงานวิจัยชิ้นต่อไปในอนาคต โดยสรุปได้ดังนี้

1) ควรศึกษาการปรับสภาพเบื้องต้นของตะกอนน้ำเสียจากแหล่งอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบกับตะกอนน้ำเสียชุมชน ซึ่งมีคุณสมบัติของน้ำเสียที่แตกต่างกัน เพื่อรวบรวมข้อมูลในการนำไปใช้ในการออกแบบและปรับปรุงการดึงน้ำออกจากตะกอนต่อไปในอนาคต

2) ควรศึกษาความเหมาะสมของลักษณะตะกอนเพิ่มเติม เช่น ค่าซีตาโพเทนเชียล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดักน้ำออกได้ดียิ่งขึ้น

3) ควรวิเคราะห์ความคุ้มทุนและต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ในด้าน การออกแบบกระบวนการผลิต และการขนส่ง เป็นต้น เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำคลื่นไมโครเวฟมาใช้ในการดักน้ำออกจากตะกอนให้ได้จริง

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2547. วิศวกรรมกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 5. หน้า 402-593 เอส.อาร์.พี นิตติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด 2/103-106 ซอยแจ้งวัฒนะปากเกร็ด 13 ถ.แจ้งวัฒนะ ต.บางพูด จ.นนทบุรี 11120
- เกศรัษฎา กลั่นกรอง. 2551. ภาคตะกอนระบบบำบัดน้ำเสีย. วารสารสำนักกระบายน้ำ สำนักกระบายน้ำกรุงเทพมหานคร
- วงศ์พันธ์ ลิ้มปะเสนีย์. 2537. ระบบกำจัดตะกอนใน การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. หน้า 312-336 กรุงเทพมหานคร: คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- อัจฉริยรัช บุญยง. 2543. การศึกษาปริมาณสารโพลีเมอร์ที่เหมาะสมในการรีดน้ำจากตะกอนที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศ. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

### ภาษาอังกฤษ

- Buffler, C. R. 1993. Microwave Cooking and Processing : Engineering Fundamental for the Food Scientist. Van Nostrand Reinheld, New York
- Clark, D. E., Folz, D. C., Folgar, D. E., and Mahmoud, M.M. 2005. Microwave solution for ceramic engineers. USA: John Wiley and Sons.
- Chia. J. C., Vinay. K. T., and Shang, L.L. 2011. Effects of microwave and alkali induced pretreatment on sludge solubilization and subsequent aerobic digestion. Bioresource Technology. 102(2011):7633-7640.
- Colin, F., and Gazbar, S. 1994. Distribution of water in sludges in relation to their mechanical dewatering. Elsevier Science 0043-1354(94)00274-6.
- Dewil, R., Baeyens, J., and Goutvrind, R. 2006. The use of ultrasonics in the treatment of waste activated sludge. Chinese J. Chem. Eng. 14(1):105-113.
- Evaluerve. 2005. Developmentd in Microwave chemistry[online]. Available from:

[http://www.rsc.org/images/evaluserve\\_tcm18-16758.pdf](http://www.rsc.org/images/evaluserve_tcm18-16758.pdf). [2008, Nov 22].

- Eskicioglu, C., Kennedy, K. J., Droste, R. L., 2006. Characterization of soluble organic matter of waste activated sludge before and after thermal pretreatment. *Water Res.* 40(20) : 3725-3736.
- Fellows, P. J. 2000. Dielectric, ohmic and infrared heating. pp. 365 – 384. In “Food Processing Technology : Principles and Practice”. 2nd ed. P.J. Fellows (ed.). Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Hai, P. Y., Xiao, F.Y., Cai, F. Y., and Nan, W. Z. 2011. Enhancement of waste activated sludge dewaterability by electro-chemical pretreatment. Journal of Hazardous Materials. 187(2011): 82-88.
- Hong, S. M., Park, J. K., Teeradej, N., Lee, Y. O., Cho, Y.H., 2004. Pretreatment of sludge with microwaves for pathogen destruction and improved anaerobic digestion performance. Water Environment Research 78(1): 76-83.
- HwaAhna, J., Shin, G., and Hwang, S. 2009. Effect of microwave irradiation on the disintegration and acidogenesis of municipal secondary sludge. Chemical Engineering Journal 153:145–150.
- Jin, B., Wilén, B-M., and Lant, P. 2003. A comprehensive insight into floc characteristics and their impact on compressibility and settleability of activated sludge. Chemical Engineering Journal 95: 221–234
- Keey, R.B. 1972. Introduction to industrial drying operations. In: International series of monographs in chemical engineering, vol. 13. Oxford: Pergamon Press : 19–232.
- Kopp, J., and Dichtl, N. 2001. Influence of the free water content on the dewaterability of sewage sludges. *Water Sci Technol* 44(10):177–83.
- Lee, DJ., and Lee, SF. 1995. Measurement of bound water content in sludge: the use of differential scanning calorimetry (DSC). J Chem Technol Biotechnol 62:359–65.
- Mahmoud, A., Olivier, J., Vaxelaire, J., and Hoadley, F.A. A. 2010. Electrical field: A historical review of its application and contributions in wastewater sludge dewatering. Water Research 44: 2381-2407.

- Marin, J., Kennedy, J. K., and Eskicioglu, C. 2010. Effect of microwave irradiation on anaerobic degradability of model kitchen waste. Waste Management 30:1772–1779
- Metcalf and Eddy 2003. Wastewater engineering treatment and reuse. 4th ed. Singapore, McGrawHill.
- Mudgett, R. 1986. Microwave properties and heating characteristics of foods. Food Tech. 40 : 84-93.
- Nguyen, P. T., Hilal, N., H. N. P., and Novak, T. J. 2008. Characterization of synthetic and activated sludge and conditioning with cationic polyelectrolytes. Desalination 227 :103–110
- Pilli, S., Bhunia, P., Yan, Son., Leblanc, J.R., Tyagi, R.D., and Surampalli, R.Y. 2011. Ultrasonic pretreatment of sludge: A review. Ultrasonics Sonochemistry 18:1-8.
- Qiang, Y., Hengyi, L, Yu, G., Feng, X., Li, Z., and Wu, Z., 2009. Influence of microwave irradiation on sludge dewaterability. Chemical Engineering Journal 155: 88–93
- Sarikaya, H. Z. and S, Al-Maarshoud. 1993. Improvement of dewatering characteristics of aerobically digested sludge. Wat. Sci. Teach. 28(1) 41-51.
- Shihab, M.S. 2010. Assessment of using chemical coagulants and effective microorganisms in sludge dewaterability process improvement. Journal of Environmental Science and technology 3:35-46.
- Singh, R. P. and D. R. Heldman. 2001. Microwave Heating. pp. 306 – 331. In “Introduction to Food Engineering”. 3rd ed. Academic Press, London.
- Smollen, M. 1990. Evaluation of municipal sludge drying and dewatering with respect to sludge volume reduction. Water Sci Technol 22:153–61.
- Tastu, Y. 2007. Evaluation of sludge dewatering properties, Master thesis No 2007-09. Water and Environment Engineering, Department of Chemical Engineering, Lund University
- Texier, P. 2008. Effect of acidification on sludge dewatering properties . Water and Environmental Engineering, Department of Chemical Engineering, Lund University

- Vaxelaire, J., and Cezac, P. 2004. Moisture distribution in activated sludges: a review. Water Research 38:2215–2230.
- Vesilind P.A. 1975. Treatment and disposal of wastewater sludges. Ann Arbor Science Publishers, Inc., Michigan. 236
- Vesilind P.A. 1994. The role of water in sludge dewatering. Water Environ Res 66:4–11.
- Vesilind, PA., and Hsu, CC. 1997. Limits of sludge dewaterability. Water Sci Technol 36:87–91.
- Wang, X. Y, Zeng, G. M, Zhu, J. L, 2008. Treatment of Jean-wash wastewater by combined coagulation, hydrolysis acidification and fenton oxidation. Journal of Hazardous Materials,153(1-2): 810-816.
- Wojciechowska, E., 2005. Application of microwaves for sewage sludge conditioning. Water Research 39: 4749–4754.
- Xinghong, Z., Hengyi, L., 2012. Effect of potassium ferrate on sludge dewaterability under different pH conditions. Chemical Engineering Journal. 210(2012) :467-474.h
- Yu, Q., Lei, H., Yu, G., Feng, X., Li, Z., and Wu, Z., 2009. Influence of microwave irradiation on sludge dewaterability. Chemical Engineering Journal 155: 88–93
- Yu, Q., Lei, H., Li, Z., Li, H., Chen, K., Zhang, X., and Liang, R. 2010. Physical and chemical properties of waste-activated sludge after microwave treatment. Water research 44:2841-2849

ภาคผนวก

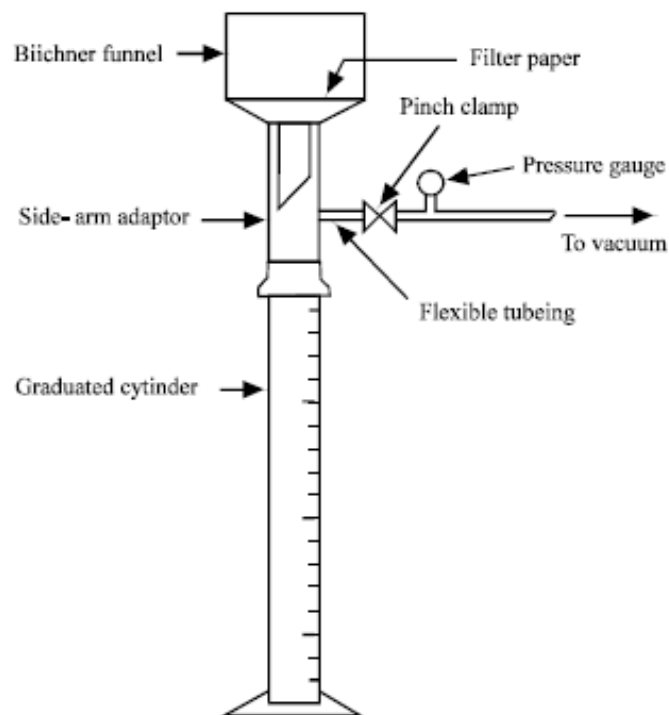


### ภาคผนวก ก

วิธีการทดลองเพื่อหาค่าความสามารถในการกรอง ความสามารถในการดั่งน้ำออกของ  
ตะกอน และคุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอน

### ก.1 ความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง(Specific resistance or Buchner funnel test)

ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง คือ ดัชนีความสามารถในการกรองของตะกอน มีหน่วยเป็น เมตรต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการประเมินประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงลักษณะของตะกอนโดยถือหลักที่ว่าสารเคมีที่ใช้ปรับสภาพตัวใดทำให้ค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองต่ำ จะทำให้ตะกอนนั้นมีความสามารถในการกรองสูง ยิลต์ของตะกอนจะมีค่ามากนั่นคือ สารเคมีนั้นมีประสิทธิภาพในการดั่งน้ำออกจากตะกอนได้ดี โดยการใช้อุปกรณ์ชุดกรวยบุคเนอร์(Buchner funnel test) ซึ่งประกอบด้วย กระบอกตวง (Graduated cylinder) กรวยกรองบุคเนอร์ (Buchner funnel) และปั๊มสุญญากาศ



ภาพที่ ก.1 แสดงชุดกรวยบุคเนอริ์

1. เตรียมวางกรวยบุคเนอริ์ไว้บนกระบอกตวงดังแสดงในภาพที่ 2121 และวางกระดาษกรองไว้บนกรวยกรอง
2. ในการทดสอบแต่ละครั้งจะใช้ตะกอน 200 มิลลิลิตร เทลงในกรวย จากนั้นปล่อยให้ให้น้ำระบายออกบ้าง
3. จึงเปิดปั๊มสุญญากาศ และบันทึกค่าไว้ จนกระทั่งถึงจุดยุติของสุญญากาศ หรือเมื่อน้ำส่วนใหญ่ไม่สามารถออกมาได้อีกแล้ว
4. เอาตะกอนออกจากกระดาษกรองใส่ลงในจานที่ชั่งน้ำหนักหาค่าน้ำหนักเป็นน้ำหนักเปียกของตะกอน
5. นำไปอบแห้ง เพื่อหาค่าน้ำหนักแห้ง ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

