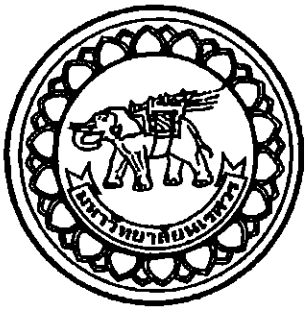


การศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปา กรณีศึกษาโรงผลิตน้ำประปา ตำบลหัวรอ จังหวัดพิษณุโลก

THE STUDY OF THE EFFICIENCY OF WATER SUPPLY TREATMENT SYSTEM CASE STUDY: WATER TREATMENT PLANT AT TUMBON HUA ROR PHITSANULOK PROVINCE

นายบวร แสงอ่วม รหัส 49361003

นายณัฐพงษ์ ปริญญาปริวัฒน์ รหัส 49364899

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 150780911 e.2
เลขเรียกหนังสือ ฟร ป235ก 2552
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

หัวข้อโครงงาน	**: การศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปา กรณีศึกษาโรงผลิตน้ำประปา ตำบลหัวรอ จังหวัดพิษณุโลก**
ผู้ดำเนินงาน	**: นายบวร แสงอ่วม รหัสนิสิต 49361003**
	นายณัฐพงษ์ ปริญญาปริวัฒน์ รหัสนิสิต 49364899
ที่ปรึกษาโครงงาน	**: อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์**
สาขาวิชา	**: วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม**
ภาควิชา	**: วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**
ปีการศึกษา	**: 2552**

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติโครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

..... **ประธานกรรมการ**

(อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์)

..... **กรรมการ**

(อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง)

..... **กรรมการ**

(อาจารย์ปาจรีย์ ทองสนิท)

หัวข้อโครงงาน	: การศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปา กรณีศึกษา โรงผลิตน้ำประปา ตำบลหัวรอ จังหวัดพิษณุโลก
ผู้ดำเนินงาน	: นายบวร แสงอ่วม รหัสนิสิต 49361003
	นายณัฐพงษ์ ปริญญาปริวัฒน์ รหัสนิสิต 49364899
ที่ปรึกษาโครงงาน	: อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์
สาขาวิชา	: วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	: วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา	: 2552

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก วิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบและน้ำประปาโดยเก็บตัวอย่างน้ำเดือนละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 4 เดือน วิเคราะห์พารามิเตอร์ พีเอช ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ไนไตรท ไนเตรท บีโอดี โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และหาความเข้มข้นสารโคแอกกูแลนท์ที่เหมาะสมด้วยวิธีจาร์เทสท์

จากการศึกษาพบว่า น้ำดิบมีคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำดิบและมาตรฐานน้ำผิวดินซึ่งจัดอยู่ในมาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2 น้ำประปาที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาส่วนภูมิภาค ระบบผลิตน้ำประปามีประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดได้ 80 – 100%

Project Title	: The Study of the efficiency of water supply treatment case study: Water treatment plant at Tumbon Hua Ror Phitsanulok province		
Author	: Mr. Borwon	Sangouarm	Code 49361003
	Mr. Nattapong	Parinyapariwat	Code 49364899
Project Advisor	: Mr. Ampol	Techowanich	
Major	: Environmental Engineering		
Department	: Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University		
Academic Year	: 2009		

Abstract

This project was to study the efficiency of water supply treatment system of regional waterworks authority Tumbon Hua Ror Phitsanulok province by sampling raw water and treated water 2 times a month for 4 month. Then parameters such as pH, turbidity, suspended solids, total solids, Nitrite, Nitrate, BOD and total coliform bacteria were analyzed and Jar test were conducted for suitable coagulants concentration.

It was found that most characteristics of raw water met the raw water standard and surface water standard type 2. The water supply qualities were also guaranteed by the region water supply standard. This system could also treat turbidity, suspended solids and total coliform bacteria between 80 and 100 percent.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณอาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์ ที่ปรึกษาโครงงานเป็นอย่างยิ่ง กรรมการโครงงาน อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง อาจารย์ปาจรีย์ ทองสนิท อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น และ นางวิชญา อิ่มกระจ่าง ที่ให้ความช่วยเหลือและที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่พบระหว่างการศึกษาและจัดทำโครงงาน จนโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ นายสม พรวนต้นไทร หัวหน้างานผลิต การประปาส่วนภูมิภาค สาขาพิษณุโลก และบุคลากรของโรงผลิตน้ำประปาการประปาส่วนภูมิภาค ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลต่างๆ และให้คำแนะนำจนโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา	1
1.5 ตารางแผนการดำเนินงาน	2
1.6 งบประมาณที่ใช้ในการทดลอง	2
บทที่ 2 หลักการ	
2.1 ส่วนประกอบของระบบประปา	3
2.2 แหล่งน้ำดิบ	3
2.2.1 น้ำฝน	3
2.2.2 น้ำผิวดิน	5
2.2.3 น้ำใต้ดิน	12
2.3 ลักษณะคุณสมบัติของน้ำประปา	20
2.3.1 คุณสมบัติทางด้านกายภาพ หรือฟิสิกส์ (Physical Characteristics)	20
2.3.2 คุณสมบัติทางด้านเคมี (Chemical Characteristics)	22
2.3.3 คุณสมบัติทางด้านชีวภาพ (Biological Characteristics)	26

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4 ระบบผลิตน้ำประปา	29
2.4.1 การตกตะกอน	29
2.4.2 การกรองน้ำ	40
2.4.3 การฆ่าเชื้อโรค	53
2.5 กระบวนการกำจัดสลัดจ์	59
2.5.1 การทำสลัดจ์เข้มข้น (Thickening)	59
2.5.2 บ่อตากแดด (Lagoons)	60
2.5.3 ลานทรายตากแดด (Sand-drying beds)	60
2.5.4 การรีดกรองด้วยสายพาน (Belt filter press)	61
2.5.5 การอัดกรองด้วยแผ่น (Plate pressure filters)	62
2.5.6 การทิ้งกากสลัดจ์ (Ultimate disposal)	63
2.6 ระบบจ่ายน้ำประปา	64
2.6.1 วิธีการจ่ายน้ำประปา	64
2.6.2 ระบบจ่ายน้ำประปา	67
2.6.3 ถังเก็บกักน้ำประปา	67
2.7 อัตราการใช้น้ำของประชากร	69
2.7.1 อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคล	69
2.7.2 ประเภทของการใช้น้ำ	71
2.7.3 อายุการใช้งานของระบบประปา	73
2.8 การคาดการณ์จำนวนประชากร	75
2.8.1 การทำนายประชากรระยะสั้น	75
2.8.2 การทำนายประชากรระยะยาว	76
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ศึกษาระบบการผลิตน้ำประปา	79
3.2 ดำเนินการเก็บน้ำตัวอย่าง	79

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3 พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์น้ำแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	82
3.4 การทดสอบน้ำตัวอย่างที่เก็บ	83
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	
4.1 ศึกษาระบบผลิตน้ำประปาตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	84
4.2 ศึกษาคุณภาพของน้ำประปา	89
4.3 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปา การประปาส่วนภูมิภาค ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	107
บทที่ 5 สรุป	
5.1 สรุปคุณภาพน้ำตัวอย่าง	112
5.2 ประสิทธิภาพการบำบัด	114
5.3 Jar test	114
5.4 ข้อเสนอแนะ	115
บรรณานุกรม	116
ภาคผนวก	
การทดสอบการตกตะกอน (Coagulation) โดยวิธี Jar Test	118
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน	123

