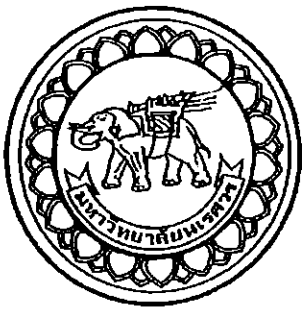


การศึกษาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในกระบวนการโคแอกกูเลชันของการผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินที่แตกต่างกัน บริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร

The study of alum dose in coagulation process of water supply treatment from various surface water around Naresuan University.

นางสาวศิริกุล	บุญส่ง	รหัส 51381511
นางสาวจุฑามาศ	บุบผาพวง	รหัส 51384147
นางสาวรุ่งนภา	วงค์จักร	รหัส 51384253

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 23 W.A. 2555
เลขทะเบียน 1605284 8
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ศ 448 ก
2 554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การศึกษาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในกระบวนการโคแอกกูเลชันของการผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินที่แตกต่างกัน บริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวศิริกุล บุญส่ง รหัส 51381511
นางสาวจุฑามาศ บุบผาพวง รหัส 51384147
นางสาวรุ่งนภา วงค์จักร รหัส 51384253

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น)

.....กรรมการ
(อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์)

.....กรรมการ
(ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในกระบวนการโคแอกกูเลชันของการผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินที่แตกต่างกัน บริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวศิริกุล บุญส่ง รหัส 51381511
	นางสาวจุฑามาศ บุบผาพวง รหัส 51384147
	นางสาวรุ่งนภา วงค์จักร รหัส 51384253
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในกระบวนการโคแอกกูเลชันของการผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินที่แตกต่างกัน บริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน 3 แหล่ง โดยแบ่งเป็นแหล่งน้ำไหล 2 แหล่งได้แก่ แม่น้ำน่านและคลองหนองเหล็ก และอีกหนึ่งแหล่งน้ำนิ่งได้แก่ อ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร วิเคราะห์หาความขุ่น สี พีเอช ความเป็นด่าง และของแข็งแขวนลอย โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 2 ครั้ง/เดือน เป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2554 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2555

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อพิจารณาที่ความขุ่น แม่น้ำน่านที่ช่วงความขุ่น 40.73-70.10 NTU ใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 60-80 mg/L คลองหนองเหล็กที่ช่วงความขุ่น 4.52-19.57 NTU ใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 60-320 mg/L และอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวรที่ช่วงความขุ่น 4.64-12.77 NTU ใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 80-180 mg/L นอกจากนี้พบว่า ปริมาณสารส้มมีผลต่อพีเอชคือ เมื่อเติมสารส้มเพิ่มขึ้นทำให้พีเอชมีค่าลดลงจนอาจต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค ดังนั้นหากปรับแก้โดยพิจารณาพีเอชร่วมกับความขุ่น ช่วงค่าแนะนำคือ แม่น้ำน่านใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 0-20 mg/L คลองหนองเหล็ก ใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 20-260 mg/L และอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวรใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 20-60 mg/L

Project Title	: The Study of Alum Dose in Coagulation Process of Water Supply Treatment from Various Surface Water
Name	: Ms. SiriKun Bunsong Code 51381511
	: Ms. Jutamat Bubpapung Code 51384147
	: Ms. Rungnapa Wongjak Code 51384253
Project Adviser	: Ms. Warangluck Sonklin
Major	: Environmental Engineering
Department	: Civil Engineering
Academic Year	: 2011

Abstract

The objective of this study was to determine the alum dose in coagulation process of water supply treatment surface water around Naresuan University water sample were collected from 3 resources as Nan river, NongLak canal, and Naresuan University reservoir. The water samples were analyzed such as turbidity, pH, color, alkalinity, and suspended solids, collected 2 time/mouth for 4 mouth between November 2011 to February 2012

The result were shown that if the turbidity was considered, for Nan river that turbidity was between 40.73-70.10 NTU then proper alum dose was 60-80 mg/L. NongLak canal that turbidity was between 4.52-19.57 NTU then proper alum dose was 60-320 mg/L. Naresuan University reservoir that turbidity was between 4.65-12.77 NTU then proper alum dose was 80-180 mg/L. Moreover alum dose affected to pH of water i.e. more alum dose lower pH. If consider pH with turbidity the proper alum for Nan river, NongLak canal, and Naresuan University reservoir were 0-20 mg/L, 20-260 mg/L, 20-60 mg/L, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางผู้ดำเนินงานต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ช่อนกลิ่นซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการปฏิบัติงาน การแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงาน ตลอดจนติดตามประเมินผลการทำโครงงานมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์ และ ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์ ซึ่งเป็นกรรมการ ที่กรุณาชี้แนะแนวทางในการปฏิบัติงานให้เป็นไปอย่างถูกต้อง

ขอขอบพระคุณ คุณวิชญา อิ่มกระจ่างและคุณยุพา เอี่ยมบัวหลวงที่กรุณาให้คำปรึกษาและมีส่วนช่วยในการปฏิบัติงานมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและสถานที่ในการปฏิบัติงานภายในอาคารวิศวกรรมโยธา

ขอขอบพระคุณ ทุก ๆ ท่าน ที่ได้มีส่วนร่วมช่วยให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นางสาวศิริกุล บุญส่ง

นางสาวจุฑามาศ บุบผาพวง

นางสาวรุ่งนภา วงค์จักร

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ฎ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน.....1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....2
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....3
2.1 ทฤษฎีของแหล่งน้ำผิวดิน.....3
2.2 ประเภทของแหล่งน้ำ.....4
2.3 คุณลักษณะสมบัติของน้ำผิวดิน.....9
2.4 การผลิตน้ำประปา.....14
2.5 วิธีจาร์เทสต์.....38
2.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา.....39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน....43
3.1 น้ำตัวอย่าง....43
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ....45
3.3 วิธีการศึกษา....46
3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์....47

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์....48
4.1 คุณภาพน้ำดิบ....48
4.2 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของแม่น้ำน่าน....54
4.3 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของคลองหนองเหล็ก....57
4.4 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร....60
4.5 ผลของปริมาณสารส้มต่อพีเอช....63
4.6 คุณภาพน้ำเทียบกับมาตรฐาน....64

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....69
5.1 บทสรุป....69
5.2 ข้อเสนอแนะ....69

เอกสารอ้างอิง....70

ภาคผนวก ก ข้อมูลผลการทดลอง....71
ภาคผนวก ข รูปการทดลอง....93

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน....100

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการศึกษาโครงงาน....2

2.1 การแบ่งชั้นน้ำและประเภทของน้ำใต้ดินในเขตต่างๆ....7

2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ที่มิใช่ทะเล)....10

2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ที่มิใช่ทะเล) (ต่อ)....11

2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ที่มิใช่ทะเล) (ต่อ)....12

2.5 เกณฑ์ออกแบบถังกวนเร็ว....25

2.6 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน....27

2.7 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน....28

2.8 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปานครหลวง....39

2.9 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปานครหลวง (ต่อ)....40

2.10 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาส่วนภูมิภาค....41

2.11 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปากรมอนามัย พ.ศ. 2543....42

3.1 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์....47

4.1 ค่าน้ำดิบเทียบกับพารามิเตอร์ต่างๆของแม่น้ำน่าน....48

4.2 ค่าน้ำดิบเทียบกับพารามิเตอร์ต่างๆของคลองหนองเหล็ก....50

4.3 ค่าน้ำดิบเทียบกับพารามิเตอร์ต่างๆของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร....52

4.4 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของแม่น้ำน่าน....56

4.5 ค่าแนะนำปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของแม่น้ำน่านที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน....56

4.6 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของคลองหนองเหล็ก....56

4.7 ค่าแนะนำปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของคลองหนองเหล็กที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน....59

4.8 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร....59

4.9 ค่าแนะนำปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวรที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน....62

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 วัฏจักรของน้ำ....3

2.2 แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาที่ได้จากน้ำฝน....4

2.3 สัดส่วนปริมาณน้ำ....8

2.4 การซึมของน้ำฝนสู่ผิวดินและใต้ดิน....15

2.5 ระบบประปาจากน้ำผิวดินของการประปานครหลวง....16

2.6 ระบบประปาจากน้ำบาดาลของการประปานครหลวง....16

2.7 การจำแนกขนาดของสารต่างๆในน้ำ....17

2.8 ผลของการเติมอิออนที่มีประจุตรงกันข้ามให้กับคอลลอยด์....19

2.9 การเปรียบเทียบปริมาณ โคแอกกูแลนท์ ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยกลไกแบบต่างๆ....19

2.10 เกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสัมผัสระหว่างอนุภาคต่างๆทั้ง 5 ประเภท....20

2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเชิงซ้อนสารส้มและค่าพีเอช....22

2.12 กลไกในการสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม....23

2.13 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม....24

2.14 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวนอน (Horizontal flow)....28

2.15 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวดิ่ง (Vertical flow)....29

2.16 ถังตกตะกอนแบบไหลไปตามแผ่นหรือท่อเอียง....29

2.17 ถังกรองช้า....31

2.18 ถังกรองเร็ว....31

2.19 ถังกรองภายใต้ความดัน....32

2.20 การผลิตน้ำประปา จากโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์....33

2.21 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้หอสูง....34

2.22 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรงแบบใช้เครื่องสูบ....34

2.23 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำร่วมกันกับหอถังสูง....35

2.24 รายละเอียดของถังน้ำบนพื้นดิน....36

2.25 รายละเอียดของหอถังสูง....37

3.1 จุดเก็บน้ำตัวอย่างแม่น้ำน่าน....43

3.2 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่น้ำน่าน....43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.3 จุดเก็บน้ำตัวอย่างคลองหนองเหล็ก.....44

3.4 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างคลองหนองเหล็ก.....44

3.5 จุดเก็บน้ำตัวอย่างอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร.....44

3.6 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร.....45

3.7 เครื่องจาร์เทสต์ชนิด 6 ใบพัด ยี่ห้อ Phipps Bird รุ่น 7790-902B.....45

3.8 การเก็บน้ำตัวอย่างแบบจ้วงตัก.....46

4.1 ความขุ่น พีเอช สี ความเป็นด่าง และของแข็งแขวนลอยของแม่น้ำน่านตลอดการทดลอง.....49

4.2 ความขุ่น พีเอช สี ความเป็นด่าง และของแข็งแขวนลอยของคลองหนองเหล็ก ตลอดการทดลอง.....51

4.3 ความขุ่น พีเอช สี ความเป็นด่าง และของแข็งแขวนลอยของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวรตลอดการทดลอง.....53

4.4 ช่วงปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นของแม่น้ำน่าน.....54

4.5 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของแม่น้ำน่าน.....55

4.6 ช่วงปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นของคลองหนองเหล็ก.....57

4.7 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของคลองหนองเหล็ก.....58

4.8 ช่วงปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร.....60

4.9 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร.....61

4.10 ผลของปริมาณสารส้มต่อพีเอชน้ำแม่น้ำน่าน.....63

4.11 ผลของปริมาณสารส้มต่อพีเอชน้ำคลองหนองเหล็ก.....63

4.12 ผลของปริมาณสารส้มต่อพีเอชน้ำอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร.....63

4.13 เปรียบเทียบคุณภาพความขุ่นของน้ำที่บำบัดด้วยสารส้มกับมาตรฐาน.....64

4.14 เปรียบเทียบคุณภาพพีเอชของน้ำที่บำบัดด้วยสารส้มกับมาตรฐาน.....65

4.15 เปรียบเทียบคุณภาพมาตรฐานสีของน้ำที่บำบัดด้วยสารส้มกับมาตรฐาน.....66

4.16 เปรียบเทียบคุณภาพความเป็นด่างของน้ำที่บำบัดด้วยสารส้มกับมาตรฐาน.....67

4.17 เปรียบเทียบคุณภาพของแข็งแขวนลอยของน้ำที่บำบัดด้วยสารส้มกับมาตรฐาน.....68

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

น้ำเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต เป็นสิ่งที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวัน น้ำที่มนุษย์ใช้ในแต่ละกิจกรรมต้องมีความสะอาด ปราศจากสิ่งปนเปื้อน ซึ่งมีเทคนิคและขั้นตอนบำบัดให้ได้ตามมาตรฐานเบื้องต้นหลายวิธี เช่น กระบวนการโคแอกกูเลชัน การกรองระบบแอ็คติเว้ตเต็ดคาร์บอน กระบวนการเมมแบรน เป็นต้น ขั้นตอนและเทคนิคที่เลือกใช้ขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำในแต่ละพื้นที่ ระบบผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่เลือกใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับการตกตะกอนและการกรองเพื่อนทำให้น้ำมีความสะอาดปราศจากสิ่งเจือปน การทดลองครั้งนี้เลือกใช้กระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์ เพื่อทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ เนื่องจากแหล่งน้ำที่ใช้เป็นน้ำผิวดินมีอนุภาคดินเป็นส่วนใหญ่ และสารส้มมีราคาถูกหาซื้อง่าย ไม่ทิ้งสารตกค้างที่ก่อให้เกิดอันตราย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของกระบวนการโคแอกกูเลชันในแหล่งน้ำผิวดิน 3 แหล่ง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เพื่อทราบปริมาณสารส้มที่ใช้ในการตกตะกอนของระบบน้ำประปา

1.3.2 เพื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับปริมาณสารส้ม

1.3.3 เพื่อนำข้อมูลการตกตะกอนโดยการใช้สารส้มที่ได้ ไปพิจารณา หรือควบคุมคุณภาพการผลิตน้ำประปา

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

ดำเนินการหาปริมาณสารส้มที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชันของแหล่งน้ำผิวดิน 3 แหล่ง ได้แก่ แม่น้ำน่าน อ่างเก็บน้ำของระบบผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร และคลองหนองเหล็ก

เก็บน้ำตัวอย่างจากทั้ง 3 แหล่ง วิเคราะห์หา ความขุ่น สี พีเอช และของแข็งแขวนลอย หาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมด้วยการทำจาร์เทสต์ โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยความถี่ 2 ครั้ง/เดือน เป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน 2554 ถึง กุมภาพันธ์ 2555

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ทฤษฎี และหลักการ

1.5.2 กำหนดจุดเก็บน้ำตัวอย่าง

1.5.3 เขียนโครงร่าง

1.5.4 ทำการทดลอง

1.5.5 วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง

1.5.6 จัดทำรูปเล่มรายงาน

1.6 แผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาข้อมูล	←	→							
2. เขียนโครงร่าง			←	→					
3. เช็คอุปกรณ์ที่ใช้				←	→	→	→	→	
4. ทำการทดลอง					←	→	→	→	
5. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง							←	→	
6. จัดทำรูปเล่มรายงาน									↔

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	2,000	บาท
2. ขนส่ง และการเดินทาง	250	บาท
3. ถ่ายเอกสาร และจัดรูปเล่มรายงาน	750	บาท
รวมเป็นเงิน	**3,000**	**บาท**

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ทฤษฎีของแหล่งน้ำผิวดิน

2.1.1 วัฏจักรของน้ำ

น้ำบนพื้นผิวของโลกเมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์จะระเหยเป็นไอ ลอยขึ้นไปในอากาศ เมื่ออากาศนี้ลอยสูงขึ้นและเย็นลง ไอน้ำกลั่นตัวเป็นละอองน้ำเล็ก ๆ กลายเป็นเมฆในท้องฟ้า ละอองน้ำเล็ก ๆ เหล่านี้มารวมตัวกันมากขึ้นกลายเป็นเม็ดฝนตกลงมายังพื้นดิน ไหลสู่แม่น้ำลำคลอง อีกส่วนหนึ่งมีการซึมผ่านสู่ชั้นใต้ดินและไหลรวมตัวกันลงสู่มหาสมุทร ซึ่งเกิดการหมุนเวียนเปลี่ยนไปจากน้ำเป็นไอน้ำแล้วเปลี่ยนกลับเป็นหยดน้ำ ตกกลับสู่พื้นดินเช่นนี้เรียกว่า " วัฏจักรของน้ำ " ดังรูปที่ 2.1

แต่ละวัน น้ำในทะเลสาบ และมหาสมุทรซึ่งปกคลุมพื้นผิวของโลกอยู่มากกว่าร้อยละ 70 จะระเหยเป็นไอลอยขึ้นไปในอากาศอยู่ตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดเมฆและวกกลับลงมาเป็นฝนยังพื้นดิน ไหลซึมลงไปในดินเป็นน้ำใต้ดินและไหลบ่าไปบนพื้นดินเป็นลำธารและแม่น้ำ ไหลลงสู่ทะเลและมหาสมุทรซึ่งวนเวียนอยู่เช่นนี้ตลอดเวลา โดยปกติน้ำในบรรยากาศมีอยู่ประมาณร้อยละ 0.001 ของน้ำทั้งหมดบนโลก และในน้ำทะเลและมหาสมุทรมีอยู่ประมาณร้อยละ 99.36 น้ำใต้ดินมีประมาณร้อยละ 0.63 ทะเลสาบน้ำจืดมีประมาณร้อยละ 0.009

รูปที่ 2.1 วัฏจักรของน้ำ

ที่มา: http://school.obec.go.th/msp/weather3.htm

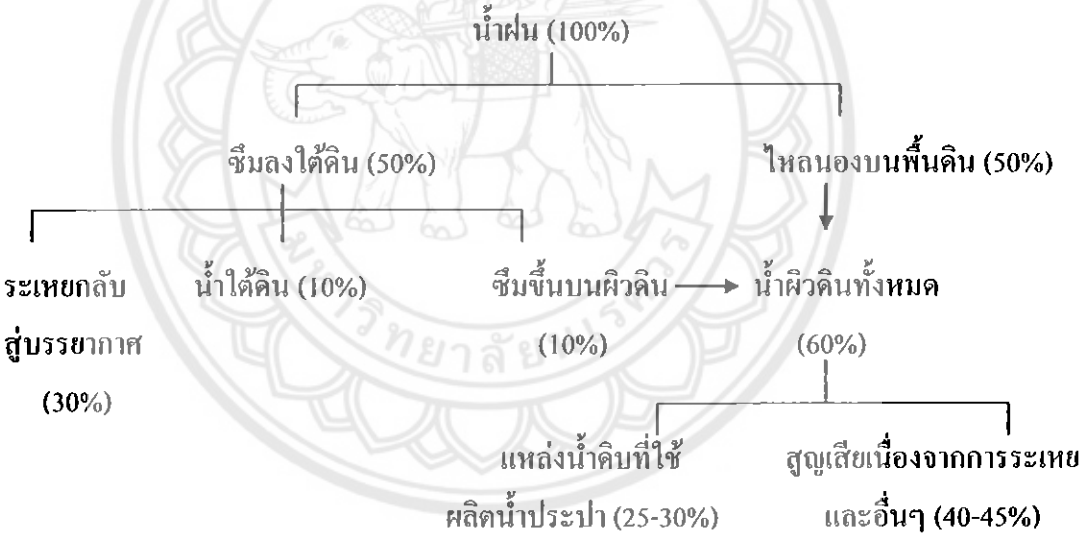
2.2 ประเภทของแหล่งน้ำ

ประเภทของน้ำแบ่งเป็น 3 แหล่งหลักๆได้แก่

2.2.1 แหล่งน้ำในบรรยากาศ ได้แก่ ละอองไอน้ำ ฝน และหิมะ

น้ำฝน หมายถึง น้ำทั้งหมดที่ได้จากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำของก้อนเมฆโดยตรง คุณสมบัติของน้ำฝนจึงเป็นน้ำบริสุทธิ์อย่างแท้จริง แต่เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการละลายสิ่งต่าง ๆ ได้ดี มันจึงอาจดูดซับก๊าซต่าง ๆ จากบรรยากาศ นอกจากนี้ถ้าน้ำฝนตกผ่านบรรยากาศที่สกปรกก็อาจทำให้น้ำฝนนั้นมีความสกปรกได้ แต่ความสกปรกต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำฝนอาจจะมีปริมาณความสกปรกไม่มากเกินมาตรฐานน้ำดื่มน้ำใช้โดยไม่ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพ

น้ำฝนจัดเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญที่สุดของสิ่งมีชีวิตทุกอย่าง น้ำฝนที่ตกลงมาไม่ว่าจะอยู่ผิวดินหรือซึมลงไปใต้ดิน ย่อมนำมาใช้เป็นแหล่งผลิตน้ำประปาได้ อย่างไรก็ตามจำนวนน้ำฝนที่สามารถนำมาใช้ผลิตน้ำประปานั้นมีปริมาณต่ำ ทั้งนี้เนื่องจาก มีการสูญเสียน้ำฝนเกิดขึ้นได้หลายทาง ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาที่ได้จากน้ำฝน

ที่มา: มั่นสิน, 2542

2.2.2 แหล่งน้ำผิวดิน

น้ำผิวดิน (Surface Water) หมายถึง ส่วนของน้ำฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำโดยถูกเก็บกักในส่วนของพื้นดินที่เป็นหลุมเป็นแอ่ง ในทะเล มหาสมุทร แม่น้ำ ลำคลอง ห้วย หนอง สระ น้ำผิวดินมีความสำคัญต่อชุมชนเป็นอย่างมาก เพราะเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ โดยเฉพาะในทะเล และมหาสมุทร แต่น้ำทะเลไม่นิยมนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภค นอกจากการประมง และการคมนาคม น้ำผิวดินจืดในแต่ละแห่งมีคุณภาพที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับน้ำฝนตกลงมายังพื้นดินแล้วไหลผ่านบริเวณใด หรือชะล้างเอาสิ่งสกปรกลงไปได้แก่ สารอินทรีย์ จุลินทรีย์ น้ำผิวดินมักสกปรกกว่าน้ำฝนหรือน้ำใต้ดิน ดังนั้นการนำน้ำผิวดินมาใช้ในการอุปโภคบริโภค จึงจำเป็นที่จะต้องนำมาปรับปรุงคุณภาพให้สะอาดปลอดภัยเสียก่อน

แหล่งน้ำผิวดินได้แบ่งการใช้ประโยชน์ออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 ได้แก่แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมง

(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

น้ำผิวดินแบ่งออกได้ 2 ประเภทได้แก่ แหล่งน้ำจืด และ แหล่งน้ำเค็ม

- แหล่งน้ำจืด ได้แก่ แม่น้ำ หนองน้ำ ลำธาร ทะเลสาบน้ำจืด
- แหล่งน้ำเค็ม ได้แก่ ทะเล มหาสมุทร ภูเขาและธารน้ำแข็งทะเลสาบน้ำเค็ม

2.2.3 แหล่งน้ำใต้ดิน ได้แก่ บ่อบาดาล บ่อตื้น

เมื่อฝนตก น้ำฝนที่ตกถึงพื้นดินหายไปได้ 3 ทางคือ ทางที่หนึ่งรากพืชดูดน้ำขึ้นไปตามลำต้นแล้วระเหยเป็นไอน้ำที่ใบเข้าสู่บรรยากาศ ทางที่สองน้ำไหลไปตามผิวดินลงสู่ร่องน้ำ ลำธาร และแม่น้ำลำคลอง และสุดท้ายน้ำไหลซึมลงในดินกลายเป็นน้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินเป็นน้ำที่ค่อย ๆ ซึมลงไปในดินอย่างช้า ๆ ผ่านช่องโหว่ในดินหรือรอยแตกในดินและรูพรุนในดิน น้ำเช่นนี้บางทีก็ลงไปลึกจากผิวดินได้หลายร้อยเมตร น้ำใต้ดินไหลลงไปขังอยู่ตามแนวหิน ในที่บางแห่งมีน้ำใต้ดินซึ่งเป็นน้ำบริสุทธิ์ขังอยู่ในชั้นหินจนเป็นอ่างเก็บน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ก็ ด้านบนของบริเวณที่อิ่มตัวของน้ำเช่นนี้เรียกว่า "ชั้นน้ำใต้ดิน" บ่อน้ำที่เจาะลงในชั้นน้ำชนิดนี้เรียกว่า "บ่อน้ำบาดาล"

ในทางธรณีวิทยาสามารถแบ่งน้ำใต้ดินออกเป็นหลายลักษณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและความลึกที่น้ำนั้นถูกกักเก็บอยู่ โดยทั่ว ๆ ไปดินและหินจะประกอบด้วยช่องว่างที่น้ำสามารถแทรกเข้าไปอยู่หรือถูกกักเก็บไว้ตลอดจนมีการเคลื่อนไหวไปมาได้ซึ่งสามารถแบ่งชั้นดินและหินที่อยู่ใต้ผิวดินลงไปเป็น 2 ชั้นคือ ชั้นสัมผัสอากาศ (Zone of Aeration) และชั้นที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Zone of Saturation) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งเขตชั้นน้ำและประเภทของน้ำใต้ดินในเขตต่างๆ

<table>
<tr><td rowspan="3">เขตอิ่มอากาศ
Zone of Aeration
(Vadose zone)</td><td rowspan="3">น้ำแขวนลอย (Vadose Water)</td><td>ความชื้น
Soil Water</td><td>Belt of Soil
Water</td></tr>
<tr><td>Intermediate
Vadose Water</td><td>Intermediate
Belt</td></tr>
<tr><td>น้ำดูดซึม
Capillary Water</td><td>Capillary
Fringe</td></tr>
<tr><td>เขตอิ่มน้ำ Water table
Zone of Saturation
(Phreatic zone)</td><td colspan="3">น้ำบาดาล
Ground Water</td></tr>
</table>

ที่มา: ทวีศักดิ์, 2546

2.2.3.1 เขตอิ่มอากาศ (Zone of Aeration or Vadose Zone)

เขตอิ่มอากาศ หมายถึง ส่วนที่อยู่ติดกับผิวดินในเขตนี้ ช่องว่างบางส่วนจะน้ำกักเก็บอยู่และบางส่วนจะมีฟองอากาศแทรกอยู่ น้ำใต้ดินที่ถูกกักเก็บในเขตอิ่มอากาศนี้ เรียกรวมกันว่า น้ำแขวนลอย (Vadose or Suspended Water) ถึงแม้ปริมาณน้ำที่แทรกอยู่ในช่องว่างเหล่านี้อาจมีปริมาณมาก แต่น้ำเหล่านี้ไม่สามารถสูบนำขึ้นมาใช้ได้ เนื่องจากน้ำจะถูกยึดอยู่ในช่องว่างด้วยแรงดึงคาปิลารี (Capillary Force) เขตอิ่มอากาศสามารถแยกเป็นส่วนย่อยได้ 3 ส่วนคือ

(ก) Belt of Soil Water เป็นส่วนที่อยู่บนสุดของเขตอิ่มอากาศ ประกอบไปด้วยดิน วัสดุอินทรีย์ และอนินทรีย์ต่าง ๆ น้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในส่วนนี้ เรียกว่า ความชื้นในดิน (Soil Moisture or Soil Water) เป็นน้ำที่ใช้สำหรับเกษตรกรรม และยังชีพของพืชและต้นไม้ต่าง ๆ น้ำบางส่วนอาจจะสูญเสียกลับคืนสู่บรรยากาศโดยตรง โดยกระบวนการการระเหยและการคายน้ำ

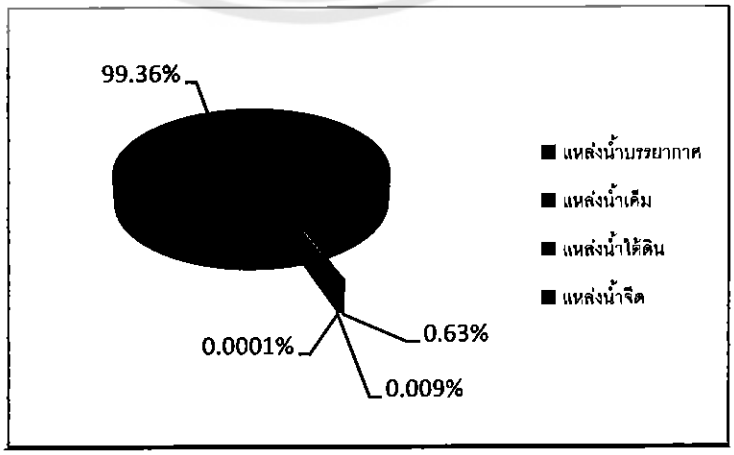
(ข) Capillary Fringe เป็นส่วนที่อยู่เหนือถัดขึ้นมาจากเขตอิ่มน้ำขึ้นไปจนถึงจุดที่สูงที่สุดที่น้ำซึม ขึ้นไปด้วยแรงคาปิลารี (Capillary Rise) น้ำที่ถูกเก็บในส่วนนี้ เรียก น้ำ ดูดซึม (Capillary Water) ความหนาของส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับแรงดึงคาปิลารี ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างในดิน ถ้าช่องว่างมีขนาดเล็ก ส่วนนี้จะหนามาก ถ้าช่องว่างมีขนาดใหญ่ ส่วนนี้ก็จะไม่หนามาก เปรียบเทียบกับน้ำที่ขึ้นไปในหลอดดูดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก เทียบกับในหลอดดูดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่

(ค) Intermediate Belt เป็นส่วนที่อยู่ระหว่าง Belt of Soil Water กับCapillary Fring ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก เพราะเป็นเพียงทางผ่านของน้ำที่ซึมผ่านลงไปเท่านั้น น้ำในส่วนนี้เรียกว่า Intermediate Vadose Water ในแต่ละสภาพธรณี ส่วนนี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ ขึ้นอยู่กับความลึกของเขตอิ่มน้ำ กล่าวคือ ถ้าเขตอิ่มน้ำอยู่ไม่ลึกจากผิวดิน ส่วนของIntermediate Belt อาจจะไม่มีเลย เพราะเขตอิ่มอากาศจะมีความหนาไม่มาก ในขณะที่ถ้าเขตอิ่มน้ำอยู่ลึกลงไปจากผิวดิน ความหนาของเขตอิ่มอากาศก็จะมากไปด้วยทำให้ส่วนของ Intermediate Belt ก็จะมีความหนามากไปด้วย