แล้วนำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่าง เวลาต่อปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง กับ ปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง ดังกราฟแสดงในภาพที่ ก.2 ค่า “ b ” คือ ความชันของกราฟเส้นตรง นำมาใช้ในการคำนวณค่าความต้านทานจำเพาะ ( r ) ได้ดังสมการ

$$r = ( 2 PA^2 b ) / \mu w$$

โดย r = ความต้านทานจำเพาะ (Specific resistance to filtration), (เมตร/กิโลกรัม)

P = ความดันที่ใช้ในการกรอง (Pressure of filtration), (นิวตัน/ตารางเมตร)

A = พื้นที่ของส่วนกรอง (Area of filter), (ตารางเมตร)

b = ความชันของเส้นกราฟระหว่าง เวลา/ปริมาตร กับ ปริมาตร, (วินาที/ชั่วโมง<sup>2</sup>)

$\mu$  = ความหนืดของน้ำที่ผ่านการกรอง (Viscosity of filtration), (นิวตัน - วินาที/ ตารางเมตร)

w = อัตราส่วนของน้ำหนักของแข็งแห้งกับปริมาตรของน้ำที่ผ่านการกรอง, (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

## ก.2 ความสามารถในการดewatering (Dewaterability)

ความสามารถในการดewatering ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. นำตะกอนมา 50 มิลลิลิตร เติลงในกรวยบุคเนอร์ซึ่งมีกระดาษกรอง GF/C เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตรวางอยู่
2. เปิดเครื่องสุญญากาศจนกว่าน้ำจากตะกอนที่ค้างบนกระดาษกรองแห้ง
3. ชั่งน้ำหนักตะกอนเปียกที่ค้างบนกระดาษกรอง
4. ทำให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักตะกอนแห้งพร้อมกระดาษกรอง หาปริมาณน้ำในตะกอน

$$\text{Water content} = [ \{ W (\text{before}) - W (\text{after}) \} / W (\text{before}) ] \times 100$$

Water content = ปริมาณน้ำที่อยู่ในตะกอน, กรัม

W (before) = น้ำหนักของกระดาศกรองกับตะกอนเปียก, กรัม

W (after) = น้ำหนักของกระดาศกรองกับตะกอนแห้งหลังจากผ่านตู้อบ, กรัม

### ก.3 คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 5 แห่ง

ตารางที่ ก.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

วัน/เดือน/ปี	pH	อุณหภูมิ (C)	TSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	VSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD
7/5/2012	7.78	30	25740	25706.67	94.52	8830	8796.67	35.12
	7.87	30	25780			8760		
	7.83	30	25600			8800		
21/5/2012	7.67	29	26500	26583.33	90.74	9260	9260.00	20.00
	7.79	29	26570			9240		

	7.83	29	26680			9280		
6/6/2012	7.85	30	25780	25733.33	50.33	8970	8943.33	64.29
	7.94	30	25740			8990		
	7.81	30	25680			8870		
18/6/2012	7.88	30	26380	26476.67	112.40	9180	9186.67	30.55
	7.86	30	26450			9160		
	7.84	30	26600			9220		
2/7/2012	7.87	30	25700	25913.33	589.69	8870	8886.67	15.28
	7.91	30	26580			8900		
	7.81	30	25460			8890		
11/7/2012	7.78	28	26000	26160.00	461.30	8960	8856.67	100.17
	7.77	28	25800			8760		
	7.7	28	26680			8850		
18/7/2012	7.71	30	25780	25753.33	23.09	9150	9216.67	58.59
	7.74	30	25740			9240		
	7.86	30	25740			9260		
6/8/2012	7.73	29	26540	26593.33	92.38	9080	9193.33	102.63
	7.77	29	26700			9220		
	7.62	29	26540			9280		
23/8/2012	7.6	28	25840	25793.33	50.33	9120	9073.33	50.33
	7.68	28	25800			9080		
	7.71	28	25740			9020		
วัน/เดือน/ปี	pH	อุณหภูมิ (C)	TSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	VSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD
4/9/2012	7.68	29	25700	25740.00	40.00	8780	8876.67	100.17
	7.88	29	25740			8980		
	7.86	29	25780			8870		
19/9/2012	7.91	30	26570	26343.33	490.95	8960	8923.33	47.26
	7.78	30	26680			8940		
	7.86	30	25780			8870		
12/10/2012	7.73	30	25740	25933.33	387.99	8890	8843.33	50.33
	7.62	30	25680			8790		
	7.77	30	26380			8850		

29/10/2012	7.78	29	26450	26250.00	482.18	9180	9310.00	191.57
	7.88	29	26600			9220		
	7.86	29	25700			9530		
8/11/2012	7.84	30	26580	26013.33	560.12	9260	9466.67	183.39
	7.87	30	25460			9530		
	7.91	30	26000			9610		
27/11/2012	7.67	30	25800	26086.67	513.94	9380	9436.67	66.58
	7.78	30	26680			9420		
	7.87	30	25780			9510		
12/12/2012	7.88	30	25740	26006.67	461.88	8540	8603.33	56.86
	7.94	30	25740			8650		
	7.71	30	26540			8620		
18/12/2012	7.67	30	26700	26646.67	92.38	8690	8703.33	32.15
	7.71	30	26540			8740		
	7.74	30	26700			8680		

ตารางที่ ก.2 คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำฝายพระยา

วัน/เดือน/ปี	pH	อุณหภูมิ (C)	TSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	VSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD
7/5/2012	6.80	30	5460	5726.67	231.80	3320	3266.67	92.38
	6.80	30	5840			3160		
	6.70	30	5880			3320		
21/5/2012	6.80	29	4520	5183.33	901.68	2510	3200.00	916.57
	6.80	29	4820			2850		

	6.60	29	6210			4240		
6/6/2012	6.50	30	4770	5256.67	422.53	2800	3286.67	422.53
	6.80	30	5530			3560		
	6.80	30	5470			3500		
18/6/2012	6.80	30	5430	5793.33	553.20	3460	3843.33	563.23
	6.80	30	6430			4490		
	6.60	30	5520			3580		
2/7/2012	6.80	30	6300	6070.00	199.25	4360	4130.00	199.25
	6.90	30	5960			4020		
	6.90	30	5950			4010		
11/7/2012	6.80	28	5780	5743.33	109.70	3840	3790.00	95.39
	6.80	28	5620			3680		
	6.90	28	5830			3850		
18/7/2012	6.80	30	5450	5623.33	326.55	3470	3643.33	326.55
	6.80	30	5420			3440		
	6.70	30	6000			4020		
6/8/2012	6.80	29	5750	5940.00	550.18	5706	4092.00	1493.11
	6.70	29	5510			2760		
	6.80	29	6560			3810		
23/8/2012	6.80	28	5780	5780.00	320.00	3030	3043.33	320.21
	6.80	28	6100			3370		
	6.80	28	5460			2730		
วัน/เดือน/ปี	pH	อุณหภูมิ (C)	TSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	VSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD
4/9/2012	6.90	29	5700	5756.67	143.64	2970	3026.67	143.64
	6.90	29	5650			2920		
	6.90	29	5920			3190		
19/9/2012	6.60	30	5110	4916.67	177.86	2380	2186.67	177.86
	6.60	30	4880			2150		
	6.70	30	4760			2030		
12/10/2012	6.70	30	5790	6160.00	391.54	3060	3430.00	391.54
	6.80	30	6570			3840		
	6.80	30	6120			3390		



29/10/2012	6.80	29	5530	5913.33	338.28	2800	3183.33	338.28
	6.80	29	6040			3310		
	6.80	29	6170			3440		
8/11/2012	6.70	30	5220	6020.00	706.82	2490	3290.00	706.82
	6.70	30	6280			3550		
	6.90	30	6560			3830		
27/11/2012	6.70	30	5840	5556.67	290.23	3110	2826.67	290.23
	6.70	30	5570			2840		
	6.70	30	5260			2530		
12/12/2012	6.80	30	5380	5416.67	168.03	2650	2720.00	175.78
	6.80	30	5270			2590		
	6.90	30	5600			2920		
18/12/2012	6.50	30	6230	6356.67	155.35	3550	3616.67	124.23
	6.50	30	6530			3760		
	6.50	30	6310			3540		

ตารางที่ ก.3 คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

วัน/เดือน/ปี	pH	อุณหภูมิ (C)	TSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	VSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD
7/5/2012	6.80	30	8380	8393.33	61.10	4660	4660.00	80.00
	6.80	30	8340			4740		
	6.70	30	8460			4580		
21/5/2012	6.80	29	8730	8666.67	127.41	4570	4703.33	189.30
	6.80	29	8750			4920		

	6.60	29	8520			4620		
6/6/2012	6.50	30	8230	8400.00	199.75	4480	4590.00	96.44
	6.80	30	8350			4630		
	6.80	30	8620			4660		
18/6/2012	6.80	30	8460	8630.00	151.33	4850	4803.33	98.66
	6.80	30	8750			4870		
	6.80	30	8680			4690		
2/7/2012	6.70	30	8960	8633.33	352.33	4560	4520.00	40.00
	6.50	30	8680			4520		
	6.50	30	8260			4480		
11/7/2012	6.60	28	8380	8583.33	343.56	4620	4620.00	50.00
	6.50	28	8390			4570		
	6.60	28	8980			4670		
18/7/2012	6.60	30	8920	8663.33	497.43	4590	4540.00	43.59
	6.50	30	8090			4520		
	6.60	30	8980			4510		
6/8/2012	6.80	29	8990	8830.00	219.32	4630	4586.67	37.86
	6.70	29	8580			4570		
	6.80	29	8920			4560		
23/8/2012	6.80	28	8060	8433.33	408.70	4630	4593.33	63.51
	6.80	28	8870			4630		
	6.80	28	8370			4520		
4/9/2012	6.70	29	8950	8610.00	355.95	4120	4520.00	360.56
	6.70	29	8640			4820		
	6.70	29	8240			4620		
19/9/2012	6.80	30	8640	8750.00	190.53	4510	4653.33	124.23
	6.80	30	8970			4720		
	6.80	30	8640			4730		
12/10/2012	6.70	30	8560	8633.33	190.88	4480	4606.67	210.79
	6.80	30	8490			4490		
	6.80	30	8850			4850		
29/10/2012	6.80	29	8780	8860.00	105.83	4960	4766.67	268.58
	6.80	29	8980			4880		

	6.80	29	8820			4460		
8/11/2012	6.70	30	8460	8400.00	168.23	4670	4630.00	40.00
	6.70	30	8530			4590		
	6.70	30	8210			4630		
27/11/2012	6.70	30	8620	8626.67	110.15	4490	4506.67	15.28
	6.80	30	8740			4520		
	6.80	30	8520			4510		
12/12/2012	6.80	30	8640	8660.00	43.59	4490	4623.33	266.33
	6.80	30	8630			4930		
	6.70	30	8710			4450		
18/12/2012	6.80	30	8250	8456.67	210.08	4600	4636.67	47.26
	6.80	30	8670			4620		
	6.80	30	8450			4690		

ตารางที่ ก.4 คุณสมบัติน้ำเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำของนนทบุรี

วัน/เดือน/ปี	pH	อุณหภูมิ (C)	TSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	VSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD
7/5/2012	6.80	30	6360	6653.33	273.01	3300	3420.00	105.83
	6.80	30	6700			3460		
	6.70	30	6900			3500		
21/5/2012	6.80	29	6850	6796.67	68.07	3480	3473.33	30.55
	6.80	29	6720			3500		