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	2
2.1 คุณภาพน้ำผิวดินทั่วไปในประเทศไทย	7
2.2 มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก	11
2.3 คุณภาพน้ำใต้ดิน	15
2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค	28
2.5 เกณฑ์ออกแบบถังผสมเร็ว	30
2.6 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน	33
2.7 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน	34
2.8 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	38
2.9 เกณฑ์ออกแบบถังตะกอนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปทรงกลม	39
2.10 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนแบบท่อหรือแผ่นเอียง	39
2.11 เกณฑ์ออกแบบถังแบบ Reactor-Clarifier	40
2.12 ขนาดของอนุภาคและวัตถุต่างๆ ที่กรองได้	40
2.13 เกณฑ์การออกแบบเครื่องกรองช้า	45
2.14 เกณฑ์การออกแบบเครื่องกรองเร็ว	47
2.15 เกณฑ์ออกแบบเครื่องกรองใช้ความดัน	48
2.16 คุณสมบัติและการใช้งานของคลอรีน โอโซน และ H_2O_2	56
2.17 ความเข้มข้นของสลัดจ์ที่จะได้รับจากแต่ละวิธี	63
2.18 อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคลในบางประเทศ	70
2.19 ประเภทของการใช้ อัตราการใช้ และค่าเปอร์เซ็นต์ ของการผลิตน้ำประปา	71
3.1 วันที่เก็บน้ำตัวอย่าง	79
3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำและพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด	82
3.3 พารามิเตอร์และวิธีใช้ในการวิเคราะห์	83
4.1 แสดงค่าอุณหภูมิ	89
4.2 แสดงค่าพีเอช	90
4.3 แสดงค่าความขุ่น	92
4.4 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย	93

สารบัญตาราง(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.5 แสดงค่าของแข็งทั้งหมด	95
4.6 แสดงค่าของแข็งละลายน้ำ	96
4.7 แสดงค่าบีโอดี	97
4.8 แสดงค่าไนไตรท	98
4.9 แสดงค่าไนเตรท	99
4.10 แสดงค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	100
4.11 แสดงค่าความขุ่นจากการทดลองจาร์เทสโดยใช้สารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์	101
4.12 แสดงค่าความขุ่นจากการทดลองจาร์เทสโดยใช้สารส้ม	103
4.13 แสดงแสดงค่าความขุ่นจากการทดลองจาร์เทสโดยการปรับพีเอช โดยใช้พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ปริมาณ 20 มก. /ล.	105
4.14 แสดงค่าความขุ่นจากการทดลองจาร์เทสโดยการปรับพีเอช โดยใช้สารส้มปริมาณ 50 มก. /ล.	106
4.15 แสดงจำนวนประชากรตำบลต่างๆของจังหวัดพิษณุโลก	107
4.16 แสดงอัตราการใช้น้ำประชากรใน 10 ตำบลของพิษณุโลก	108
5.1 แสดงค่าเฉลี่ยของแหล่งน้ำดิบเทียบกับมาตรฐานของน้ำผิวดินและน้ำดิบ	112
5.2 แสดงค่าเฉลี่ยของผลการทดลองเทียบกับมาตรฐานของน้ำประปา	113
5.3 แสดงผลค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดที่ได้จากน้ำประปา	113
5.4 แสดงประสิทธิภาพการบำบัด	114
5.5 แสดงค่าความขุ่นที่ความเข้มข้นต่างๆ ของสารโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์	114
5.6 แสดงค่าเฉลี่ยความขุ่นที่ความเข้มข้นต่างๆของสารส้ม	115

สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
2.1 แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาที่ได้จากน้ำฝน	4
2.2 การแบ่งเขตของน้ำใต้ดิน	14
2.3 กระบวนการกวนช้า	32
2.4 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวนอน	36
2.5 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวดิ่ง	36
2.6 ถังตกตะกอนแบบแผ่น	37
2.7 ถังตกตะกอนแบบท่อ	37
2.8 ถังกรองช้า	44
2.9 ถังกรองเร็ว	46
2.10 ถังกรองภายใต้ความดัน	48
2.11 ถังทำให้ตะกอนเข้มข้นแบบ Gravity Thickener	59
2.12 ลานทรายตากตะกอน	60
2.13 ลานตากตะกอนทราย	61
2.14 เครื่องรีดกรองด้วยสายพาน	62
2.15 เครื่องอัดกรองด้วยแผ่น	63
2.16 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้หอสูง	65
2.17 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรงแบบใช้เครื่องสูบ	66
2.18 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำร่วมกันกับหอถังสูง	66
2.19 รายละเอียดของถังน้ำบนพื้นดิน	68
2.20 รายละเอียดของหอถังสูง	69
2.21 กราฟระหว่าง ln.[(100 – P)/P] กับ t	78
3.1 จุดเก็บบริเวณแพสูบน้ำจากแม่น้ำน่าน	80

สารบัญรูป(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2 เก็บจากถังตกตะกอน	81
3.3 เก็บน้ำจากถังน้ำใส	81
4.1 แสดงสถานีสูบน้ำ	84
4.2 แสดงเครื่องเติมคลอรีน	85
4.3 แสดงเครื่องผสมสารส้มและพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์	85
4.4 แสดงเครื่องสูบสารส้ม	86
4.5 แสดงเครื่องจ่ายสารส้ม	86
4.6 แสดงบ่อตกตะกอน	87
4.7 แสดงโรงกรองน้ำ	87
4.8 แสดงถังเก็บน้ำประปา	88
4.9 แสดงปั๊มสูบน้ำขึ้นถังน้ำสูง	88
4.10 แสดงถังน้ำสูง	89
4.11 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ	90
4.12 กราฟแสดงค่าพีเอช	91
4.13 กราฟแสดงค่าความขุ่นของน้ำดิบ	92
4.14 กราฟแสดงค่าความขุ่นของน้ำที่ผ่านถังตกตะกอนและน้ำประปา	93
4.15 กราฟแสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำดิบ	94
4.16 กราฟแสดงค่าของแข็งแขวนลอยน้ำที่ผ่านถังตกตะกอนและประปา	94
4.17 กราฟแสดงค่าของแข็งทั้งหมด	95
4.18 กราฟแสดงค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำ	96
4.19 กราฟแสดงค่าบีโอดี	97
4.20 กราฟแสดงค่าไนไตรท	98
4.21 กราฟแสดงค่าไนเตรท	99

สารบัญรูป(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.22 กราฟแสดงค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	100
4.23 กราฟแสดงค่าพีเอชของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์	102
4.24 กราฟแสดงค่าความขุ่นของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์	102
4.25 กราฟแสดงค่าพีเอชของสารส้ม	103
4.26 กราฟแสดงค่าความขุ่นของสารส้ม	104
4.27 กราฟแสดงค่าความขุ่นของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์	105
4.28 กราฟแสดงค่าความขุ่นของสารส้ม	106

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบันนี้ น้ำประปา ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยส่วนใหญ่แล้วน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะมีสิ่งเจือปนต่างๆ หรือเป็นสารที่ทำให้เกิดอันตรายกับร่างกายของมนุษย์ ด้วยเหตุผลนี้จึงมีการผลิตน้ำประปา ที่สามารถอุปโภค บริโภคได้ ซึ่งโรงผลิตน้ำประปาที่หัวรอ การประปาส่วนภูมิภาค พิษณุโลก มีการผลิตน้ำประปาเป็นจำนวนมาก เพื่อให้พอต่อการแจกจ่ายน้ำตามบ้านเรือนละแวกรอบๆและภายในตัวเมืองพิษณุโลกส่วนหนึ่ง จึงทำการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่ได้ และศึกษาประสิทธิภาพของระบบประปาดังกล่าวเพื่อนำไปปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ได้ตามมาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำดิบและคุณภาพน้ำที่ได้จากการผลิตน้ำประปา

1.2.2 เพื่อศึกษาการหาปริมาณสารส้มที่จะเติมในน้ำดิบที่เหมาะสมด้วยวิธีการทำจาร์เทสท์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพระบบผลิตน้ำประปา โดยเทียบคุณภาพน้ำประปาที่ได้กับค่ามาตรฐาน