2.2.3.2 เขตอิ่มน้ำ (Zone of Saturation or Phreatic Zone)

ในเขตอิ่มน้ำนี้ทุกช่องว่างที่มีอยู่ในดินและหิน จะมีน้ำแทรกอยู่เต็มไปหมดหรืออีกนัยหนึ่งจะอิ่มตัวไปด้วยน้ำ น้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในเขตอิ่มน้ำนี้ เรียกว่า น้ำบาดาล (Ground Water) ระดับบนสุดของเขตอิ่มน้ำ เรียกว่า ระดับน้ำบาดาล (Water Table) ณ ตำแหน่งของระดับน้ำบาดาล ความดันของน้ำในช่องว่าง (Pore Water Pressure) จะเท่ากับความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure) ณ ตำแหน่งที่ลึกต่ำลงไปจากระดับน้ำบาดาล ความดันของน้ำก็จะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากน้ำหนักของตัวน้ำที่กดทับ ด้วยเหตุนี้เราจึงสามารถสูบนำน้ำบาดาลจากเขตอิ่มน้ำขึ้นมาใช้ เนื่องจากความดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศนั่นเอง

โลกมีพื้นที่ผิวน้ำร้อยละ 70 ที่เหลือเป็นพื้นผิวดินร้อยละ 30 ปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในโลกทั้งจากแหล่งน้ำในบรรยากาศ แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งร้อยละ 99.36 เป็นน้ำผิวดิน แบ่งเป็นแหล่งน้ำเค็ม ร้อยละ 99.35 แหล่งน้ำจืดร้อยละ 0.009 น้ำใต้ดินร้อยละ 0.63 และ น้ำในบรรยากาศมีเพียงร้อยละ 0.0001เท่านั้น ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สัดส่วนปริมาณน้ำแบ่งตามแหล่งน้ำ

2.3 คุณลักษณะสมบัติของน้ำผิวดิน

น้ำผิวดิน หมายถึงน้ำจากแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ เนื่องจากน้ำผิวดินมักมีแหล่งกำเนิดมาจากฝนที่ตกลงมารวมถึงน้ำที่ล้นออกมาจากใต้ดิน ดังนั้นลักษณะสมบัติของน้ำจึงขึ้นอยู่กับแหล่งเดิมไม่มากก็น้อย การไหลนองบนพื้นดินทำให้น้ำผิวดินได้รับความสกปรกจากสิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่างๆจึงไม่น่าประหลาดใจว่าน้ำผิวดินอาจมีความขุ่นและสารอินทรีย์ในระดับสูงมาก นอกจากนี้น้ำฝนยังชะล้างสารพิษต่างๆจากบริเวณเกษตรกรรม สารพิษเหล่านี้ได้แก่ โลหะหนัก ไนเตรด ฟอสเฟต ย่าฆ่าแมลง ฯลฯ มาให้กับน้ำผิวดิน เหล็กและแมงกานีสมักมีปริมาณต่ำในน้ำผิวดิน ทั้งนี้เนื่องจากมีการตกผลึกของเหล็กและแมงกานีสเกิดขึ้นในขณะที่น้ำไหลนองบนพื้นดิน ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่มีผลกระทบในทางลบต่อลักษณะสมบัติของน้ำผิวดินคือโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆซึ่งปล่อยน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารเคมีและสารพิษหลายชนิด

อ่างเก็บน้ำ มักตั้งอยู่บริเวณที่ต่ำ ซึ่งเป็นที่สะสมน้ำผิวดินจากแหล่งต่างๆ การที่น้ำถูกขังอยู่นิ่งเป็นเวลานานๆ จะมีปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวเคมีเกิดขึ้นตลอดทั้งชั้นน้ำ ตะกอนแขวนลอยเกิดการตกตะกอน สาหร่าย หรือ จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้เนื่องจากมักมีอาหารสมบูรณ์อยู่ในน้ำ

คุณลักษณะอีกประการหนึ่งของน้ำผิวดิน คือลักษณะสมบัติของน้ำผิวดินจะแปรปรวนไปตามฤดูกาลมากกว่าของน้ำใต้ดิน โดยปกติน้ำผิวดินจะมีคุณภาพต่ำในฤดูร้อนและฤดูฝนดังนั้นการที่จะนำเอาน้ำผิวดินมาอุปโภคบริโภค จึงจำเป็นที่จะต้องนำมาปรับปรุงคุณภาพเสียก่อน

2.3.1 ประเภทของคุณภาพของแหล่งน้ำดิบ

น้ำผิวดินแบ่งตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มิใช่ทะเลได้เป็น 5 ประเภท ดังตารางที่ 2.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1.1 น้ำที่ไม่ต้องผ่านขบวนการปรับปรุงคุณภาพ เป็นน้ำสะอาดที่สามารถนำมาอุปโภคบริโภคได้เลย ได้แก่ น้ำบาดาล ซึ่งไม่ถูกปนเปื้อน

2.3.1.2 น้ำที่ต้องผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อโรคเท่านั้น เป็นน้ำที่ใส และค่อนข้างสะอาด ได้แก่ น้ำบาดาล และน้ำผิวดิน ซึ่งปนเปื้อนเล็กน้อย มีค่า โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ไม่เกิน 50 MPN/100 mL

2.3.1.3 น้ำที่ต้องผ่านระบบการกรองเร็ว และต้องมีการฆ่าเชื้อโรค น้ำชนิดนี้มักมีความขุ่นและสารปนเปื้อน

2.3.1.4 น้ำที่ต้องผ่านการปรับปรุงคุณภาพเพิ่มนอกเหนือจากการกรอง เช่น ต้องผ่านการตกตะกอน

2.3.1.5 น้ำที่ต้องผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษ เป็นน้ำที่มีความสกปรกมาก และมีค่าแบคทีเรียเกิน 250,000 MPN/100 m

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ที่มิใช่ทะเล)

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1]/	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด [2]/ ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
1. สี กลิ่นและรส (Colour,Odour and Taste)	-	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-	-
2. อุณหภูมิ (Temperature)	°ซ	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-	เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) วัดขณะทำการเก็บตัวอย่าง
3. ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	ธ	5-9	5-9	5-9	-	เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ ตามวิธีหาค่าแบบ Electrometric
4. ออกซิเจนละลาย (DO)	มก./ล.	P20	ธ	6.0	4.0	2.0	-	Azide Modification
5. บีโอดี (BOD)	มก./ล.	P80	ธ	1.5	2.0	4.0	-	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน
6. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	เอ็มพีเอ็น /100 มล .	P80	ธ	5,000	20,000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique
7. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bateria)	เอ็มพีเอ็น /100 มล .	P80	ธ	1,000	4,000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ที่มิใช่ทะเล) (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1]/	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด [2]/ ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
8. ไนเตรต (NO_3)ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	5.0			-	Cadmium Reduction
9. แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	0.5			-	Distillation Nesslerization
10. ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	-	ธ	0.005			-	Distillation , 4-Amino antipyrene
11. ทองแดง (Cu)	มก./ล.	-	ธ	0.1			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
12. นิคเกิล (Ni)	มก./ล.	-	ธ	0.1			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
13. แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	-	ธ	1			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
14. สังกะสี (Zn)	มก./ล.	-	ธ	1			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
15. แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	-	ธ	0.005* 0.05*			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
16. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
17. ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน(ที่มิใช่ทะเล) (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1]/	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด [2]/ ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
18. ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก./ล.	-	ธ	0.002			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
19. สารหนู (As)	มก./ล.	-	ธ	0.01			-	Atomic Absorption-Cold Vapour Technique
20. ไซยาไนด์ (Cyanide)	มก./ล.	-	ธ	0.005			-	Atomic Absorption-Gaseous Hydride
21. กัมมันตภาพรังสี								Pyridine-Barbituric Acid
- ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)	เบคเคอเรล / ล.	-	ธ	0.1			-	
- ค่ารังสีเบตา (Beta)	เบคเคอเรล / ล.	-	ธ	1.0			-	
22. สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด	มก./ล.	-	ธ	0.05			-	Gas-Chromatography
23. ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม / ล.	-	ธ	1			-	Gas-Chromatography
24. บีเอชซีชนิดแอลฟา	ไมโครกรัม / ล.	-	ธ	0.02			-	Gas-Chromatography
25. ดิลดริน (Dieldrin)	ไมโครกรัม / ล.	-	ธ	0.1			-	Gas-Chromatography
26. อัลดริน (Aldrin)	ไมโครกรัม / ล.	-	ธ	0.1			-	Gas-Chromatography
27. เฮปตาคลอร์	ไมโครกรัม / ล.	-	ธ	0.2			-	Gas-Chromatography
28. เอนดริน (Endrin)	ไมโครกรัม / ล.	-	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้			-	Gas-Chromatography

ที่มา : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html#s3

หมายเหตุ

1/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

2/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ่ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

°ซ องศาเซลเซียส

P 20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P 80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

2.4 การผลิตน้ำประปา

2.4.1 ระบบผลิตน้ำประปา

แหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง มักมีสารต่างๆ เจือปนอยู่มากมายได้แก่ ตะกอน เศษดิน และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ทำให้น้ำสกปรกไม่เหมาะที่จะนำมาอุปโภค-บริโภค สามารถกำจัดสารเจือปนดังกล่าวได้ โดยวิธีการทำให้น้ำตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรคที่อยู่ในน้ำ จึงนำหลักการนี้มาใช้ในกระบวนการทำน้ำธรรมชาติให้สะอาดเหมาะสมในการอุปโภค-บริโภค ซึ่งเราเรียกว่า "น้ำประปา" การผลิตน้ำประปา มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.4.1.1 การทำน้ำให้ใส (Clarification)

การทำน้ำให้ใส คือกระบวนการที่สารแขวนลอยต่างๆเกิดการจับตัว (Coagulation) การรวมตัว (Flocculation) และการตกตะกอน (Sedimentation) สาเหตุที่ก่อให้เกิดความขุ่นในน้ำได้แก่กรวด ทราย โคลน เลน เศษดิน แบคทีเรีย และอนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ กรวดหรือทรายซึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับเศษดินจะจมตัวตกตะกอนได้เองในเวลาไม่มากนัก นอกจากนั้นต้องใส่เคมีเพื่อช่วยในการตกตะกอน คือ แพคหรือสารส้ม และพอลิเมอร์

2.4.1.2 การกรอง (Filtration)

การกรองเป็นกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีสำหรับขจัดหรือแยกสารแขวนลอยคอลลอยด์ที่มีสภาพเป็น Suspended Solid และจุลชีพต่างๆ เช่น แอลจี แบคทีเรีย สาหร่าย ไวรัส สี แมงกานีส และเหล็กที่ถูกออกซิไดซ์ ซึ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำ หรือเป็นตะกอนที่เกิดจากผลของกระบวนการจับตัว (Coagulation) และรวมตัว (Flocculation) ตกตะกอน น้ำที่เข้ากรองจะไหลผ่านช่องว่างของสารกรอง (Filter Media) ดักจับสารต่างๆไว้ เครื่องกรองที่นิยมใช้มากที่สุด คือ Multimedia Sand Filter ประกอบด้วยสารกรองทรายขนาดต่างๆ และแอนทราไซต์

2.4.1.3 การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

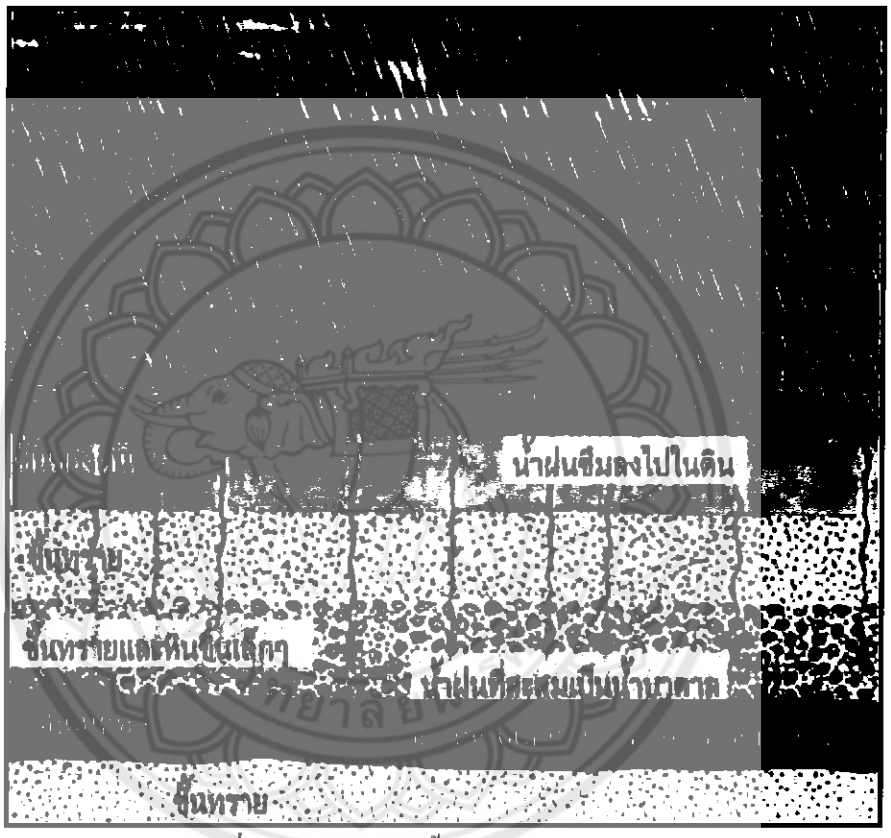
น้ำที่ผ่านการกรอง ถูกเติมคลอรีนในอัตราส่วนที่พอเหมาะเพื่อฆ่าเชื้อโรคแต่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย แล้วเก็บไว้ในถังน้ำใสเพื่อรอการสูบจ่ายไปใช้งานต่อไป

2.4.2 องค์ประกอบของระบบผลิตน้ำประปา

2.4.2.1 แหล่งน้ำดิบ

ก. น้ำฝน

น้ำฝน คือ น้ำทั้งหมดที่ได้จากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำของก้อนเมฆโดยตรง น้ำฝนที่ตกลงมาค้างอยู่บนผิวดินหรือซึมลงไปใต้ดิน นำมาใช้เป็นแหล่งผลิตน้ำประปาได้ในปริมาณต่ำ เนื่องจาก มีการสูญเสียน้ำฝนเกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.4

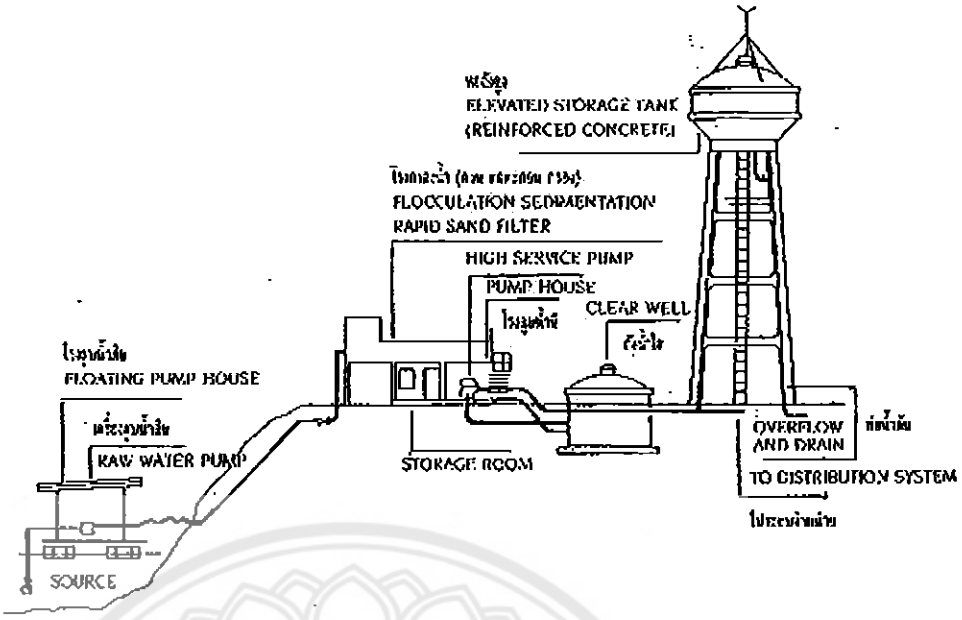


รูปที่ 2.4 การซึมของน้ำฝนสู่ผิวดินและใต้ดิน

ที่มา: www.damrong.ac.th/krukay/lesson4_data1_4.html

ข. น้ำผิวดิน (Surface Water)

น้ำผิวดิน คือ น้ำฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำโดยถูกเก็บกักในส่วนของพื้นดินที่เป็นหลุมเป็นแอ่ง น้ำผิวดินจึงมักสกปรกกว่าน้ำฝนหรือใต้ดิน ดังนั้นการนำน้ำผิวดินมาใช้ในการอุปโภคบริโภค จำเป็นต้องนำมาปรับปรุงคุณภาพให้สะอาดปลอดภัยเสียก่อน ดังรูปที่ 2.5

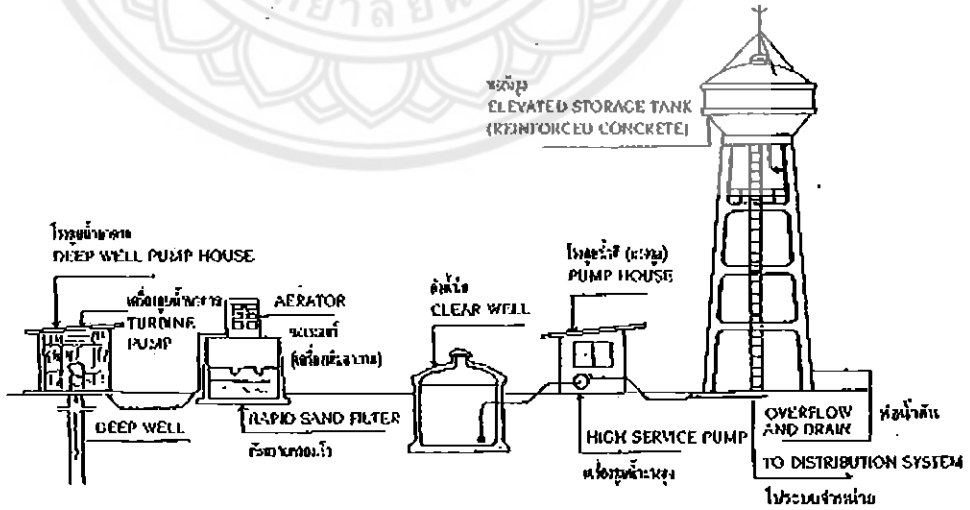


รูปที่ 2.5 ระบบประปาจากน้ำผิวดินของการประปานครหลวง

ที่มา: มั่นสิน, 2537

ค. น้ำใต้ดิน

น้ำใต้ดิน คือ น้ำที่ค่อย ๆ ซึมลงไปในดินอย่างช้า ๆ ผ่านช่องโหว่ในดินหรือรอยแตกในดินและรูพรุนในดินไปขังอยู่ตามแนวหิน ด้านบนของบริเวณที่อิ่มตัวของน้ำ เรียกว่า "ชั้นน้ำใต้ดิน" บ่อน้ำที่เจาะลงในชั้นน้ำชนิดนี้เรียกว่า "บ่อน้ำบาดาล" ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ระบบประปาจากน้ำบาดาลของการประปานครหลวง

ที่มา: มั่นสิน, 2537

2.4.2.2 กระบวนการผลิตน้ำประปา

กระบวนการผลิตน้ำประปามีกระบวนการในการผลิตอยู่หลายขั้นตอนดังนี้

ก. ระบบลำเลียงน้ำดิบ (Raw Water Conveyance System)

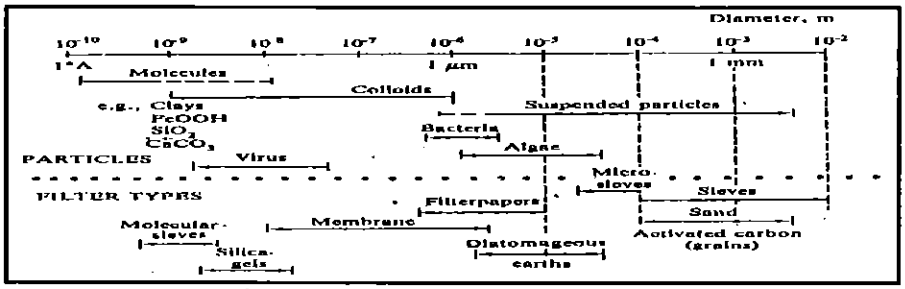
เป็นระบบการลำเลียงน้ำดิบเข้าสู้ระบบผลิตน้ำประปาหรือโรงประปา ระบบสามารถออกแบบให้ไหลด้วยแรงโน้มถ่วงหรือใช้เครื่องสูบน้ำ เป็นลักษณะของรางเปิดหรือท่อภายใต้แรงดัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและโอกาสการปนเปื้อน ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ระยะทางในการลำเลียงน้ำ เป็นต้น การออกแบบเป็นรางเปิดมักประหยัดค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำแต่มีโอกาสปนเปื้อนมาก ขณะที่การใช้เครื่องสูบน้ำมักมีค่าใช้จ่ายสูงแต่โอกาสการปนเปื้อนน้อยกว่ามาก

ข. กระบวนการโคแอกกูเลชัน

เป็นกระบวนการประสานคอลลอยด์ ซึ่งเป็นสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามาก คอลลอยด์มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.1-1 นาโนเมตร ไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนตามธรรมชาติ เนื่องจากอนุภาคของคอลลอยด์มีขนาดเล็กเกินไป

อนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งเรียกว่าอนุภาคคอลลอยด์ โดยทั่วไปมีขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง 10^{-6} จนถึง 10^{-3} มม.ดังรูปที่ 2.7 เนื่องจากมีขนาดเล็กจึงไม่สามารถตกตะกอนได้ด้วยน้ำหนักของตัวเองในเวลาจำกัด นอกจากนี้อนุภาคคอลลอยด์เมื่ออยู่ในน้ำจะมีประจุประจำตัว โดยพวกที่ชอบน้ำ(Hydrophilic) จะมีประจุบวก เช่น สารอินทรีย์ สบู่ หรือสารจำพวก Detergent ส่วนพวกที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) มักจะมีประจุเป็นลบ เช่น อนุภาคของดินเหนียว และเนื่องจากอนุภาคดังกล่าวมีประจุทำให้อนุภาคที่มีประจุชนิดเดียวกันเกิดแรงผลักกันระหว่างอนุภาค ทำให้อนุภาคเหล่านั้นมีเสถียรภาพสูง ดังนั้นการทำให้อนุภาคต่างๆรวมตัวกันและจับกันเป็นก้อนจะมีขั้นตอน 2 ขั้นตอนคือ (มั่นสิน, 2537)

(1) ทำลายเสถียรภาพ (Destabilization) ของอนุภาคคอลลอยด์โดยกลไกวิธีดังนี้



รูปที่ 2.7 การจำแนกขนาดของสารต่างๆในน้ำ

ที่มา: มั่นสิน, 2537

(1.1) กลไกลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) โดยการเพิ่มประจุตรงกันข้ามกับ คอลลอยด์ในชั้นกระจายให้มากขึ้น ทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้า (Zeta Potential) ที่ผิวนอกสุดของน้ำลดตามไปด้วย ดังรูปที่ 2.7 การทำลายเสถียรภาพโดยการลดความหนาของชั้นกระจายด้วยการเติมสารละลายของเกลือต่างๆมีข้อที่น่าสนใจดังนี้

- ปริมาณสารตัวนำไฟฟ้า (ที่มีอิออนประจุบวก) ที่เติมเพื่อทำลายเสถียรภาพ ของคอลลอยด์ด้วยวิธีลดความหนาของชั้นกระจาย ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของคอลลอยด์

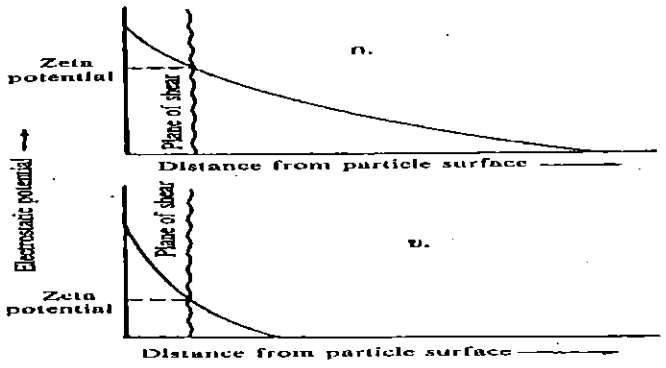
- ไม่ว่าจะเติมอิออนบวกมากเพียงใด จะไม่สามารถทำให้คอลลอยด์เปลี่ยนประจุไฟฟ้าจากลบเป็นบวก ดังรูปที่ 2.8

(1.2) กลไกดูดติดผิวและทำลายประจุของอนุภาคคอลลอยด์ (Adsorption and ChargeNeutralization) โดยใส่สารเคมีบางหมู่ที่มีความสามารถให้ประจุตรงกันข้ามกับอนุภาคคอลลอยด์และดูดติดผิวได้ ซึ่งจะมีผลในการลดศักย์ไฟฟ้าของคอลลอยด์ ซึ่งเป็นการทำลายเสถียรภาพนั้นเอง

(1.3) กลไกการสร้างผลึกขึ้นมาเพื่อให้อนุภาคคอลลอยด์มาเกาะจับ (Sweep Coagulation) เช่น การใส่สารส้มให้เกิดผลึก Al(OH)$_3$ เหมือนวุ้นสีขาว เพื่อให้อนุภาคมาเกาะแล้วรวมกันเป็นฟล็อคได้ กลไกการใช้ผลึกสารอินทรีย์ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์มีลักษณะที่แตกต่างจากกลไก 2 แบบแรกคือ ปริมาณโคแอกกูแลนท์ที่เหมาะสม (Optimum Dosage) แปรผกผันกับความเข้มข้นของคอลลอยด์ กล่าวคือ น้ำที่มีความขุ่นน้อยต้องใช้โคแอกกูแลนท์จำนวนมากจึงจะเกิดโคแอกกูเลชันได้ดี ในทางตรงกันข้ามน้ำที่มีความขุ่นสูงอาจใช้โคแอกกูแลนท์น้อยกว่า เหตุผลคือน้ำที่มีความขุ่นต่ำจะมีโอกาสสัมผัสระหว่างอนุภาคน้อย ดังนั้นแม้ว่าการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์จะเกิดขึ้นแล้วก็ตาม โคแอกกูเลชันอาจไม่เกิดได้ดีเท่าที่ควร การใช้โคแอกกูแลนท์ปริมาณสูงก็เพื่อสร้างผลึกจำนวนมากๆสำหรับเป็นสารเป้าสัมผัสให้กับอนุภาคคอลลอยด์ แต่ในกรณีที่น้ำมีความขุ่นสูง โอกาสสัมผัสย่อมมีมาก จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยเป้าสัมผัสจากภายนอกมากเท่ากับกรณีแรก

(1.4) กลไกสร้างสะพานเชื่อมต่ออนุภาคคอลลอยด์ โดยใช้สารโพลีเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เมื่อใส่ลงในน้ำจะให้อิออนเป็นจำนวนมากเพื่อเกาะจับกับอนุภาคคอลลอยด์และยังมีแขนเชื่อมติดกับอนุภาคคอลลอยด์ตัวอื่นๆเพื่อทำให้เกิดฟล็อก

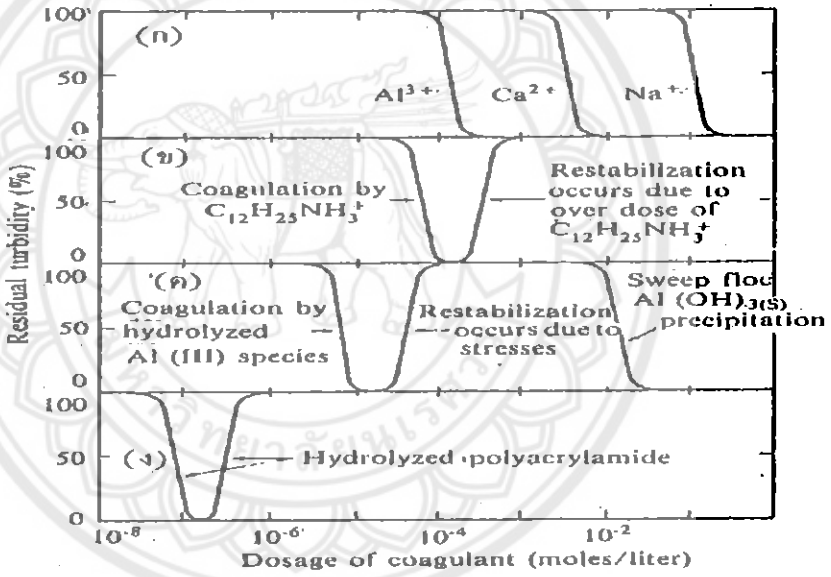
(2) ทำให้อนุภาคคอลลอยด์ที่หมดเสถียรภาพ แล้วเคลื่อนที่มาสัมผัสและเกาะจับกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อคคูเลชัน(Flocculation) วิธีการสร้างสัมผัสให้อนุภาคมีหลายวิธี ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 ผลของการเติมอิออนที่มีประจุตรงกันข้ามให้กับคอลลอยด์