	6.60	29	6820			3440		
6/6/2012	6.50	30	6740	6753.33	61.10	3600	3596.67	15.28
	6.80	30	6820			3580		
	6.80	30	6700			3610		
18/6/2012	6.80	30	6480	6606.67	113.72	3430	3460.00	51.96
	6.80	30	6700			3520		
	6.80	30	6640			3430		
2/7/2012	6.90	30	6700	6713.33	140.48	3500	3470.00	36.06
	6.50	30	6580			3430		
	6.50	30	6860			3480		
11/7/2012	6.90	28	6900	6813.33	102.63	3530	3526.67	35.12
	6.90	28	6840			3490		
	6.90	28	6700			3560		
18/7/2012	6.80	30	6460	6566.67	122.20	3700	3656.67	58.59
	6.80	30	6540			3680		
	6.70	30	6700			3590		
6/8/2012	6.80	29	6850	6796.67	47.26	3580	3540.00	52.92
	6.70	29	6760			3480		
	6.80	29	6780			3560		
23/8/2012	6.80	28	6680	6773.33	113.72	3460	3480.00	20.00
	6.80	28	6900			3500		
	6.80	28	6740			3480		
วัน/เดือน/ปี	pH	อุณหภูมิ (C)	TSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	VSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD
4/9/2012	6.50	29	6850	6796.67	83.86	3500	3513.33	80.83
	6.50	29	6700			3440		
	6.50	29	6840			3600		
19/9/2012	6.50	30	6540	6630.00	81.85	3580	3540.00	96.44
	6.50	30	6650			3610		
	6.50	30	6700			3430		
12/10/2012	6.70	30	6840	6746.67	161.66	3520	3483.33	47.26
	6.80	30	6560			3430		
	6.80	30	6840			3500		

29/10/2012	6.50	29	6720	6706.67	100.66	3430	3453.33	25.17
	6.50	29	6800			3480		
	6.50	29	6600			3450		
8/11/2012	6.70	30	6780	6686.67	100.66	3520	3503.33	15.28
	6.50	30	6700			3490		
	6.50	30	6580			3500		
27/11/2012	6.70	30	6900	6870.00	30.00	3480	3626.67	140.48
	6.80	30	6870			3640		
	6.80	30	6840			3760		
12/12/2012	6.80	30	6760	6713.33	155.35	3450	3450.00	30.00
	6.50	30	6840			3480		
	6.50	30	6540			3420		
18/12/2012	6.50	30	6640	6720.00	91.65	3460	3486.67	30.55
	6.50	30	6700			3520		
	6.50	30	6820			3480		

ตารางที่ ก.5 คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

วันเดือนปี	pH	อุณหภูมิ (C)	TSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	VSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD
7/5/2012	7.46	30	19340	18016.67	2335.52	6960.00	6193.33	676.56
	7.49	30	15320			5940.00		
	7.4	30	19390			5680.00		
21/5/2012	7.57	29	17470	16876.67	1232.25	5620.00	5413.33	456.54
	7.51	29	17700			5730.00		
	7.56	29	15460			4890.00		
6/6/2012	7.46	30	13980	16843.33	3061.21	3580.00	5433.33	1743.14

	7.48	30	20070			7040.00		
	7.41	30	16480			5680.00		
18/6/2012	7.43	30	15220	15296.67	124.23	4280.00	4670.00	348.28
	7.56	30	15230			4780.00		
	7.46	30	15440			4950.00		
2/7/2012	7.46	30	14520	17686.67	5729.03	5110.00	5553.33	1611.41
	7.41	30	24300			7340.00		
	7.47	30	14240			4210.00		
11/7/2012	7.45	28	15320	15840.00	3172.13	4380.00	4660.00	970.77
	7.43	28	12960			3860.00		
	7.45	28	19240			5740.00		
18/7/2012	7.48	30	14450	11980.00	2180.89	5080.00	3693.33	1201.06
	7.53	30	11170			3020.00		
	7.41	30	10320			2980.00		
6/8/2012	7.71	29	12250	12323.33	603.35	5380.00	4796.67	1089.24
	7.41	29	12960			5470.00		
	7.53	29	11760			3540.00		
23/8/2012	7.45	28	12320	12746.67	402.66	5980.00	4373.33	1395.00
	7.71	28	13120			3670.00		
	7.53	28	12800			3470.00		
วันเดือนปี	pH	อุณหภูมิ (C)	TSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	VSS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD
4/9/2012	7.45	29	13430	12143.33	1229.65	4940.00	3656.67	1112.31
	7.41	29	10980			2970.00		
	7.52	29	12020			3060.00		
19/9/2012	7.57	30	13370	14560.00	2406.80	4750.00	4643.33	1064.02
	7.54	30	17330			5650.00		
	7.65	30	12980			3530.00		
12/10/2012	7.47	30	17880	17213.33	670.02	5770.00	5696.67	102.14
	7.5	30	16540			5580.00		
	7.5	30	17220			5740.00		
29/10/2012	7.47	29	16690	15000.00	1568.85	4870.00	4560.00	296.14
	7.65	29	14720			4530.00		

	7.54	29	13590			4280.00		
8/11/2012	7.57	30	12810	12800.00	125.30	4520.00	4380.00	135.28
	7.52	30	12670			4370.00		
	7.41	30	12920			4250.00		
27/11/2012	7.45	30	11880	11683.33	618.90	5060.00	4093.33	915.28
	7.53	30	12180			3980.00		
	7.71	30	10990			3240.00		
12/12/2012	7.41	30	11770	14840.00	6503.30	5050.00	4976.67	2300.88
	7.53	30	22310			7240.00		
	7.48	30	10440			2640.00		
18/12/2012	7.43	30	10450	12383.33	2228.06	5800.00	4453.33	1443.13
	7.45	30	14820			4630.00		
	7.47	30	11880			2930.00		

ตารางที่ ก.6 คุณสมบัติน้ำเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง(2)

วัน/เดือน/ปี	SVI Cm <sup>3</sup> /g	เฉลี่ย	±SD	TS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	sCOD (mg/L)	ค่าเฉลี่ย	±SD
7/5/2012	38.46	38.51	0.14	27760	27726.67	94.52	50.70	56.57	5.95
	38.40			27800			62.60		
	38.67			27620			56.40		
21/5/2012	37.36	37.24	0.13	28520	28603.33	90.74	69.50	57.47	11.04
	37.26			28590			47.80		
	37.11			28700			55.10		
6/6/2012	38.40	38.47	0.08	27800	27753.33	50.33	67.30	73.67	11.73

	38.46			27760			66.50		
	38.55			27700			87.20		
18/6/2012	37.53	37.39	0.16	28400	28496.67	112.40	68.90	62.80	17.37
	37.43			28470			43.20		
	37.22			28620			76.30		
2/7/2012	38.52	38.22	0.86	27720	27933.33	589.69	77.60	65.17	11.34
	37.25			28600			55.40		
	38.88			27480			62.50		
11/7/2012	38.08	37.85	0.66	28020	28180.00	461.30	66.40	61.10	6.53
	38.37			27820			53.80		
	37.11			28700			63.10		
18/7/2012	38.40	38.44	0.03	27800	27773.33	23.09	63.70	59.13	7.82
	38.46			27760			50.10		
	38.46			27760			63.60		
6/8/2012	37.30	37.23	0.13	28560	28613.33	92.38	62.30	58.17	10.34
	37.08			28720			65.80		
	37.30			28560			46.40		
23/8/2012	38.31	38.38	0.07	27860	27813.33	50.33	67.90	62.60	6.61
	38.37			27820			55.20		
	38.46			27760			64.70		
วันเดือนปี	SVI cm <sup>3</sup> /g	เฉลี่ย	±SD	TS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	sCOD (mg/L)	ค่าเฉลี่ย	±SD
4/9/2012	38.52	38.46	0.06	27720	27760.00	40.00	55.60	57.87	5.19
	38.46			27760			54.20		
	38.40			27800			63.80		
19/9/2012	37.26	37.59	0.71	28590	28363.33	490.95	57.20	61.90	7.88
	37.11			28700			71.00		
	38.40			27800			57.50		
12/10/2012	38.46	38.18	0.57	27760	27953.33	387.99	63.70	57.63	10.42
	38.55			27700			45.60		
	37.53			28400			63.60		
29/10/2012	37.43	37.72	0.70	28470	28270.00	482.18	65.80	58.50	10.47
	37.22			28620			63.20		



	38.52			27720			46.50		
8/11/2012	37.25	38.07	0.82	28600	28033.33	560.12	66.30	64.40	1.68
	38.88			27480			63.10		
	38.08			28020			63.80		
27/11/2012	38.37	37.96	0.74	27820	28106.67	513.94	53.40	55.10	1.70
	37.11			28700			56.80		
	38.40			27800			55.10		
12/12/2012	38.46	38.08	0.67	27760	28026.67	461.88	64.70	66.70	7.87
	38.46			27760			68.90		
	37.30			28560			66.50		
18/12/2012	37.08	37.15	0.13	28720	28666.67	92.38	52.60	59.83	7.85
	37.30			28560			64.30		
	37.08			28720			62.60		

ตารางที่ ก.7 คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดีพระยา(2)

วัน/เดือน/ปี	SVI cm <sup>3</sup> /g	เฉลี่ย	±SD	TS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	sCOD (mg/L)	ค่าเฉลี่ย	±SD
7/5/2012	16.85	16.08	0.67	5780	6253.33	616.14	10.7	11.64	1.16
	15.75			6030			11.2		
	15.65			6950			12.9		
21/5/2012	20.58	18.28	2.93	4750	5440.00	916.57	8.8	10.13	1.71
	19.29			5090			9.5		
	14.98			6480			12.1		
6/6/2012	19.71	17.96	1.51	5040	5526.67	422.53	9.4	10.29	0.79

	17.00			5800			10.8		
	17.18			5740			10.7		
18/6/2012	16.94	15.97	1.45	5700	6083.33	563.23	10.6	11.33	1.05
	14.31			6730			12.5		
	16.67			5820			10.8		
2/7/2012	15.08	15.66	0.50	6600	6370.00	199.25	12.3	11.86	0.37
	15.94			6260			11.7		
	15.97			6250			11.6		
11/7/2012	15.92	16.02	0.31	6080	6030.00	95.39	11.3	11.23	0.18
	16.37			5920			11.0		
	15.78			6090			11.3		
18/7/2012	16.70	16.22	0.91	5710	5883.33	326.55	10.6	10.96	0.61
	16.79			5680			10.6		
	15.17			6260			11.7		
6/8/2012	16.17	15.74	1.40	6010	6200.00	550.18	11.2	11.55	1.02
	16.88			5770			10.7		
	14.18			6820			12.7		
23/8/2012	15.92	15.95	0.88	6040	6053.33	320.21	11.2	11.27	0.60
	15.08			6380			11.9		
	16.85			5740			10.7		
วันเดือนปี	SVI cm <sup>3</sup> /g	เฉลี่ย	±SD	TS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	sCOD (mg/L)	ค่าเฉลี่ย	±SD
4/9/2012	16.67	16.51	0.41	5980	6036.67	143.64	11.1	11.24	0.27
	16.81			5930			11.0		
	16.05			6200			11.5		
19/9/2012	18.00	18.73	0.67	5390	5196.67	177.86	10.0	9.68	0.33
	18.85			5160			9.6		
	19.33			5040			9.4		
12/10/2012	16.41	15.46	0.98	6070	6440.00	391.54	11.3	11.99	0.73
	14.46			6850			12.8		
	15.52			6400			11.9		
29/10/2012	16.64	15.59	0.92	5810	6183.33	327.16	10.8	11.52	0.61
	15.23			6320			11.8		

	14.91			6420			12.0		
8/11/2012	18.20	15.94	1.99	5470	6270.00	706.82	10.2	11.68	1.32
	15.13			6530			12.2		
	14.48			6810			12.7		
27/11/2012	16.44	17.31	0.91	6090	5806.67	290.23	11.3	10.81	0.54
	17.24			5820			10.8		
	18.25			5510			10.3		
12/12/2012	16.73	16.63	0.51	5630	5700.00	175.78	10.5	10.62	0.33
	17.08			5570			10.4		
	16.07			5900			11.0		
18/12/2012	15.73	15.42	0.37	6530	6596.67	124.23	12.2	12.29	0.23
	15.01			6740			12.6		
	15.53			6520			12.1		