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาเกี่ยวกับการดำเนินการผลิต คุณภาพของน้ำ สารเคมีที่ใช้และขั้นตอนต่างๆ ของการผลิต โดยมีการเก็บตัวอย่างน้ำดิบก่อนเข้าสู่ระบบ และน้ำประปาหลังจากออกจากระบบของโรงผลิตน้ำประปาหัวรอ การประปาส่วนภูมิภาค และมีการเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 เดือน เดือนละ 2 ครั้ง

1.5 ตารางและแผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	พ.ย. 52	ธ.ค. 52	ม.ค. 53	ก.พ. 53	มี.ค. 53	เม.ย. 53
กำหนดขั้นตอนการทำงาน	▬	▬				
ทำโครงร่างรายงาน		▬	▬			
ศึกษาระบบผลิตน้ำประปา		▬	▬			
เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง			▬	▬	▬	▬
วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล			▬	▬	▬	▬
ทำรูปเล่มโครงงาน						▬

1.6 งบประมาณที่ใช้ในการทดลอง

- วัสดุที่ใช้ในการทดลอง 600 บาท
- การใช้คอมพิวเตอร์ 400 บาท
- การเดินทางเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำ 300 บาท
- การถ่ายเอกสารและรูปเล่มรายงาน 700 บาท

รวม 2000 บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

น้ำถือเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญซึ่งเป็นที่ต้องการต่อการดำรงชีวิต และเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ของมนุษย์ ในปัจจุบันความต้องการใช้น้ำประปานั้นมีมากขึ้น เพราะในปัจจุบันแหล่งน้ำดิบนั้นมีการปนเปื้อนจากมลภาวะต่างๆมากขึ้น จึงทำให้ต้องมีการกำจัดสิ่งปนเปื้อนซึ่งจะกำจัดได้โดยผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปา

2.1 ส่วนประกอบของระบบประปา

ระบบประปาส่วนหลักๆจะประกอบด้วย แหล่งน้ำดิบ ระบบทำความสะอาดน้ำประปาหรือโรงผลิตประปา ระบบขนส่งและแจกจ่ายน้ำ ซึ่งส่วนประกอบทั้ง 3 อย่าง เป็นส่วนประกอบหลักของการผลิตน้ำประปา

2.2 แหล่งน้ำดิบ

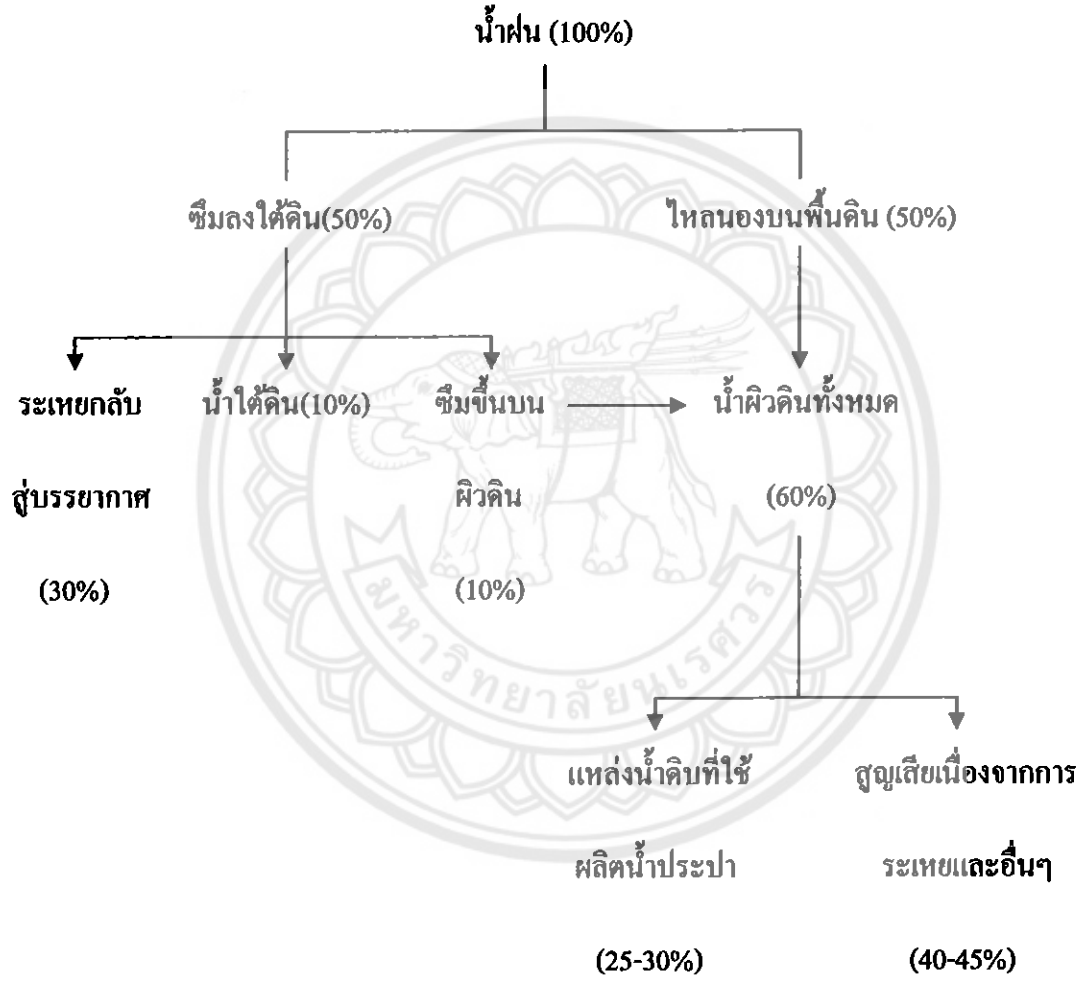
การเลือกแหล่งน้ำดิบจะต้องพิจารณาหลักๆคือ ปริมาณน้ำที่ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบ ปริมาณน้ำที่ใช้นั้นต้องมีเพียงพอต่อการนำมาใช้ผลิตน้ำประปาทั้งในปัจจุบันและอนาคต ต่อมาต้องดูที่คุณภาพของน้ำดิบที่ใช้ ซึ่งคุณภาพน้ำดิบที่นำมาผลิตนั้นต้องไม่เกินมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ต้องเป็นมาตรฐานน้ำดิบที่เหมาะสมในการใช้ผลิตน้ำประปา และอีกอย่างหนึ่งที่ควรพิจารณาคือระยะห่างของแหล่งน้ำดิบจะต้องไม่ไกลจากโรงผลิตน้ำประปามากจนเกินไป เพราะอาจจะทำให้สิ้นเปลืองในการสูบน้ำเข้าระบบได้

แหล่งน้ำดิบที่ใช้สำหรับผลิตน้ำประปามี 2 ประเภท คือ น้ำผิวดิน น้ำบาดาล น้ำฝนโดยตรงนั้นไม่สามารถเชื่อถือได้เพราะน้ำฝนมีปัญหาในการกักเก็บน้ำไว้ใช้

2.2.1 น้ำฝน

ฝน เกิดจากอนุภาคของไอน้ำขนาดต่างๆในก้อนเมฆเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นจนไม่สามารถลอยตัวอยู่ในก้อนเมฆได้ก็จะตกลงมาเป็นฝน ฝนจะตกลงมายังพื้นดินได้นั้นจะต้องมีเมฆเกิดในท้องฟ้าก่อน จึงเกิดมาเป็นน้ำฝน

น้ำฝนจัดเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญที่สุดของสิ่งมีชีวิตทุกอย่าง น้ำฝนที่ตกลงมาไม่ว่าจะอยู่ผิวดินหรือซึมลงไปใต้ดิน ย่อมนำมาใช้เป็นแหล่งผลิตน้ำประปาได้ อย่างไรก็ตามจำนวนน้ำฝนที่สามารถนำมาใช้ผลิตน้ำประปานั้นมีปริมาณต่ำ ทั้งนี้เนื่องจาก มีการสูญเสียน้ำฝนเกิดขึ้นได้หลายทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาที่ได้จากน้ำฝน