(ก) ก่อนเติมอิออน (ข) หลังจากการเติมอิออนแล้ว

ที่มา: มั่นสิน, 2537



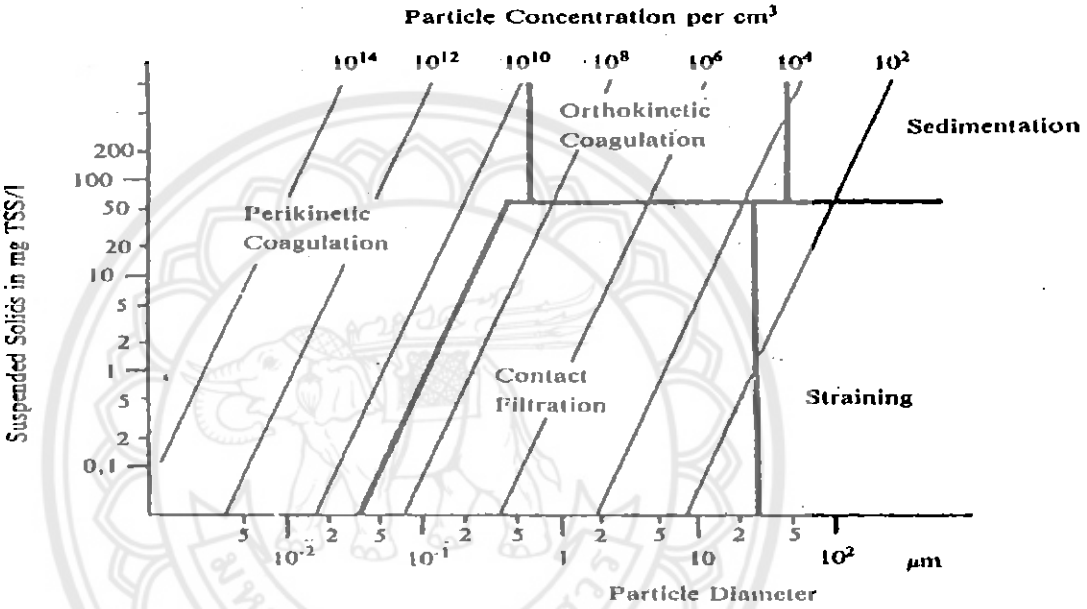
รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบปริมาณโคแอกกูแลนท์ ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยกลไกแบบต่างๆ

ที่มา: มั่นสิน, 2537

หมายเหตุ จะเห็นว่าแบบ (ก) ซึ่งเป็นการลดความหนาของชั้นกระจายด้วย Al^{+3}, Ca^{+2} และ Na^{+} ต้องการสารเคมีมากที่สุด ส่วนแบบ (ง) ซึ่งเป็นการใช้โพลีเมอร์เป็นตัวเชื่อมโยง(สะพาน)ให้อนุภาคคอลลอยด์มารวมตัวกัน มีความต้องการสาร โคแอกกูแลนท์น้อยที่สุด

(2.1) ทำให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ไปมาในน้ำจนกว่าจะมีการสร้างสัมผัสเกิดขึ้น วิธีปฏิบัตินี้เป็นที่นิยมมากที่สุด คือ กวนน้ำให้เคลื่อนที่ในลักษณะที่ส่วนต่างๆของน้ำ

มีอัตราเร็วในการไหลแตกต่างกัน เป็นเหตุให้อนุภาคต่างๆมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากันจึงมีการสัมผัสเกิดขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำต้องไม่รวดเร็วจนเกินไป มิฉะนั้นแล้วฟล็อคที่เกิดขึ้นอาจแตกหรือหลุดออกจากกันได้วิธีนี้เป็นวิธีธรรมดาที่นิยมใช้กันทั่วไป ซึ่งอุปกรณ์ในการสร้างสัมผัสหรือสร้างฟล็อคคูเลชันเรียกว่า ถังกวนช้า และวิธีการสร้างสัมผัสแบบนี้มีชื่อเทคนิคว่า Orthokinetic Flocculation อนุภาคคอลลอยด์ที่มีฟล็อคคูเลชันแบบนี้ควรมีขนาดใหญ่กว่า 0.1 – 1 ไมครอนและมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มก./ล. ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 เกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสัมผัสระหว่างอนุภาคต่างๆทั้ง 5 ประเภท

ที่มา: มั่นสิน, 2537

(2.2) การสัมผัสของอนุภาคคอลลอยด์ อาจเกิดขึ้นได้เองโดยอาศัยการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์กระทบกันเองหรือถูกชนโดยโมเลกุลของน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การสัมผัสแบบนี้จึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนเรียกว่า Perikinetic Flocculation

(2.3) การสัมผัสระหว่างอนุภาคเกิดขึ้น เนื่องจากการตกตะกอนที่มีอัตราไม่เท่ากันของอนุภาคต่างๆ ฟล็อคคูเลชันด้วยวิธีนี้เกิดขึ้นพร้อมๆกับการตกตะกอน ทำให้สามารถกำจัดอนุภาคคอลลอยด์ออกจากน้ำได้เลย อนุภาคที่สามารถสร้างฟล็อคคูเลชันแบบนี้ได้ต้องมีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน และมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มก./ล. ในทางปฏิบัติอนุภาคที่มีขนาด

ดังกล่าวอาจเกิดฟล็อคคูเลชันมาก่อนแล้วครั้งหนึ่ง เมื่อมาถึงการตกตะกอนจึงเกิดฟล็อคคูเลชันอีกในขณะที่มีการตกตะกอน

(2.4) ในกรณีที่อนุภาคคอลลอยด์มีขนาดใหญ่กว่า 0.1 –1 ไมครอน แต่เล็กกว่า 5 ไมครอนและมีความเข้มข้นน้อยกว่า 50 มก./ล. ฟล็อคคูเลชันอาจเกิดขึ้นโดยการสร้างสัมผัสแบบ Orthokinetic Flocculation แต่อาจเกิดขึ้นช้าเนื่องจากโอกาสสัมผัสน้อย วิธีแก้ไขอาจกระทำดังนี้

- ใช้ถังกรองทรายแบบกรองเร็วหรือถังกรองแบบ 2 ชั้น ชั้นกรองช่วยเพิ่มอัตราสัมผัสให้และยังบังคับให้อนุภาคต่างๆเคลื่อนที่เข้ามาชิดกันด้วย การใช้ถังกรองช่วยสร้างฟล็อคคูเลชันเช่นนี้เรียกว่ากรองสัมผัส (Contact Filtration) แต่เนื่องจากช่องว่างในชั้นกรองมีจำกัด วิธีนี้จึงใช้ได้กับอนุภาคที่มีความเข้มข้นไม่เกิน 50 มก./ล. การใช้กรวดขนาดเล็กแทนทรายอาจเพิ่มปริมาตรช่องว่างได้แต่เป็นการลดพื้นที่สัมผัส ดังนั้นจึงอาจได้ผลในทางฟล็อคคูเลชันไม่ดีเท่าชั้นทราย

- ใช้อนุภาคที่จับตัวกันเป็นฟล็อคแล้วเป็นเป้าสัมผัสให้กับอนุภาคใหม่ ในทางปฏิบัติสามารถกระทำได้ 2 วิธีคือ ทำให้ฟล็อคจับตัวกันเป็นชั้นสลัดจ์ (Sludge Blanket) และบังคับให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ผ่านชั้นสลัดจ์ อีกวิธีหนึ่งคือนำเอาฟล็อคกลับคืนมาผสมกับอนุภาคคอลลอยด์จากนั้นจึงสร้างสัมผัสตามแบบ Orthokinetic Flocculation ไปตามปกติ การใช้ถังตกตะกอนแบบ Solids Contact Clarifier ก็ใช้หลักนี้

(2.5) ในกรณีที่อนุภาคคอลลอยด์มีขนาดใหญ่กว่า 3 ไมครอนแต่มีความเข้มข้นต่ำ การสร้างสัมผัสอาจใช้วิธีกรองได้เช่นกัน แต่สารกรองที่ใช้ควรมีขนาดใหญ่กว่าทราย

หลักการของกระบวนการโคแอกกูเลชัน คือ การเติมสารโคแอกกูแลนด์ (Coagulant) เช่น สารส้ม (Aluminium Sulfate $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ลงไปในน้ำเสียทำให้คอลลอยด์หลายๆอนุภาคจับตัวกันเป็นกลุ่ม เรียกว่า ฟล็อค (Floc) จนมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนลงมาได้รวดเร็ว สารโคแอกกูแลนด์ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวประสานให้อนุภาคมารวมตัวกันเป็นฟล็อค

• กลไกโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม

สารส้มเป็นโคแอกกูแลนท์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากสามารถใช้ได้ดีกับน้ำดิบจากแหล่งต่างๆและหาซื้อได้ง่ายในราคาที่ไม่แพงมากนัก สารส้ม (อลูมิเนียมซัลเฟต) มีสูตรโมเลกุล $Al_2(SO_4)_3 \cdot H_2O$ ซึ่งโดยปกติ * มีค่าเท่ากับ 14.3 หรือ 18 เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำจะแตกตัวให้อิออนบวกและลบ ดังปฏิกิริยา

$$Al_2(SO_4)_3 \longrightarrow 2Al^{+3} + 3SO_4^{-2} \qquad .....(1)$$

เมื่อเติมสารส้มในน้ำ อลูมิเนียมไอออนจาก $Al_2(SO_4)_3$ จะถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำได้ $Al(H_2O)_6^{+3}$ หรือ Al^{+3} ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของ Al^{+3} จะเกิดขึ้นทันทีโดยไลแกนด์(Ligands) ชนิดต่างๆที่อยู่ในน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง OH^- จะเข้าแทนที่โมเลกุลของน้ำเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน(Complex substance) ระหว่างอลูมิเนียมกับไฮดรอกไซด์ไอออน (Hannah และคณะ,1967) ดังสมการต่อไปนี้

$$Al^{+3} + H_2O \longrightarrow Al(OH)^{+2} + H^+ \quad .....(2)$$

$$Al^{+3} + 2H_2O \longrightarrow Al(OH)_2^{+} + 2H^+ \quad .....(3)$$

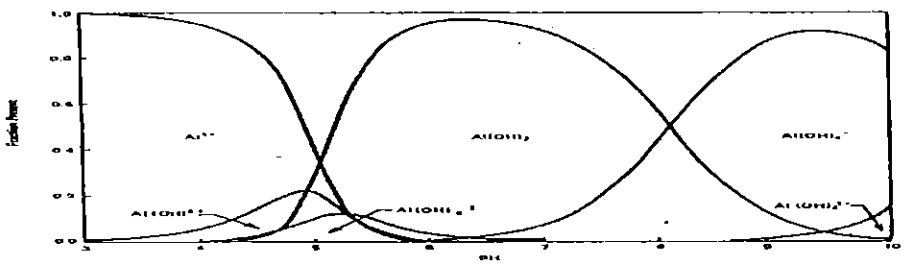
$$7Al^{+3} + 17H_2O \longrightarrow Al_7(OH)_{17}^{+4} + 17H^+ \quad .....(4)$$

ในกรณีที่ความเข้มข้นของสารส้มสูงกว่าความเข้มข้นที่จุดอิ่มตัว (Saturation Point) ไฮโดรไลซีสจะดำเนินต่อไปจนได้ผลของปฏิกิริยาสุดท้ายเป็นผลึก $Al(OH)_3$

$$Al^{+3} + 3H_2O \longrightarrow Al(OH)_{3(s)} + 3H^+ \quad .....(5)$$

ผลของปฏิกิริยาที่จะเกิดการดูดติดผิวอนุภาคคอลลอยด์คือสารคอมเพล็กซ์ ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างไฮโดรไลซีสจาก Al^{+3} ถึง $Al(OH)_3$ สารคอมเพล็กซ์อาจมีประจุลบหรือบวกก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพีเอชของน้ำ กล่าวคือ ถ้าพีเอชของน้ำสูงกว่าจุดสะเทินทางไฟฟ้า(Zero Point of Charge) ของ $Al(OH)_{3(s)}$ จะเกิดสารคอมเพล็กซ์ประจุลบ เช่น $Al(OH)_4^-$,$Al(OH)_5^{-2}$ ถ้าพีเอชของน้ำต่ำกว่าจะสะเทินทางไฟฟ้าของ $Al(OH)_{3(s)}$ ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในกระบวนการโคแอกกูเลชันจะเกิดสารคอมเพล็กซ์ประจุบวกเช่น $Al(OH)^{+2}$, $Al(OH)_2^+$,$Al_7(OH)_{17}^{+4}$,$Al_{13}(OH)_{34}^{+5}$ ดังรูปที่ 2.11

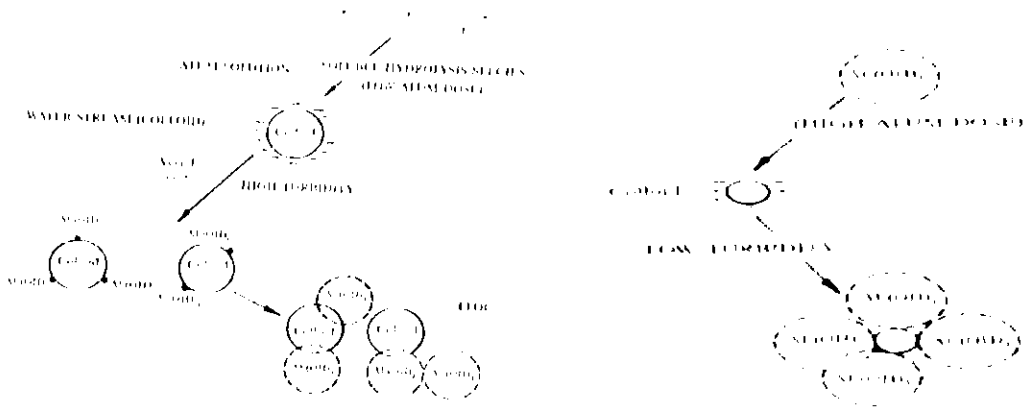
สารส้มที่เติมลงในน้ำจะเกิดการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ ด้วยกลไกหลักดังนี้ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเชิงซ้อนสารส้มและค่าพีเอช

ที่มา: Committee Report, 1971

Adsorption and Destabilization **Sweep coagulation**



รูปที่ 2.12 กลไกในการสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม

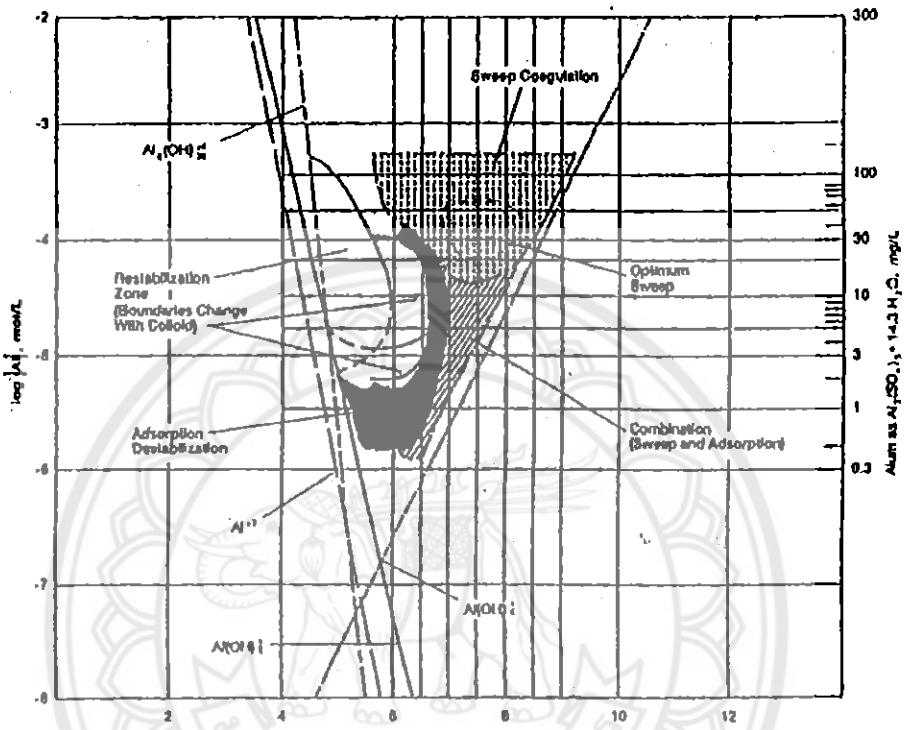
ที่มา: Amirtharjah และ Mill, 1982

1) กลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ (Adsorption and Charge Neutralization) เกิดจาก สารประกอบเชิงซ้อนสารส้มที่มีประจุบวก ทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ซึ่งมักมีประจุเป็นลบให้เป็นกลาง (Neutralization) เป็นการสร้างโอกาสสัมผัสให้อนุภาครวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอน ด้วยน้ำหนักของอนุภาคเพียงลำพัง กลไกนี้มีช่วงความเหมาะสมที่แคบ ซึ่งจะควบคุมการทำงานให้ดีนั้นยาก เพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นต้องพอเหมาะเท่านั้น ถ้าหากมีปริมาณต่ำเกินไป โคแอกกูเลชันจะไม่เกิด แต่ถ้าสูงเกินไปสารประกอบเชิงซ้อนจะดูดติดผิวอนุภาคมากทำให้อนุภาคเปลี่ยนเป็นประจุบวกและเกิดเสถียรภาพขึ้นอีกแต่ตะกอนที่เกิดจากกลไกนี้สามารถแยกออกจากน้ำได้ง่ายทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

2) กลไกแบบกวาด (Sweep Coagulation) ในกรณีความเข้มข้นของสารส้มเกินพอจนปฏิกิริยา ดำเนินต่อไปจนได้ $Al(OH)_3$ ดังสมการที่ (4) การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกลไกนี้เกิดขึ้นเมื่อมีการเติมสารส้มเป็นจำนวนมากพอ จนมีความเข้มข้นเกินจุดอิ่มตัว ซึ่งทำให้ผลึกของ $Al(OH)_3$ ซึ่งมีลักษณะเหนียวสามารถห่อหุ้มอนุภาคและทำให้ผิวของอนุภาคมีความเหนียว ไม่แสดงอิทธิพลทางประจุไฟฟ้า จึงทำหน้าที่สร้างเป้าสัมผัสอนุภาคคอลลอยด์จนมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนได้เพียงลำพัง

3) กลไกโคแอกกูเลชันแบบร่วม (Combination Coagulation) เป็นการทำลายเสถียรภาพอนุภาค คอลลอยด์ร่วมกันระหว่างกลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุและแบบกวาด โดยที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของกลไกทั้งสองมีไม่เด่นชัด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้ปริมาณสารส้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ แต่จะใช้ปริมาณสารส้มต่ำกว่ากลไกแบบกวาด

(Amirtharajah และ Mill, 1982) ได้รวบรวมผลการวิจัยเกี่ยวกับโคแอกกูเลชัน ด้วยสารส้มและนำ มาวิเคราะห์ จึงเสนอหลักการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มดังแสดงดังรูปที่ 2.13 ซึ่งจากภาพแสดงให้เห็นว่าโคแอกกูเลชันด้วยกลไกแบบกวาด จะได้ผลดีที่สุดที่พีเอช 6.8 ถึง 8.2 ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม

ที่มา: Amirtharajah และMills, 1982

ส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการโคแอกกูเลชันมี 2 ส่วน คือ ถังกวนเร็ว และถังกวนช้า

ข.1 ถังกวนเร็ว

จุดประสงค์คือ ทำให้อนุภาคความขุ่น(คอลลอยด์)จับตัวรวมกันเป็นอนุภาคใหญ่ขึ้นด้วยการเติมสารเคมีลงในถังกวนเร็ว สารเคมีที่ใช้ในถังกวนเร็วได้แก่ สารส้ม ($Al_2(SO_4)_3$) เฟอร์ริคคลอไรด์($FeCl_3$) แมกนีเซียมคาร์บอเนต($MgCO_3$) ปูนขาว($Ca(OH)_2$) โพลิอลูมิเนียมซัลเฟต(PAC) และกวนให้สารเคมีกระจายทั่วในน้ำดิบเพื่อทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์และทำให้อนุภาคเคลื่อนที่มาสัมผัสกันให้มากที่สุด ฟล็อคจะเกิดขึ้นทันทีเมื่อสารเคมีสัมผัสกับน้ำ การกวนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) ถังกวนผสมแบบใช้แผ่นกั้นขวางสลับกัน เหมาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนาเพราะไม่ต้องใช้เครื่องจักร ทำให้ไม่ต้องเสียค่าดูแลรักษาเครื่องจักร ซึ่งทำให้เกิดความปั่นป่วนของน้ำโดยการลดขนาดทางไหล ลดระดับการไหล

(2) ถังกวนผสมแบบใช้แผ่นกวน วิธีนี้เกิดการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานมีค่าน้อยและไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของอัตราไหลของน้ำ

ในการคำนวณออกแบบถังกวนเร็ว ถ้าใช้เครื่องกวนสามารถคำนวณหากำลังงานที่ต้องการของเครื่องกวนได้โดยสมการ

$$P = \mu V G^2$$

เมื่อ P = กำลังงานที่ต้องใช้, วัตต์

μ = ค่า Dynamic viscosity ของของเหลวใด ๆ ที่ถูกกวน, นิวตัน.วินาที/ม^2

V = ปริมาตรของของเหลวในถังผสม, ลบ.ม.

G = ค่าความลาดชันความเร็ว Velocity gradient, ต่อวินาที

การผสมเร็วนั้นขึ้นกับค่า Velocity gradient (G) เป็นอย่างมากถ้ามีการผสมเร็วเกิดขึ้นหรือช้าเกินไปน้ำบางส่วนจะสัมผัสกับสารเคมีมากเกินไปและบางส่วนจะไม่สัมผัสกับสารเคมีเลย ถ้ากวนแรงมากไป ฟล็อคที่เกิดขึ้นแล้วจะแตกออกหลุดเป็นอนุภาคคอลลอยด์อีก ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์ออกแบบถังกวนเร็ว

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ค่า G, ต่อวินาที	300 – 1500
เวลาเก็บกักของน้ำในถังกวนเร็ว (t), วินาที	20 – 60
ค่า Gt ,ไม่มีหน่วย	30,000 – 60,000
กำลังงานที่ต้องใช้,วัตต์/ลบ.ม. ของถังกวนเร็ว	4 – 8

ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

ข.2 ถังกวนช้า

เป็นขั้นตอนที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้คอลลอยด์ที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วจากขั้นตอนการกวนเร็ว เกิดการเกาะกลุ่มกันเป็นฟล็อคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น น้ำหนักมากขึ้น และพร้อมที่จะตกตะกอนลงสู่ด้านล่างซึ่งจะต้องไปตกตะกอนในถังตกตะกอน การพัฒนาของฟล็อคจำเป็นต้องอาศัยการกวนช้าๆเพื่อสร้างโอกาสให้คอลลอยด์ได้เข้ามาใกล้กันมากพอที่จะ

เกิดแรง van der walls หรือจากกลไกอื่นร่วมด้วย โดยทั่วไปการกวนช้ามักต้องการความเร็วเกรเดียนร์ประมาณ 20-70 วินาที$^{-1}$ ใช้ระยะกักน้ำประมาณ 10-30 นาที

การเกิดฟล็อคจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

(1) ปริมาณของสารตะกอน

(2) ขนาดของสารตะกอน

(3) อัตราเร็วของการรวมตัวกันระหว่างประจุบวกกับประจุลบ

(4) ความสามารถในการเกาะจับตัวกันระหว่างสารเคมีกับตะกอน

(5) ระดับการกวน เช่น ดูค่าของ Gt หรือ G

(6) อุณหภูมิของน้ำที่ถูกกวน

(7) ความหนาแน่นของน้ำที่ถูกกวน

(8) พื้นที่ผิวของแผ่นกวน

(9) คุณลักษณะของน้ำที่ถูกกวน

(10) ปริมาณสารเคมีที่ใส่ลงในถังผสมเร็ว

จากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ระบบการผสมช้ามีปัจจัยต้องคำนึงถึงมากกว่าของระบบการผสมเร็ว ดังนั้นการทดลองเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับช่วยในการวิเคราะห์ระบบผสมช้า ถังกวนช้ามีอยู่ด้วยกันหลายแบบแต่สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ 2 ประเภท คือ ถังกวนแบบใช้แผ่นกวน และถังผสมแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน

- ถังกวนผสมแบบใช้แผ่นกวน

สมการที่ใช้ในการคำนวณออกแบบถังกวนช้า แบบใช้แผ่นกวน ซึ่งอาจทำด้วยแผ่นไม้ พลาสติก ฯลฯ

$$P = \tfrac{1}{2} C_D A \rho v^3$$

เมื่อ P = กำลังที่ต้องการใช้, วัตต์

C_D = ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่วง (สำหรับแผ่นกวนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีค่าเท่ากับ 1.8)

A = พื้นที่แผ่นของของเหลว, กก./ม^2

ρ = ความหนาแน่นของของเหลว, กก./ม^3

V = ความเร็วสัมพันธ์ของแผ่นกวนในของเหลว, ม./วินาที

[0.7 – 0.8 เท่าของความเร็วหมุนของแผ่นกวน (V_p)]

ใช้สมการข้างต้น เพื่อคำนวณหาค่า *G* เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมโดยตารางที่ 2.5 เหมาะสมโดยตารางที่ได้แสดงเกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน

เกณฑ์การออกแบบ	ค่าออกแบบ
ค่า G, ต่อวินาที	20 – 75
เวลาเก็บกักของน้ำในถังผสม (t), นาที	15 – 30
ค่า Gt ,ไม่มีหน่วย	$10^4 – 10^5$
ความเร็วหมุนของแผ่นกวน (V_p) , ม.ต่อวินาที	0.6 -0.9

ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

- ถังกวนผสมแบบใช้แผ่นกั้นขวางสลับกัน

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่า G โดยถ้ามีการผสมมากๆ จะมีค่า G ประมาณ 100 ต่อนาที และถ้ามีการผสมน้อยมากจะมีค่า G ประมาณ 20 ต่อนาที โดยตารางที่ 2.6ได้แสดงเกณฑ์การออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน ดังตารางที่ 2.6

$$G = \left(\frac{\rho g h_L}{\mu t}\right)^{0.5}$$

เมื่อ G = ค่า Velocity gradient, ต่อวินาที

ρ = ความหนาแน่นของของเหลว, กก./ลบ.ม.

h_L = ค่าสูญเสียความดันของถังผสมช้า, ม.

g = 9.81 ม./วินาที^{2}

μ = ค่า Dynamic Viscosity ของของเหลวใด ๆ ที่ถูกผสม, นิวตัน.วินาที/ ม^2

t = เวลาเก็บกัก, วินาที

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ค่า G, ต่อวินาที	20-50
เวลาเก็บกักของน้ำในถังผสม (t), นาที	20-50
ความเร็วของน้ำไหลภายในถังกวนช้า, ม.ต่อวินาที	0.15-0.45
ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นขวาง, ซม.	มากกว่า 45
ความลึกของถังแบบไหลเลี้ยวคดไปมา, ม.	มากกว่า 0.90
ความลึกของถังแบบไหลขึ้นไปมา, ม.	น้อยกว่า 0.90
ค่าสูญเสียความดันของถัง (h_L), ม.	0.004-0.035

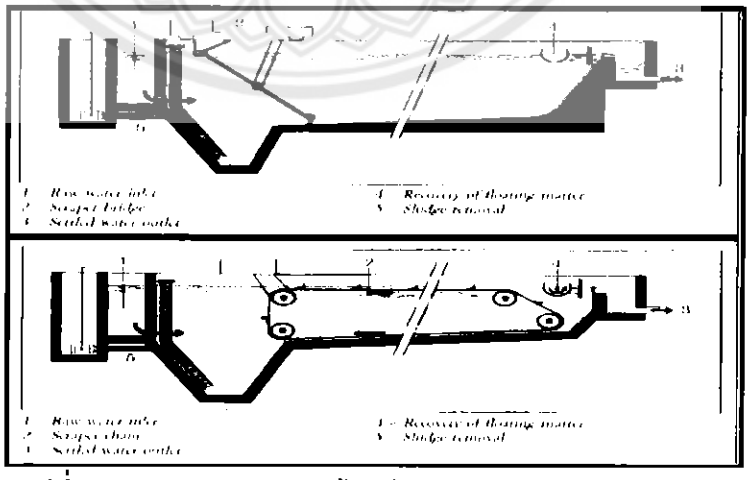
ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

ค. ถังตกตะกอน

การตกตะกอนในระบบผลิตน้ำประปาเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญ ทำหน้าที่แยกตะกอนออกจากน้ำดิบ ทำให้น้ำใส สำหรับตะกอนที่อยู่ก้นถังจะถูกสูบออกหรือปล่อยออกเครื่องสูบตะกอน

ถังตะกอนแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ โดยแบ่งตามลักษณะทิศทางการไหลของน้ำ