ตารางที่ ก.8 คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์(2)

วัน/เดือน/ปี	SVI cm <sup>3</sup> /g	เฉลี่ย	±SD	TS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	sCOD (mg/L)	ค่าเฉลี่ย	±SD
7/5/2012	71.60	71.89	1.14	8740	8626.67	231.80	16.25	16.04	0.43
	73.14			8360			15.54		
	70.92			8780			16.32		
21/5/2012	71.02	71.55	1.06	8950	8922.50	141.07	16.64	16.67	0.26
	70.86			9120			16.95		
	72.77			8840			16.43		
6/6/2012	72.90	71.46	1.69	8550	8752.50	226.79	15.89	16.21	0.42

	71.86			8640			16.06		
	69.61			8980			16.69		
18/6/2012	72.10	70.70	1.25	8870	8985.00	125.83	16.49	16.70	0.23
	69.71			9120			16.95		
	70.28			8970			16.67		
2/7/2012	66.96	69.58	2.86	9230	8925.00	336.01	17.16	16.56	0.62
	69.12			8940			16.62		
	72.64			8560			15.91		
11/7/2012	73.99	72.71	3.22	8670	8792.50	390.51	16.12	16.49	0.73
	75.09			8620			16.02		
	69.04			9320			17.32		
18/7/2012	71.75	74.45	5.11	9420	9140.00	420.36	17.51	16.88	0.78
	80.35			8610			16.00		
	71.27			9210			17.12		
6/8/2012	66.74	68.73	1.73	9320	9215.00	260.83	17.32	17.13	0.48
	69.93			8920			16.58		
	69.51			9410			17.49		
23/8/2012	84.37	80.38	4.48	8520	8935.00	385.53	15.84	16.31	0.72
	75.54			9220			17.14		
	81.24			8590			15.97		
วันเดือนปี	SVI cm <sup>3</sup> /g	เฉลี่ย	±SD	TS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	sCOD (mg/L)	ค่าเฉลี่ย	±SD
4/9/2012	80.45	83.33	3.61	9130	8800.00	301.16	16.97	16.49	0.56
	82.18			8940			16.62		
	87.38			8540			15.87		
19/9/2012	78.70	76.58	1.86	8970	8925.00	170.98	16.67	16.83	0.32
	75.81			9250			17.19		
	75.23			8940			16.62		
12/10/2012	70.09	69.52	1.52	8790	8905.00	116.76	16.34	16.53	0.22
	70.67			8870			16.49		
	67.80			9020			16.77		
29/10/2012	77.45	77.51	0.70	8960	9085.00	133.17	16.65	16.93	0.25
	76.84			9220			17.14		

	78.23			9140			16.99		
8/11/2012	80.38	80.97	1.64	8650	8790.00	156.31	16.08	16.12	0.29
	79.72			8840			16.43		
	82.83			8530			15.86		
27/11/2012	75.41	74.97	1.58	8940	8865.00	128.97	16.62	16.69	0.24
	73.23			9120			16.95		
	76.29			8870			16.49		
12/12/2012	79.86	79.29	0.54	8940	8932.50	11.55	16.62	16.64	0.02
	78.79			8960			16.65		
	79.22			8960			16.65		
18/12/2012	86.06	84.39	2.20	8570	8842.50	208.17	15.93	16.36	0.39
	81.89			8970			16.67		
	85.21			8870			16.49		

ตารางที่ ก.9 คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี(2)

วัน/เดือน/ปี	SVI cm <sup>3</sup> /g	เฉลี่ย	±SD	TS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	sCOD (mg/L)	ค่าเฉลี่ย	±SD
7/5/2012	51.89	48.67	2.87	6760	6966.67	205.02	12.57	12.95	0.38
	47.76			6970			12.96		
	46.38			7170			13.33		
21/5/2012	51.09	51.50	0.52	7010	7036.67	73.71	13.03	13.08	0.14
	52.08			6980			12.97		
	51.32			7120			13.23		
6/6/2012	60.83	61.21	1.33	6940	6970.00	98.49	12.90	12.96	0.18

	60.12			7080			13.16		
	62.69			6890			12.81		
18/6/2012	54.01	53.49	1.09	6720	6850.00	125.30	12.49	12.73	0.23
	52.24			6970			12.96		
	54.22			6860			12.75		
2/7/2012	47.76	49.69	3.04	6920	6960.00	69.28	12.86	12.94	0.13
	53.19			7040			13.09		
	48.10			6920			12.86		
11/7/2012	59.42	58.70	0.64	7050	6973.33	80.21	13.10	12.96	0.15
	58.48			6980			12.97		
	58.21			6890			12.81		
18/7/2012	57.28	54.34	2.62	6720	6850.00	125.30	12.49	12.73	0.23
	53.52			6860			12.75		
	52.24			6970			12.96		
6/8/2012	52.55	51.99	1.63	7050	6973.33	80.21	13.10	12.96	0.15
	53.25			6980			12.97		
	50.15			6890			12.81		
23/8/2012	62.87	64.95	1.96	6940	7026.67	117.19	12.90	13.06	0.22
	65.22			7160			13.31		
	66.77			6980			12.97		
วันเดือนปี	SVI cm <sup>3</sup> /g	เฉลี่ย	±SD	TS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	sCOD (mg/L)	ค่าเฉลี่ย	±SD
4/9/2012	59.85	60.83	1.61	7120	7043.33	75.06	13.23	13.09	0.14
	62.69			6970			12.96		
	59.94			7040			13.09		
19/9/2012	55.05	53.80	1.21	6820	6923.33	89.63	12.68	12.87	0.17
	52.63			6970			12.96		
	53.73			6980			12.97		
12/10/2012	55.56	56.85	2.25	7150	7036.67	147.42	13.29	13.08	0.27
	59.45			6870			12.77		
	55.56			7090			13.18		
29/10/2012	56.55	57.16	0.54	6940	6966.67	46.19	12.90	12.95	0.09
	57.35			7020			13.05		

	57.58			6940			12.90		
8/11/2012	53.10	51.35	3.11	6920	6923.33	55.08	12.86	12.87	0.10
	47.76			6980			12.97		
	53.19			6870			12.77		
27/11/2012	47.83	55.33	6.52	7180	7093.33	80.83	13.35	13.19	0.15
	59.68			7020			13.05		
	58.48			7080			13.16		
12/12/2012	57.69	55.10	2.26	6950	6933.33	105.99	12.92	12.89	0.20
	54.09			7030			13.07		
	53.52			6820			12.68		
18/12/2012	52.71	53.08	0.57	6940	6990.00	55.68	12.90	12.99	0.10
	53.73			6980			12.97		
	52.79			7050			13.10		

ตารางที่ ก.10 คุณสมบัติเบื้องต้นของตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม(2)

วัน/เดือน/ปี	SVI cm <sup>3</sup> /g	เฉลี่ย	±SD	TS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	sCOD (mg/L)	ค่าเฉลี่ย	±SD
7/5/2012	49.12	54.03	8.61	21120	20030.00	2126.05	39.26	37.23	3.95
	63.97			17580			32.68		
	48.99			21390			39.76		
21/5/2012	54.38	56.50	4.30	19500	19060.00	1240.00	36.25	35.43	2.30
	53.67			20020			37.21		

	61.45			17660			32.83		
6/6/2012	67.95	57.48	10.56	15800	18956.67	3320.64	29.37	35.24	6.17
	46.84			22420			41.67		
	57.65			18650			34.67		
18/6/2012	59.13	58.84	0.48	17220	17643.33	524.44	32.01	32.80	0.97
	59.09			17480			32.49		
	58.29			18230			33.89		
2/7/2012	63.36	54.53	15.15	16890	19810.00	5629.89	31.39	36.82	10.46
	37.04			26300			48.89		
	63.20			16240			30.19		
11/7/2012	54.83	54.61	10.32	17850	18026.67	3128.74	33.18	33.51	5.82
	64.81			14990			27.86		
	44.18			21240			39.48		
18/7/2012	51.90	63.24	9.85	16450	14333.33	2057.77	30.58	26.64	3.82
	68.04			14210			26.41		
	69.77			12340			22.94		
6/8/2012	60.41	55.28	5.13	14450	14373.33	877.52	26.86	26.72	1.63
	50.15			15210			28.27		
	55.27			13460			25.02		
23/8/2012	56.01	57.22	3.32	14310	14750.00	409.51	26.60	27.42	0.76
	60.98			15120			28.10		
	54.69			14820			27.55		
วัน/เดือน/ปี	SVI cm <sup>3</sup> /g	เฉลี่ย	±SD	TS (mg/L)	เฉลี่ย	±SD	sCOD (mg/L)	ค่าเฉลี่ย	±SD
4/9/2012	67.01	74.62	7.48	15430	14576.67	1283.99	28.68	27.09	2.39
	81.97			13100			24.35		
	74.88			15200			28.25		
19/9/2012	59.84	60.37	8.71	16230	16856.67	2256.24	30.17	31.33	4.19
	51.93			19360			35.99		
	69.34			14980			27.84		
12/10/2012	47.54	50.40	2.51	19880	19213.33	670.02	36.95	35.71	1.25
	51.39			18540			34.46		
	52.26			19220			35.73		



29/10/201 2	53.92	60.92	6.89	18690	16806.67	1739.61	34.74	31.24	3.23
	61.14			16470			30.61		
	67.70			15260			28.37		
8/11/2012	71.82	68.23	3.17	14520	14783.33	372.87	26.99	27.48	0.69
	67.09			15210			28.27		
	65.79			14620			27.18		
27/11/201 2	75.76	77.48	4.70	14210	13806.67	707.27	26.41	25.66	1.31
	73.89			14220			26.43		
	82.80			12990			24.15		
12/12/201 2	77.32	69.70	25.96	13770	16843.33	6499.92	25.60	31.31	12.08
	40.79			24310			45.19		
	91.00			12450			23.14		
18/12/201 2	89.95	77.50	13.34	13210	14610.00	1936.52	24.55	27.16	3.60
	63.43			16820			31.26		
	79.12			13800			25.65		

ตารางที่ ก.11 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

วัน/เดือน/ ปี	ครั้งที่	นน.ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
7/5/2012	1	27.17	4.15	84.74	83.03	1.49
	2	23.16	4.16	82.04		
	3	26.14	4.63	82.29		
21/5/2012	4	26.87	4.95	81.60	82.62	1.29
	5	27.42	4.88	82.19		
	6	26.36	4.20	84.06		

6/6/2012	7	25.42	4.95	80.52	81.75	1.12
	8	27.12	4.88	82.01		
	9	26.58	4.59	82.72		
18/6/2012	10	26.59	4.88	81.65	82.39	0.68
	11	27.44	4.80	82.52		
	12	28.13	4.78	83.00		
2/7/2012	13	25.97	4.98	80.83	81.75	0.85
	14	28.12	4.92	82.51		
	15	26.80	4.85	81.92		
11/7/2012	16	27.30	4.56	83.30	83.50	0.59
	17	25.90	4.10	84.17		
	18	26.33	4.47	83.04		
18/7/2012	19	27.20	4.98	81.68	82.12	0.45
	20	28.11	4.90	82.57		
	21	27.66	4.95	82.12		
6/8/2012	22	27.65	4.22	84.76	83.77	1.94
	23	26.90	4.03	85.02		
	24	26.88	4.96	81.54		
23/8/2012	25	25.66	4.90	80.92	81.23	1.93
	26	27.86	4.66	83.29		
	27	24.25	4.98	79.46		

ตารางที่ ก.12 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	นน.ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
7/5/2012	1	16.33	3.83	76.51	77.75	1.47
	2	17.22	3.90	77.35		
	3	18.40	3.79	79.38		
21/5/2012	4	17.37	3.54	79.61	78.29	2.22
	5	16.12	3.91	75.72		