ที่มา: มั่นสิน ตันฑุลเวศม์, 2542

2.2.2 น้ำผิวดิน

น้ำผิวดินเป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัฏจักรของน้ำเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมามีการสะสมตัวกันอยู่บริเวณพื้นผิวดิน ซึ่งฝนที่ตกลงมาในระยะแรกน้ำมักจะซึมลงไปในดินก่อนจนกระทั่งดินอิ่มตัวแล้วจึงมีน้ำแช่ขังอยู่ตามลุ่มน้ำหรือแหล่งน้ำขนาดเล็ก ลักษณะการไหลของน้ำผิวดินบนโลกแบ่งเป็นลักษณะการไหลแบบแผ่ โดยไหลไปตามความลาดเอียงของพื้นผิว และมีระดับความลึกไม่มาก ประเภทที่สอง คือ การไหลตามร่อง หรือเป็นลักษณะการไหลของน้ำไปตามลำธาร ซึ่งเป็นน้ำผิวดินที่ดังที่ได้ศึกษามาแล้ว น้ำผิวดินนับเป็นแหล่งน้ำที่มีประโยชน์มากต่อมนุษย์ ในด้านการดำรงชีวิต แหล่งน้ำผิวดิน ออกจากจะเป็นส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่ผิวดินแล้วยังหมายรวมถึงส่วนของน้ำที่ไหลล้นออกจากใต้ดินเข้ามาสมทบด้วย ปริมาณของน้ำผิวดินจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นที่นั้น ๆ ด้วย สำหรับลักษณะน้ำผิวดินทั่วไปเราสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

อ่างเก็บน้ำ เป็นแหล่งน้ำผิวดินที่รองรับน้ำจากน้ำฝนที่ไหลจากพื้นที่ที่สูงกว่าลงมารวมกันในอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นอ่างเก็บน้ำหมายถึง ทะเลสาบน้ำจืด ที่สร้างขึ้นโดยการก่อสร้างเขื่อนขวางปิดกั้นลำน้ำธรรมชาตินั่นเอง

แม่น้ำ ลำคลอง แหล่งน้ำผิวดินประเภทนี้เกิดจากการเซาะพังของลำคลองหรือแม่น้ำในเวลาเดียวกัน แหล่งน้ำผิวดินประเภทนี้มักไหลตามความลาดชันของสภาพภูมิประเทศลงสู่ทะเล

อย่างไรก็ตามก่อนที่จะนำน้ำมาใช้อุปโภค บริโภคนั้น ควรตรวจสอบคุณภาพน้ำ เพื่อหาสิ่งที่ปนเปื้อนต่างๆที่อยู่ในน้ำ และนำมาปรับปรุงเพื่อนำไปใช้ในการอุปโภค บริโภค

การกำหนดคุณภาพน้ำผิวดิน เพื่อนำมาใช้ประโยชน์มีอยู่ 5 ประเภท

ประเภทที่ 1 ได้แก่แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(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

ตารางที่ 2.1 คุณภาพน้ำผิวดินทั่วไปในประเทศไทย

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน								
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 (pH meter) 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 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน								
ดัชนีคุณภาพน้ำ [1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด [2/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
6. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	เอ็ม . พี . เอ็น /100 มล .	P80	ธ	5,000	20,000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique
7. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bateria)	เอ็ม . พี . เอ็น /100 มล .	P80	ธ	1,000	4,000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique
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

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน								
ดัชนีคุณภาพน้ำ [1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด [2/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
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
18. ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก./ล.	-	ธ	0.002			-	Atomic Absorption- Cold Vapour Technique
19. สารหนู (As)	มก./ล.	-	ธ	0.01			-	Atomic Absorption- Gaseous Hydride
20. ไซยาไนด์ (Cyanide)	มก./ล.	-	ธ	0.005			-	Pyridine-Barbituric Acid
21. กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)								Low Background Proportional Counter
- ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)	เบคเคอเรล / ล.	-	ธ	0.1			-	
- ค่ารังสีเบตา (Beta)	เบคเคอเรล / ล.	-	ธ	1.0			-	

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน								
ดัชนีคุณภาพน้ำ [1]/	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด [2]/ ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
22. สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-	Gas-Chromatography
23. ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม / ล.	-	ธ	1			-	Gas-Chromatography
24. บีเอชซีชนิดแอลฟ่า (Alpha-BHC)	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. เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีปอกไซด์ (Heptachor & Heptachlorepoxide	ไมโครกรัม / ล.	-	ธ	0.2			-	Gas-Chromatography
28. เอนดริน (Endrin)	ไมโครกรัม / ล.	-	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-	Gas-Chromatography

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

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

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก

รายการ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด
1.คุณลักษณะทางกายภาพ	
สี(Colour) ,Pt-Co unit	300
2.คุณลักษณะทางเคมี (mg/l)	
ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (Total dissolved solids)	1500
เหล็ก (Fe)	
แมงกานีส (Mn)	50
ทองแดง (Cu)	5
สังกะสี (Zn)	1.5
มักเนเซี่ยม + โซเดียมซัลเฟต(MgSO4+NaSO4)	1.5
อัลคิล เบนซิล ซัลโฟเนต (Alkyl Benzyl Sulfonates)	1000
ไนเตรต (NO_3) as NO_3	0.5
ฟลูออไรด์ (F)	1.5

ตาราง 2.2 (ต่อ)

รายการ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด
3.คุณลักษณะทางสารเป็นพิษ (mg/l)	
ฟีโนลิก ซับแสตนซ์	0.002
สารหนู (As)	0.05
แคดเมียม (Cd)	0.01
โครเมียม (Cr)	0.05
ไซยาไนด์ (CN)	0.2
ตะกั่ว (Pb)	0.05
ซิลิเนียม (Se)	0.01
เรดิโอนิวไคลด์ (gross beta activity)	1000
4.คุณลักษณะทางมลภาวะ (mg/l)	
ซีโอดี (COD)	10
บีโอดี (BOD)	6
ไนโตรเจนทั้งหมด (NO_3)	1
แอมโมเนีย (NH_3)	0.5
ซีซีอี (Carbon Chloroform Extract)	0.5
กรีซ (Grease)	1

2.2.3 น้ำใต้ดิน

น้ำใต้ดินนับเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งของมนุษย์สำหรับอุปโภคบริโภค พื้นที่บางแห่งอาจมีความจำเป็นต้องใช้แหล่งน้ำใต้ดินเนื่องมาจากการขาดแคลนแหล่งน้ำผิวดิน

น้ำใต้ดินส่วนใหญ่ เกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมายังโลกไหลบ่าไปตามผิวดินและซึมลงไปในดิน ไปรวมตัวกันใน ชั้นดิน ชั้นหิน น้ำใต้ดินจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ ปริมาณฝนที่ตกมีมากน้อยเพียงใดซึ่งจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล การยอมให้น้ำซึมผ่านของชั้นดินและชั้นหินบริเวณเปลือกโลก และลักษณะภูมิประเทศอันเกิดจากธรณีสัณฐานมีผลต่อความลึกของระดับน้ำใต้ดิน

2.2.3.1 การแบ่งแยกประเภทของน้ำใต้ดิน

ลักษณะของแหล่งน้ำใต้ดิน ในทางธรณีวิทยายังแบ่งชั้นดินและหินที่อยู่ใต้ผิวดินลงไปเป็น 2 เขตใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ เขตมีอากาศแทรกในชั้นหิน และเขตอิ่มตัว โดยพิจารณาดังนี้

1. เขตที่มีอากาศแทรกในชั้นหิน (Zone of Aeration)