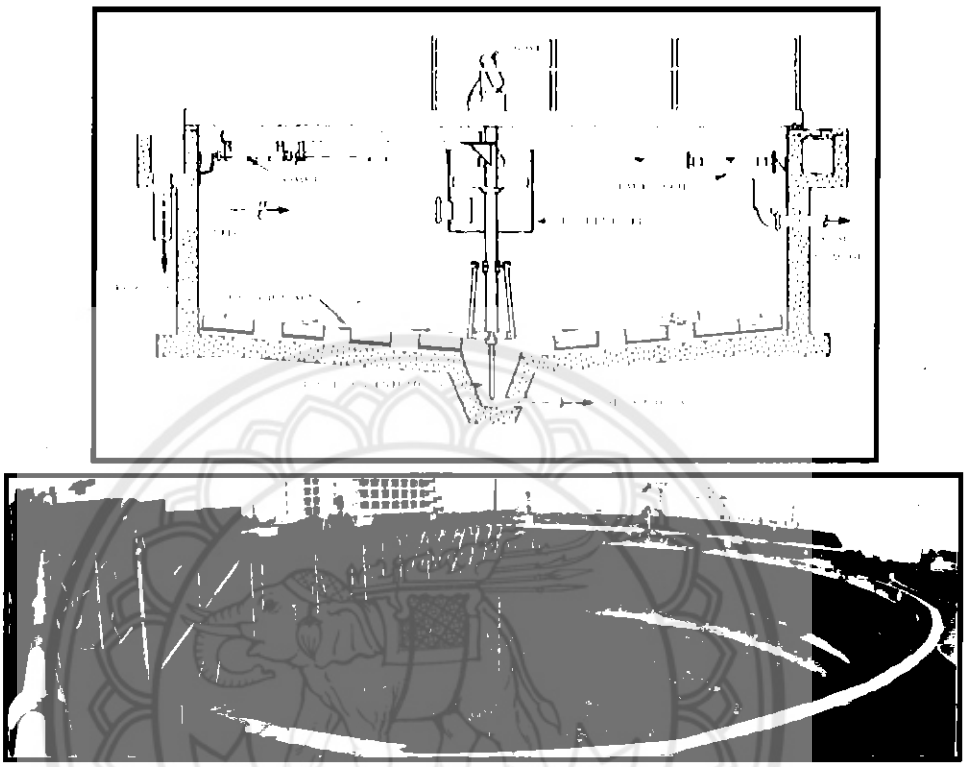
(1) ประเภทที่ 1 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวนอน (Horizontal flow) โดยมากจะเป็นถังรูปตะกอนสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวนอน (Horizontal flow)

ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

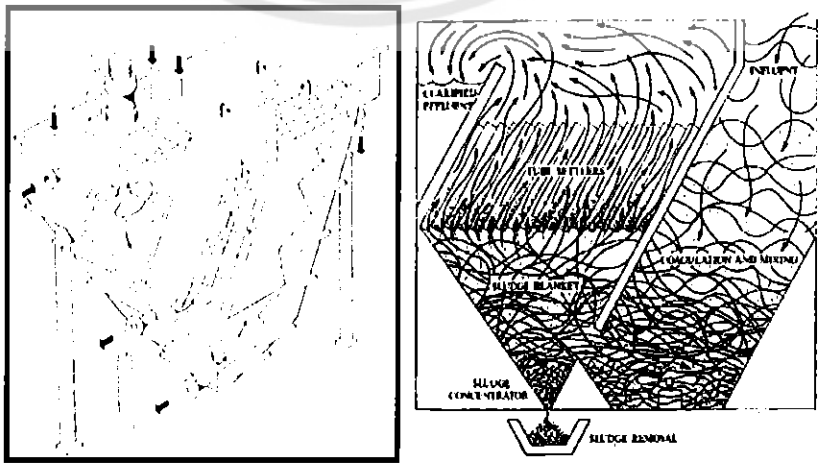
(2) ประเภทที่ 2 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวดิ่ง (Vertical flow) โดยมาจะเป็นถังตะกอนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและทรงกลม ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวดิ่ง (Vertical flow)

ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

(3) ประเภทที่ 3 ถังตกตะกอนแบบไหลไปตามแผ่นหรือท่อเอียง (Plate-type หรือ Tube type) เป็นถังที่มีแผ่นหรือท่อวางเอียงอยู่ในน้ำ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ถังตกตะกอนแบบไหลไปตามแผ่นหรือท่อเอียง

ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

ง. ถังกรอง

การทำให้น้ำสะอาดโดยวิธีกรองเป็นขั้นสุดท้ายเพื่อกำจัดสารไม่สามารถตกตะกอนได้โดยการกักสารเหล่านั้นไว้บนผิวหน้าของสารกรอง (Filter media) แต่ยอมให้น้ำเท่านั้นที่ผ่านช่องว่าง (void) ของตัวกรอง ดังนั้นสารแขวนลอยต่างๆ เช่น ตะกอนเบาที่ไม่ยอมตกตะกอน สารคอลลอยด์ ตะกอนของเหล็กแมงกานีส สาหร่าย แบคทีเรีย และไวรัส จะถูกกักอยู่ในหน่วยนี้ การกรองน้ำเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือ

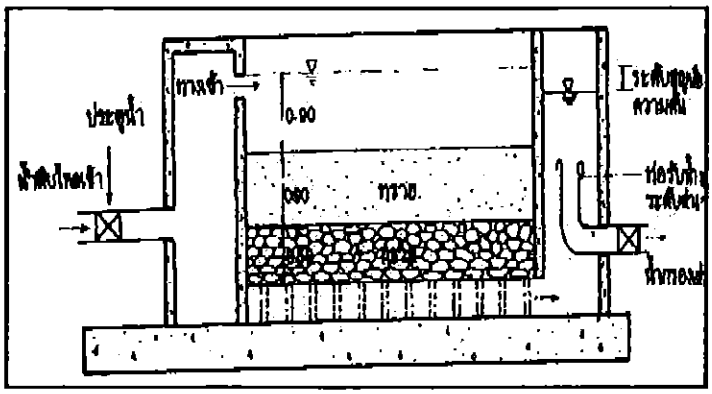
- การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง (Surface Filtration) ตะกอนแขวนลอยหรือความขุ่นที่ถูกดักจับและติดค้างอยู่บนผิวของสารกรองซึ่งอาจเป็น ผ้าแผ่นใยสังเคราะห์ แท่งกรอง เครื่องกรองที่อาศัยหลักการกรองแบบติดผิว

- การกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง (In-Depth Filtration) เป็นการกรองน้ำแบบธรรมดาที่ใช้กันในโรงผลิตน้ำประปา สารกรองที่นิยมใช้ คือ ทราย ประเภทของเครื่องกรองแบบกรองติดค้างในชั้นกรองแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

(1) ถังกรองช้า (Slow Sand Filter)

กรณีน้ำที่มีความขุ่นต่ำ การกรองน้ำด้วยอัตราต่ำ สามารถกำจัดความขุ่นได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมีช่วยในการรวมตะกอน เพื่อให้ฟล็อค (Floc) และไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนเพื่อกำจัดความขุ่น และฟล็อค ดังกล่าว ทำให้ระบบผลิตน้ำประปาเป็นแบบที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องกลน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ทำให้สามารถกรองน้ำได้โดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้า จึงเหมาะสมใช้ในชนบท ถังกรองช้ามีอัตราการกรองประมาณ 0.13-0.42 ม.^{3}/ม.^{2}–ชั่วโมง ดังรูปที่ 2.17

ในปัจจุบัน ถังกรองทรายแบบกรองช้ามีที่ใช้จำกัด เพราะต้องการเนื้อที่มากถังกรองเร็วจึงเป็นที่นิยมมากกว่า อย่างไรก็ดี ในหมู่บ้านที่อยู่ห่างไกลจากความเจริญและไม่มีเครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ ราคาที่ดินต่ำ ทำให้ถังกรองช้า มีความเหมาะสมมากกว่าแบบอื่น ประกอบกับการควบคุมถังกรองช้าสามารถกระทำได้ง่ายโดยไม่ต้องการผู้ที่มีความรู้พิเศษและไม่ต้องใช้ไฟฟ้า แต่มีข้อเสียในการทำความสะอาดทรายกรองสำหรับการกรองช้าต้องทำการลอกหน้าทรายออกแล้วนำไปทำความสะอาดซึ่งทำให้ความยุ่งยาก

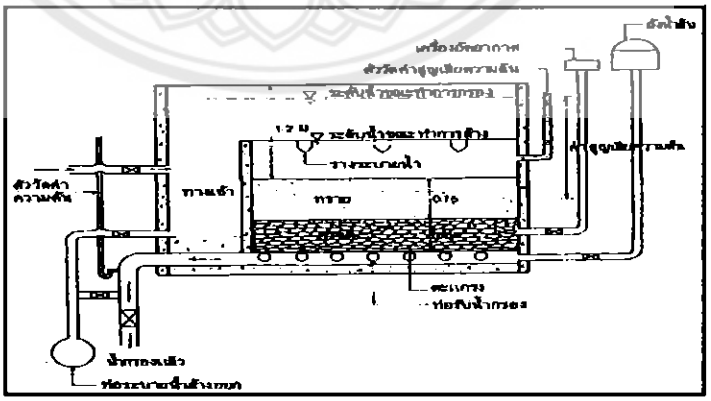


รูปที่ 2.17 ถังกรองช้า

ที่มา : เกรียงศักดิ์, 2549

(2) ถังกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)

ถังกรองเร็วสามารถกรองน้ำได้ในอัตราที่สูงกว่าถังกรองช้าหลายสิบเท่า ถังกรองเร็วมีอัตราการกรองประมาณ 5- 7.5 ม.^{3}/ม.^{2}- ชั่วโมง การทำความสะอาดถังกรองเร็วสามารถกระทำได้โดยไม่ต้องนำทรายไปล้างข้างนอก เหมือนในกรณีของถังกรองช้า วิธีล้างถังกรองเร็วกระทำโดยปล่อยให้น้ำไหลย้อนทิศทางกรอง คือ ให้น้ำสะอาดไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน ชั้นกรองจะขยายตัวทำให้เกิดมีช่องว่างเพิ่มขึ้น ความขุ่นที่จับอยู่ภายในหลุดออกไปกับน้ำสะอาด การล้างย้อนจะได้ผลดียิ่งขึ้นถ้ามีการช่วยให้เม็ดทรายเสียดสีกัน เพื่อขจัดเอาความสกปรกที่จับอยู่บนผิวทรายให้หลุดออกไป วิธีการช่วยให้ขัดสีเพื่อให้การล้างย้อน ได้ผลดีขึ้นได้แก่ การฉีดลมหรือน้ำที่มีแรงดันสูงไป ดังรูปที่ 2.18

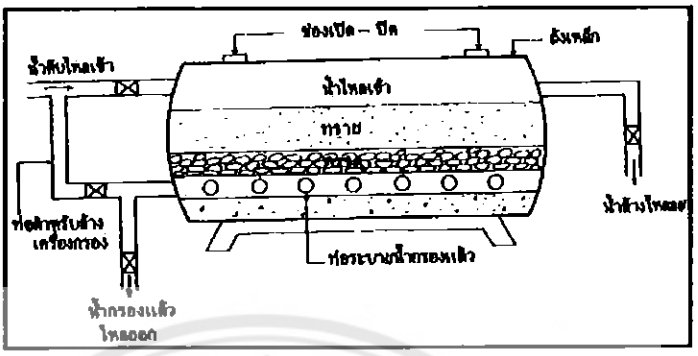


รูปที่ 2.18 ถังกรองเร็ว

ที่มา : เกรียงศักดิ์, 2549

(3) ถังกรองภายใต้ความดัน(Pressure Filter)

มีหลักการคล้ายถังกรองเร็วเพียงต่อระบบท่อรับน้ำที่กรองแล้ว จะออกแบบแรงดันน้ำได้ 150 ปอนด์/ตร.นิ้ว ตัวถังมักทำด้วยโลหะที่ปิดสนิท ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ถังกรองภายใต้ความดัน

ที่มา : เกรียงศักดิ์, 2549

จ. การฆ่าเชื้อโรคโดยการเติมสารเคมี

การฆ่าเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำประปา โดยมากจะเป็นกระบวนการสุดท้ายภายหลังการกรองน้ำ ส่วนใหญ่เลือกใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา แต่ในต่างประเทศหลายแห่งได้เปลี่ยนจากการใช้คลอรีนกับน้ำประปาไปเลือกใช้โอโซนสำหรับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา

ฉ. ถังน้ำใส

น้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะมีความใสและมีคุณภาพดี เมื่อเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคแล้วจะถูกนำมาเก็บไว้ในถังเก็บน้ำใสเพื่อรอการจ่ายเข้าสู่ระบบท่อประปาในลำดับต่อไป ถังเก็บน้ำใสส่วนใหญ่เป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็ก

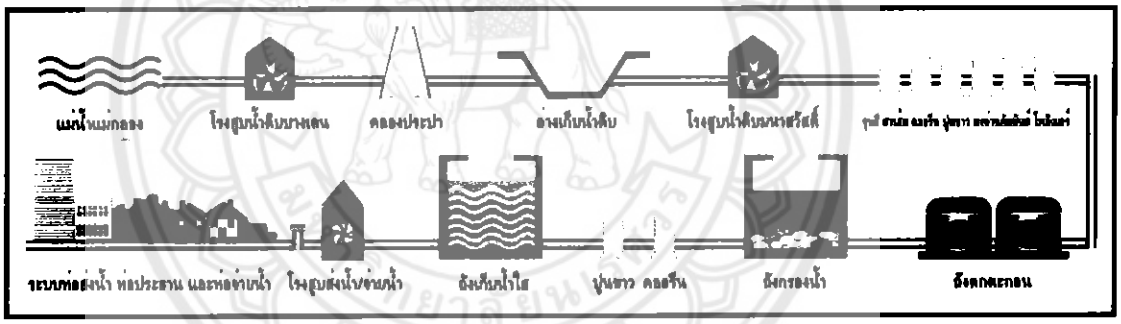
ช. ระบบสูบจ่าย

น้ำใสจากถังเก็บน้ำใสจะถูกส่งจ่ายเข้าสู่ระบบท่อประปาด้วยเครื่องสูบน้ำแรงสูง เพื่อส่งไปยังบ้านเรือน

2.4.2.3 กระบวนการผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำผิวดิน

กระบวนการผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำผิวดินส่วนใหญ่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ตัวอย่างการผลิตน้ำประปาได้แก่ โรงผลิตน้ำประปามหาสวัสดิ์ มีรายละเอียดดังนี้

สูบน้ำจากแม่น้ำมายังคลองชลประทาน จากนั้นสูบน้ำจากคลองชลประทานส่งผ่านท่อหลักสู่คลองส่งน้ำดิบเพื่อส่งไปยังอ่างเก็บน้ำ น้ำดิบถูกสูบเข้าสู่ระบบมีการเติมสารละลายสารส้มใน จุนสี คลอรีน ปูนขาว ผงถ่านกัมมันต์ โพลิเมอร์ในเส้นท่อก่อนที่จะเข้าสู่ถังกวนเร็ว เพื่อให้น้ำดิบกับสารเคมีข้างต้นที่กล่าวมามีการกวนผสมกันทันทีเมื่อไหลเข้าสู่ถังกวนเร็ว โดยที่สารส้มจะเข้าไปทำลายเสถียรภาพของตะกอนแขวนลอยให้พร้อมที่จะรวมกลุ่มกันในถังกวนช้า โดยการสร้างโอกาสให้สารแขวนลอยที่ไร้เสถียรภาพเกิดการสัมผัสกันภายใต้การไหลอย่างช้าๆ กลายเป็นตะกอนขนาดใหญ่ที่พอจะตกตะกอนได้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก น้ำดิบที่ออกจากถังกวนช้าจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอน โดยตะกอนจะตกลงสู่ก้นถัง จากนั้นน้ำใสไหลมายังส่วนของถังกรองน้ำด้วยชั้นทรายและกรวด จากนั้นเติมคลอรีนและปูนขาวในเส้นท่อเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนนำมาเก็บไว้ในถังเก็บน้ำใสเพื่อรอการจ่ายเข้าสู่ระบบท่อประปาด้วยเครื่องสูบน้ำแรงสูง ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การผลิตน้ำประปา จากโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์

ที่มา: http://www.mwa.co.th/download/business/msplant_th.pdf

2.4.2.4 ระบบส่งน้ำประปา

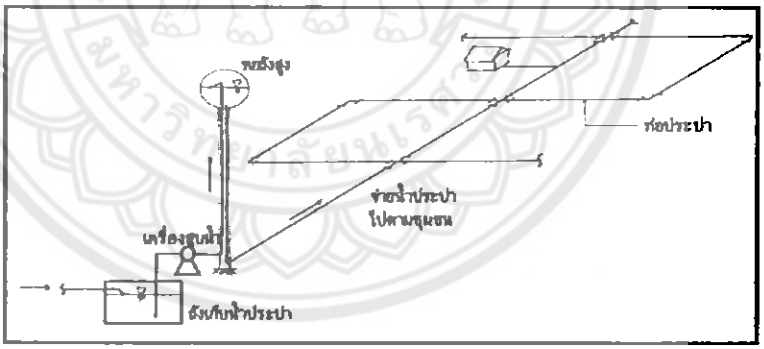
หลังจากการผลิตน้ำประปาให้ได้มาตรฐานแล้ว ระบบส่งจ่ายน้ำไปยังชุมชนด้วยท่อประปาขนาดเหมาะสม มีระบบวาล์วประเภทต่างๆติดตั้งอยู่ตามท่อประปาทั่วบริเวณแล้วแต่ความเหมาะสมยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ

ก. วิธีการจ่ายน้ำประปา

วิธีการจ่ายน้ำประปาจากโรงผลิตน้ำประปามายังชุมชนสามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

ก.1 วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก

วิธีนี้อาศัยหลักการว่า ระดับน้ำจากแหล่งอยู่สูงกว่าชุมชนมากเพียงพอ ที่ทำให้น้ำประปาไหลจากแหล่งไปตามท่อประปาได้อย่างดี คือ มีทั้งความเร็วของน้ำไหลและความดันของน้ำภายในท่ออย่างเหมาะสม วิธีนี้โดยมากจะอาศัยความสูงของระดับดินปกติ และหอถังสูงเพื่อเป็นจุดที่ปล่อยน้ำประปาเพื่อแจกจ่ายไปรอบๆบริเวณ วิธีการจ่ายน้ำประปาวิธีนี้เป็นวิธีที่น่าไว้ใจที่สุด เพราะ ถ้าเกิดกระแสไฟฟ้าดับ ระบบแจกจ่ายน้ำประปายังคงสามารถจ่ายน้ำได้ช่วงเวลาหนึ่ง อาจได้นานถึงหนึ่งหรือสองวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของหอถังสูง ดังรูปที่ 2.21



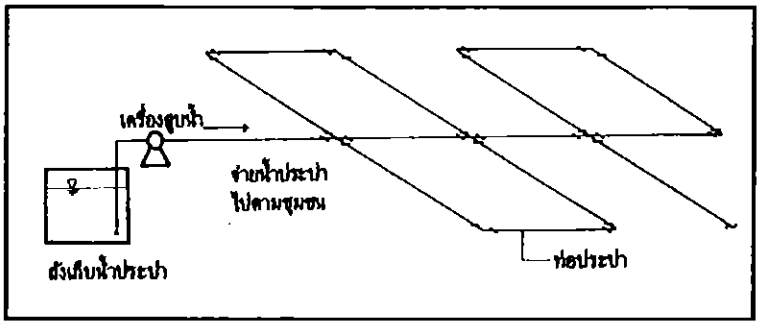
รูปที่ 2.21 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้หอสูง

ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

ก.2 วิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรง

อาศัยเพียงเครื่องสูบน้ำสูบจ่ายน้ำประปาไปตามท่อประธานของระบบโดยตรง ความเร็วของน้ำไหลและความดันของน้ำภายในท่อจะถูกควบคุมโดยเครื่องสูบน้ำและขนาดท่อประธานที่ออกแบบไว้ ระบบจ่ายน้ำประปาวิธีนี้ไม่ต้องใช้หอถังสูงแต่จะมีถังเก็บน้ำประปาไว้ เพื่อให้เครื่องสูบน้ำไปแจกจ่ายชุมชนโดยอาศัยความดันภายในท่อประธานไม่คงที่มี

การเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง ถ้าเกิดกระแสไฟฟ้าดับก็ไม่สามารถแจกจ่ายน้ำประปาได้ในทันทีทำให้เป็นข้อเสียหลักของระบบนี้ ดังรูปที่ 2.22

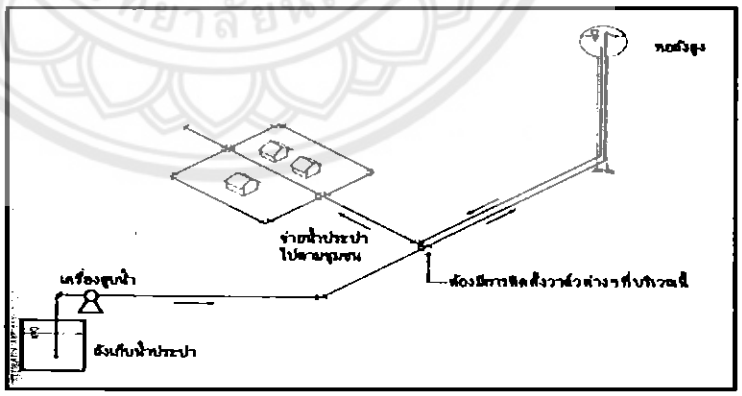


รูปที่ 2.22 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรงแบบใช้เครื่องสูบ

ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

ก.3 วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกร่วมกับการสูบจ่ายน้ำ

อาศัยทั้งสองหลักการข้างต้น วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก การแจกจ่ายน้ำประปาจะอาศัยทั้งเครื่องสูบน้ำสูบจ่ายไปยังท่อประธานพร้อมกันนั้นอีก ณ ตำแหน่งจะมีหอถังสูงทำหน้าที่แจกจ่ายน้ำประปาไปด้วย ข้อดีคือ สามารถแจกจ่ายน้ำประปาด้วยปริมาณมากๆได้ วิธีนี้สามารถเลือกวิธีแจกจ่ายน้ำประปาไปยังท่อประธานได้ คือ อาจจ่ายน้ำประปาโดยใช้เครื่องสูบน้ำอย่างเดียวหรือใช้หอถังสูงอย่างเดียวก็ได้ ดังรูปที่2.23



รูปที่ 2.23 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำร่วมกันกับหอถังสูง

ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

ข. ระบบจ่ายน้ำประปา

ระบบจ่ายน้ำประปามีอยู่ 2 ระบบ คือ

ข.1 ระบบจ่ายน้ำแบบต่อเนื่อง (Continuous System)

ระบบจะทำการจ่ายน้ำประปาตลอดเวลาเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการน้ำประปาที่ใช้งานตลอดเวลามีแหล่งน้ำดิบที่เพียงพอตลอดเวลา และมีโรงผลิตน้ำประปาที่สามารถผลิตได้เพียงพอจ่ายน้ำได้ตลอดเวลา

ข.2 ระบบจ่ายน้ำแบบเดินๆหยุดๆ

ระบบนี้อาจจ่ายน้ำประปาเป็นเวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง ในแต่ละวันก็ได้ เช่น จ่ายน้ำประปาให้ในช่วงเช้า และช่วงเย็นระบบนี้จะใช้เมื่อปริมาณน้ำดิบในแหล่งน้ำไม่พอเพียงสำหรับการจ่ายประปาให้ตลอดเวลา

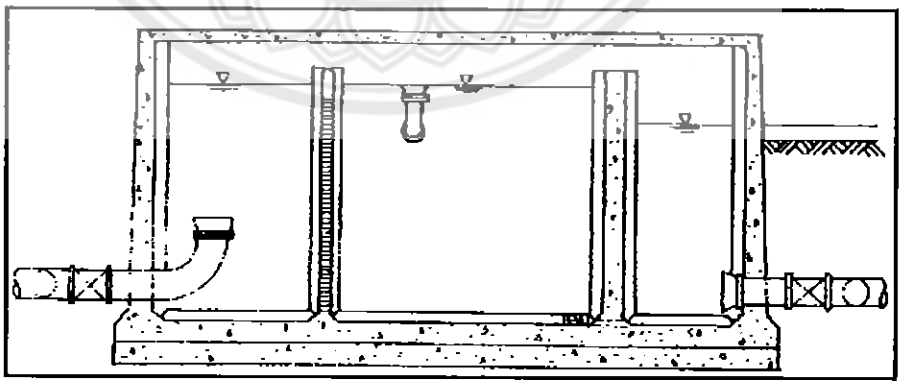
ค. ถังเก็บกักน้ำประปา

วัตถุประสงค์ของการเก็บกักน้ำประปาด้วยถังเก็บกักน้ำประปา มีดังต่อไปนี้

- ต้องการเก็บกักน้ำประปาไว้สำหรับการดับเพลิง
- ต้องการรักษาระดับความดันของน้ำในท่อประปาได้ตลอดเวลา
- ต้องการเก็บกักน้ำประปาสำรองไว้เมื่อมีการใช้น้ำประปามากกว่าปกติ

โดยทั่วไปขนาดความจุของถังเก็บกักน้ำประปา จะขึ้นอยู่กับจำนวนชั่วโมงที่จ่ายน้ำประปา อัตราการสูบจ่ายน้ำประปา และการแปรเปลี่ยนปริมาณความต้องการใช้น้ำประปาของชุมชนนั้น ดังรูปที่ 2.24

ค.1 ถังน้ำบนพื้นดิน (Surface Storage Tank)

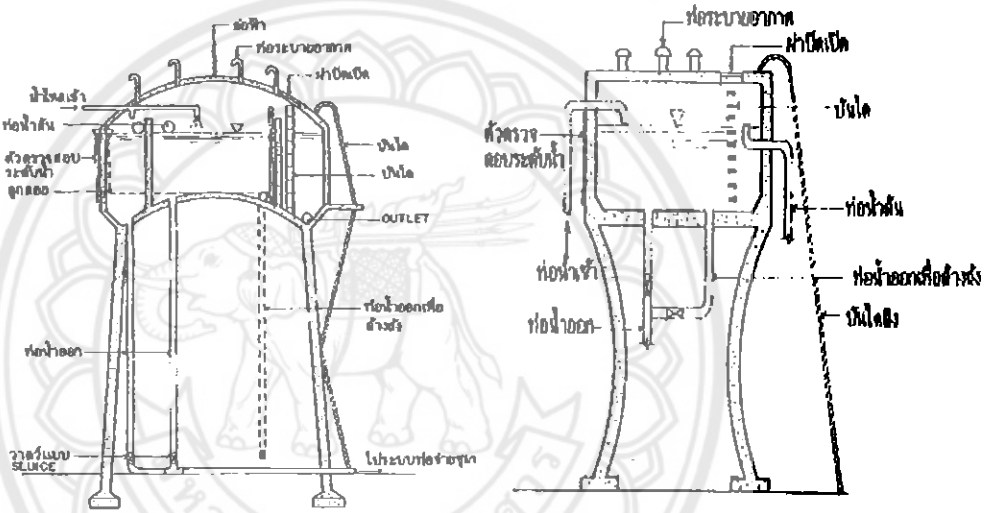


รูปที่ 2.24 รายละเอียดของถังน้ำบนพื้นดิน

ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

ถังน้ำบนพื้นดิน หมายถึง ถังเก็บกักน้ำประปาไว้ เพื่อจ่ายน้ำประปาไปทั่วชุมชนของแต่ละชุมชน สำหรับขนาดของถังเก็บกักน้ำบนพื้นดินสามารถคำนวณได้โดยวิธีสร้างกราฟปริมาณน้ำประปาใช้สะสมตลอดวัน ซึ่งเป็นวิธีที่คล้ายกับการคำนวณหาขนาดของอ่างเก็บน้ำ หรืออาจพิจารณาใช้ค่าปริมาณน้ำใช้โดยเฉลี่ยต่อวันเป็นขนาดความจุของถังเก็บกักน้ำประปา ซึ่งอาจต้องการเก็บกักไว้ใช้ 1-2 วัน หรือมากกว่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้น้ำประปาของชุมชนนั้นๆ ดังรูป 2.25

ค.2 หอถังสูง (Elevated Tank)



รูปที่ 2.25 รายละเอียดของหอถังสูง

ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2549

หอถังสูงทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก อาจมีหอถังสูงอยู่หลายๆ จุดในชุมชนนั้น เพื่อสามารถมีแรงดันพอเพียงสำหรับการจ่ายน้ำประปาให้แก่ชุมชน หอถังสูงจะมีขนาดความสูงตั้งแต่ 10-30 ม. และบางแห่งอาจพบว่ามีความสูงมากกว่านี้ สำหรับขนาดความจุมีตั้งแต่ 5 -250 ลบ.ม. แล้วแต่การใช้น้ำประปาชุมชนนั้นๆ สำหรับการคำนวณหาขนาดความจุที่เหมาะสมอาจพิจารณาใช้ค่าปริมาณน้ำใช้โดยเฉลี่ยต่อชั่วโมง ซึ่งขนาดความจุอาจเก็บไว้ใช้ 1-2 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้น แล้วแต่ความเหมาะสมของชุมชนนั้นๆ ซึ่งจะไปเกี่ยวข้องกับขนาดของเครื่องสูบน้ำขึ้นไปเก็บไว้ในหอถังสูงด้วย ในการเลือกตำแหน่งที่จะติดตั้งหอถังสูงควรจะเลือกบริเวณที่มีระดับสูงกว่าบริเวณรอบๆใกล้เคียง เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการจ่ายน้ำประปา

2.5 วิธีจาร์เทสต์

วิธีควบคุมโคแอกกูเลชันที่ได้รับความนิยมมากที่สุดละใช้กันมานานแล้วคือ วิธีจาร์เทสต์ ซึ่งเป็นวิธีทดสอบในบีคเกอร์เครื่องมือทดสอบเป็นเครื่องกวนที่ปรับความเร็วรอบได้ ซึ่งส่วนมากมักมีใบพัดกวนน้ำ 6 ใบ ในการทดลองแต่ละครั้งจะเลือกชนิดของสารเคมีและกำหนดสภาวะต่างๆ ซึ่งได้แก่ ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง ความเร็วรอบ ระยะเวลากวนน้ำ (ทั้งกวนเร็วและกวนช้า) และระยะเวลาตกตะกอน จากนั้นจึงทดลองโดยเติมสารเคมีในปริมาณต่างๆ ลงในบีคเกอร์แต่ละใบ ระดับพีเอชอาจรักษาให้คงที่หรือแปรเปลี่ยน ทั้งนี้แล้วแต่ความมุ่งหมายของการทำจาร์เทสต์

ขั้นตอนต่างๆ ในการทำจาร์เทสต์ มีดังนี้ (มั่นสิน, 2554)