	6	18.32	3.75	79.52		
6/6/2012	7	18.23	3.87	78.77	78.58	0.17
	8	17.73	3.82	78.44		
	9	18.31	3.93	78.52		
18/6/2012	10	18.77	3.90	79.22	78.11	1.26
	11	16.87	3.92	76.74		
	12	16.89	3.65	78.38		
2/7/2012	13	17.63	3.63	79.43	78.89	0.51
	14	16.79	3.62	78.43		
	15	17.29	3.67	78.79		
11/7/2012	16	17.84	3.73	79.10	78.62	0.69
	17	17.67	3.72	78.94		
	18	16.55	3.67	77.83		
18/7/2012	19	17.00	3.75	77.91	77.90	1.06
	20	16.45	3.81	76.83		
	21	17.89	3.77	78.95		
6/8/2012	22	17.26	3.49	79.78	79.27	0.97
	23	17.65	3.86	78.15		
	24	17.66	3.55	79.88		
23/8/2012	25	18.22	3.73	79.50	79.19	1.04
	26	18.74	3.74	80.04		
	27	16.97	3.73	78.02		

ตารางที่ ก.13 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	นน.ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
7/5/2012	1	2.20	0.65	70.28	71.53	1.24
	2	1.86	0.51	72.75		
	3	2.11	0.60	71.56		
21/5/2012	4	2.37	0.69	71.01	71.44	0.66

	5	2.22	0.62	72.19		
	6	2.44	0.70	71.12		
6/6/2012	7	2.12	0.59	72.29	71.30	1.39
	8	2.16	0.65	69.71		
	9	2.51	0.71	71.89		
18/6/2012	10	2.28	0.58	74.73	73.91	0.72
	11	1.88	0.50	73.34		
	12	2.13	0.56	73.66		
2/7/2012	13	1.94	0.53	72.57	71.12	1.80
	14	2.31	0.65	71.68		
	15	2.11	0.65	69.11		
11/7/2012	16	2.04	0.62	69.48	71.61	3.15
	17	2.51	0.62	75.22		
	18	2.15	0.64	70.13		
18/7/2012	19	2.16	0.62	71.08	73.28	1.95
	20	2.57	0.65	74.78		
	21	2.43	0.63	73.98		
6/8/2012	22	2.30	0.60	73.86	71.05	2.53
	23	2.10	0.62	70.29		
	24	2.01	0.62	68.98		
23/8/2012	25	2.46	0.63	74.26	71.68	2.28
	26	2.31	0.70	69.95		
	27	2.15	0.63	70.83		

ตารางที่ ก.14 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี

วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	นน.ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
7/5/2012	1	3.07	0.96	68.84	69.02	0.26
	2	3.21	0.99	69.32		
	3	3.03	0.94	68.90		

21/5/2012	4	3.22	0.98	69.46	68.97	0.87
	5	3.25	0.99	69.48		
	6	3.06	0.98	67.96		
6/6/2012	7	3.22	0.99	69.19	69.08	0.39
	8	3.00	0.94	68.64		
	9	3.23	0.99	69.40		
18/6/2012	10	3.15	1.00	68.26	68.87	0.75
	11	3.29	1.00	69.70		
	12	3.00	0.94	68.64		
2/7/2012	13	3.03	0.97	68.00	68.33	1.39
	14	3.26	0.98	69.86		
	15	3.02	0.99	67.13		
11/7/2012	16	3.27	0.98	69.98	68.95	1.70
	17	3.02	1.00	66.99		
	18	3.26	0.98	69.89		
18/7/2012	19	3.01	0.95	68.47	69.16	0.61
	20	3.25	1.00	69.41		
	21	3.20	0.97	69.60		
6/8/2012	22	3.02	0.94	68.89	68.89	0.85
	23	3.02	0.91	69.74		
	24	3.02	0.97	68.03		
23/8/2012	25	3.26	1.00	69.36	69.41	0.09
	26	3.21	0.99	69.35		
	27	3.25	0.99	69.51		

ตารางที่ ก.15 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก(ก.)	นน.ตะกอนแห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำในตะกอน(%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย (%) $\pm$ SD
7/5/2012	1	1.49	0.61	59.38	57.56	2.41
	2	1.52	0.69	54.82		

	3	1.47	0.61	58.46		
21/5/2012	4	1.50	0.63	58.30	58.80	1.57
	5	1.53	0.65	57.54		
	6	1.59	0.63	60.56		
6/6/2012	7	1.52	0.67	55.75	58.03	2.20
	8	1.50	0.63	58.21		
	9	1.56	0.62	60.13		
18/6/2012	10	1.52	0.70	54.16	56.60	2.12
	11	1.55	0.66	57.70		
	12	1.59	0.67	57.95		
2/7/2012	13	1.57	0.63	60.05	59.71	0.62
	14	1.51	0.62	59.00		
	15	1.57	0.63	60.08		
11/7/2012	16	1.56	0.63	59.78	59.60	0.27
	17	1.56	0.63	59.73		
	18	1.52	0.62	59.30		
18/7/2012	19	1.59	0.60	62.13	58.41	3.39
	20	1.58	0.67	57.61		
	21	1.57	0.70	55.50		
6/8/2012	22	1.53	0.62	59.55	60.09	0.64
	23	1.55	0.62	59.92		
	24	1.60	0.63	60.80		
23/8/2012	25	1.60	0.60	62.39	60.61	2.41
	26	1.58	0.67	57.87		
	27	1.56	0.60	61.56		

ตารางที่ ก.16 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่านไมโครเวฟ 500 วัตต์ 60 วินาที

พลังงานไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก(ก.)	นน.ตะกอนแห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำในตะกอน(%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
-----------------	----------	-------------------	------------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------

500-60	1.00	3.07	0.76	75.36	75.47	0.09
	2.00	3.21	0.79	75.54		
	3.00	3.03	0.74	75.51		
	4.00	3.22	0.71	77.86	78.48	1.73
	5.00	3.85	0.75	80.44		
	6.00	3.06	0.70	77.15		
	7.00	3.62	0.79	78.12	76.99	1.49
	8.00	3.00	0.74	75.30		
	9.00	3.33	0.75	77.54		
	10.00	3.15	0.70	77.80	78.13	3.01
	11.00	3.99	0.75	81.30		
	12.00	3.00	0.74	75.30		
	13.00	3.03	0.77	74.61	76.60	1.92
	14.00	3.26	0.70	78.45		
	15.00	3.02	0.70	76.72		
	16.00	3.27	0.70	78.55	77.88	0.86
	17.00	3.02	0.70	76.91		
	18.00	3.26	0.71	78.18		
	19.00	3.01	0.75	75.11	77.06	1.68
	20.00	3.25	0.72	78.02		
	21.00	3.20	0.70	78.04		

ตารางที่ ก.17 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่อกนนทรี ที่ผ่านไมโครเวฟ 500 วัตต์ 100 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน. ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
------------------	----------	---------------------	--------------------	----------------------	-----------------------------	---------------------------------

500-100	1.00	3.02	0.74	75.50	75.51	0.86
	2.00	3.02	0.71	76.37		
	3.00	3.02	0.77	74.65		
	4.00	3.66	0.70	80.91	80.28	0.61
	5.00	3.21	0.64	80.24		
	6.00	3.65	0.74	79.69		
	7.00	3.07	0.76	75.36	75.47	0.09
	8.00	3.21	0.79	75.54		
	9.00	3.03	0.74	75.51		
	10.00	3.22	0.71	77.86	78.48	1.73
	11.00	3.85	0.75	80.44		
	12.00	3.06	0.70	77.15		
	13.00	3.62	0.79	78.12	76.99	1.49
	14.00	3.00	0.74	75.30		
	15.00	3.33	0.75	77.54		
	16.00	3.15	0.70	77.80	78.13	3.01
	17.00	3.99	0.75	81.30		
	18.00	3.00	0.74	75.30		
	19.00	3.03	0.77	74.61	76.60	1.92
	20.00	3.26	0.70	78.45		
	21.00	3.02	0.70	76.72		

ตารางที่ ก.18 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่อกนนทรี ที่ผ่านไมโครเวฟ 500 วัตต์ 120 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน. ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
------------------	----------	---------------------	--------------------	----------------------	-----------------------------	---------------------------------



500-120	1.00	3.27	0.70	78.55	77.88	0.86
	2.00	3.02	0.70	76.91		
	3.00	3.26	0.71	78.18		
	4.00	3.01	0.75	75.11	77.06	1.68
	5.00	3.25	0.72	78.02		
	6.00	3.20	0.70	78.04		
	7.00	3.02	0.74	75.50	75.51	0.86
	8.00	3.02	0.71	76.37		
	9.00	3.02	0.77	74.65		
	10.00	3.66	0.70	80.91	80.28	0.61
	11.00	3.21	0.64	80.24		
	12.00	3.65	0.74	79.69		
	13.00	3.07	0.76	75.36	75.47	0.09
	14.00	3.21	0.79	75.54		
	15.00	3.03	0.74	75.51		
	16.00	3.22	0.71	77.86	78.48	1.73
	17.00	3.85	0.75	80.44		
	18.00	3.06	0.70	77.15		
	19.00	3.62	0.79	78.12	76.99	1.49
	20.00	3.00	0.74	75.30		
	21.00	3.33	0.75	77.54		

ตารางที่ ก.19 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่อกนนทรี ที่ผ่านไมโครเวฟ 600 วัตต์ 60 วินาที

พลังงานไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอนเปียก(ก.)	นน.ตะกอนแห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำในตะกอน(%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
-----------------	----------	--------------------	------------------	---------------------	---------------------------	-----------------------------------

600-60	1.00	3.15	0.70	77.80	78.13	3.01
	2.00	3.99	0.75	81.30		
	3.00	3.00	0.74	75.30		
	4.00	3.03	0.77	74.61	76.60	1.92
	5.00	3.26	0.70	78.45		
	6.00	3.02	0.70	76.72		
	7.00	3.27	0.70	78.55	77.88	0.86
	8.00	3.02	0.70	76.91		
	9.00	3.26	0.71	78.18		
	10.00	3.01	0.75	75.11	77.06	1.68
	11.00	3.25	0.72	78.02		
	12.00	3.20	0.70	78.04		
	13.00	3.02	0.74	75.50	75.51	0.86
	14.00	3.02	0.71	76.37		
	15.00	3.02	0.77	74.65		
	16.00	3.66	0.70	80.91	80.28	0.61
	17.00	3.21	0.64	80.24		
	18.00	3.65	0.74	79.69		
	19.00	3.07	0.76	75.36	75.47	0.09
	20.00	3.21	0.79	75.54		
	21.00	3.03	0.74	75.51		

ตารางที่ ก.20 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่อกนนทรี ที่ผ่านไมโครเวฟ 600 วัตต์ 100 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอนแห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
------------------	----------	---------------------	------------------	----------------------	-----------------------------	---------------------------------

600-100	1.00	3.22	0.71	77.86	78.48	1.73
	2.00	3.85	0.75	80.44		
	3.00	3.06	0.70	77.15		
	4.00	3.62	0.79	78.12	76.99	1.49
	5.00	3.00	0.74	75.30		
	6.00	3.33	0.75	77.54		
	7.00	3.15	0.70	77.80	78.13	3.01
	8.00	3.99	0.75	81.30		
	9.00	3.00	0.74	75.30		
	10.00	3.03	0.77	74.61	76.60	1.92
	11.00	3.26	0.70	78.45		
	12.00	3.02	0.70	76.72		
	13.00	3.27	0.70	78.55	77.88	0.86
	14.00	3.02	0.70	76.91		
	15.00	3.26	0.71	78.18		
	16.00	3.01	0.75	75.11	77.06	1.68
	17.00	3.25	0.72	78.02		
	18.00	3.20	0.70	78.04		
	19.00	3.02	0.74	75.50	75.51	0.86
	20.00	3.02	0.71	76.37		
	21.00	3.02	0.77	74.65		

ตารางที่ ก.21 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่อกนนทรี ที่ผ่านไมโครเวฟ 600 วัตต์ 120 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอนเปียก(ก.)	นน.ตะกอนแห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำในตะกอน(%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
------------------	----------	--------------------	------------------	---------------------	---------------------------	--------------------------------