เป็นเขตที่ปริมาณของน้ำใต้ดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เป็นชั้นที่มักอยู่ใต้ผิวดินในระดับตื้น ระดับน้ำจะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล เช่น ฤดูแล้งระดับน้ำจะลึกกว่าฤดูฝน จัดเป็นประเภทชั้นให้น้ำแบบเปิด (Unconfined Aquifers) เขตนี้เป็นตอนที่น้ำจากผิวดินไหลผ่านลงสู่เบื้องล่างสามารถแบ่งออกเป็นเขตย่อยๆได้ 3 เขต คือ

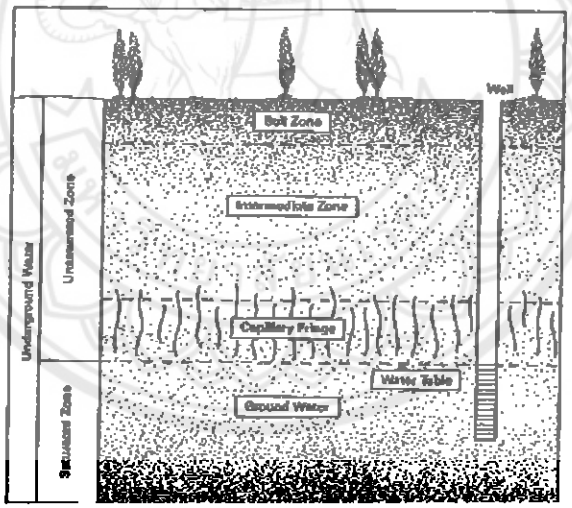
- Belt of Soil Water เป็นส่วนที่อยู่บนสุดของเขตอิ่มอากาศ ประกอบไปด้วยดินวัสดุอินทรีย์ และอนินทรีย์ต่าง ๆ น้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในส่วนนี้ เรียกว่า ความชื้นในดิน (Soil Moisture or Soil Water) เป็นน้ำที่ใช้สำหรับเกษตรกรรม และยังชีพของพืชและต้นไม้ต่าง ๆ น้ำบางส่วนอาจจะสูญเสียกลับคืนสู่บรรยากาศโดยตรง โดยกระบวนการการระเหยและการคายน้ำ

- Capillary Fringe เป็นส่วนที่อยู่เหนือถัดขึ้นมาจากเขตอิ่มน้ำขึ้นไปจนถึงจุดที่สูงที่สุดที่น้ำซึม ขึ้นไปด้วยแรงคาปิลารี(Capillary Rise) น้ำที่ถูกเก็บในส่วนนี้ เรียก น้ำดูดซึม (Capillary Water) ความหนาของส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับแรงดึงคาปิลารี ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างในดิน ถ้าช่องว่างมีขนาดเล็กส่วนนี้จะหนามาก ถ้าช่องว่างมีขนาดใหญ่ ส่วนนี้ก็จะไม่หนามาก เปรียบเทียบกับน้ำที่ขึ้นไปในหลอดดูดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก เทียบกับในหลอดดูดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่

- Intermediate Belt เป็นส่วนที่อยู่ระหว่าง Belt of Soil Water กับ Capillary Fringe ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก เพราะเป็นเพียงทางผ่านของน้ำที่ซึมผ่านลงไปเท่านั้น น้ำในส่วนนี้เรียกว่า Intermediate Vadose Water ในแต่ละสภาพธรณี ส่วนนี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ ขึ้นอยู่กับความลึกของเขตอิ่มน้ำ กล่าวคือ ถ้าเขตอิ่มน้ำอยู่ไม่ลึกจากผิวดิน ส่วนของ Intermediate Belt อาจจะไม่มีเลย เพราะเขตอิ่มอากาศจะมีความหนาไม่มาก ในขณะที่ถ้าเขตอิ่มน้ำอยู่ลึกลงไปจากผิวดิน ความหนาของเขตอิ่มอากาศก็จะมากไปด้วยทำให้ส่วนของ Intermediate Belt ก็จะมีความหนามากไปด้วย

2. เขตอิ่มตัว (Zone of Saturation)

เป็นเขตที่มีน้ำใต้ดินขังอยู่เต็มทุกช่องว่างในเนื้อดิน เราเรียกน้ำในเขตนี้ว่าเป็นน้ำบาดาล หรือน้ำใต้ดิน โดยยึดระดับบนสุดของระดับน้ำ ณ เขตนี้เป็นระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) โดยชั้นดินหรือชั้นหินที่มีปริมาณน้ำมากจนอิ่มตัวและมีปริมาณมากพอที่พืชสามารถนำขึ้นมาใช้ได้ ชั้นให้น้ำในเขตอิ่มตัวนี้เราเรียกว่าชั้นให้น้ำแบบปิด (Confined Aquifers) มักอยู่ในระดับลึก มีชั้นหินหนาปิดปกคลุมด้านบนไว้ ทำให้น้ำในชั้นนี้มีความดัน มลพิษจากพื้นดินไม่สามารถปนเปื้อนลงไปได้ แต่อาจมีแร่ธาตุบางอย่างปะปนอยู่ ชั้นให้น้ำแบบปิดนี้อาจมีหลายชั้นสลับกันไป ระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) คือผิวบนของเขตอิ่มน้ำ หมายถึงระดับของน้ำใต้ดินที่เกิดขึ้น เนื่องจากการสะสมน้ำใต้ดินที่ไม่อาจซึมต่อไปได้ แต่ระดับน้ำใต้ดินจะไม่คงที่แน่นอน สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล



รูปที่ 2.2 การแบ่งเขตของน้ำใต้ดิน

ที่มา: http://www.geo2all.com/vb/showthread.php?3146-Basic-Ground-Water-Hydrology

ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Ground water Aquifers) ชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifers) คือ หิน หรือ ตะกอนที่น้ำบาดาลสามารถซึมผ่านได้ เช่น ชั้นกรวด ทราย เนื่องจากการวางเรียงตัวของเม็ดทรายมีช่องว่างขนาดเล็กๆ กว่าช่องว่างของการเรียงตัวของชั้นกรวด การสะสมตัวของน้ำจึงน้อยกว่า ส่วนหินอัคนีและ หินแปร หินดิน

ดาน เนื้อหินแน่นเกินกว่าจะเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ชั้นหินอุ้มน้ำมี 2 ประเภท ดังนี้ ชั้นหินให้น้ำแบบเปิด (Unconfined Aquifers) เป็นชั้นหินที่มีน้ำบาดาลอยู่ในเขตอิ่มน้ำ มีระดับผิวน้ำเป็นระดับน้ำใต้ดิน และไหลไปตามแนวเทของชั้นหิน สำหรับการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล และใช้น้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำปกตินี้ ถ้าขุดบ่อบาดาลตื้นเกินไป มีโอกาสจะขาดแคลนน้ำได้ แต่ถ้าขุดลึกจะได้น้ำใช้ตลอดปี ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของหิน และรอยแตกในเนื้อหิน เช่น ถ้าเป็นหินอัคนีแบบเนื้อสมานแน่น และหินแปร แม้ว่าจะเป็นหินที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน แต่ถ้ามีรอยแตกในหินมากเป็นที่สะสมตัวของน้ำ บ่อน้ำใต้ดินจะมีน้ำใช้ เป็นต้น ชั้นหินให้น้ำแบบปิด (Confine Aquifer) เป็นชั้นหินให้น้ำภายใต้แรงดัน โดยชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ระหว่างชั้นหินเนื้อทึบที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน ประกบอยู่ทั้งด้านบนและด้านล่าง จัดเป็นชั้นหินที่อยู่ภายใต้ความกดดันอันเนื่องมาจากน้ำหนักของหินที่กดทับ และน้ำหนักของน้ำในชั้นหินเดียวกันที่อยู่ต่างระดับกัน บางครั้งแรงดันมาก เมื่อเจาะจะมีน้ำไหลพุ่งมาเหนือปากบ่อ เรียกว่าบ่อน้ำพุ (Flowing Well) สามารถนำมาใช้บริโภคได้ แต่อาจมีคุณสมบัติเป็นน้ำกระด้าง เนื่องจากมีปริมาณแร่ธาตุละลายปนอยู่มาก