-วิเคราะห์น้ำตัวอย่างเพื่อหา สี ความขุ่น พีเอช และความเป็นด่าง (ตามความจำเป็น)

-เติมน้ำตัวอย่าง 600 มล. ลงในบีคเกอร์แต่ละใบ และเติมสารที่ใช้เป็นโคแอกกุแลนท์ลงไปในตามปริมาณที่ต้องการใช้ (ต้องเติมสารเคมีเมื่อมีการกวนเร็วเกิดขึ้น)

-กวนน้ำและสารเคมีอย่างรวดเร็ว (ความเร็ว 100 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 1 นาที

-กวนอย่างช้า (ด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 20 นาที (ระยะเวลากวนช้าอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามจุดมุ่งหมายของการทำจาร์เทสต์)

-จดบันทึกเวลาที่เริ่มมีฟล็อค

-ทิ้งให้ตกตะกอน (โดยปิดเครื่องกวนน้ำ) เป็นเวลา 30 นาที

-ใช้ปิเปตดูดเอาแต่น้ำใสออกจากแก้วโดยมิให้กระเทือนถึงตะกอนที่จมอยู่ก้นแก้ว

-วิเคราะห์น้ำใสเพื่อหา สี ความขุ่น พีเอช และระดับความเป็นด่าง (ตามความเป็นจริง)

พล็อตกราฟระหว่างปริมาณสารเคมีกับความขุ่นหรือพารามิเตอร์ตัวอื่นตามความจำเป็นเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่สามารถกำจัดความขุ่น หรือสารอื่นได้มากที่สุด

หมายเหตุ

1. หลักปฏิบัติที่นิยมกันคือ ไม่เติมสารเคมีที่ต้องการศึกษาให้กับบีคเกอร์แรก เพราะจะใช้มันสำหรับเปรียบเทียบกับบีคเกอร์ใบอื่น ซึ่งมีการเติมสารเคมีในปริมาณต่างๆ เพื่อดูผลของการเติมสารเคมี
2. ในกรณีที่ต้องเติมด่างเพื่อปรับพีเอชให้เหมาะสม ควรคำนวณสารประกอบด่างที่ต้องใช้อย่างคราวๆ เสียก่อนทั้งนี้เพื่อมิให้พีเอชลดต่ำเกินไป สารส้มแต่ละมิลลิกรัมต้องการความเป็นด่างประมาณ 0.5 มิลลิกรัมในเทอมของหินปูน

2.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

มาตรฐานคุณภาพน้ำประปามีการกำหนดโดยหลายหน่วยงานเช่น การประปานครหลวง การประปาส่วนภูมิภาค และกรมอนามัย เป็นต้น ดังตารางที่ 2.7 - 2.8 และ 2.9

ตารางที่ 2.8 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง

คุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่าแนะนำ WHO 2006
สมบัติทางแบคทีเรีย (Bacteriological Quality)		
แบคทีเรียชนิด อีโคไล (E. coli)	พบ-ไม่พบ/100 มล.	ไม่พบ/100 ml
สมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Quality)		
สี ปรากฏ (Appearance color) #	True color unit	15
ความขุ่น (Turbidity) # *	เอ็นทียู	5
รส และ กลิ่น (Taste and odor) #	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ
สารหนู (Arsenic)	มก./ล.	0.01
แคดเมียม (Cadmium)	มก./ล.	0.003
โครเมียม (Chromium)	มก./ล.	0.05
ไซยาไนด์ (Cyanide)	มก./ล.	0.07
ตะกั่ว (Lead)	มก./ล.	0.01
ปรอท (Inorganic Mercury)	มก./ล.	0.006
เซเลเนียม (Selenium)	มก./ล.	0.01
ฟลูออไรด์ (Fluoride)	มก./ล.	1.5
คลอไรด์ (Chloride) #	มก./ล.	250
ทองแดง (Copper) #	มก./ล.	2
เหล็ก (Iron) #	มก./ล.	0.3
แมงกานีส (Manganese) #	มก./ล.	0.4
โซเดียม (Sodium) #	มก./ล.	200
ซัลเฟต (Sulfate) #	มก./ล.	250
สังกะสี (Zinc) #	มก./ล.	3
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide)	มก./ล.	0.05
ปริมาณมวลสารที่ละลายทั้งหมด (Total dissolved solids)	มก./ล.	1,000
ไนเตรทในรูปไนเตรท (Nitrate as NO_3^-)	มก./ล.	50

ตารางที่ 2.9 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปานของการประปานครหลวง(ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	คำแนะนำ WHO
สารเคมีที่ใช้ป้องกันและกำจัดศัตรูพืช (Pesticides)		
อัลดรินและดิลดริน (Aldrin/Dieldrin)	ไมโครกรัม/ล. **	0.03
คลอเดน (Chlordane)	ไมโครกรัม/ล.	0.2
ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม/ล.	1
สอง,สี่-ดี (2,4-D)	ไมโครกรัม/ล.	30
เฮปตาคลอและเฮปตาคลออีพอกไซด์ (Heptachlor and Heptachlor epoxide)	ไมโครกรัม/ล.	0.03
เฮกซะคลอโรเบนซิน (Hexachlorobenzene)	ไมโครกรัม/ล.	1
ลินเดน (Lindane)	ไมโครกรัม/ล.	2
เมททอกซิคลอ (Methoxychlor)	ไมโครกรัม/ล.	20
เพนตาคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	ไมโครกรัม/ล.	9
ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes) sum of the ratio		
คลอโรฟอร์ม (Chloroform , $CHCl_3$)	มก./ล.	0.3
โบรโมไดคลอโรมีเทน (Bromodichloromethane , $CHBrCl_2$)	มก./ล.	0.06
ไดโบรโมคลอโรมีเทน (Dibromochloromethane , $CHBr_2Cl$)	มก./ล.	0.1
โบรโมฟอร์ม (Bromoform , $CHBr_3$)	มก./ล.	0.1
กัมมันตภาพรังสี (Radioactive)		
ความแรงรวมรังสีแอลฟา (Gross alpha activity)	Bq/l	0.5
ความแรงรวมรังสีเบต้า (Gross beta activity)	Bq/l	1

หมายเหตุ # การประปานครหลวงพิจารณาวิเคราะห์รายการที่มีผลต่อสุขภาพและความน่าดื่มน่าใช้

* ความขุ่นไม่มีผลต่อสุขภาพ แต่ควรต่ำกว่า 0.1 NTU เพื่อประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อ

ที่มา: http://www.oraclechem.com

ตารางที่ 2.10 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐาน
1.คุณลักษณะทางกายภาพ		
สี (colour)	แพลตตินัมโคบอล์ท	15
รส (taste)		ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
กลิ่น (odour)		ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
ความขุ่น (turbidity)	เอ็นทียู	5
ความเป็นกรด-ด่าง (pH range)		6.5-8.5
2.คุณลักษณะทางเคมี		
ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (total dissolved solids)	มก./ล.	600
เหล็ก (Fe)	มก./ล.	0.3
แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	0.4
ทองแดง (Cu)	มก./ล.	2.0
สังกะสี (Zn)	มก./ล.	3.0
ความกระด้างทั้งหมด (total hardness) as $CaCO_3$	มก./ล.	300
ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	250
คลอไรด์ (Cl)	มก./ล.	250
ฟลูออไรด์ (F)	มก./ล.	1.0
ไนเทรต (NO_3) as NO_3	มก./ล.	50
3. คุณลักษณะทางสารเป็นพิษ : โลหะหนัก		
ปรอท (Hg)	มก./ล.	0.001
ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	0.01
สารหนู (As)	มก./ล.	0.01
ซีลีเนี่ยม (Se)	มก./ล.	0.01
โครเมียม (Cr)	มก./ล.	0.05
ไซยาไนด์ (CN)	มก./ล.	0.07
แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	0.003
แบเรียม (Ba)	มก./ล.	0.7

ที่มา: http://www.pwa.co.th/general/qcpwa.html

ตารางที่ 2.11 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปากรมอนามัย พ.ศ. 2543

พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐาน
1. ความเป็นกรด-ด่าง	pH at 25°C	6.5-8.5
2. สี (Colour)	แพลตตินัมโคบอล์ท	ไม่เกิน 15
3. ความขุ่น (Turbidity)	เอ็นทียู	ไม่เกิน 5*
4. ความกระด้าง (Hardness)	มก./ล.	ไม่เกิน 500
5. ปริมาณสารทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (TDS)	มก./ล.	ไม่เกิน 1,000
6. เหล็ก (Fe)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.5
7. แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.3
8. ทองแดง (Cu)	มก./ล.	ไม่เกิน 1.0
9. สังกะสี (Zn)	มก./ล.	ไม่เกิน 3.0
10. ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.01*
11. โครเมียม (Cr)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.05
12. แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.003
13. สารหนู (As)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.01
14. ปรอท (Hg)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.001
15. ซัลเฟต (Sulfate)	มก./ล.	ไม่เกิน 250
16. คลอไรด์ (Chloride)	มก./ล.	ไม่เกิน 250
17. ไนเตรท (Nitrate as Nitrate)	มก./ล.	ไม่เกิน 50
18. ฟลูออไรด์ (Fluoride)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.7
19. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria)	เอ็มพีเอ็น/100 มล.	ไม่พบ
20. ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal Coliform Bacteria)	เอ็มพีเอ็น/100 มล.	ไม่พบ

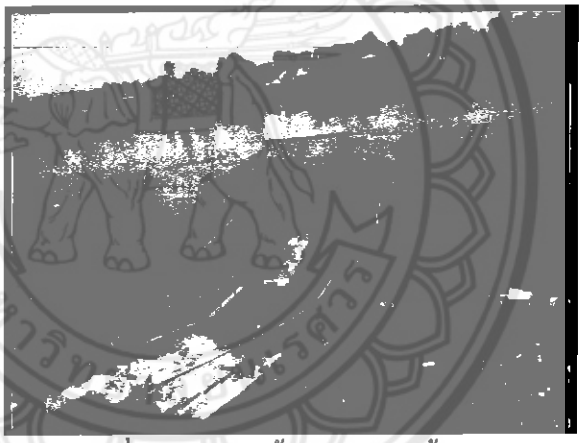
ที่มา : http://rldc.anamai.moph.go.th/index.php

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

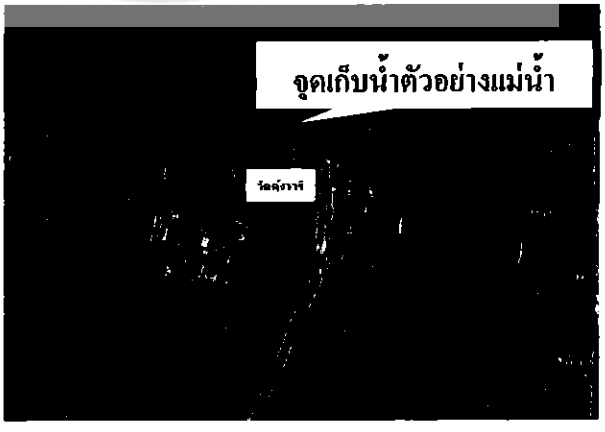
โครงงานนี้เป็นการศึกษาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมสำหรับการผลิตประปาด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันจากน้ำผิวดิน โดยมีรายละเอียดในการดำเนินโครงงานดังนี้

3.1 น้ำตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแหล่งน้ำผิวดินที่อยู่ใกล้มหาวิทยาลัยนเรศวร มีทั้งหมด 3 แหล่ง แบ่งออกเป็นแหล่งน้ำที่มีการไหลได้แก่ แม่น้ำน่าน และคลองหนองเหล็ก ดังรูปที่ 3.1-3.4 และแหล่งน้ำนิ่งได้แก่ อ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ดังรูปที่ 3.5-3.6



รูปที่ 3.1 จุดเก็บน้ำตัวอย่างแม่น้ำน่าน

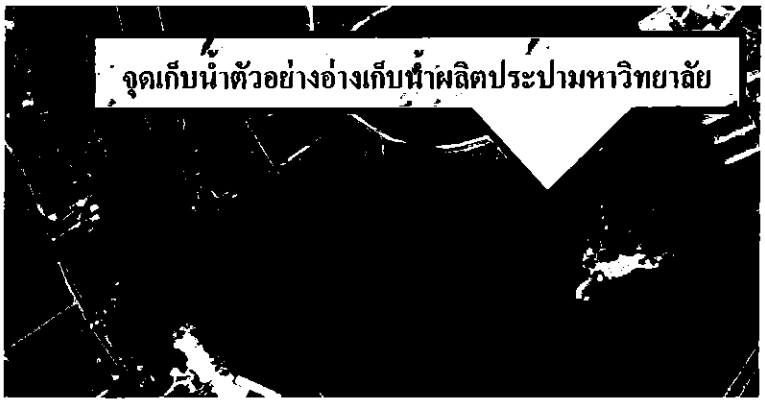


รูปที่ 3.2 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่น้ำน่าน

รูปที่ 3.3 จุดเก็บน้ำตัวอย่างคลองหนองเหล็ก

รูปที่ 3.4 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างคลองหนองเหล็ก

รูปที่ 3.5 จุดเก็บน้ำตัวอย่างอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 3.6 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างอ่างเก็บน้ำผลิตประปา

มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

การทดลองนี้ดำเนินการศึกษาในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องมือดังนี้

3.2.1 เครื่องจาร์เทสต์ ยี่ห้อ Phipps Bird รุ่น 7790-902B ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 เครื่องจาร์เทสต์ชนิด 6 ใบพัด ยี่ห้อ Phipps Bird รุ่น 7790-902B

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจาร์เทสต์

ก. เครื่องจาร์เทสต์ชนิด 6 ใบพัด

ข. บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร 6 ใบ

ค. กระบอกตวงขนาด 500 และ50 มิลลิลิตร

ง. ถังน้ำ 100 ลิตร จำนวน 3 ถัง

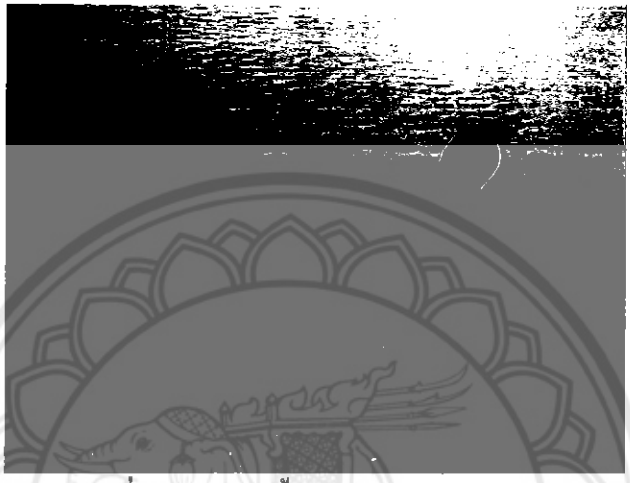
การทดสอบจาร์เทสต์ครั้งนี้เลือกใช้สารส้มเป็นสารเคมีระดับ Commercial grade ปริมาณสารเคมีที่ใช้เป็นสารเคมีที่ได้จากการชั่งน้ำหนักเนื่องจากไม่ทราบร้อยละความบริสุทธิ์ของสาร

3.3 วิธีการศึกษา

การทดลองมีการดำเนินการดังนี้

ก.การเก็บน้ำตัวอย่าง

เก็บน้ำตัวอย่างทั้ง 3 แหล่ง ด้วยการเก็บแบบจ้วงตัก (Grab Sampling) พร้อมจดบันทึกสภาพแวดล้อม ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การเก็บน้ำตัวอย่างแบบจ้วงตัก

ข.วิธีการทดลอง

น้ำทั้ง 3 แหล่งดำเนินการทดลองดังนี้

1.) วิเคราะห์น้ำตัวอย่างได้แก่ สี ความขุ่น พีเอช ความเป็นด่าง และของแข็งแขวนลอย

2.) ดำเนินการหาความเหมาะสมของปริมาณสารส้มเบื้องต้นดังนี้ เติมน้ำตัวอย่าง 1,000 มล. ลงในบีกเกอร์แต่ละใบ จากนั้นเติมสารส้มที่ใช้เป็นโคนแอกกูแลนท์ลงไป ตามปริมาณที่ต้องการใช้ได้แก่ 0 50 100 200 300 และ400 มก/ล โดย 0 มก/ล เป็นการทดลองควบคุม (ต้องเติมสารเคมีเมื่อมีการกวนเร็วเกิดขึ้น)

- เปิดเครื่องจาร์เทสต์ กวนน้ำและสารส้มด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
- หลังจากนั้นทำการกวนอย่างช้าความเร็ว 30 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที
- ทิ้งให้ตกตะกอน (โดยปิดเครื่องจาร์เทสต์) เป็นเวลา 30 นาที
- ใช้ปิเปตดูดเอาแต่น้ำใสออกจากบีกเกอร์ โดยมิให้กระเทือนถึงตะกอนที่จมอยู่ก้น แก้ว
- วิเคราะห์น้ำใสได้แก่ สี ความขุ่น พีเอช ความเป็นด่าง และของแข็งแขวนลอย
- สร้างกราฟระหว่างปริมาณสารเคมีที่ใช้กับความขุ่นหรือพารามิเตอร์ตัวอื่นตามความจำเป็นเพื่อหาช่วงปริมาณสารส้มที่สามารถกำจัดความขุ่นหรือสารอื่นได้มาก

3.) ดำเนินการหาค่าความเหมาะสมของปริมาณสารส้มของน้ำตัวอย่าง โดยการทดลองซ้ำกับข้อ 2 แต่เลือกเติมสารส้มให้อยู่ในช่วงที่ได้จาก ข้อ 2

4.) ดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง ต่อเดือน ตั้งแต่พฤศจิกายน 2554 ถึง กุมภาพันธ์ 2555

3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงดัง ตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ความขุ่น	เครื่องวัดความขุ่นยี่ห้อ HACH รุ่น 2100Q
พีเอช (pH)	เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น Model 250
สี	วิธีแพลทตินัมโคบอล
ความเป็นด่าง	วิธี Titration
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (SS)	วิธี Gravimetric

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการศึกษาหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมกับการผลิตน้ำประปาในกระบวนการโคแอกกูเลชันจากน้ำผิวดินรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรจำนวน 3 แหล่งได้แก่ แหล่งน้ำไหล 2 แหล่ง คือ แม่น้ำน่าน และคลองหนองเหล็ก และแหล่งน้ำนิ่งอีกหนึ่งแหล่ง คือ อ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร โดยผลการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

4.1 คุณภาพน้ำดิบ

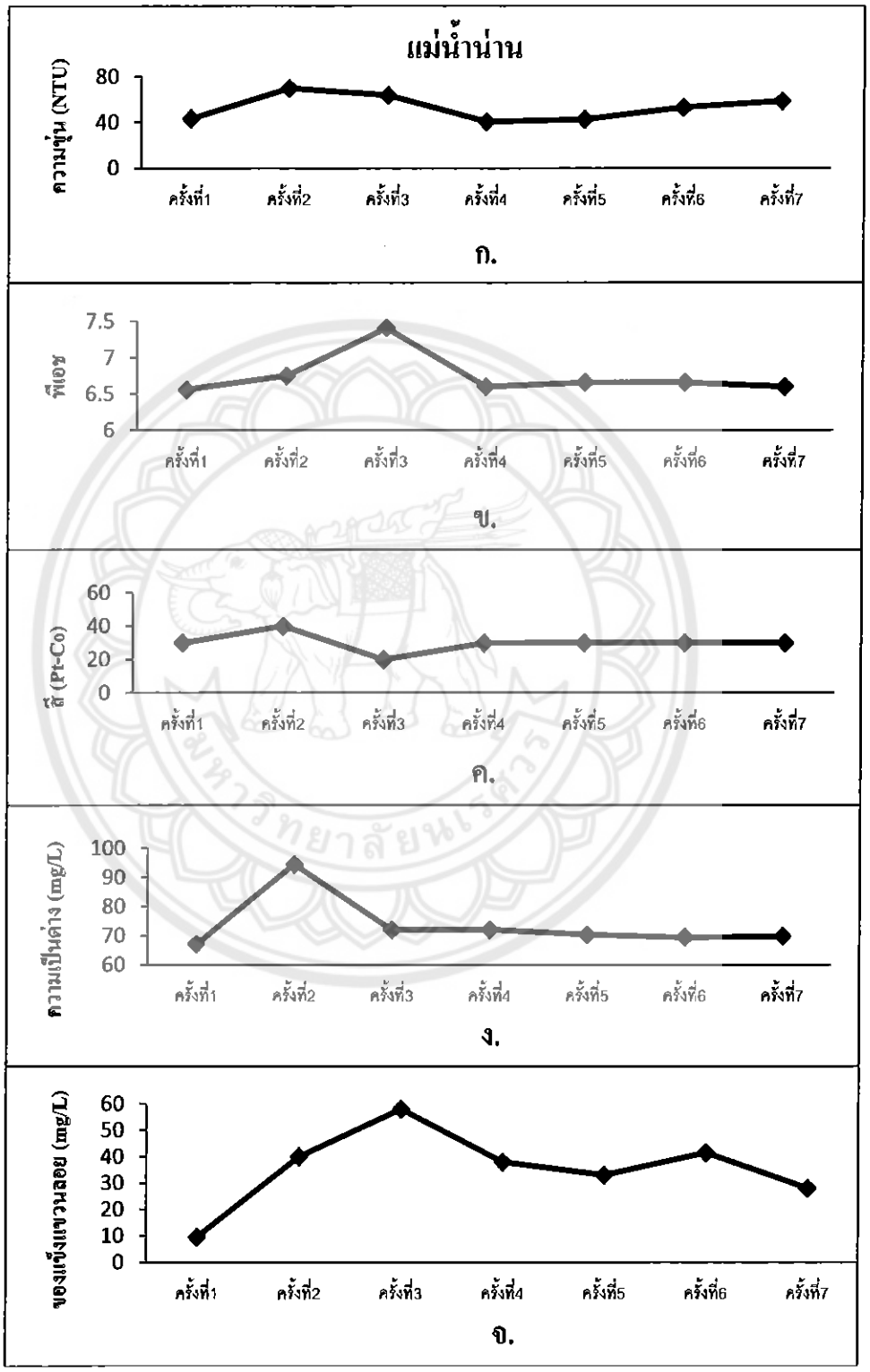
4.1.1 น้ำแม่น้ำน่าน

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์ต่างๆของแม่น้ำน่าน

ดัชนี		ความขุ่น (NTU)	พีเอช	สี Pt-Co	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
ครั้งที่	วัน-เดือน-ปี					
1	03-พ.ย.-54	43.43	6.56	30	67.17	9.50
2	15-พ.ย.-54	70.10	6.75	40	94.50	40.00
3	04-ธ.ค.-54	63.70	7.41	20	72.00	58.00
4	15-ธ.ค.-54	40.73	6.60	30	72.10	38.00
5	02-ม.ค.-55	42.90	6.66	30	70.33	33.00
6	17-ม.ค.-55	53.20	6.66	30	69.40	41.50
7	02-ก.พ.-55	59.03	6.60	30	69.80	28.00
ค่าเฉลี่ย		53.30	6.75	30	73.61	35.43

จากการเก็บตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำน่านมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าความขุ่นอยู่ในช่วง 40.73-70.10 NTU เฉลี่ย 53.30 NTU พีเอชอยู่ในช่วง 6.56-7.41 เฉลี่ย 6.75 สีอยู่ในช่วง 20-40 Pt-Co เฉลี่ย 30 Pt-Co ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 67.17-94.50 mg/L เฉลี่ย 73.61 mg/L และของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 9.50-58.00 mg/L เฉลี่ย 35.43 mg/L ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆตามระยะเวลาเก็บน้ำแสดงดังรูปที่ 4.1 ดังนี้ รูปที่ 4.1-ก. ความขุ่นแปรผันเล็กน้อย รูปที่ 4.1-ข. พีเอชค่อนข้างคงที่ มีครั้งที่ 3 แปรผันสูงมาก รูปที่ 4.1-ค. สีแปรผันเล็กน้อยโดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ที่

30 Pt-Co รูปที่ 4.1-ง. ความเป็นด่างแปรผันเล็กน้อย มีครั้งที่ 2 แปรผันสูงมาก รูปที่ 4.1-จ. ของแข็งแขวนลอยแปรผันมาก



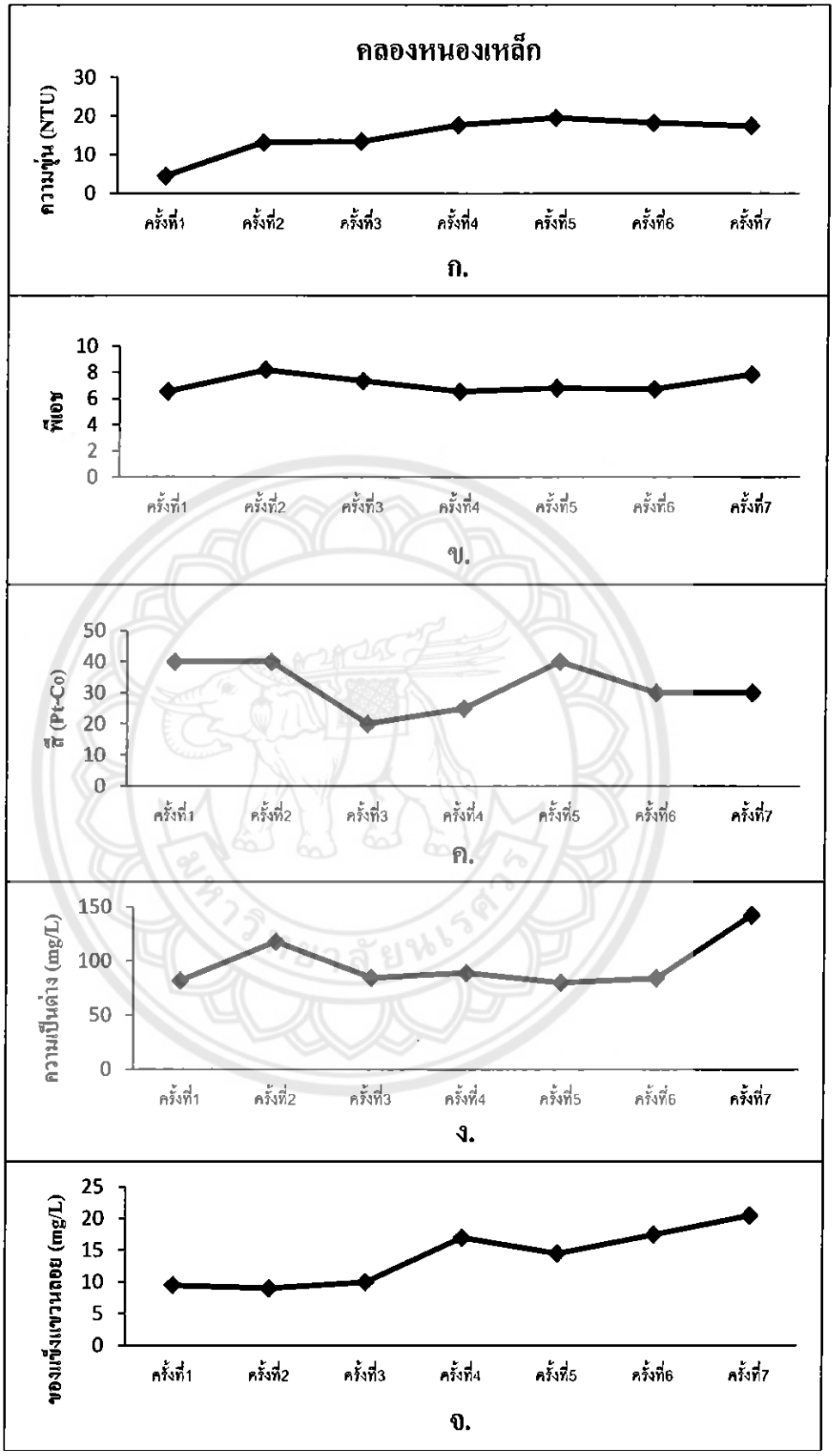
รูปที่ 4.1 ความขุ่น พีเอช สี ความเป็นด่าง และของแข็งแขวนลอยของแม่น้ำน่านตลอดการทดลอง

4.1.2 น้ำคลองหนองเหล็ก

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ต่างๆของคลองหนองเหล็ก

ดัชนี		ความขุ่น	พีเอช	สี	ความเป็นด่าง	ของแข็งแขวนลอย
ครั้งที่	วัน-เดือน-ปี	(NTU)		Pt-Co	(mg/L)	(mg/L)
1	03-พ.ย.-54	4.52	6.55	40	81.57	9.50
2	15-พ.ย.-54	13.23	8.20	40	117.73	9.00
3	04-ธ.ค.-54	13.47	7.34	20	84.33	10.00
4	15-ธ.ค.-54	17.70	6.53	25	88.80	17.00
5	02-ม.ค.-55	19.57	6.80	40	80.00	14.50
6	17-ม.ค.-55	18.30	6.70	30	84.00	17.50
7	02-ก.พ.-55	17.50	7.83	30	142.33	20.50
ค่าเฉลี่ย		14.90	7.14	32.14	96.97	14.00

จากการเก็บตัวอย่างน้ำจากคลองหนองเหล็กมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าความขุ่นอยู่ในช่วง 4.52-19.57 NTU เฉลี่ย 14.90 NTU พีเอชอยู่ในช่วง 6.53-8.20 เฉลี่ย 7.14 สีอยู่ในช่วง 20-40 Pt-Co เฉลี่ย 32.14 Pt-Co ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 80.00-142.33 mg/L เฉลี่ย 96.97 mg/L และของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 9.00-20.50 mg/L เฉลี่ย 14.00 mg/L ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆตามระยะเวลาเก็บน้ำแสดงดังรูปที่ 4.2 ดังนี้ รูปที่ 4.2-ก. ความขุ่นแปรผันเล็กน้อย มีครั้งที่ 1 แปรผันต่ำมาก รูปที่ 4.2-ข. พีเอชแปรผันเล็กน้อย รูปที่ 4.2-ค. สีแปรผันมาก รูปที่ 4.2-ง. ความเป็นด่างแปรผันเล็กน้อย มีครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 7 แปรผันสูงมาก รูปที่ 4.2-จ. ของแข็งแขวนลอยแปรผันเล็กน้อย