600-120	1	1.5269	0.3241	78.77	79.10	0.295
	2	1.5236	0.3147	79.34		
	3	1.5447	0.3215	79.19		
	4	1.5623	0.3268	79.08	79.14	0.593
	5	1.5237	0.3265	78.57		
	6	1.5470	0.3132	79.75		
	7	1.5236	0.3624	76.21	76.00	0.614
	8	1.4940	0.3514	76.48		
	9	1.5228	0.3760	75.31		
	10	1.4667	0.3217	78.07	78.46	0.336
	11	1.5002	0.3205	78.64		
	12	1.5256	0.3255	78.67		
	13	1.5862	0.3652	76.98	77.98	0.903
	14	1.5236	0.3241	78.73		
	15	1.5001	0.3265	78.23		
	16	1.5586	0.3268	79.03	78.82	0.275
	17	1.5236	0.3275	78.51		
	18	1.5502	0.3269	78.91		
	19	1.5852	0.3201	79.80	79.42	0.345
	20	1.5663	0.3268	79.14		
	21	1.5786	0.3264	79.32		

ตารางที่ ก.22 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่านไมโครเวฟ 900 วัตต์ 60 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
900-60	1.00	3.01	0.75	75.11	77.06	1.68
	2.00	3.25	0.72	78.02		
	3.00	3.20	0.70	78.04		
	4.00	3.02	0.74	75.50	75.51	0.86
	5.00	3.02	0.71	76.37		
	6.00	3.02	0.77	74.65		
	7.00	3.66	0.70	80.91	80.28	0.61
	8.00	3.21	0.64	80.24		
	9.00	3.65	0.74	79.69		
	10.00	3.07	0.76	75.36	75.47	0.09
	11.00	3.21	0.79	75.54		
	12.00	3.03	0.74	75.51		
	13.00	3.22	0.71	77.86	78.48	1.73
	14.00	3.85	0.75	80.44		
	15.00	3.06	0.70	77.15		
	16.00	3.62	0.79	78.12	76.99	1.49
	17.00	3.00	0.74	75.30		
	18.00	3.33	0.75	77.54		
	19.00	3.15	0.70	77.80	78.13	3.01
	20.00	3.99	0.75	81.30		
	21.00	3.00	0.74	75.30		

ตารางที่ ก.23 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่านไมโครเวฟ 900  
วัตต์ 100 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน. ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
900-100	1.00	3.03	0.77	74.61	76.60	1.92
	2.00	3.26	0.70	78.45		
	3.00	3.02	0.70	76.72		
	4.00	3.27	0.70	78.55	77.88	0.86
	5.00	3.02	0.70	76.91		
	6.00	3.26	0.71	78.18		
	7.00	3.01	0.75	75.11	77.06	1.68
	8.00	3.25	0.72	78.02		
	9.00	3.20	0.70	78.04		
	10.00	3.02	0.74	75.50	75.51	0.86
	11.00	3.02	0.71	76.37		
	12.00	3.02	0.77	74.65		
	13.00	3.66	0.70	80.91	80.28	0.61
	14.00	3.21	0.64	80.24		
	15.00	3.65	0.74	79.69		
	16.00	3.07	0.76	75.36	75.47	0.09
	17.00	3.21	0.79	75.54		
	18.00	3.03	0.74	75.51		
	19.00	3.22	0.71	77.86	78.48	1.73
	20.00	3.85	0.75	80.44		
	21.00	3.06	0.70	77.15		

ตารางที่ ก.24 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชองนนทรี ที่ผ่านไมโครเวฟ 900  
วัตต์ 120 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
900-120	1.00	3.62	0.79	78.12	76.99	1.49
	2.00	3.00	0.74	75.30		
	3.00	3.33	0.75	77.54		
	4.00	3.15	0.70	77.80	78.13	3.01
	5.00	3.99	0.75	81.30		
	6.00	3.00	0.74	75.30		
	7.00	3.03	0.77	74.61	76.60	1.92
	8.00	3.26	0.70	78.45		
	9.00	3.02	0.70	76.72		
	10.00	3.27	0.70	78.55	77.88	0.86
	11.00	3.02	0.70	76.91		
	12.00	3.26	0.71	78.18		
	13.00	3.01	0.75	75.11	77.06	1.68
	14.00	3.25	0.72	78.02		
	15.00	3.20	0.70	78.04		
	16.00	3.02	0.74	75.50	75.51	0.86
	17.00	3.02	0.71	76.37		
	18.00	3.02	0.77	74.65		
	19.00	3.66	0.70	80.91	80.28	0.61
	20.00	3.21	0.64	80.24		
	21.00	3.65	0.74	79.69		

ตารางที่ ก.25 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ 500 วัตต์ 60 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
---------------------	----------	------------------------	----------------------	-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------

500-60	1	1.4940	0.3068	79.46	80.24	1.843
	2	1.5228	0.2688	82.35		
	3	1.4667	0.3092	78.92		
	4	1.5002	0.3256	78.30	78.32	1.136
	5	1.5256	0.3478	77.20		
	6	1.5862	0.3256	79.47		
	7	1.5236	0.3742	75.44	77.68	2.023
	8	1.5001	0.3269	78.21		
	9	1.5586	0.3214	79.38		
	10	1.5236	0.2984	80.41	78.11	1.993
	11	1.5502	0.3557	77.05		
	12	1.5852	0.3666	76.87		
	13	1.5663	0.3257	79.21	79.07	0.208
	14	1.5125	0.3201	78.83		
	15	1.5702	0.3269	79.18		
	16	1.556	0.3259	79.06	79.02	0.035
	17	1.5561	0.3266	79.01		
	18	1.5235	0.3201	78.99		
	19	1.589	0.3017	81.01	77.42	3.273
	20	1.5783	0.3690	76.62		
	21	1.5694	0.3984	74.61		

ตารางที่ ก.26 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ 500 วัตต์ 100 วินาที

พลังงานไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก(ก.)	นน.ตะกอนแห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำในตะกอน(%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย(%) ± SD
-----------------	----------	-------------------	------------------	---------------------	---------------------------	-----------------------------------



500-100	1	1.4940	0.3068	79.46	80.24	1.843
	2	1.5228	0.2688	82.35		
	3	1.4667	0.3092	78.92		
	4	1.5002	0.3256	78.30	78.32	1.136
	5	1.5256	0.3478	77.20		
	6	1.5862	0.3256	79.47		
	7	1.5236	0.3742	75.44	77.68	2.023
	8	1.5001	0.3269	78.21		
	9	1.5586	0.3214	79.38		
	10	1.5236	0.2984	80.41	78.11	1.993
	11	1.5502	0.3557	77.05		
	12	1.5852	0.3666	76.87		
	13	1.5663	0.3257	79.21	79.07	0.208
	14	1.5125	0.3201	78.83		
	15	1.5702	0.3269	79.18		
	16	1.556	0.3259	79.06	79.02	0.035
	17	1.5561	0.3266	79.01		
	18	1.5235	0.3201	78.99		
	19	1.589	0.3017	81.01	77.42	3.273
	20	1.5783	0.3690	76.62		
	21	1.5694	0.3984	74.61		

ตารางที่ ก.27 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ 500 วัตต์  
120 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
500-120	1	1.5238	0.3265	78.57	78.74	0.253
	2	1.5264	0.3201	79.03		
	3	1.5265	0.3265	78.61		
	4	1.5647	0.3214	79.46	79.25	0.189
	5	1.5687	0.3265	79.19		
	6	1.5624	0.3266	79.10		
	7	1.5647	0.3201	79.54	79.00	0.495
	8	1.5236	0.3266	78.56		
	9	1.5478	0.3266	78.90		
	10	1.5489	0.3175	79.50	78.93	0.661
	11	1.5633	0.3270	79.08		
	12	1.4987	0.3266	78.21		
	13	1.5871	0.3247	79.54	79.40	0.797
	14	1.5623	0.3105	80.12		
	15	1.5223	0.3266	78.55		
	16	1.5470	0.3255	78.96	78.84	0.265
	17	1.5235	0.3270	78.54		
	18	1.5264	0.3201	79.03		
	19	1.5647	0.3266	79.13	79.15	0.592
	20	1.5234	0.3266	78.56		
	21	1.5872	0.3215	79.75		

ตารางที่ ก.28 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ 600 วัตต์ 60 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน. ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
600-60	1	1.5030	0.3265	78.28	78.49	0.423
	2	1.5270	0.3210	78.98		
	3	1.4989	0.3265	78.21		
	4	1.5204	0.3201	78.94	79.17	0.217
	5	1.5660	0.3257	79.20		
	6	1.5781	0.3255	79.38		
	7	1.5241	0.3265	78.57	79.08	0.437
	8	1.5789	0.3261	79.34		
	9	1.5479	0.3202	79.32		
	10	1.5625	0.3201	79.51	54.08	43.368
	11	1.5235	0.3265	4.00		
	12	1.5339	0.3265	78.71		
	13	1.5780	0.3265	79.31	79.04	0.374
	14	1.5029	0.3215	78.61		
	15	1.5647	0.3256	79.19		
	16	1.5239	0.3247	78.69	78.82	0.188
	17	1.5308	0.3257	78.73		
	18	1.5267	0.3201	79.03		
	19	1.5623	0.3210	79.45	79.08	0.388
	20	1.5247	0.3251	78.68		
	21	1.5623	0.3265	79.10		

ตารางที่ ก.29 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ 600 วัตต์  
100 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน. ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
600-100	1	1.4989	0.3255	78.29	78.74	0.525
	2	1.5476	0.3201	79.31		
	3	1.5230	0.3257	78.61		
	4	1.5069	0.3265	78.33	78.65	0.351
	5	1.5480	0.3312	78.60		
	6	1.5326	0.3215	79.03		
	7	1.5669	0.3621	76.89	78.32	1.251
	8	1.5235	0.3170	79.19		
	9	1.5224	0.3215	78.88		
	10	1.5201	0.3265	78.52	78.79	0.291
	11	1.5623	0.3265	79.10		
	12	1.5103	0.3211	78.74		
	13	1.5748	0.3215	79.59	79.16	0.367
	14	1.5239	0.3205	78.97		
	15	1.5264	0.3215	78.93		
	16	1.5247	0.3224	78.85	78.20	0.911
	17	1.5206	0.3257	78.58		
	18	1.5239	0.3481	77.16		
	19	1.5478	0.3682	76.21	77.97	1.546
	20	1.5262	0.3265	78.61		
	21	1.5623	0.3265	79.10		

ตารางที่ ก.30 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ 600 วัตต์  
120 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน. ตะกอน เปียก(ก.)	นน. ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
600-120	1	1.4989	0.3255	78.29	78.74	0.525
	2	1.5476	0.3201	79.31		
	3	1.5230	0.3257	78.61		
	4	1.5069	0.3265	78.33	78.65	0.351
	5	1.5480	0.3312	78.60		
	6	1.5326	0.3215	79.03		
	7	1.5669	0.3621	76.89	78.32	1.251
	8	1.5235	0.3170	79.19		
	9	1.5224	0.3215	78.88		
	10	1.5201	0.3265	78.52	78.79	0.291
	11	1.5623	0.3265	79.10		
	12	1.5103	0.3211	78.74		
	13	1.5748	0.3215	79.59	79.16	0.367
	14	1.5239	0.3205	78.97		
	15	1.5264	0.3215	78.93		
	16	1.5247	0.3224	78.85	78.20	0.911
	17	1.5206	0.3257	78.58		
	18	1.5239	0.3481	77.16		
	19	1.5478	0.3682	76.21	77.97	1.546
	20	1.5262	0.3265	78.61		
	21	1.5623	0.3265	79.10		