ตารางที่ 2.3 คุณภาพน้ำใต้ดิน

มาตรฐาน			
ดัชนีคุณภาพน้ำ	**หน่วย**	**ค่ามาตรฐาน**	**วิธีการตรวจวัด**
1.สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound)			
1) เบนซีน (Benzene)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 5	วิธี Purge and Trap Gas Chromatography หรือวิธี Purge and Trap Gas Chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
3) 1,2 - คลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"

ตาราง 2.3 (ต่อ)

มาตรฐาน			
ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
4) 1,1-ไดคลอโรเอทธิลีน (1,1-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 7	"
5) ซิส -1,2 - ไดคลอโรเอทธิลีน (cis-1,2-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 70	"
6) ทรานส์ -1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (trans-1,2-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 100	"
7) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
8) เอทธิลเบนซีน (Ethylbenzene)	"	ต้องไม่เกิน 700	"
9) สไตรีน (Styrene)	"	ต้องไม่เกิน 100	"
10) เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachoroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
11) โทลูอีน (Toluene)	"	ต้องไม่เกิน 1,000	"
12) ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
13) 1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 200	"
14) 1,1,2-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,2-Trichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
15) ไซลีนทั้งหมด (Total Xylenes)	"	ต้องไม่เกิน 10,000	"

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

มาตรฐาน			
ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
2. โลหะหนัก (Heavy metals)			
1) แคดเมียม (Cadmium)	มิลลิกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.003	วิธี Direct Aspiration/Atomic Absorption Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium)	"	ต้องไม่เกิน 0.05	"
3) ทองแดง (Copper)	"	ต้องไม่เกิน 1.0	"
4) ตะกั่ว (Lead)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	"
5) แมงกานีส (Manganese)	"	ต้องไม่เกิน 0.5	"
6) นิกเกิล (Nickel)	"	ต้องไม่เกิน 0.02	"
7) สังกะสี (Zinc)	"	ต้องไม่เกิน 5.0	"
8) สารหนู (Arsenic)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	วิธี Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
9) ซีลีเนียม (Selenium)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	"
10) ปรอท (Mercury)	"	ต้องไม่เกิน 0.001	วิธี Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

มาตรฐาน			
ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
3. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides)			
1) คลอเดน (Chlordane)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromtography/Mass Spectrometry หรือ วิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography (Method I) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) ดิลดริน (Dieldrin)	"	ต้องไม่เกิน 0.03	"
3) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor)	"	ต้องไม่เกิน 0.4	"
4) เฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์ (Heptachlor Epoxide)	"	ต้องไม่เกิน 0.2	"
5) ดีดีที (DDT)	"	ต้องไม่เกิน 2	"
6) 2,4-ดี (2,4-D)	"	ต้องไม่เกิน 30	วิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
7) อะทราซีน (Atrazine)	"	ต้องไม่เกิน 3	"
8) ลินเดน (Lindane)	"	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography (Method I) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
9) เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	"	ต้องไม่เกิน 1	วิธี Liquid - Liquid Extraction Chromatography หรือวิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

มาตรฐาน			
ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
4. สารพิษอื่น ๆ			
1) เบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo (a) pyrene)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid - Liquid Extraction Chromatography หรือวิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) ไซยาไนด์ (Cyanide)	"	ต้องไม่เกิน 200	วิธี Pyridine Barbituric Acid หรือวิธี Colorimetry หรือวิธี Ion Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3) พีซีบี (PCBs)	"	ต้องไม่เกิน 0.5	วิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography (Method II) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4) ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	"	ต้องไม่เกิน 2	วิธี Purge and Trap Gas Chromatography หรือวิธี Purge and Trap Gas Chromatography Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หมายเหตุ :

- การตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินใช้วิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) หรือตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
- วิธีการเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำใต้ดินให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543)

2.2.3.2 น้ำบาดาล (Ground water)

น้ำบาดาล คือ น้ำใต้ดินสะสมตัวอยู่ในชั้นดินโปร่งที่ทับอยู่เหนือชั้นดินแน่น ดังนั้นน้ำชั้นบนจึงถูกดันตัวขึ้นมาจากดินเป็นน้ำพุหรือบ่อบาดาลหรือบ่อน้ำซับอันเป็นชั้นดินที่อุ้มน้ำไว้นั้นต้องอยู่ที่ที่ เป็นเนินหรือเป็นช่องทางน้ำไหลอันเป็นแหล่งที่น้ำไหลมาจะต้องอยู่ในพื้นที่ที่สูงกว่าที่ซึ่งน้ำพลุ่ง ออกมาจากแหล่งน้ำใต้ดินนั้น น้ำบาดาลเป็นน้ำสะอาด ไม่มีเชื้อโรค เพราะน้ำชนิดนี้ไหลซึมผ่านผิวดินลงไปลึก ดินจะกรองเอาสารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำและเชื้อโรคไว้เกือบหมด ส่วนบรรดาสารอินทรีย์บางชนิดที่ละลายอยู่ในน้ำจะถูกแบคทีเรียในดินทำลายไปเกือบหมด

น้ำบาดาลปลอม (Perched Aquifer) คือ น้ำไหลซึมลงไปใต้ดินสู่โซนสัมผัสอากาศมีชั้นหินเนื้อแน่นที่น้ำซึมผ่านไม่ได้เป็นแอ่งโค้งงอ เมื่อน้ำฝนและน้ำท่าไหลซึมลงสู่โซนสัมผัสอากาศ น้ำส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักไว้บนชั้นหินเนื้อแน่นนี้ ซึ่งไม่ถือว่าเป็นน้ำบาดาล เรียกว่า ชั้นน้ำบาดาลปลอม เมื่อขุดบ่อลงไปครั้งแรกจะสูบตักน้ำได้มาก นานๆเข้าน้ำก็จะหมด

2.3 คุณสมบัติของน้ำประปา

น้ำประปาที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคจะต้องมีลักษณะคุณภาพที่ดี ปราศจากกลิ่นและสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานของน้ำประปาขึ้น และคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำประปาที่ได้กำหนดไว้มีดังนี้

2.3.1 คุณสมบัติทางด้านกายภาพ (Physical Characteristics)

ลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ ซึ่งสามารถกำจัดออกจากน้ำ ได้ด้วยวิธีสามัญ และมักเป็นอันตรายน้อยกว่าสารในน้ำประเภทอื่น

1. ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่น เกิดขึ้นเนื่องจากมีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น ดินโคลน ทรายละเอียด และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก จำพวกสาหร่ายเซลล์เดียว แพลงก์ตอน สารที่อยู่ในน้ำสามารถทำให้เกิดแสงหักเหและอาจดูดแสงเอาไว้

มิให้ผ่านทะลุไปจึงทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น ความขุ่นเป็นสิ่งที่สามารถวัดได้ง่าย มักใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดน้ำ เช่น การกรอง การตกตะกอน เป็นต้น น้ำประปาเพื่อชุมชนไม่ควรมีความขุ่นเกิน 5 หน่วย (NTU) เพื่อไม่ให้เป็นที่รังเกียจและเพื่อความปลอดภัยในการอุปโภคบริโภค

2. สี (Color)