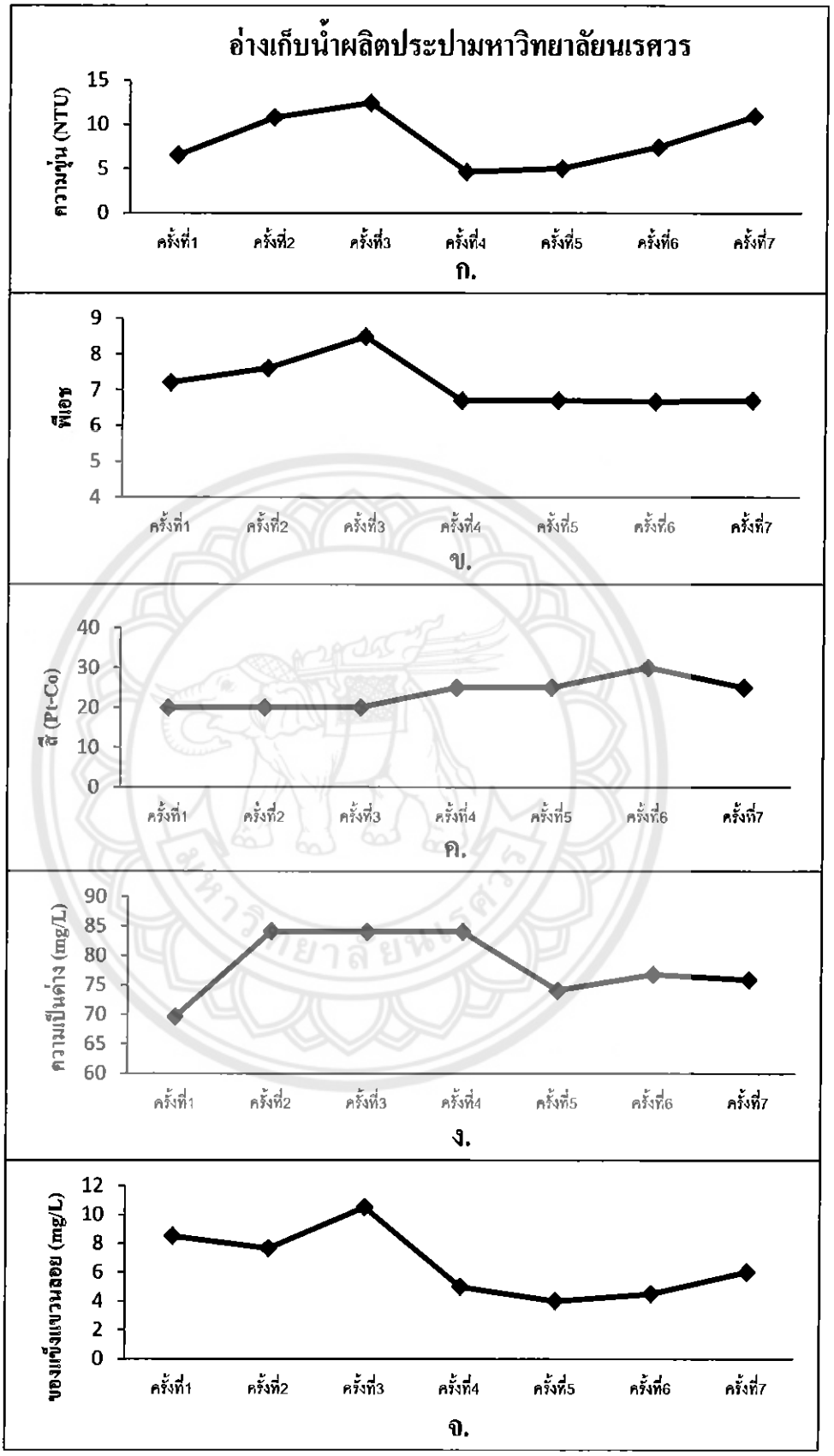
รูปที่ 4.2 ความขุ่น พีเอช สี ความเป็นด่าง และของแข็งแขวนลอยของคลองหนองเหล็ก ตลอดการทดลอง

4.1.3 น้ำอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 4.3 พารามิเตอร์ต่างๆของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร

ดัชนี		ความขุ่น	พีเอช	สี	ความเป็นด่าง	ของแข็งแขวนลอย
ครั้งที่	วัน-เดือน-ปี	(NTU)		Pt-Co	(mg/L)	(mg/L)
1	03-พ.ย.-54	6.53	7.20	20	69.60	8.50
2	15-พ.ย.-54	10.77	7.60	20	84.10	7.67
3	04-ธ.ค.-54	12.43	8.48	20	84.00	10.50
4	15-ธ.ค.-54	4.64	6.70	25	84.00	5.00
5	02-ม.ค.-55	5.02	6.70	25	74.00	4.00
6	17-ม.ค.-55	7.43	6.67	30	76.70	4.50
7	02-ก.พ.-55	10.90	6.70	25	75.80	6.00
ค่าเฉลี่ย		8.25	7.15	23.57	78.31	6.60

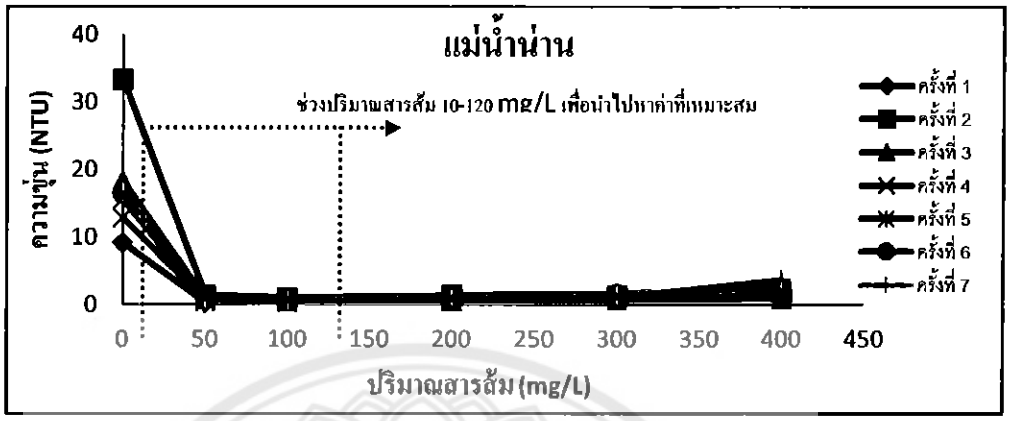
จากการเก็บน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวรมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่าความขุ่นอยู่ในช่วง 5.02-12.43 NTU เฉลี่ย 8.25 NTU พีเอชอยู่ในช่วง 6.70-8.48 เฉลี่ย 7.15 สีอยู่ในช่วง 20-25 Pt-Co เฉลี่ย 23.57 Pt-Co ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 69.60-84.1 mg/L เฉลี่ย 78.31 mg/L และของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 4.00-10.50 mg/L เฉลี่ย 6.60 mg/L ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆตามระยะเวลาเก็บน้ำแสดงดังรูปที่ 4.3 ดังนี้ รูปที่ 4.3-ก. ความขุ่นแปรผันมากในครั้งที่ 3-4 รูปที่ 4.3-ข. พีเอชแปรผันค่อนข้างคงที่ มีครั้งที่ 3 แปรผันสูง รูปที่ 4.3-ค. สีแปรผันค่อนข้างคงที่ รูปที่ 4.3-ง. ความเป็นด่างแปรผันมาก รูปที่ 4.3-จ. ของแข็งแขวนลอยแปรผันมาก โดยมีครั้งที่ 3 แปรผันสูงมาก



รูปที่ 4.3 ความขุ่น พีเอช สี ความเป็นด่าง และของแข็งแขวนลอยของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวรตลอดการทดลอง

4.2 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของแม่น้ำน่าน

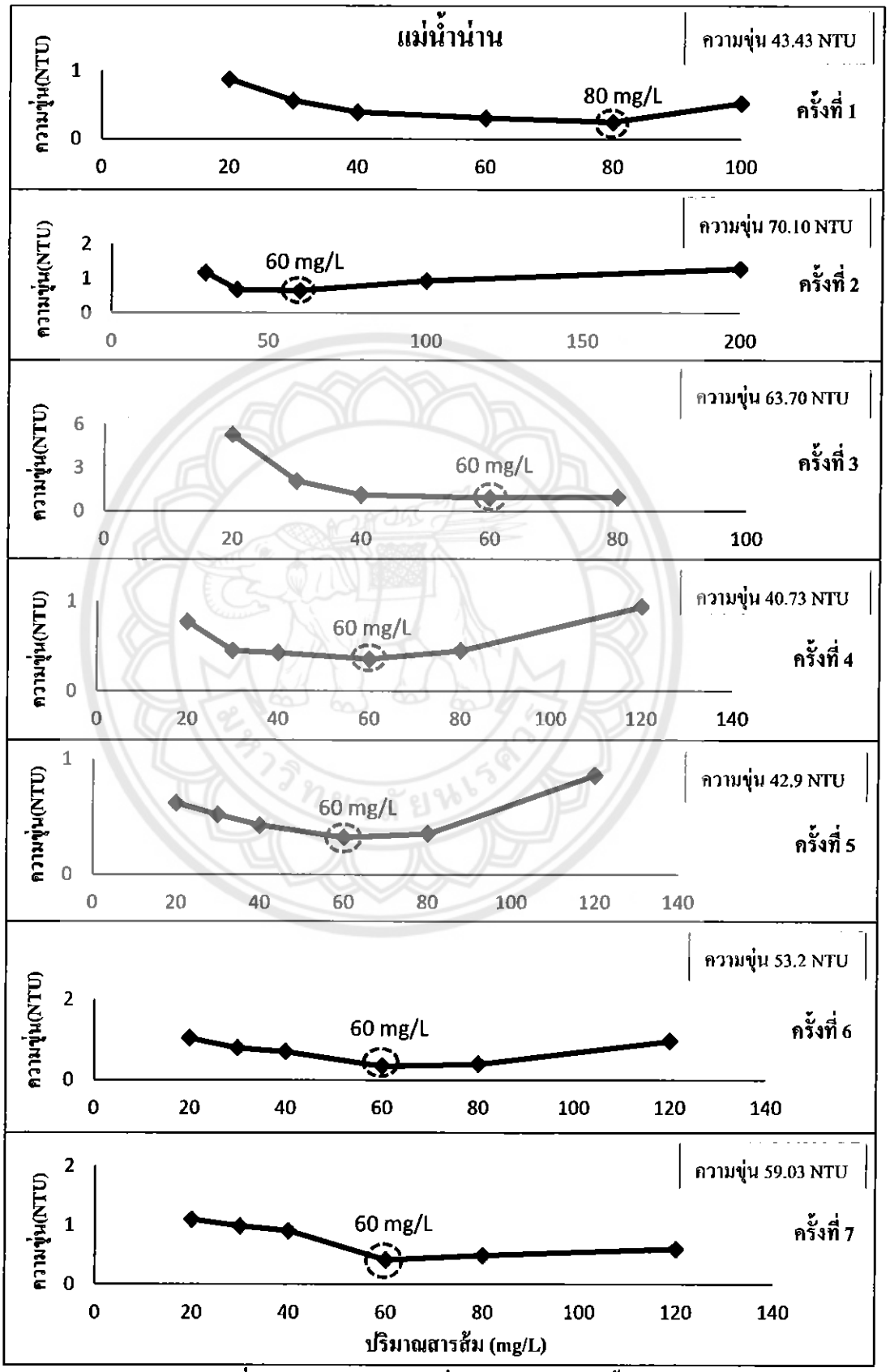
4.2.1 ปริมาณสารส้มที่ได้จากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้น



รูปที่ 4.4 ช่วงปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นของแม่น้ำน่าน

กระบวนการทำจาร์เทสต์เป็นขั้นตอนการหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินเพื่อนำไปใช้ในระบบผลิตน้ำประปา จากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นเป็นการเลือกช่วงปริมาณสารส้มของแหล่งน้ำแสดงดังรูปที่ 4.4 พบว่าแม่น้ำน่านมีปริมาณสารส้มอยู่ในช่วง 10-120 mg/L และเมื่อนำช่วงปริมาณสารส้มไปทำจาร์เทสต์ต่อในขั้นสอง จะพบปริมาณสารส้มที่เหมาะสมแสดงดังรูป 4.5 สรุปได้ดังตารางที่ 4.4 คือ ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 60-80 mg/L เฉลี่ย 62.86 mg/L เมื่อวัดพารามิเตอร์เทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พบว่าความขุ่นอยู่ในช่วง 0.24-0.90 NTU เฉลี่ย 0.46 NTU พีเอชอยู่ในช่วง 6.10-6.89 เฉลี่ย 6.66 สีอยู่ในช่วง 0-5 Pt-Co เฉลี่ย 5 Pt-Co ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 35.20-52.76 mg/L เฉลี่ย 41.69 mg/L และของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 0.10-1.50 mg/L เฉลี่ย 0.76 mg/L โดยส่วนใหญ่พารามิเตอร์ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคแสดงดังรูปที่ 4.13-4.17 ยกเว้น พีเอชครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 6.10 ปรับแก้โดยการเติมปูนขาวเพื่อเพิ่มพีเอชและความเป็นด่าง หรือใช้ปริมาณสารส้มที่ลดลงและยังคงผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคจากค่าแนะนำดังตารางที่ 4.5 คือ ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0-20 mg/L เฉลี่ย 20 mg/L เมื่อวัดพารามิเตอร์เทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พบความขุ่นอยู่ในช่วง 0.62-2.04 NTU เฉลี่ย 1.05 NTU พีเอชอยู่ในช่วง 6.53-7.33 เฉลี่ย 6.99 สีอยู่ในช่วง 5-10 Pt-Co เฉลี่ย 7.86 Pt-Co ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 49.60-57.60 mg/L เฉลี่ย 55.77 mg/L และของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 1.11-3.17 mg/L เฉลี่ย 2.12 mg/L

4.2.2 ปริมาณสารส้มที่ได้จากการทำจาร์เทสต์ขั้นสอง



รูปที่ 4.5 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของแม่น้ำน่าน

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของแม่น้ำน่าน

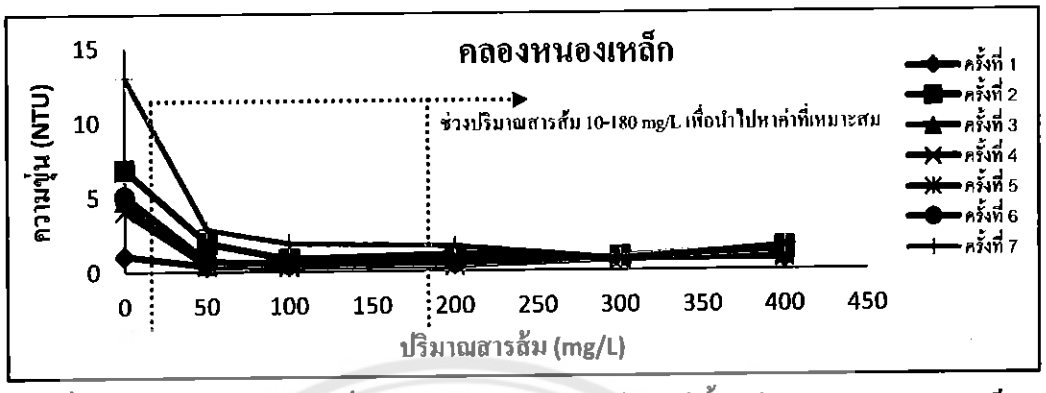
ครั้งที่	ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)	สี Pt-Co	พีเอช	ความเป็นด่าง (mg/L)
1	80	0.24	1.00	5	6.10	35.20
2	60	0.64	0.33	5	6.89	40.00
3	60	0.90	0.43	5	6.83	52.76
4	60	0.35	0.10	5	6.70	40.70
5	60	0.32	0.83	5	6.70	40.76
6	60	0.34	1.10	5	6.70	42.30
7	60	0.41	1.50	5	6.70	40.10
ค่าเฉลี่ย	62.86	0.46	0.76	5	6.66	41.69

ตารางที่ 4.5 ค่าแนะนำปริมาณสารส้มของแม่น้ำน่านที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ครั้งที่	ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)	สี Pt-Co	พีเอช	ความเป็นด่าง (mg/L)
1	20	0.87	1.33	10	6.53	56.00
2	20	0.96	1.11	10	7.11	49.60
3	20	2.04	1.58	5	7.33	54.87
4	20	0.77	2.25	5	7.00	57.47
5	20	0.62	2.83	5	6.97	57.30
6	20	1.03	3.17	10	7.00	57.57
7	20	1.09	2.58	10	6.99	57.60
ค่าเฉลี่ย	20	1.05	2.12	7.86	6.99	55.77

4.3 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของคลองหนองเหล็ก

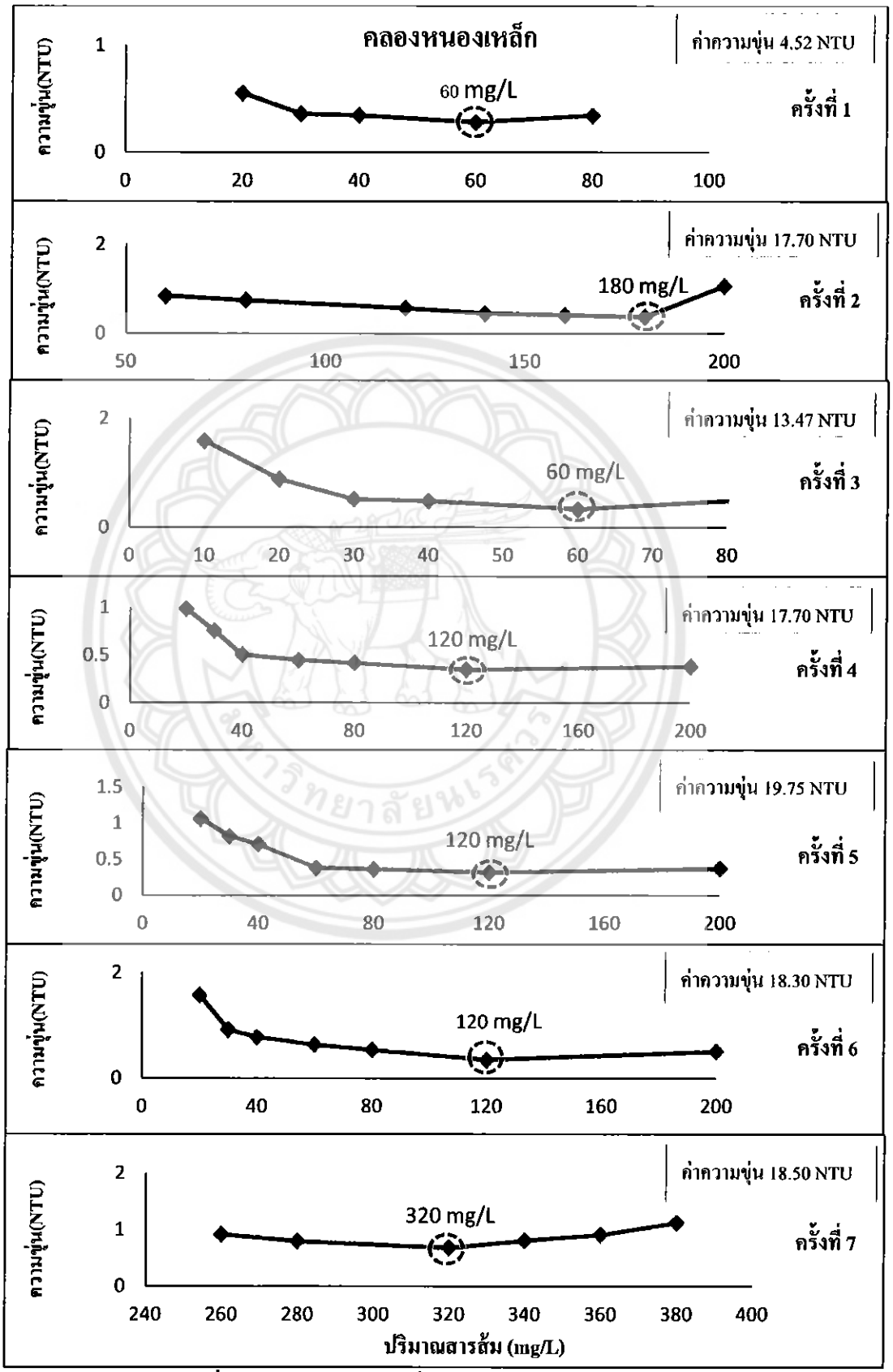
4.3.1 ปริมาณสารส้มที่ได้จากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้น



รูปที่ 4.6 ช่วงปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นของคลองหนองเหล็ก

กระบวนการทำจาร์เทสต์เป็นขั้นตอนการหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินเพื่อนำไปใช้ในระบบผลิตน้ำประปา จากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นเป็นการเลือกช่วงปริมาณสารส้มของแหล่งน้ำแสดงดังรูปที่ 4.6 พบว่าคลองหนองเหล็กมีปริมาณสารส้มอยู่ในช่วง 10-180 mg/L และเมื่อนำช่วงปริมาณสารส้มไปทำจาร์เทสต์ต่อในขั้นสอง จะพบปริมาณสารส้มที่เหมาะสมแสดงดังรูป 4.7 สรุปได้ดังตารางที่ 4.6 คือ ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 60-320 mg/L เฉลี่ย 137.14 mg/L เมื่อวัดพารามิเตอร์เทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พบว่าความขุ่นอยู่ในช่วง 0.27-0.67 NTU เฉลี่ย 0.37 NTU พีเอชอยู่ในช่วง 6.00-7.40 เฉลี่ย 6.53 สีอยู่ในช่วง 5-10 Pt-Co เฉลี่ย 6.43 Pt-Co ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 47.20-74.80 mg/L เฉลี่ย 57.20 mg/L และของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 0.21-1.67 mg/L เฉลี่ย 0.83 mg/L โดยส่วนใหญ่พารามิเตอร์ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคแสดงดังรูปที่ 4.13-4.17 ยกเว้น พีเอชครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 6.45 พีเอชครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ 6.45 และพีเอชครั้งที่ 6 มีค่าเท่ากับ 6.20 ปรับแก้โดยการเติมปูนขาวเพื่อเพิ่มพีเอชและความเป็นด่าง หรือใช้ปริมาณสารส้มที่ลดลงและยังคงผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคจากค่าแนะนำดังตารางที่ 4.7 คือ ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-260 mg/L เฉลี่ย 71.43 mg/L เมื่อวัดพารามิเตอร์เทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พบความขุ่นอยู่ในช่วง 0.54-0.98 NTU เฉลี่ย 0.79 NTU พีเอชอยู่ในช่วง 6.81-7.03 เฉลี่ย 6.88 สีอยู่ในช่วง 5-10 Pt-Co เฉลี่ย 9.29 Pt-Co ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 67.20-88.20 mg/L เฉลี่ย 75.68 mg/L และของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 0.83-2.25 mg/L เฉลี่ย 1.68 mg/L

4.3.2 ปริมาณสารส้มที่ได้จากการทำจาร์เทสต์ขั้นสอง



รูปที่ 4.7 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของคลองหนองเหล็ก

ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของคลองหนองเหล็ก

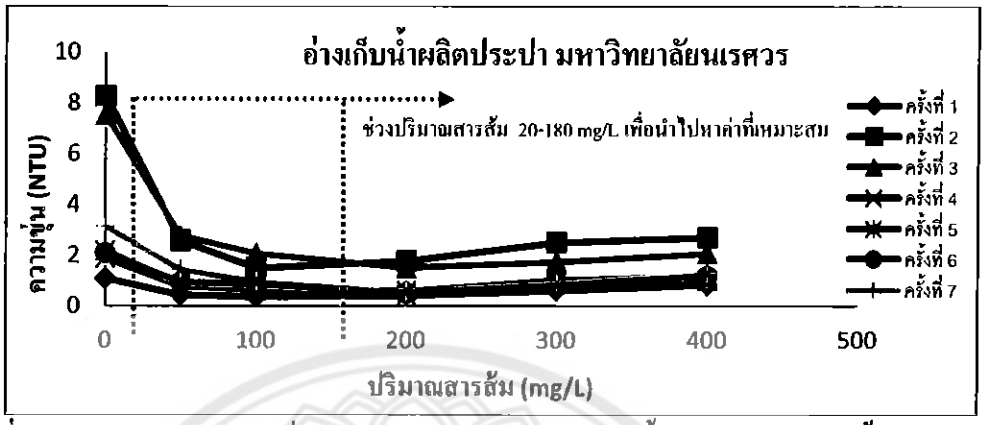
ครั้งที่	ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)	สี Pt-Co	พีเอช	ความเป็นด่าง (mg/L)
1	60	0.27	0.50	5	6.45	57.60
2	180	0.35	0.21	10	6.70	47.20
3	60	0.32	0.42	5	6.45	52.86
4	100	0.34	1.00	5	6.00	71.96
5	120	0.30	1.67	5	6.50	48.00
6	120	0.33	1.42	5	6.20	48.00
7	320	0.67	0.58	10	7.40	74.80
ค่าเฉลี่ย	137.14	0.37	0.83	6.43	6.53	57.20

ตารางที่ 4.7 ค่าแนะนำปริมาณสารส้มของคลองหนองเหล็กที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ครั้งที่	ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)	สี Pt-Co	พีเอช	ความเป็นด่าง (mg/L)
1	20	0.54	2.17	10	6.88	67.20
2	120	0.55	0.77	10	6.92	76.80
3	20	0.87	0.83	10	6.83	71.67
4	20	0.98	1.75	5	7.03	76.27
5	30	0.81	2.25	10	6.82	74.80
6	30	0.90	2.08	10	6.81	74.80
7	260	0.90	1.92	10	6.84	88.20
ค่าเฉลี่ย	71.43	0.79	1.68	9.29	6.88	75.68

4.4 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร

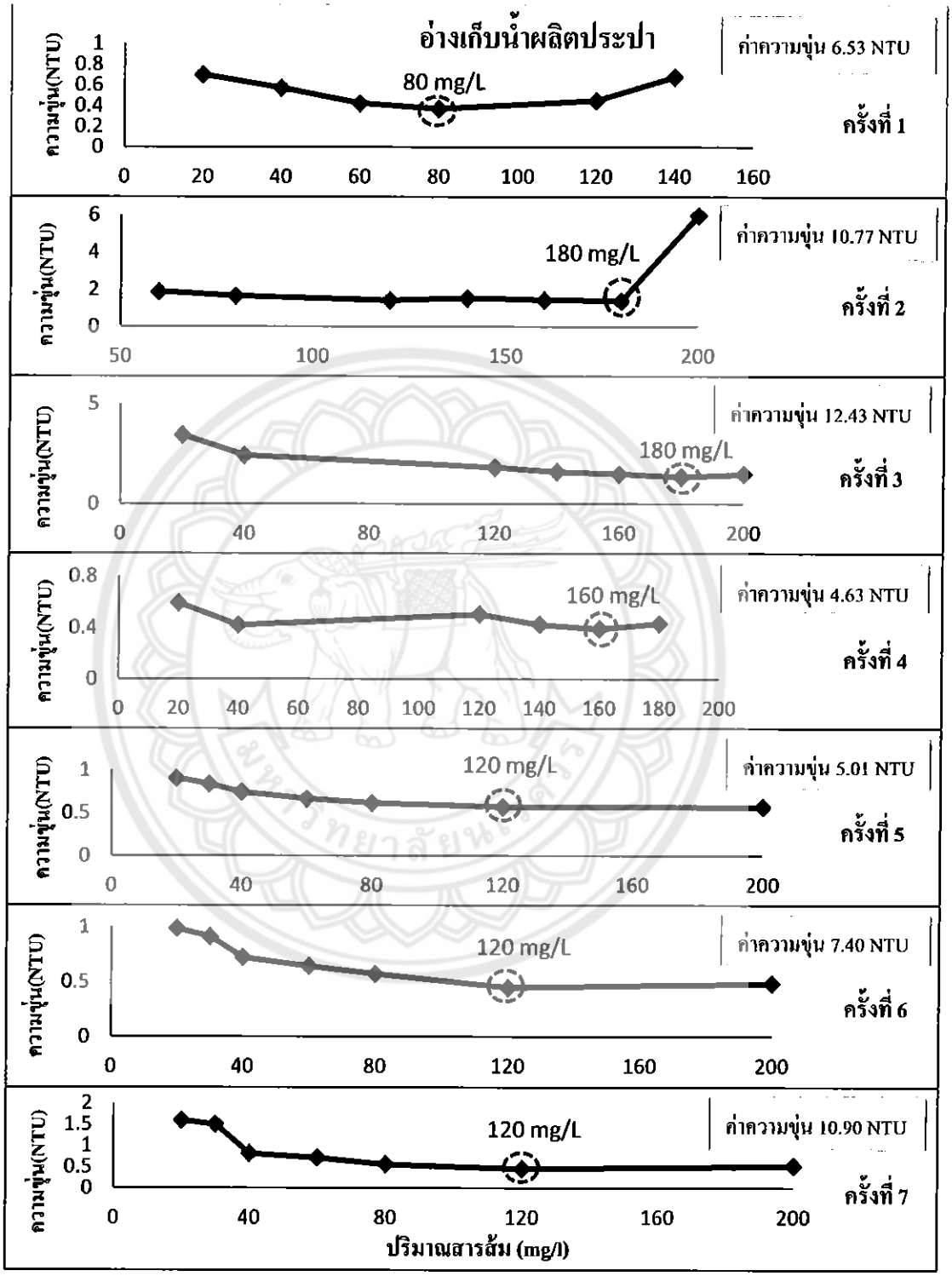
4.4.1 ปริมาณสารส้มที่ได้จากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้น