ตารางที่ ก.31 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ 900 วัตต์ 60 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
	1	1.5269	0.3241	78.77		
900-60	1	1.5473	0.3254	78.97	79.50	0.464
	2	1.6214	0.3268	79.84		
	3	1.5478	0.3146	79.68		
	4	1.6247	0.3236	80.08	79.50	0.865
	5	1.5124	0.3251	78.50		
	6	1.6247	0.3265	79.90		
	7	1.5623	0.3254	79.17	79.63	1.021
	8	1.5247	0.3215	78.92		
	9	1.6269	0.3124	80.80		
	10	1.5874	0.3265	79.43	79.44	0.778
	11	1.5269	0.3258	78.66		
	12	1.6248	0.3214	80.22		
	13	1.5487	0.3251	79.01	79.23	0.691
	14	1.5267	0.3254	78.69		
	15	1.6269	0.3252	80.01		
	16	1.6265	0.3221	80.19	78.73	1.284
	17	1.5265	0.3325	78.22		
	18	1.5625	0.3471	77.79		
	19	1.5265	0.3265	78.61	79.50	1.051
	20	1.6268	0.3146	80.66		
	21	1.5478	0.3214	79.24		

ตารางที่ ก.32 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ 900 วัตต์  
100 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
900-100	1	1.6987	0.3265	80.78	80.07	0.858
	2	1.5568	0.3251	79.12		
	3	1.6589	0.3265	80.32		
	4	1.6248	0.3215	80.21	79.96	0.469
	5	1.5625	0.3216	79.42		
	6	1.6269	0.3214	80.24		
	7	1.6265	0.3265	79.93	79.58	0.324
	8	1.5698	0.3252	79.28		
	9	1.6248	0.3326	79.53		
	10	1.6268	0.3274	79.87	80.11	0.334
	11	1.6478	0.3215	80.49		
	12	1.5698	0.3145	79.97		
	13	1.6974	0.3154	81.42	80.40	0.882
	14	1.5699	0.3165	79.84		
	15	1.5698	0.3148	79.95		
	16	1.6268	0.3126	80.78	80.55	0.401
	17	1.6270	0.3125	80.79		
	18	1.5699	0.3125	80.09		
	19	1.6270	0.3148	80.65	80.66	0.093
	20	1.6270	0.3163	80.56		
	21	1.6235	0.3125	80.75		

ตารางที่ ก.33 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ที่ผ่านไมโครเวฟ 900 วัตต์  
120 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
900-120	1	1.6264	0.3127	80.78	80.34	0.391
	2	1.5647	0.3125	80.03		
	3	1.6234	0.3214	80.20		
	4	1.6872	0.3127	81.47	80.84	0.547
	5	1.6030	0.3126	80.50		
	6	1.6270	0.3166	80.54		
	7	1.6989	0.3199	81.17	80.56	0.565
	8	1.6204	0.3166	80.46		
	9	1.5660	0.3123	80.06		
	10	1.6781	0.3133	81.33	80.73	0.564
	11	1.6241	0.3145	80.63		
	12	1.5789	0.3124	80.22		
	13	1.6479	0.3125	81.03	80.47	0.684
	14	1.5625	0.3170	79.71		
	15	1.6235	0.3137	80.68		
	16	1.6339	0.3159	80.67	80.41	0.315
	17	1.5780	0.3146	80.06		
	18	1.6029	0.3124	80.51		
	19	1.5647	0.3214	79.46	80.45	1.082
	20	1.6239	0.3200	80.30		
	21	1.6987	0.3125	81.61		

ตารางที่ ก.34 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ที่ผ่านไมโครเวฟ 500 วัตต์ 60 วินาที



พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
500-60	1.00	2.20	0.65	70.28	70.61	1.20
	2.00	2.26	0.69	69.62		
	3.00	2.21	0.62	71.94		
	4.00	2.27	0.69	69.73	71.64	1.71
	5.00	2.22	0.62	72.19		
	6.00	2.24	0.60	73.01		
	7.00	2.22	0.69	69.03	70.45	1.89
	8.00	2.16	0.65	69.71		
	9.00	2.21	0.61	72.60		
	10.00	2.28	0.68	70.33	71.08	2.30
	11.00	2.28	0.70	69.24		
	12.00	2.13	0.56	73.66		
	13.00	2.94	0.63	78.51	73.10	4.86
	14.00	2.31	0.65	71.68		
	15.00	2.11	0.65	69.11		
	16.00	2.04	0.62	69.48	71.61	3.15
	17.00	2.51	0.62	75.22		
	18.00	2.15	0.64	70.13		
	19.00	2.16	0.62	71.08	73.28	1.95
	20.00	2.57	0.65	74.78		
	21.00	2.43	0.63	73.98		

ตารางที่ ก.35 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ที่ผ่านไมโครเวฟ 500  
วัตต์ 100 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอน เปียก(ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
500-100	1.00	2.30	0.60	73.86	71.05	2.53
	2.00	2.10	0.62	70.29		
	3.00	2.01	0.62	68.98		
	4.00	2.46	0.63	74.26	71.68	2.28
	5.00	2.31	0.70	69.95		
	6.00	2.15	0.63	70.83		
	7.00	2.55	0.63	75.16	73.49	1.48
	8.00	2.37	0.65	72.32		
	9.00	2.32	0.63	73.00		
	10.00	2.36	0.62	73.59	70.78	4.48
	11.00	2.31	0.62	73.14		
	12.00	2.02	0.70	65.61		
	13.00	2.04	0.63	69.25	71.39	2.20
	14.00	2.37	0.62	73.64		
	15.00	2.39	0.69	71.28		
	16.00	2.35	0.66	71.95	71.78	1.80
	17.00	2.32	0.70	69.91		
	18.00	2.35	0.62	73.49		
	19.00	2.15	0.69	68.18	69.93	2.09
	20.00	2.15	0.66	69.38		
	21.00	2.37	0.66	72.24		

ตารางที่ ก.36 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ที่ผ่านไมโครเวฟ 500  
วัตต์ 120 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
500-120	1.00	2.37	0.65	72.34	71.50	1.13
	2.00	2.22	0.66	70.21		
	3.00	2.22	0.62	71.95		
	4.00	2.22	0.62	71.85	71.92	1.01
	5.00	2.36	0.69	70.96		
	6.00	2.31	0.63	72.96		
	7.00	2.32	0.62	73.13	72.18	1.76
	8.00	2.35	0.63	73.26		
	9.00	2.11	0.63	70.14		
	10.00	2.02	0.62	69.30	73.21	4.82
	11.00	2.33	0.66	71.74		
	12.00	2.92	0.63	78.60		
	13.00	2.34	0.66	71.82	71.82	0.10
	14.00	2.31	0.65	71.71		
	15.00	2.32	0.65	71.91		
	16.00	2.29	0.62	72.84	72.26	1.06
	17.00	2.30	0.62	72.90		
	18.00	2.21	0.64	71.03		
	19.00	2.99	0.62	79.11	76.96	1.88
	20.00	2.65	0.65	75.62		
	21.00	2.65	0.63	76.16		

ตารางที่ ก.37 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ที่ผ่านไมโครเวฟ 600 วัตต์ 60 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%) ± SD
600-60	1.00	2.63	0.60	77.09	73.10	4.03
	2.00	2.33	0.62	73.18		
	3.00	2.01	0.62	69.03		
	4.00	2.37	0.63	73.25	73.99	0.69
	5.00	2.74	0.70	74.63		
	6.00	2.42	0.63	74.09		
	7.00	2.36	0.63	73.22	72.96	0.65
	8.00	2.36	0.65	72.22		
	9.00	2.36	0.63	73.43		
	10.00	2.15	0.62	70.94	72.42	1.28
	11.00	2.32	0.62	73.25		
	12.00	2.32	0.63	73.07		
	13.00	2.32	0.63	72.75	72.50	0.91
	14.00	2.37	0.63	73.26		
	15.00	2.31	0.66	71.49		
	16.00	2.31	0.62	73.06	70.48	2.92
	17.00	2.15	0.62	71.05		
	18.00	2.02	0.66	67.32		
	19.00	2.02	0.70	65.58	70.45	4.22
	20.00	2.33	0.63	72.81		
	21.00	2.31	0.63	72.96		

ตารางที่ ก.38 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ที่ผ่านไมโครเวฟ 600  
วัตต์ 100 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
600-100	1.00	2.65	0.62	76.48	73.25	3.29
	2.00	2.32	0.70	69.89		
	3.00	2.39	0.64	73.39		
	4.00	2.35	0.64	72.94	72.68	0.64
	5.00	2.32	0.62	73.14		
	6.00	2.35	0.66	71.95		
	7.00	2.15	0.62	71.06	71.28	1.88
	8.00	2.15	0.66	69.52		
	9.00	2.37	0.63	73.26		
	10.00	2.37	0.66	72.31	72.01	0.26
	11.00	2.22	0.62	71.85		
	12.00	2.22	0.62	71.85		
	13.00	2.22	0.63	71.45	72.44	0.90
	14.00	2.36	0.63	73.20		
	15.00	2.31	0.63	72.68		
	16.00	2.32	0.64	72.61	72.05	1.42
	17.00	2.35	0.63	73.10		
	18.00	2.11	0.62	70.44		
	19.00	2.02	0.63	69.10	73.44	4.66
	20.00	2.33	0.63	72.86		
	21.00	2.92	0.63	78.37		

ตารางที่ ก.39 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ที่ผ่านไมโครเวฟ 600  
วัตต์ 120 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
600-120	1.00	2.34	0.66	71.86	72.18	0.77
	2.00	2.31	0.62	73.06		
	3.00	2.32	0.66	71.62		
	4.00	2.29	0.62	72.74	72.49	0.56
	5.00	2.30	0.62	72.88		
	6.00	2.21	0.62	71.84		
	7.00	2.99	0.63	78.81	75.08	3.29
	8.00	2.65	0.70	73.79		
	9.00	2.31	0.63	72.63		
	10.00	2.11	0.63	70.03	71.54	3.19
	11.00	2.04	0.62	69.39		
	12.00	2.51	0.62	75.20		
	13.00	2.15	0.66	69.34	72.04	3.29
	14.00	2.16	0.62	71.08		
	15.00	2.57	0.62	75.70		
	16.00	2.43	0.63	73.99	71.05	3.86
	17.00	2.30	0.63	72.48		
	18.00	2.10	0.70	66.68		
	19.00	2.01	0.63	68.55	72.08	3.16
	20.00	2.46	0.62	74.63		
	21.00	2.31	0.62	73.05		

ตารางที่ ก.40 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ที่ผ่านไมโครเวฟ 900  
วัตต์ 60 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
900-60	1.00	2.15	0.62	70.94	73.24	2.14
	2.00	2.55	0.63	75.16		
	3.00	2.37	0.62	73.64		
	4.00	2.32	0.63	72.73	73.12	0.43
	5.00	2.36	0.62	73.58		
	6.00	2.31	0.62	73.06		
	7.00	2.02	0.63	68.72	71.53	2.45
	8.00	2.32	0.63	72.69		
	9.00	2.33	0.62	73.18		
	10.00	2.37	0.63	73.25	72.87	0.33
	11.00	2.31	0.63	72.67		
	12.00	2.32	0.63	72.68		
	13.00	2.31	0.63	72.68	73.15	0.45
	14.00	2.33	0.62	73.19		
	15.00	2.36	0.62	73.58		
	16.00	2.87	0.63	77.99	74.08	3.71
	17.00	2.15	0.63	70.61		
	18.00	2.37	0.62	73.64		
	19.00	2.31	0.63	72.67	72.81	0.23
	20.00	2.32	0.62	73.07		
	21.00	2.31	0.63	72.67		

ตารางที่ ก.41 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ที่ผ่านไมโครเวฟ 900  
วัตต์ 100 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
900-100	1.00	2.36	0.62	73.60	74.29	1.63
	2.00	2.35	0.63	73.12		
	3.00	2.65	0.63	76.15		
	4.00	2.35	0.56	76.11	75.91	1.67
	5.00	2.31	0.52	77.47		
	6.00	2.31	0.60	74.14		
	7.00	2.31	0.53	77.10	75.74	1.29
	8.00	2.31	0.59	74.52		
	9.00	2.31	0.56	75.60		
	10.00	2.31	0.57	75.44	76.20	0.78
	11.00	2.36	0.56	76.17		
	12.00	2.24	0.51	76.99		
	13.00	2.35	0.55	76.70	76.22	0.50
	14.00	2.37	0.56	76.25		
	15.00	2.31	0.56	75.70		
	16.00	2.31	0.52	77.48	77.02	0.72
	17.00	2.31	0.52	77.40		
	18.00	2.37	0.56	76.19		
	19.00	2.37	0.53	77.49	77.33	0.26
	20.00	2.48	0.57	77.03		
	21.00	2.36	0.53	77.45		