สีส่วนใหญ่เกิดจากพืชหรือใบไม้ที่เน่าเปื่อย มักจะมีสีชา สีของน้ำอาจเกิดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยออกมาจากโรงงาน การที่น้ำมีสีที่ผิดปกติจะทำให้น้ำไม่น่าที่จะนำมาใช้อุปโภคบริโภค ดั้งนั้นการกำจัดสีออกจากน้ำเป็นสิ่งจำเป็น สีของน้ำจะแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- สีจริง (True color) คือ สีที่เกิดจากสารอินทรีย์ที่ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกับน้ำซึ่งย่อยสลายยาก ประเภทกรดฮิวมิคและฟัลวิค (Humic Acid & Fulvic Acid) กรดเหล่านี้เป็นสารที่มีความคงตัวสูงมาก จนไม่สลายตัวอีกต่อไปแล้ว การกำจัดสีจริงนี้ไม่อาจทำได้โดยง่าย

- สีปรากฏ (Apparent color) คือ สีที่เกิดจากสารแขวนลอยต่างๆ สามารถกำจัดออกโดยวิธีทางกายภาพ เช่น การตกตะกอน หรือการกรอง การกำจัดสีปรากฏออกไปจะทำให้เห็นสีจริงของน้ำ

3. กลิ่น (Odor)

กลิ่นในน้ำมักเกิดจากการที่น้ำมีจุลินทรีย์บางชนิด เช่น สาหร่าย โปรโตซัวฯลฯ หรือเกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำในสภาวะขาดแก๊สออกซิเจน ทำให้เกิดแก๊สไข่เน่า (H_2S) หรืออาจเกิดจากการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด เช่นโรงงานผลิตยา โรงงานผลิตอาหาร ฯลฯ หรืออาจเกิดจากการปนเปื้อนสารเคมีจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การใช้คลอรีนทำลายเชื้อโรคในน้ำ ฯลฯ

4. รสชาติ (Taste)

รสชาติในน้ำเกิดจากการละลายน้ำของพวกเกลืออนินทรีย์ (Dissolved organic salt) เช่น ทองแดง เหล็ก โพแทสเซียม เกลือโซเดียม หรือสังกะสี ฯลฯ หรือสารประกอบของกรดและด่าง

5. อุณหภูมิ (Temperature)

การที่อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากธรรมชาติอันเนื่องมาจากดินฟ้าอากาศซึ่งเป็นเรื่องปกติที่ไม่สามารถจะป้องกันแก้ไขได้ แต่ในบางครั้งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ อาจเกิดจากการที่น้ำได้รับการปนเปื้อนจากน้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์หรือจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าปกติ

2.3.2 คุณสมบัติทางด้านเคมี (Chemical Characteristics)

คุณสมบัติของน้ำที่มีองค์ประกอบของสารเคมี และอาศัยหลักการหาโดยปฏิกิริยาเคมี ถูกกำหนดปริมาณโดยข้อบังคับหรือกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำสำหรับการบริโภค ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ความกระด้าง เหล็ก แมงกานีส คลอไรด์ ฟลูออไรด์หรือพวกโลหะหนักต่าง ๆ เป็นต้น

1. พีเอช (pH)

การหาค่าพีเอชคือการวัดค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน หรือการวัดถึงความสามารถของกรดหรือด่างที่มีปฏิกิริยากับน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออน ใช้เครื่องมือในการวัดที่เรียกว่า พีเอชมีเตอร์ ความเป็นกรด-ด่างมีค่าตั้งแต่ 0-14 น้ำบริสุทธิ์จะมีค่าพีเอชเป็น 7 ภาวะความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีผลต่อคุณภาพน้ำ ปกติน้ำตามธรรมชาติจะมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.0-8.5 การหาค่าพีเอชของน้ำช่วยให้เกิดประโยชน์ คือ ช่วยในการควบคุมการกัดกร่อนของน้ำทำให้หาปริมาณการเติมสารเคมีในน้ำได้ถูกต้อง และช่วยควบคุมการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ในกรณีที่พบว่าคุณภาพน้ำมีสภาพเป็นกรดโดยมีค่าพีเอชต่ำกว่า 6.5 อาจใช้โซดาไฟ (NaOH), ปูนขาว ($Ca(OH_2)$), โซดาแอช (Na_2CO_3), โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$), แคลเซียมคาร์บอเนต (Ca_2CO_3), แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Na_4OH) แม้ว่าปูนขาวเป็นสารเคมีที่มีราคาถูกแต่สามารถ

ละลายน้ำได้น้อยมาก ดังนั้นหากเราใช้สารเคมีจำนวนน้อยในการเพิ่มพีเอช ก็ไม่ควรใช้ปูนขาว แต่ควรใช้โซดาไฟ (NaOH) ซึ่งละลายน้ำได้ดี แต่ถ้าต้องการปรับพีเอชให้เป็นกลาง ให้ใกล้เคียง 7 ควรใช้สารประกอบพวกโซดาแอช แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไบคาร์บอเนต ดีกว่าพวกปูนขาวหรือโซดาไฟเพราะว่าจะคุมระดับพีเอชได้ละเอียดกว่า

2. ความกระด้าง (Hardness)

น้ำกระด้างหมายถึงน้ำที่เมื่อทำปฏิกิริยากับสบู่แล้วทำให้สบู่เกิดฟองได้ยาก สาเหตุที่ทำให้เกิดความกระด้าง เนื่องจากน้ำมีพวกเกลือไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) เกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) เกลือคลอไรด์ (Cl^-) และเกลือไนเตรต (NO_3^-) รวมตัวกับธาตุต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ธาตุแคลเซียม (Ca) และธาตุแมกนีเซียม (Mg) ความกระด้างของน้ำตามธรรมชาติเกิดจากเกลือของพวกไบคาร์บอเนต และเกลือซัลเฟตเป็นส่วนใหญ่ ความกระด้างของน้ำแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ความกระด้างชั่วคราว และความกระด้างถาวรดังนี้

- ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness) หมายถึงน้ำกระด้างที่เกิดจากเกลือของพวกไบคาร์บอเนต (Carbonate Hardness) ความกระด้างชั่วคราวของน้ำนี้กำจัดออกจากน้ำด้วยการต้มเพื่อให้เกิดตะกอนของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต

- ความกระด้างถาวร (Permanent Hardness) หมายถึงความกระด้างของน้ำที่เกิดจากน้ำที่เกิดจากเกลือของพวกซัลเฟตหรือเกลือของคลอไรด์ รวมตัวกับธาตุแคลเซียมหรือธาตุแมกนีเซียมซึ่งบางครั้งเรียกว่ากระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนต (Noncarbonate Hardness)

3. เหล็กและแมงกานีส (Iron and Manganese)

ธาตุเหล็กโดยทั่ว ๆ ไปจะอยู่ในรูปสารไม่ละลายน้ำ (Insoluble form) ถ้าอยู่ในดินและแร่ธาตุก็จะอยู่ในรูปของสารไม่ละลายน้ำในรูปเฟอริคออกไซด์ (Fe_2O_3) ในดินบางแห่งจะมีเฟอรัสคาร์บอเนตซึ่งละลายน้ำเล็กน้อย ถ้าในน้ำมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ เหล็กในรูปดังกล่าวละลายน้ำได้ดี เหล็กละลายน้ำได้ดีที่พีเอชต่ำกว่า 3.5 เหล็กและแมงกานีสมักจะพบอยู่ควบคู่กันเสมอ แมงกานีสมักอยู่ในดินเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ (manganese dioxide) ซึ่งไม่ละลายน้ำที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากเมื่อน้ำอยู่สภาวะขาดแก๊สออกซิเจนจึงจะทำให้ละลายน้ำได้โดยเปลี่ยนวาเลนซี (valency) จาก 4 เป็น 2

4. คลอไรด์ (Chloride)