รูปที่ 4.8 ช่วงปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร

กระบวนการทำจาร์เทสต์เป็นขั้นตอนการหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินเพื่อนำไปใช้ในระบบผลิตน้ำประปา จากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นเป็นการเลือกช่วงปริมาณสารส้มของของแหล่งน้ำแสดงดังรูปที่ 4.8 พบว่าอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวรมีปริมาณสารส้มอยู่ในช่วง 20-180 mg/L และเมื่อนำช่วงปริมาณสารส้มไปทำจาร์เทสต์ต่อในขั้นสองจะพบปริมาณสารส้มที่เหมาะสมแสดงดังรูป 4.9 สรุปได้ดังตารางที่ 4.8 คือ ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 80-180 mg/L เฉลี่ย 125.71 mg/L เมื่อวัดพารามิเตอร์เทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พบว่าความขุ่นอยู่ในช่วง 0.36-1.59 NTU เฉลี่ย 0.75 NTU พีเอชอยู่ในช่วง 4.94-7.06 เฉลี่ย 6.20 สีอยู่ในช่วง 0-5 Pt-Co เฉลี่ย 5 Pt-Co ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 21.13-51.20 mg/L เฉลี่ย 29.76 mg/L และของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 0.27-1.75 mg/L เฉลี่ย 1.49 mg/L โดยส่วนใหญ่พารามิเตอร์ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคดังรูปที่ 4.13-4.17 ยกเว้น พีเอชและความเป็นด่าง โดยพีเอชครั้งที่ 6 มีค่าเท่ากับ 4.94 พีเอชครั้งที่ 7 มีค่าเท่ากับ 6.40 และความเป็นด่างส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าช่วงแนะนำ 30-500 mg/L ปรับแก้โดยการเติมปูนขาวเพื่อเพิ่มพีเอชและความเป็นด่าง หรือใช้ปริมาณสารส้มที่ลดลงและยังคงผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคจากค่าแนะนำดังตารางที่ 4.9 คือ ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-60 mg/L เฉลี่ย 34.29 mg/L เมื่อวัดพารามิเตอร์เทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พบความขุ่นอยู่ในช่วง 0.42-2.40 NTU เฉลี่ย 1.24 NTU พีเอชอยู่ในช่วง 6.60-7.66 เฉลี่ย 7.10 สีอยู่ในช่วง 5-10 Pt-Co เฉลี่ย 8.57 Pt-Co ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 60.00-69.87 mg/L เฉลี่ย 65.30 mg/L และของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 0.33-2.33 mg/L เฉลี่ย 1.51 mg/L

4.4.2 ปริมาณสารส้มที่ได้จากการทำจาร์เทสต์ขั้นสอง



รูปที่ 4.9 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 4.8 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร

ครั้งที่	ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)	สี Pt-Co	พีเอช	ความเป็นด่าง (mg/L)
1	80	0.36	0.27	5	6.50	51.20
2	180	1.34	0.89	5	5.70	24.00
3	140	1.59	1.75	5	7.06	36.56
4	160	0.39	3.75	5	6.50	26.43
5	120	0.56	1.50	5	6.30	21.13
6	120	0.44	1.75	5	4.94	22.60
7	80	0.55	0.50	5	6.40	26.40
ค่าเฉลี่ย	125.71	0.75	1.49	5	6.20	29.76

ตารางที่ 4.9 ค่าแนะนำปริมาณสารส้มของอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัย**นเรศวรที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน**

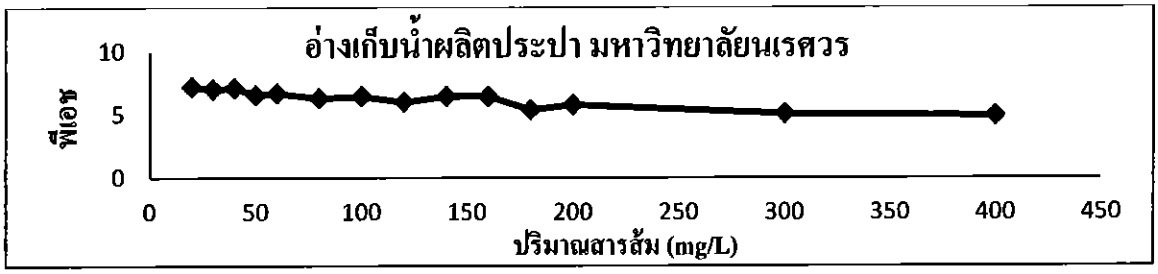
ครั้งที่	ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)	สี Pt-Co	พีเอช	ความเป็นด่าง (mg/L)
1	40	0.57	0.33	10	7.29	63.50
2	60	1.84	1.32	10	6.60	60.00
3	40	2.40	2.08	10	7.66	64.87
4	40	0.42	0.75	5	7.00	60.03
5	20	0.90	1.50	10	7.04	69.47
6	20	0.98	2.33	10	7.04	69.87
7	20	1.58	2.25	5	7.04	69.37
ค่าเฉลี่ย	34.29	1.24	1.51	8.57	7.10	65.30

4.5 ผลของปริมาณสารส้มต่อพีเอช

สารส้มเป็นสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชันของระบบผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำผิวดิน หากเพิ่มปริมาณสารส้มส่งผลให้พีเอชน้ำลดลงแสดงดังรูปที่ 4.10-4.12 เนื่องจากสารส้มจะทำปฏิกิริยากับความเป็นด่างในน้ำ เกิดการแตกตัวของโลหะอิออนและทำปฏิกิริยากับ OH^- ในน้ำเกิดเป็นคอลลอยด์ของโลหะไฮดรอกไซด์ที่มีประจะบวก สารประกอบนี้สามารถจับตัวกับอนุภาคความขุ่นที่มีประจุลบทำให้ความขุ่นเป็นกลาง หรือเป็นการทำลายเสถียรภาพของความขุ่น หากปริมาณความเป็นด่างไม่เพียงพออาจทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการพัฒนาของฟล็อค หากพีเอชน้ำที่ผ่านการกวนเร็วแล้วไม่อยู่ในช่วงที่ทำให้โลหะไฮดรอกไซด์มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยที่สุด จำเป็นต้องเพิ่มพีเอชหรือความเป็นด่างให้แก่น้ำโดยการเติมปูนขาว เพื่อให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมแก่การเกิดฟล็อค จากการศึกษาพบว่าแม่น้ำน่านพีเอชอยู่ในช่วง 4.35-6.99 คลองหนองเหล็กพีเอชอยู่ในช่วง 5.18-6.94 และอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวรพีเอชอยู่ในช่วง 4.90-7.18

รูปที่ 4.10 ผลของปริมาณสารส้มต่อพีเอชน้ำแม่น้ำน่าน

รูปที่ 4.11 ผลของปริมาณสารส้มต่อพีเอชน้ำคลองหนองเหล็ก

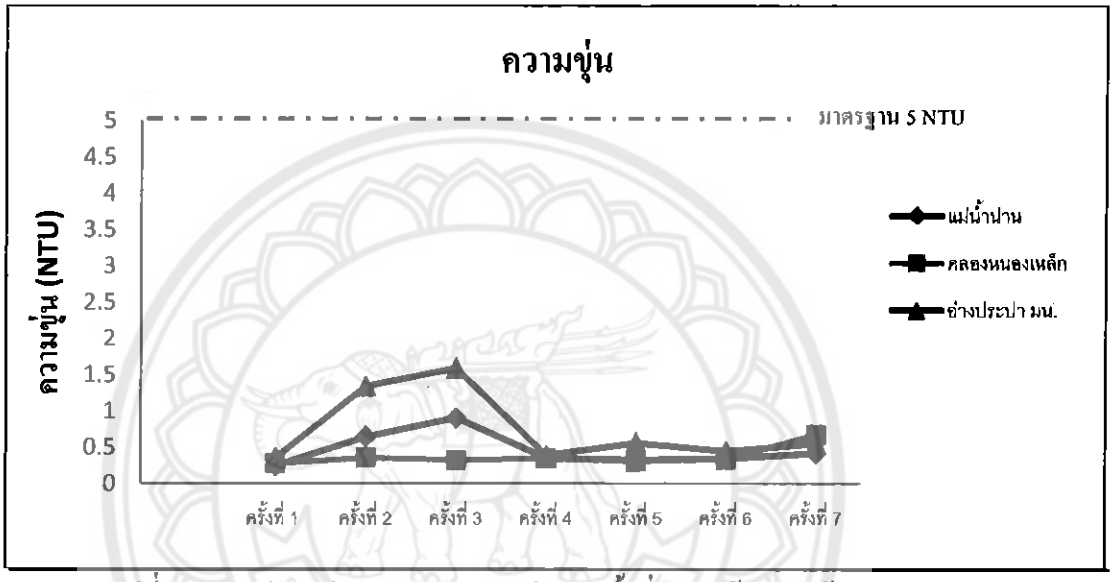


รูปที่ 4.12 ผลของปริมาณสารส้มต่อพีเอชน้ำอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร

4.6 คุณภาพน้ำเทียบกับมาตรฐาน

4.6.1 ความขุ่น

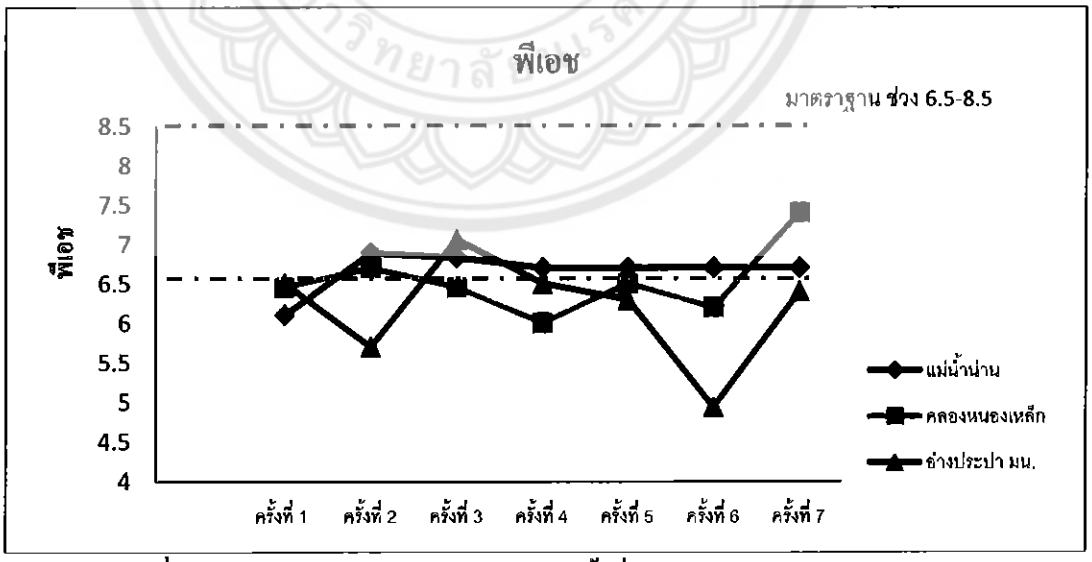
กระบวนการทำจาร์เทสต์เพื่อใช้ในระบบผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินทั้ง 3 แหล่งน้ำ คือ แหล่งน้ำไหล 2 แหล่ง ได้แก่ แม่น้ำน่าน และคลองหนองเหล็ก และอีกหนึ่งแหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าความขุ่นผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค คือ 5 NTU แสดงดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบคุณภาพความขุ่นของน้ำที่บำบัดด้วยสารส้มกับมาตรฐาน

4.6.2 พีเอช

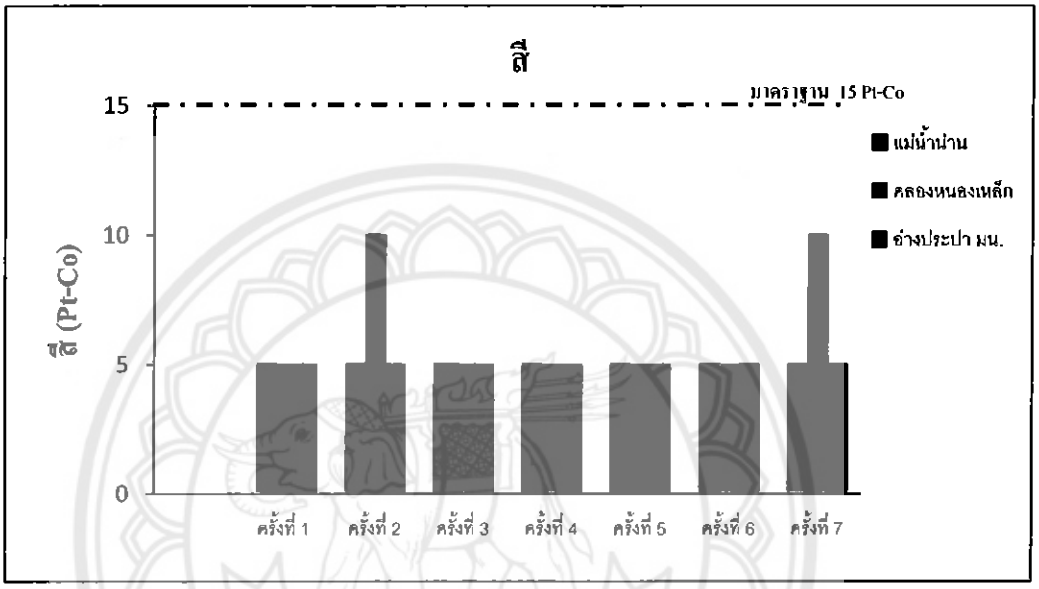
กระบวนการทำจาร์เทสต์เพื่อใช้ในระบบผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินทั้ง 3 แหล่งน้ำ คือ แหล่งน้ำไหล 2 แหล่ง ได้แก่ แม่น้ำน่าน และคลองหนองเหล็ก และอีกหนึ่งแหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร หากพิจารณาพีเอชให้ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคจะต้องอยู่ในช่วง 6.5-8.5 จากการศึกษาพบว่าแม่น้ำน่านพีเอชครั้งที่ 1 ไม่ผ่านมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 6.10 แสดงดังรูปที่ 4.14 ปรับแก้โดยการเติมปูนขาวเพื่อเพิ่มพีเอชและความเป็นด่าง หรือใช้ปริมาณสารส้มที่ลดลงและยังคงผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค อาจใช้ค่าแนะนำดังตารางที่ 4.5 คลองหนองเหล็ก พีเอชครั้งที่ 1 ไม่ผ่านมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 6.45 พีเอชครั้งที่ 3 ไม่ผ่านมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 6.45 และพีเอชครั้งที่ 6 ไม่ผ่านมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 6.20 ปรับแก้โดยการเติมปูนขาวเพื่อเพิ่มพีเอชและความเป็นด่าง หรือใช้ปริมาณสารส้มที่ลดลงและยังคงผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค อาจใช้ค่าแนะนำดังตารางที่ 4.7 ส่วนอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร พีเอชครั้งที่ 6 ไม่ผ่านมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 4.94 พีเอชครั้งที่ 7 ไม่ผ่านมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 6.40 ปรับแก้โดยการเติมปูนขาวเพื่อเพิ่มพีเอชและความเป็นด่าง หรือใช้ปริมาณสารส้มที่ลดลงและยังคงผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค อาจใช้ค่าแนะนำดังตารางที่ 4.9



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบคุณภาพพีเอชของน้ำที่บำบัดด้วยสารส้มกับมาตรฐาน

4.6.3 สี

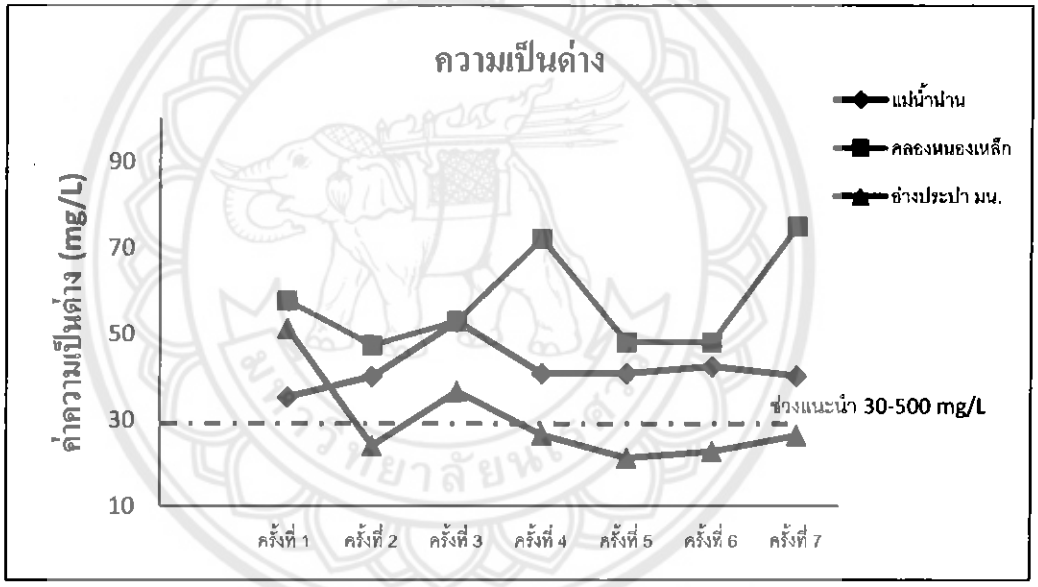
กระบวนการทำจาร์เทสต์เพื่อใช้ในระบบผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินทั้ง 3 แหล่งน้ำ คือ แหล่งน้ำไหล 2 แหล่ง ได้แก่ แม่น้ำน่าน และคลองหนองเหล็ก และอีกหนึ่งแหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าสีผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค คือ 15 Pt-Co แสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบคุณภาพมาตรฐานสีของน้ำที่บำบัดด้วยสารส้มกับมาตรฐาน

4.6.4 ความเป็นด่าง

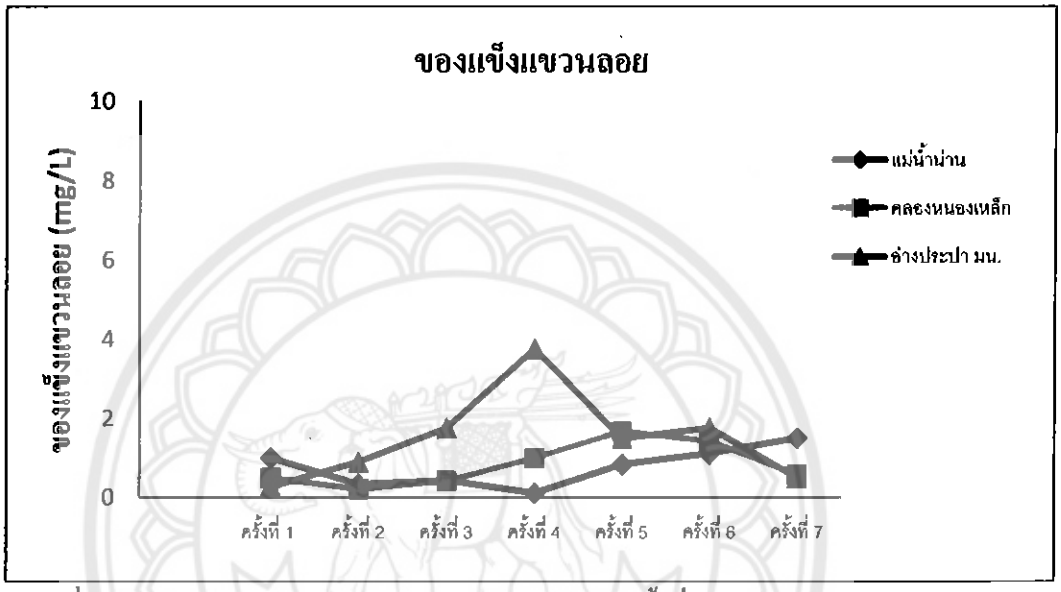
กระบวนการทำจาร์เทสต์เพื่อใช้ในระบบผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินทั้ง 3 แหล่งน้ำ คือ แหล่งน้ำไหล 2 แหล่ง ได้แก่ แม่น้ำน่าน และคลองหนองเหล็ก และอีกหนึ่งแหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร จากการศึกษาพบว่าความเป็นด่างผ่านช่วงแนะนำของมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค คือ 30-500 mg/L ยกเว้น อ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 24.00 mg/L ครั้งที่ 4 มีค่าเท่ากับ 26.43 mg/L ครั้งที่ 5 มีค่าเท่ากับ 21.13 mg/L ครั้งที่ 6 มีค่าเท่ากับ 22.60 mg/L และครั้งที่ 7 มีค่าเท่ากับ 29.76 mg/L แสดงดังรูปที่ 4.16 ปรับแก้โดยการเติมปูนขาวเพื่อเพิ่มพีเอชและความเป็นด่าง หรือใช้ปริมาณสารส้มที่ลดลงและยังคงผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค อาจใช้ค่าแนะนำดังตารางที่ 4.9



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบคุณภาพความเป็นด่างของน้ำที่บำบัดด้วยสารส้มกับมาตรฐาน

4.6.5 ของแข็งแขวนลอย

กระบวนการทำจาร์เทสต์เพื่อใช้ในระบบผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินทั้ง 3 แหล่งน้ำ คือ แหล่งน้ำไหล 2 แหล่ง ได้แก่ แม่น้ำน่าน และคลองหนองเหล็ก และอีกหนึ่งแหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร จากการศึกษาพบว่าของแข็งแขวนลอยผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคแสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบคุณภาพของแข็งแขวนลอยของน้ำที่บำบัดด้วยสารส้มกับมาตรฐาน

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของกระบวนการทำจาร์เทสต์เพื่อใช้ในระบบผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินทั้ง 3 แหล่งน้ำ ได้แก่ แม่น้ำน่าน คลองหนองเหล็ก และอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร หากพิจารณาเฉพาะความขุ่น พบว่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสมสรุปได้ดังหัวข้อที่ 5.1.1. ทั้งนี้ยังมีค่าพารามิเตอร์ของบางแหล่งน้ำที่ยังไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค คือ พีเอช และความเป็นด่าง สามารถปรับแก้โดยการเติมปูนขาวเพื่อเพิ่มพีเอชและความเป็นด่าง แต่หากลดปริมาณสารส้ม และพารามิเตอร์ยังคงผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค สรุปได้ดังหัวข้อ 5.1.2

5.1.1 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม หากพิจารณาเฉพาะความขุ่น

- แม่น้ำน่าน ที่ช่วงความขุ่น 40.73-70.10 NTU ใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 60-80 mg/L
- คลองหนองเหล็ก ที่ช่วงความขุ่น 4.52-19.57 NTU ใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 60-320 mg/L
- อ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วงความขุ่น 4.64-12.77 NTU ใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 80-180 mg/L

5.1.2 ค่าแนะนำปริมาณสารส้มที่เหมาะสม และพารามิเตอร์ยังคงผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาส่วนภูมิภาค

- แม่น้ำน่าน ที่ช่วงความขุ่น 40.73-70.10 NTU ใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 0-20 mg/L
- คลองหนองเหล็ก ที่ช่วงความขุ่น 4.52-19.57 NTU ใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 20-260 mg/L
- อ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วงความขุ่น 4.64-12.77 NTU ใช้ปริมาณสารส้มในช่วง 20-60 mg/L

5.2 ข้อเสนอแนะ

กระบวนการทำจาร์เทสต์เพื่อใช้ในระบบผลิตประปาจากแหล่งน้ำผิวดินทั้ง 3 แหล่งนี้เป็นการหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากคุณภาพน้ำ หากจะนำข้อมูลไปใช้ในระบบผลิตน้ำประปาจริง ควรคำนึงถึงปริมาณน้ำด้วย

เอกสารอ้างอิง

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538. วิศวกรรมประปา เล่ม 1. (พิมพ์ครั้งที่ 1). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538. วิศวกรรมประปา เล่ม 2. (พิมพ์ครั้งที่ 1). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง. 2554. วิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2549. เกณฑ์ออกแบบถังกวนเร็ว และถังกวนช้า

Amirtharjah และ Mill. 1982. กลไกในการสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม

มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2555, จาก

http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html

วัฏจักรของน้ำ. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2555,จาก

http://school.obec.go.th/msp/weather3.htm

มาตรฐานคุณภาพน้ำประปานครหลวง. มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาส่วนภูมิภาค. มาตรฐานคุณภาพ

น้ำประปากรมอนามัย. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2554, จาก http://www.oraclechem.com,

http://www.pwa.co.th/general/qcpwa.html, http://rldc.anamai.moph.go.th/index.php

กรรมวิธีการผลิตน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2555, จาก

http://www.mwa.co.th/download/business/msplant_th.pdf

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการทดลอง

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำแม่น้ำน่านครั้งที่ 1

ตารางที่ ก.1 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากแม่น้ำน่านวันที่ 3 พฤศจิกายน 2554

ความขุ่น	= 43.43 NTU
pH	= 6.56
มาตรฐานสี	= 30 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 67.16 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 9.5 mg/L

ตารางที่ ก.2 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 3 พฤศจิกายน 2554 **(เบื้องต้น)**

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	9.13	6.67	20	66.33	6
50	0.31	6.22	10	48.23	1
100	0.52	6.13	10	31.73	0.5
200	0.54	5.84	5	12.06	0
300	0.68	5.23	5	10	1
400	2.04	4.82	10	7.2	5.5

ตารางที่ ก.3 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 3 พฤศจิกายน 2554 **(ขั้นสอง)**

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	0.87	6.53	10	56	1.3
30	0.55	6.44	5	48.8	0.83
40	0.38	6.37	5	47.2	0.5
60	0.3	6.22	5	42.4	0.5
80	0.24	6.09	5	35.2	1

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำแม่น้ำน่านครั้งที่ 2

ตารางที่ ก.4 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากแม่น้ำน่านวันที่ 15 พฤศจิกายน 2554

ความขุ่น	= 70.1 NTU
pH	= 6.75
มาตรฐานสี	= 40 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 94.5 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 40 mg/L

ตารางที่ ก.5 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 15 พฤศจิกายน 2554 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	33.3	7.20	20	93.6	36
50	1.32	6.57	10	48	0
100	0.92	6.13	5	31.56	1
200	1.27	4.91	5	9.66	0.33
300	1.25	4.36	5	7.33	1
400	1.76	3.96	10	4.73	0

ตารางที่ ก.6 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 15 พฤศจิกายน 2554 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
10	22.13	7.663333	20	62.4	13.77667
20	0.956	7.11	10	49.6	1.11
30	1.16	7.13	10	48	0.446667
40	0.66	7.03	10	46.4	0.33
60	0.636	6.89	5	40	0.33

การทดสอบการใช้สาร โคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำแม่น้ำน่านครั้งที่ 3

ตารางที่ ก.7 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากแม่น้ำน่านวันที่ 4 ธันวาคม 2554

ความขุ่น	= 63.7 NTU
pH	= 7.41
มาตรฐานสี	= 20 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 72 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 58 mg/L

ตารางที่ ก.8 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 4 ธันวาคม 2554 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	18.33	6.66	10	69.86	14.5
50	0.83	6.4	5	60	1.25
100	0.48	5.88	5	45.56	0.25
200	0.6	4.66	5	14.7	0.25
300	0.65	4.24	5	9.6	1.75
400	0.84	4.02	5	7.26	1.25

ตารางที่ ก.9 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 4 ธันวาคม 2554 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
10	5.26	7.17	10	62.46	6.83
20	2.04	7.33	5	54.86	1.58
30	1.08	7.06	5	52.5	0.91
40	0.9	6.83	5	52.76	0.41
60	0.94	6.53	5	45.6	0.33

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำแม่น้ำน่านครั้งที่ 4

ตารางที่ ก.10 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากแม่น้ำน่านวันที่ 15 ธันวาคม 2554

ความขุ่น	= 40.73 NTU
pH	= 6.6
มาตรฐานสี	= 30 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 72.1 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 38 mg/L

ตารางที่ ก.11 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 15 ธันวาคม 2554 **(เบื้องต้น)**

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	15.57	6.5	10	71.93	9
50	0.55	6.23	5	60	0.5
100	0.47	5.80	5	35.66	0.75
200	1.04	5.05	5	12.33	3.75
300	1.34	4.93	5	16.66	3
400	2.04	4.46	5	12.66	3.75

ตารางที่ ก.12 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 15 ธันวาคม 2554 **(ขั้นสอง)**

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	0.77	7	5	57.46	2.25
30	0.44	7.01	5	55.16	1.41
40	0.42	7.02	5	50.4	0.58
60	0.35	6.76	5	40.7	0.08
80	0.44	6.79	5	38.4	1.25
120	0.93	6.36	5	28.76	1.5

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำแม่น้ำน่านครั้งที่ 5

ตารางที่ ก.13 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากแม่น้ำน่านวันที่ 2 มกราคม 2555

ความขุ่น	= 42.9 NTU
pH	= 6.66
มาตรฐานสี	= 30 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 70.33 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 33 mg/L

ตารางที่ ก.14 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 2 มกราคม 2555 **(เบื้องต้น)**

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	12.83	6.5	10	70.33	7
50	0.49	6.23	5	60.13	0.75
100	0.36	5.78	5	38	0.75
200	1.21	5.07	5	17.66	3
300	1.29	4.93	5	12	3.75
400	2.48	4.46	5	12.1	3

ตารางที่ ก.15 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 2 มกราคม 2555 **(ขั้นสอง)**