ตารางที่ ก.42 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ที่ผ่านไมโครเวฟ 900  
วัตต์ 120 วินาที



พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
900-120	1.00	2.32	0.56	75.71	77.70	2.12
	2.00	2.32	0.52	77.45		
	3.00	2.65	0.53	79.93		
	4.00	2.33	0.53	77.35	76.77	1.10
	5.00	2.32	0.57	75.51		
	6.00	2.32	0.52	77.46		
	7.00	2.32	0.56	75.78	77.94	2.42
	8.00	2.37	0.53	77.48		
	9.00	2.64	0.51	80.56		
	10.00	2.36	0.52	77.80	77.07	0.98
	11.00	2.31	0.52	77.46		
	12.00	2.37	0.57	75.95		
	13.00	2.37	0.53	77.75	77.69	0.28
	14.00	2.32	0.52	77.38		
	15.00	2.32	0.51	77.93		
	16.00	2.37	0.52	77.90	77.18	0.92
	17.00	2.32	0.52	77.49		
	18.00	2.15	0.51	76.14		
	19.00	2.37	0.51	78.27	77.97	0.43
	20.00	2.31	0.52	77.48		
	21.00	2.35	0.51	78.17		

ตารางที่ ก.34 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่ผ่านไมโครเวฟ 500 วัตต์ 60 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) $\pm$ SD
500-60	1	16.33	3.35	79.45	79.74	0.63
	2	17.22	3.37	80.46		
	3	16.40	3.39	79.31		
	4	17.37	3.34	80.76	78.86	2.28
	5	16.12	3.81	76.34		
	6	16.32	3.35	79.47		
	7	16.23	3.37	79.24	79.82	1.26
	8	17.73	3.32	81.26		
	9	16.31	3.43	78.95		
	10	16.77	3.30	80.32	80.06	0.43
	11	16.87	3.32	80.30		
	12	16.89	3.45	79.56		
	13	17.63	3.43	80.57	80.05	0.48
	14	16.79	3.42	79.62		
	15	17.29	3.47	79.95		
	16	17.84	3.53	80.22	80.35	0.79
	17	17.67	3.32	81.20		
	18	16.55	3.37	79.64		
	19	17.00	3.35	80.26	80.44	0.68
	20	16.45	3.31	79.87		
	21	17.89	3.37	81.19		

ตารางที่ ก.35 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่ผ่านไมโครเวฟ 500  
วัตต์ 100 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
500-100	1	17.26	3.49	79.78	80.02	0.34
	2	17.65	3.46	80.41		
	3	17.66	3.55	79.88		
	4	16.22	3.23	80.06	79.92	0.22
	5	16.74	3.34	80.04		
	6	16.97	3.45	79.67		
	7	16.66	3.43	79.43	79.56	0.11
	8	16.33	3.33	79.63		
	9	16.33	3.33	79.63		
	10	16.75	3.36	79.95	79.73	0.19
	11	16.99	3.47	79.59		
	12	16.33	3.32	79.65		
	13	16.33	3.37	79.36	79.49	0.13
	14	16.70	3.43	79.48		
	15	16.33	3.33	79.62		
	16	16.33	3.33	79.64	79.55	0.08
	17	16.24	3.33	79.51		
	18	16.33	3.35	79.49		
	19	16.33	3.33	79.63	79.94	0.45
	20	16.40	3.32	79.74		
	21	17.24	3.37	80.46		

ตารางที่ ก.36 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่ผ่านไมโครเวฟ 500  
วัตต์ 120 วินาที

พลังงานไมโคร	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอนแห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำในตะกอน(%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำในตะกอนเฉลี่ย (%) $\pm$ SD
500-120	1	17.24	3.47	79.89	79.47	0.44
	2	16.33	3.43	79.01		
	3	16.99	3.48	79.53		
	4	16.99	3.47	79.57	79.48	0.44
	5	16.33	3.43	79.01		
	6	17.24	3.47	79.87		
	7	17.25	3.43	80.13	79.85	0.28
	8	17.36	3.50	79.84		
	9	16.99	3.47	79.57		
	10	16.24	3.57	78.04	78.89	1.18
	11	16.33	3.53	78.40		
	12	17.85	3.53	80.24		
	13	17.65	3.57	79.78	79.28	1.00
	14	16.33	3.57	78.14		
	15	17.22	3.45	79.94		
	16	16.40	3.43	79.11	79.38	0.80
	17	17.37	3.43	80.27		
	18	16.12	3.43	78.74		
	19	16.32	3.42	79.04	79.34	0.67
	20	16.23	3.43	78.89		
	21	17.73	3.53	80.11		

ตารางที่ ก.37 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่ผ่านไมโครเวฟ 600 วัตต์ 60 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) $\pm$ SD
600-60	1	16.31	3.53	78.38	78.35	0.08
	2	16.77	3.62	78.41		
	3	16.87	3.67	78.25		
	4	16.89	3.63	78.53	78.99	0.45
	5	17.63	3.63	79.43		
	6	16.79	3.52	79.00		
	7	17.29	3.53	79.60	79.96	0.33
	8	17.84	3.53	80.23		
	9	17.67	3.53	80.04		
	10	16.55	3.57	78.43	78.75	0.45
	11	17.00	3.53	79.26		
	12	16.45	3.53	78.56		
	13	17.89	3.63	79.73	79.39	0.38
	14	17.26	3.63	78.98		
	15	17.65	3.63	79.46		
	16	17.66	3.57	79.81	78.78	0.90
	17	16.22	3.55	78.13		
	18	16.74	3.61	78.41		
	19	16.97	3.62	78.66	78.88	0.25
	20	16.66	3.53	78.83		
	21	16.90	3.52	79.16		

ตารางที่ ก.38 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่ผ่านไมโครเวฟ 600  
วัตต์ 100 วินาที

วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
600-100	1	17.27	3.61	79.09	79.03	0.28
	2	16.99	3.52	79.27		
	3	17.23	3.67	78.72		
	4	17.33	3.63	79.08	79.19	0.12
	5	17.40	3.62	79.18		
	6	17.24	3.57	79.31		
	7	17.07	3.63	78.76	78.54	0.83
	8	16.99	3.53	79.24		
	9	16.24	3.63	77.62		
	10	16.99	3.50	79.39	79.61	0.37
	11	17.65	3.52	80.04		
	12	17.24	3.55	79.39		
	13	17.25	3.53	79.55	79.17	0.34
	14	17.30	3.62	79.07		
	15	17.37	3.67	78.90		
	16	17.98	3.53	80.38	79.80	0.62
	17	17.37	3.62	79.15		
	18	18.23	3.67	79.87		
	19	16.99	3.65	78.48	77.94	0.61
	20	16.40	3.73	77.27		
	21	16.98	3.73	78.06		

ตารางที่ ก.39 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่ผ่านไมโครเวฟ 600  
วัตต์ 120 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
600-120	1	16.99	3.73	78.06	78.06	0.00
	2	16.99	3.73	78.06		
	3	16.99	3.73	78.06		
	4	17.33	3.71	78.56	78.73	0.27
	5	17.37	3.72	78.60		
	6	17.96	3.77	79.04		
	7	17.24	3.77	78.16	78.36	1.21
	8	18.27	3.71	79.66		
	9	16.56	3.77	77.27		
	10	17.44	3.77	78.41	78.69	0.48
	11	17.27	3.73	78.42		
	12	17.96	3.73	79.25		
	13	17.75	3.77	78.77	78.57	0.27
	14	17.66	3.77	78.67		
	15	17.33	3.77	78.27		
	16	18.37	3.76	79.51	78.85	0.93
	17	17.95	3.73	79.24		
	18	16.75	3.72	77.78		
	19	17.24	3.73	78.38	79.06	1.50
	20	17.55	3.37	80.78		
	21	16.95	3.73	78.02		

ตารางที่ ก.40 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่ผ่านไมโครเวฟ 900  
วัตต์ 60 วินาที

วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
900-60	1	17.37	3.73	78.54	78.77	0.44
	2	17.33	3.73	78.49		
	3	17.99	3.73	79.28		
	4	17.68	3.77	78.70	78.47	0.57
	5	17.66	3.73	78.90		
	6	16.81	3.73	77.82		
	7	16.87	3.73	77.92	78.01	0.08
	8	16.99	3.73	78.03		
	9	16.99	3.72	78.08		
	10	17.33	3.73	78.49	78.19	0.58
	11	17.37	3.73	78.55		
	12	16.57	3.72	77.52		
	13	17.66	3.73	78.90	79.15	0.22
	14	17.99	3.73	79.28		
	15	17.99	3.73	79.28		
	16	17.99	3.71	79.35	79.18	0.59
	17	17.33	3.72	78.53		
	18	18.33	3.73	79.67		
	19	17.99	3.73	79.28	79.03	0.22
	20	17.70	3.73	78.94		
	21	17.63	3.72	78.88		

ตารางที่ ก.41 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่ผ่านไมโครเวฟ 900  
วัตต์ 100 วินาที



วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) ± SD
900-100	1	17.77	3.72	79.06	78.46	0.55
	2	17.66	3.83	78.33		
	3	17.27	3.80	77.98		
	4	17.37	3.87	77.74	77.70	0.16
	5	17.27	3.83	77.84		
	6	17.02	3.83	77.52		
	7	17.95	3.83	78.69	78.06	0.55
	8	17.24	3.83	77.80		
	9	17.32	3.87	77.68		
	10	17.68	3.83	78.35	78.08	0.24
	11	17.33	3.83	77.92		
	12	17.37	3.83	77.97		
	13	17.96	3.82	78.71	78.70	1.04
	14	17.23	3.49	79.75		
	15	17.27	3.86	77.66		
	16	17.56	3.55	79.77	78.51	1.10
	17	17.44	3.83	78.02		
	18	17.27	3.84	77.75		
	19	17.96	3.83	78.67	78.48	0.17
	20	17.75	3.83	78.44		
	21	17.66	3.83	78.34		

ตารางที่ ก.42 ปริมาณน้ำในตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่ผ่านไมโครเวฟ 900  
วัตต์ 120 วินาที

พลังงาน ไมโครเวฟ	ครั้งที่	นน.ตะกอนเปียก (ก.)	นน.ตะกอน แห้ง(ก.)	ปริมาณน้ำใน ตะกอน(%)	ปริมาณน้ำ ในตะกอน เฉลี่ย(%)	ปริมาณน้ำใน ตะกอนเฉลี่ย (%) $\pm$ SD
900-120	1	17.33	3.83	77.91	78.05	0.36
	2	17.37	3.86	77.78		
	3	17.95	3.87	78.46		
	4	17.75	3.82	78.47	78.07	0.47
	5	17.24	3.87	77.55		
	6	17.55	3.83	78.20		
	7	17.95	3.83	78.68	78.19	0.43
	8	17.37	3.83	77.97		
	9	17.33	3.83	77.92		
	10	17.90	3.86	78.44	78.30	0.45
	11	17.24	3.83	77.80		
	12	17.91	3.82	78.66		
	13	17.61	3.87	78.03	78.11	0.20
	14	17.55	3.87	77.97		
	15	17.67	3.83	78.34		
	16	17.96	3.88	78.41	78.05	0.32
	17	17.24	3.83	77.80		
	18	17.32	3.82	77.93		
	19	17.24	3.82	77.83	77.86	0.04
	20	17.27	3.83	77.84		
	21	17.20	3.80	77.90		

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสิริัญญิการ์ ปัญญายุทธ เกิดเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ.2528 สำเร็จการศึกษา  
ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม จากภาควิชาอุตสาหกรรม  
เกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี  
พ.ศ.2551 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ.2552