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	0.61	6.96	5	57.3	2.83
30	0.51	7.02	5	55.43	1.25
40	0.42	6.87	5	50.46	0.5
60	0.32	6.71	5	40.76	0.83
80	0.35	6.63	5	34.4	1.75
120	0.85	6.21	5	28.76	1.66

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำแม่น้ำน่านครั้งที่ 6

ตารางที่ ก.16 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากแม่น้ำน่านวันที่ 17 มกราคม 2555

ความขุ่น	= 53.2 NTU
pH	= 6.67
มาตรฐานสี	= 30 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 69.4 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 41.5 mg/L

ตารางที่ ก.17 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 17 มกราคม 2555 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	16.4	6.46	10	69.4	11
50	0.65	6.26	10	60.13	2
100	0.42	5.73	5	36	0.75
200	1.38	5.06	5	16	4
300	1.5	4.91	5	14.23	3.75
400	2.56	4.46	5	12.66	3

ตารางที่ ก.18 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 17 มกราคม 2555 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	1.03	7	10	57.56	3.16
30	0.78	7.03	10	56.03	1.91
40	0.69	6.87	5	50.43	1
60	0.34	6.7	5	42.33	1.08
80	0.39	6.61	5	38.46	2.41
120	0.96	6.23	5	28.73	3.08

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำแม่น้ำน่านครั้งที่ 7

ตารางที่ ก.19 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากแม่น้ำน่านวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2555

ความขุ่น	= 59.03 NTU
pH	= 6.6
มาตรฐานสี	= 30 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 69.8 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 28 mg/L

ตารางที่ ก.20 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2555 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	16.53	6.56	10	69.6	8.5
50	0.85	6.23	10	60	2.75
100	0.55	5.8	5	36	0.5
200	0.72	5.06	5	15.83	3.75
300	1.19	4.93	5	14.06	4
400	3.74	4.27	5	12.56	3.5

ตารางที่ ก.21 การทดลองจาร์เทสต์แม่น้ำน่านด้วยสารส้ม วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2555 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	1.09	6.99	10	57.6	2.58
30	0.97	6.95	10	55.43	1.25
40	0.89	6.84	10	50.26	1
60	0.40	6.7	5	40.1	1.5
80	0.48	6.79	5	34.36	1.75
120	0.59	6.63	5	24.7	2

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำคลองหนองเหล็กครั้งที่ I

ตารางที่ ก.22 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากคลองหนองเหล็กวันที่ 3 พฤศจิกายน 2554

ความขุ่น	= 4.52 NTU
pH	= 6.55
มาตรฐานสี	= 40 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 81.56 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 9.5 mg/L

ตารางที่ ก.23 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 3 พฤศจิกายน 2554 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	1.04	6.76	20	79.56	1.5
50	0.34	6.85	10	60.26	0.5
100	0.37	6.66	5	44.16	0.5
200	0.48	6.04	5	16.66	0
300	0.73	4.70	5	4.83	2
400	0.74	4.46	10	7.4	1.5

ตารางที่ ก.24 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 3 พฤศจิกายน 2554 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	0.54	6.88	10	67.2	2.16
30	0.35	6.84	10	65.6	0.33
40	0.34	6.58	5	62.4	0.5
60	0.27	6.45	5	57.6	0.5
80	0.33	6.21	5	48.8	0.66

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำคลองหนองเหล็กครั้งที่ 2

ตารางที่ ก.25 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากคลองหนองเหล็ก วันที่ 15 พฤศจิกายน 2554

ความขุ่น	= 13.23 NTU
pH	= 8.2
มาตรฐานสี	= 40 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 117.73 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 9 mg/L

ตารางที่ ก.26 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 15 พฤศจิกายน 2554 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	6.83	8.13	40	110.63	4.67
50	1.88	7.46	30	93.53	0
100	0.78	7.33	20	79.5	3
200	1.04	7.02	10	50.4	1.67
300	0.85	6.55	5	28.6	0
400	1.48	5.32	10	7.2	0

ตารางที่ ก.27 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 15 พฤศจิกายน 2554 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
60	0.82	7.08	25	95.2	0.78
80	0.72	7.02	25	85.6	0
120	0.54	6.92	10	76.8	0.76
140	0.42	6.88	10	68	0.66
160	0.38	6.80	10	64.9	0.11
180	0.35	6.70	10	47.2	1.21

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำคลองหนองเหล็กครั้งที่ 3

ตารางที่ ก.28 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากคลองหนองเหล็กวันที่ 4 ธันวาคม 2554

ความขุ่น	= 13.47 NTU
pH	= 7.34
มาตรฐานสี	= 20 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 84.33 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 10 mg/L

ตารางที่ ก.29 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 4 ธันวาคม 2554 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	4.74	7.25	20	84	4
50	0.44	6.85	10	62.63	0
100	0.62	6.62	10	47.86	3.25
200	0.75	5.94	10	26.63	0.5
300	0.85	4.90	5	9.6	1.5
400	1.45	4.63	5	7.33	3

ตารางที่ ก.30 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 4 ธันวาคม 2554 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
10	1.57	6.93	20	74.6	2
20	0.87	6.83	10	71.66	0.83
30	0.5	6.71	5	66.56	0.5
40	0.46	6.61	5	64.83	0.25
60	0.31	6.45	5	52.86	0.41

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำคลองหนองเหล็กครั้งที่ 4

ตารางที่ ก.31 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากคลองหนองเหล็กวันที่ 15 ธันวาคม 2554

ความขุ่น	= 17.7 NTU
pH	= 6.53
มาตรฐานสี	= 25 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 88.8 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 17 mg/L

ตารางที่ ก.32 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 15 ธันวาคม2554 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	4.07	7.25	20	88.9	4
50	0.41	6.85	10	72	0
100	0.34	6.62	10	71.96	1
200	0.37	5.94	5	55.3	0.5
300	0.75	4.90	5	28.83	1.5
400	0.84	4.63	5	14.46	2.25

ตารางที่ ก.33 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 15 ธันวาคม 2554 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	0.97	7.03	5	76.26	1.75
30	0.75	6.76	5	74.63	1.91
40	0.49	6.73	5	64.93	0.75
60	0.44	6.8	5	62.36	0.5
80	0.41	6.53	5	52.66	1.08
120	0.34	6.45	5	48.33	1.16

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำคลองหนองเหล็กครั้งที่ 5

ตารางที่ ก.34 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากคลองหนองเหล็กวันที่ 2 มกราคม 2555

ความขุ่น	= 19.56 NTU
pH	= 6.8
มาตรฐานสี	= 40 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 80 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 14.5 mg/L

ตารางที่ ก.35 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 2 มกราคม 2555 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	4.77	6.54	20	80.33	0.75
50	0.4	5.34	10	72.16	0.5
100	0.32	6.01	10	72.33	0
200	0.36	5.5	5	55.23	1.5
300	0.72	4.7	5	28.6	2
400	0.97	5.7	5	14.26	10

ตารางที่ ก.36 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 2 มกราคม 2555 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	1.05	7	10	76.4	1.5
30	0.80	6.82	10	74.8	2.25
40	0.69	6.74	5	66.33	1.08
60	0.37	6.66	5	62.73	0.66
80	0.34	6.53	5	52.8	1
120	0.30	6.5	5	48	1.66

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำคลองหนองเหล็กครั้งที่ 6

ตารางที่ ก.37 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากคลองหนองเหล็กวันที่ 17 มกราคม 2555

ความขุ่น	= 18.3 NTU
pH	= 6.7
มาตรฐานสี	= 30 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 84 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 17.5 mg/L

ตารางที่ ก.38 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 17 มกราคม 2555 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	5.03	6.54	20	84	6
50	0.67	6.35	10	72	0.75
100	0.44	6.01	10	66.13	2
200	0.49	5.07	5	55.2	4
300	0.85	4.94	5	28.66	3.5
400	1.24	4.43	5	14.43	3.5

ตารางที่ ก.39 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 17 มกราคม 2555 **(ขั้นสอง)**

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	1.55	6.96	10	76.73	1.83
30	0.90	6.81	10	74.8	2.08
40	0.763	6.73	5	66.36	1.08
60	0.62	6.66	5	62.7	0.58
80	0.52	6.60	5	54.36	1.08
120	0.33	6.24	5	48	1.41

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำคลองหนองเหล็กครั้งที่ 7

ตารางที่ ก.40 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากคลองหนองเหล็กวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2555

ความขุ่น	= 17.5 NTU
pH	= 7.82
มาตรฐานสี	= 30 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 142.33 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 20.5 mg/L

ตารางที่ ก.41 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2555 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	13	7.80	30	143	26
50	2.82	7.81	25	101.66	6
100	1.85	7.57	20	88.76	2
200	1.64	7.13	10	72.63	1
300	0.75	6.75	10	68.46	0
400	1.57	6.04	10	26.56	1.5

ตารางที่ ก.42 การทดลองจาร์เทสต์คลองหนองเหล็กด้วยสารส้ม วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2555 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
260	0.90	6.84	10	88.2	1.91
280	0.78	6.76	10	86.33	1.58
320	0.67	7.41	10	74.80	0.58
340	0.79	6.69	10	61.76	0.58
360	0.9	6.54	10	57.83	1.33
380	1.11	6.21	10	41.96	2.08

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 1

ตารางที่ ก.43 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร วันที่ 3 พฤศจิกายน 2554

ความขุ่น	= 6.53 NTU
pH	= 7.2
มาตรฐานสี	= 20 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 69.6 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 8.5 mg/L

ตารางที่ ก.44 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 3 พฤศจิกายน 2554 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	1.06	7.04	10	76.66	1
50	0.4	6.65	10	61.40	1.5
100	0.34	6.61	5	45.40	1
200	0.37	6.52	5	16.73	1
300	0.59	5.53	10	9.53	0.5
400	0.8	5.22	10	9.60	0.5

ตารางที่ ก.45 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 3 พฤศจิกายน 2554 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	0.69	7.12	20	70.4	0.8
40	0.56	7.29	10	63.5	0.33
60	0.42	6.60	10	55.2	0.6
80	0.36	6.53	5	51.2	0.26
120	0.44	6.11	5	36	0.83
140	0.67	5.97	5	30.53	1.20

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 2

ตารางที่ ก.46 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร วันที่ 15 พฤศจิกายน 2554

ความขุ่น	= 10.77 NTU
pH	= 7.6
มาตรฐานสี	= 20 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 84.1 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 7.67 mg/L

ตารางที่ ก.47 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 15 พฤศจิกายน 2554 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	8.24	6.60	10	81.3	3.67
50	2.53	6.35	10	60.3	0.67
100	1.45	6.18	5	45.53	0
200	1.73	5.94	5	18.96	2.67
300	2.46	5.82	5	7.60	6.33
400	2.66	5.72	10	4.70	2.33

ตารางที่ ก.48 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 15 พฤศจิกายน 2554 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
60	1.32	6.60	10	60	1.32
80	0.88	6.35	10	56	0.88
120	0.77	6.18	5	39.2	0.77
140	3.22	5.94	5	36	3.22
160	2.00	5.82	5	32	2.00
180	0.89	5.72	5	24	0.89

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 3

ตารางที่ ก.49 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร วันที่ 4 ธันวาคม 2554

ความขุ่น	= 12.43 NTU
pH	= 8.48
มาตรฐานสี	= 20 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 84 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 10.5 mg/L

ตารางที่ ก.50 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 4 ธันวาคม 2554 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	7.49	7.7	10	88.73	8
50	2.72	7.28	10	63.16	3
100	2.03	6.85	10	48.30	1.75
200	1.46	6.23	5	19.33	1.75
300	1.7	5.07	5	7.36	3.5
400	2.03	4.76	5	7.33	2.5

ตารางที่ ก.51 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 4 ธันวาคม 2554 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	3.42	7.77	10	72.66	2.08
40	2.40	7.66	10	64.86	2.08
120	1.81	7.37	5	52.90	1.50
140	1.59	7.06	5	36.56	1.75
160	1.47	6.81	5	28.66	1.50
180	1.31	6.70	5	24.33	1.75

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 4

ตารางที่ ก.52 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร วันที่ 15 ธันวาคม 2554

ความขุ่น	= 4.63 NTU
pH	= 6.7
มาตรฐานสี	= 25 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 84 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 5 mg/L

ตารางที่ ก.53 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 15 ธันวาคม 2554 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	1.86	6.66	10	84.00	0.75
50	0.77	6.33	10	62.36	0
100	0.63	6.29	5	50.33	0
200	0.38	5.35	5	21.46	1.50
300	0.91	4.74	5	12.00	3.00
400	0.96	4.7	5	12.06	17

ตารางที่ ก.54 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 15 ธันวาคม 2554 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	0.58	7.05	5	69.36	7
40	0.41	7.00	5	60.03	0.75
120	0.50	6.79	5	38.23	0.75
140	0.42	6.69	5	33.60	3.00
160	0.38	6.54	5	26.43	3.75
180	0.42	3.62	5	21.43	3.00

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 5

ตารางที่ ก.55 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร วันที่ 2 มกราคม 2555

ความขุ่น	= 5.01 NTU
pH	= 6.7
มาตรฐานสี	= 25 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 74 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 4 mg/L

ตารางที่ ก.56 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 2 มกราคม 2555 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	2.15	6.67	10	74.00	3.5
50	0.82	6.33	10	62.33	0.5
100	0.74	6.29	5	52.66	1.5
200	0.56	5.37	5	22.00	0.5
300	0.98	4.73	5	14.33	2.0
400	1.03	4.62	5	12.00	3.0

ตารางที่ ก.57 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 2 มกราคม 2555 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	0.89	7.03	10	69.46	1.50
30	0.83	7.00	5	60.4	1.25
40	0.73	6.81	5	36.4	1.75
60	0.66	6.72	5	33.36	0.91
80	0.60	6.47	5	26.20	0.33
120	0.56	6.26	5	21.13	1.50

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 6

ตารางที่ ก.58 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร วันที่ 17 มกราคม 2555

ความขุ่น	= 7.43 NTU
pH	= 6.66
มาตรฐานสี	= 30 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 76.7 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 4.5 mg/L

ตารางที่ ก.59 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 17 มกราคม 2555 (เบื้องต้น)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	2.04	6.67	10	76.00	3.0
50	0.88	6.35	10	62.36	1.50
100	0.8	6.30	10	50.50	0.75
200	0.48	5.35	5	21.46	2.00
300	0.96	4.71	5	18.20	3.50
400	1.13	4.64	5	14.26	7.50

ตารางที่ ก.60 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 17 มกราคม 2555 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	0.98	7.043	10	69.86	2.33
30	0.90	7.00	10	32.03	1.66
40	0.72	6.81	10	38.40	1.66
60	0.64	6.70	10	34.33	0.58
80	0.56	6.46	10	26.40	0.66
120	0.44	4.94	5	22.66	1.75

การทดสอบการใช้สารโคแอกกูแลนท์กับตัวอย่างน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 7

ตารางที่ ก.61 แสดงการทดสอบน้ำดิบจากน้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2555

ความขุ่น	= 10.9 NTU
pH	= 6.7
มาตรฐานสี	= 25 (Pt-Co)
ความเป็นด่าง	= 75.8 mg/L
ของแข็งแขวนลอย	= 6 mg/L

ตารางที่ ก.62 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2555 (เบื้องต้น)

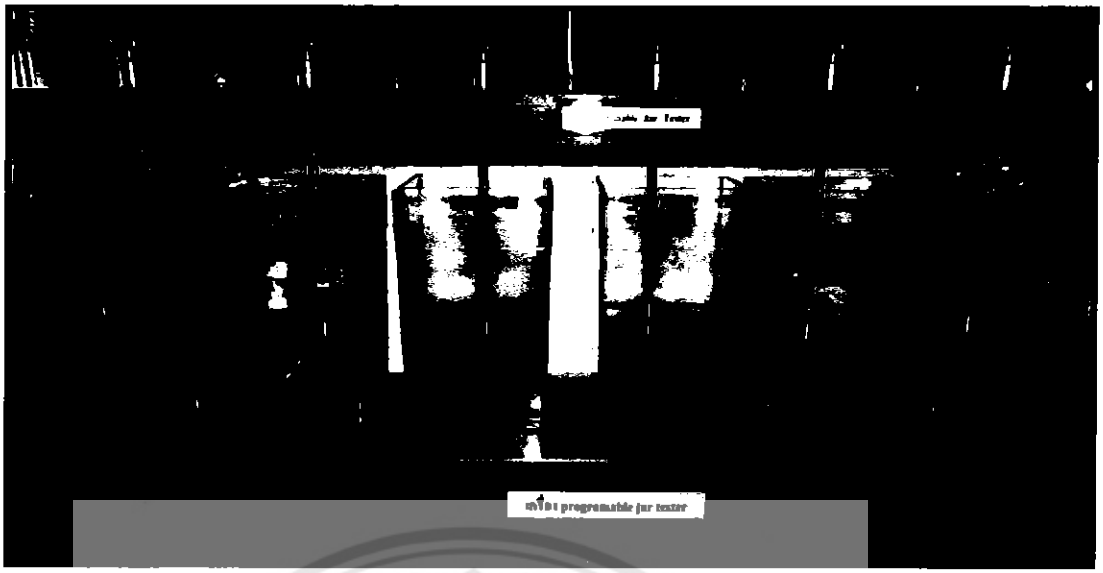
ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
0	3.11	6.67	10	75.8	3.75
50	1.41	6.33	10	62.36	1.75
100	0.92	6.3	5	50.63	0.50
200	0.51	5.36	5	21.23	2.75
300	0.82	4.73	5	17.93	4.00
400	1.22	4.65	5	14.13	3.75

ตารางที่ ก.63 การทดลองจาร์เทสต์น้ำอ่างประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยสารส้ม วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2555 (ขั้นสอง)

ปริมาณสารส้ม (mg/L)	ความขุ่น (NTU)	พีเอช	มาตรฐานสี (Pt-Co)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)
20	1.583	7.04	5	69.36	2.25
30	1.49	7.00	5	60.06	1.50
40	0.80	6.81	5	33.96	1.50
60	0.70	6.70	5	30.83	0.66
80	0.55	6.46	5	26.40	0.50
120	0.44	4.93	5	21.23	1.75

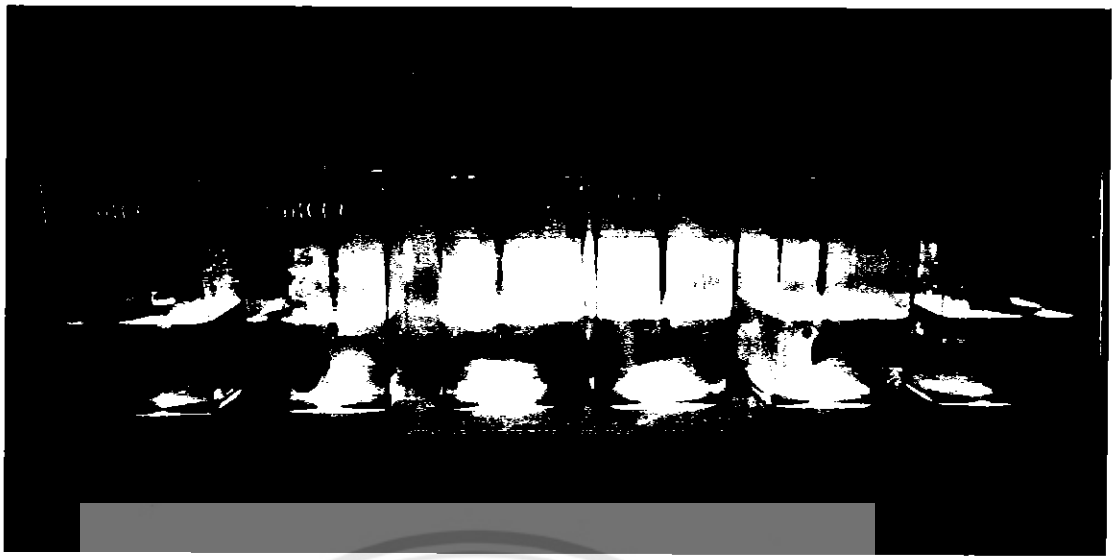
ภาคผนวก ข

รูปภาพการทดลอง

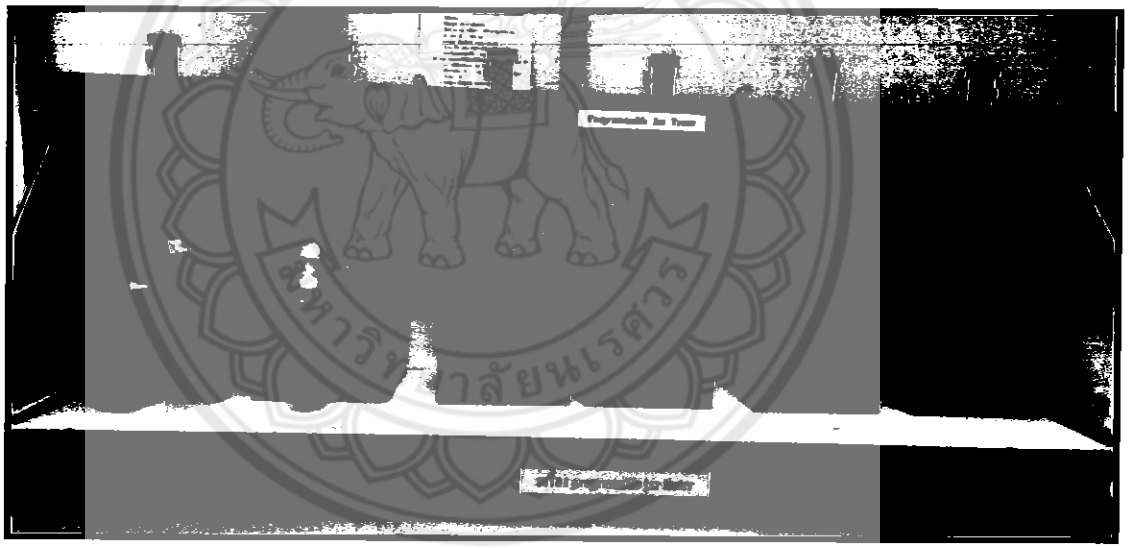


รูปที่ ข.1 กระบวนการกวนเร็ว กวนช้า ของน้ำตัวอย่างแม่น้ำน่าน

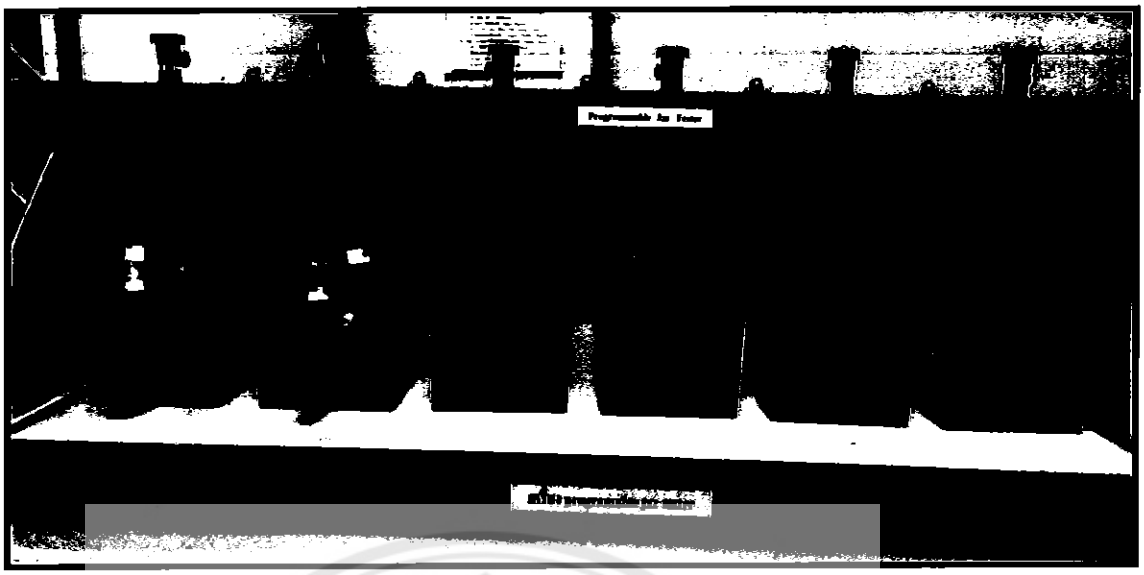
รูปที่ ข.2 การตกตะกอนของน้ำตัวอย่างแม่น้ำน่าน



รูปที่ ข.3 กระบวนการกวนเร็ว กวนช้า ของน้ำตัวอย่างคลองหนองเหล็ก

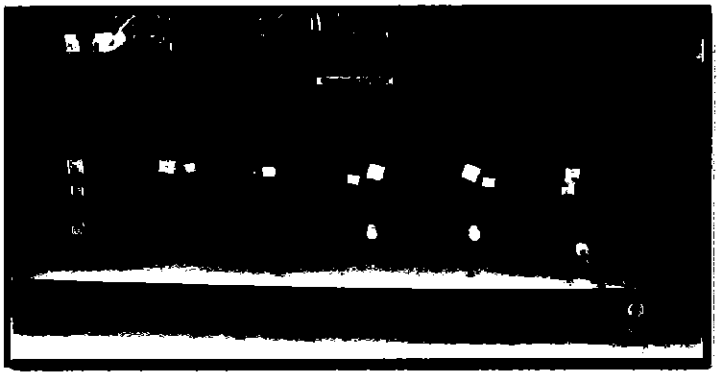


รูปที่ ข.4 การตกตะกอนของน้ำตัวอย่างคลองหนองเหล็ก



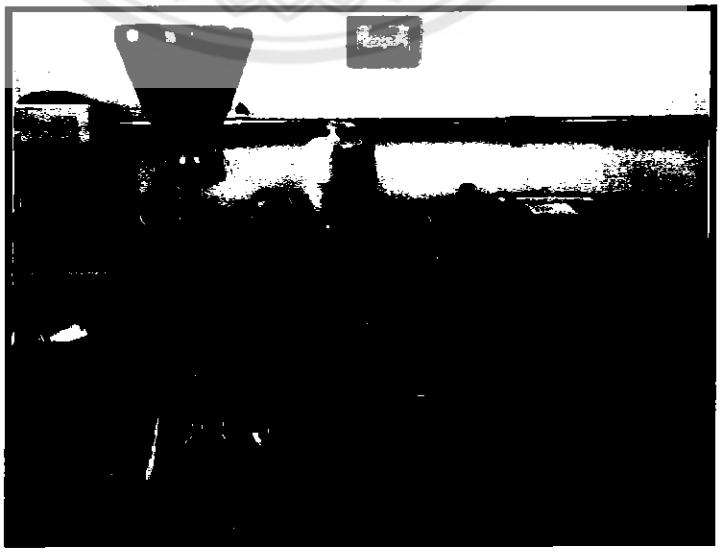
รูปที่ ข.5 กระบวนการกวนเร็ว กวนช้า ของน้ำตัวอย่างอ่างเก็บน้ำผลิตประปาม**หาวิทยาลัยนเรศวร**

รูปที่ ข.4 การตกตะกอนของน้ำตัวอย่างอ่างเก็บน้ำผลิตประปามหาวิทยาลัยนเรศวร

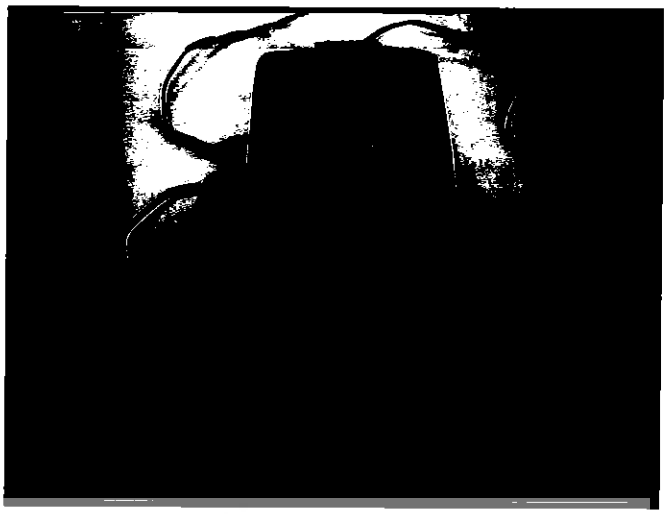


รูปที่ ข.7 เครื่องจาร์เทสต์ชนิด 6 ใบพัด ยี่ห้อ Phipps Bird รุ่น 7790-902B

รูปที่ ข.8 เครื่องวัดพี่เอช ยี่ห้อ Denver รุ่น250

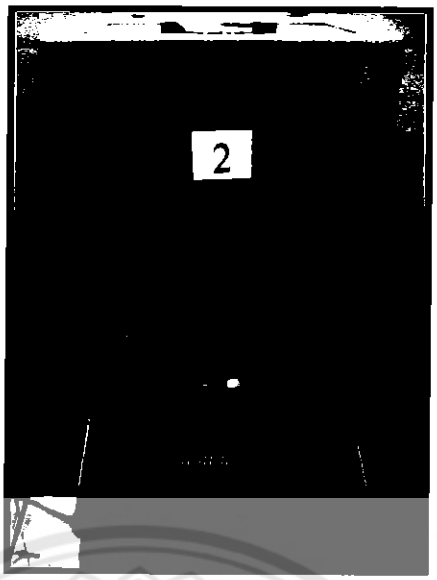


รูปที่ ข.9 เครื่องปั๊มสุญญากาศ ยี่ห้อ Vacunmbrand รุ่น RE 8



รูปที่ ข.10 เครื่องวัดความขุ่น ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100Q

รูปที่ ข.11 เครื่องชั่งกระดาษกรอง ยี่ห้อDenver รุ่น IS-234



รูปที่ ข.12 เครื่องชั่งสาร ยี่ห้อ Denver Istrument รุ่น TC-205

รูปที่ ข.13 สารส้ม