คลอไรด์ที่ละลายอยู่ในน้ำตามธรรมชาติจะละลายอยู่ในปริมาณความเข้มข้นแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับว่าน้ำจะไหลผ่านพื้นดินหรือชั้นดินที่มีปริมาณคลอไรด์อยู่มากเพียงใดโดยเฉพาะในน้ำผิวดินที่ใกล้ปากน้ำ หรือบริเวณที่น้ำทะเลหนุนขึ้นมาถึงได้ โดยปกติคลอไรด์ในน้ำไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่อาจเป็นครรชนีของความสกปรกในน้ำเช่นเดียวกับแอมโมเนียและไนเตรต สิ่งสกปรกที่เข้ามาปะปนอาจจะมาจากเกลือที่มีอยู่ในน้ำเสียที่มีอยู่ในปัสสาวะหรือเหงื่อไคล คลอไรด์ของน้ำใต้ดินบริเวณที่มีเกลือสินเธาว์หรือคลอไรด์ของเกลือในน้ำทะเล

5. ฟลูโอไรด์ (Fluoride)

โดยทั่วไปแล้วน้ำในธรรมชาติมักไม่มีฟลูโอไรด์ละลายอยู่ แต่เนื่องจากฟลูโอไรด์มีความสำคัญต่อสุขภาพฟัน เพราะถ้ามีฟลูโอไรด์มากกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้เกิดฟันเป็นคราบ (mettled enamel) ซึ่งถ้ามีฟลูโอไรด์น้อยเกินไปอาจทำให้เกิดโรคฟันเปราะหรือหักง่าย(Dental carries) ขนาดที่เหมาะสมที่ควรมีในน้ำดื่ม คือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

6. ตะกั่ว (Lead)

โดยทั่วไปแล้วน้ำตามธรรมชาติจะไม่มีตะกั่ว การที่น้ำมีตะกั่วจึงมักเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และการอุตสาหกรรม เช่น เกิดจากการที่น้ำไหลผ่านท่อที่ทำด้วยเหล็กหรือมีเหล็กเป็นส่วนผสม ไอเสียของรถยนต์ การใช้สีตะกั่วหรือสีผสมตะกั่ว การใช้ยาฆ่าแมลงในการเกษตรเครื่องสำอาง เป็นต้น ในน้ำดื่มไม่ควรมีตะกั่วจนถึงระดับที่วัดได้ น้ำบาดาลอาจมีตะกั่วสูงถึง 15 มก./ล. ในขณะนี้ยังไม่มีข้อมูลที่บอกถึงระดับตะกั่วที่ร่างกายมนุษย์สามารถทนได้ พิษจากตะกั่วทำให้ร่างกายมีความผิดปกติต่างๆ เช่น กล้ามเนื้อแขนวายอย่างช้าๆ เป็นต้น ร่างกายสามารถขับถ่ายตะกั่วออกมาได้เพียงบางส่วนและส่วนที่เหลือสะสมอยู่ภายในร่างกายซึ่งเป็นอันตรายได้ภายหลัง ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทางเช่น ทางอาหาร ลมหายใจ และ

150723991

ทางควันยาสูบ รวมทั้งทางน้ำดื่มและเครื่องดื่มมึนเมา ตะกั่วอาจรวมอยู่ในสารอื่นของน้ำธรรมชาติและสามารถกำจัดออกไปโดยกระบวนการตกตะกอนด้วยสารเคมี และการกรอง

ปร
ม2350
2562
c.2

7. ทองแดง (Copper)

ธาตุทองแดงเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นของมนุษย์ แต่มนุษย์ต้องการทองแดงน้อยมาก ส่วนที่ร่างกายได้รับมากเกินไปจะถูกขับออกไปจากร่างกายโดยไม่มีการสะสมเหมือนกับปรอทหรือตะกั่ว การบริโภคทองแดงประมาณ 60-100 มิลลิกรัมอาจทำให้เกิดอาการผิดปกติกับกระเพาะอาหาร น้ำประปาอาจได้รับทองแดงจากการผุกร่อนหรือละลายตัวของท่อทองแดง การใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) ในการป้องกันสาหร่ายในแหล่งน้ำดิบอาจทำให้ระดับทองแดงในน้ำดิบและน้ำประปามีปริมาณสูงจนก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

8. สังกะสี (Zinc)

โดยทั่วไปในน้ำผิวดินธรรมชาติมักจะมีปริมาณสังกะสีละลายอยู่ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำที่มีปริมาณสังกะสีสูง 30 มก./ล. ทำให้เกิดอาการคลื่นเหียนและเป็นลมได้ การกำจัดปริมาณสังกะสีให้อยู่ที่ 5 มก./ล. ดูเหมือนว่าเป็นไปเพื่อป้องกันมิให้เกิดรสมากกว่าจะเป็นเหตุผลทางการแพทย์ ทั้งนี้เพราะสังกะสีอาจรวมอยู่กับคลอไรด์และซัลเฟต ทำให้กลายเป็นสารละลายที่มีรสไม่ชวนดื่มการเกิดสังกะสีละลายอยู่ในน้ำอาจเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น เกิดจากการกัดกร่อนท่อน้ำหรือภาชนะที่ทำด้วยภาชนะที่ทำด้วยทองแดง และเหล็กอาบสังกะสี ยางรถยนต์ ฯลฯ สังกะสีมีอยู่ในน้ำเสียของโรงงานชุบโลหะ โรงงานประกอบรถยนต์หรือจักรยานยนต์ โรงงานผลิตเส้นใย เรยอน การกำจัดสังกะสีออกจากน้ำกระทำได้โดยวิธี Ion Exchange หรือตกผลึกด้วยปูนขาว หรือสารประกอบซัลไฟต์ วิธีป้องกันไม่ให้น้ำมีสังกะสีสูงกว่า 1 มก./ล. อาจกระทำได้โดยทำให้พีเอชของน้ำสูงกว่า 8 แล้วกรองด้วยเครื่องกรองน้ำ

9. ไนไตรต์ (Nitrite)

โดยปกติในน้ำธรรมชาติที่ไม่ได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกนั้นจะไม่มีไนไตรต์ละลายอยู่ ไนไตรต์เกิดจากปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์ในการออกซิเดชันพวกแอมโมเนียได้ไนไตรต์เป็นอันดับแรกก่อนที่จะกลายเป็นไนเตรต

10. ไนเตรต (Nitrate)

มีอยู่ในธรรมชาติในปริมาณน้อยมากอาจเกิดจากพวกพืช หรือสัตว์ที่มีอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ และอาจเกิดจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเช่นเดียวกันกับที่กล่าวแล้วในเรื่องของการเกิดไนไตรต์ และการที่ในน้ำมีไนเตรตอาจจะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นไนไตรต์ในสภาวะที่ไม่มีอากาศหรือออกซิเจนในน้ำ

11. สารหนู (Arsenic)

การที่ในน้ำมีสารหนูอาจเกิดเนื่องจากการไหลของน้ำผ่านชั้นดินหรือหินที่มีสารหนูที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์อันได้แก่ การใช้ยาฆ่าศัตรูพืช หรือสัตว์ หรือปุ๋ย หรือผงซักฟอกที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ หรืออาจมีในอาหารทะเลบางชนิด นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ในน้ำที่ใช้ดื่มต้องไม่มีสารหนูอยู่เลย เนื่องจากถ้าบริโภคสารหนูเพียง 100 มก. สามารถเป็นอันตรายถึงชีวิตได้สารนี้สามารถสะสมอยู่ในร่างกายและทำให้เป็นอันตรายได้ในระยะยาว นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกด้วยว่าสารหนูเป็นต้นเหตุของมะเร็ง สารพิษตัวนี้อาจมีโอกาสพบในน้ำบาดาลได้บ่อยกว่าสารพิษตัวอื่น

2.3.3 คุณสมบัติทางด้านชีวภาพ (Biological Characteristics)

หมายถึงการที่น้ำมีสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ อยู่ในน้ำ สิ่งที่มีชีวิตที่อยู่ในน้ำมีมากมาย ตั้งแต่พืชน้ำ สัตว์น้ำ แพลงตอน และจุลินทรีย์ซึ่งมีทั้งประโยชน์และโทษต่อมนุษย์ จุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค (Nonpathogenic

microorganism) ได้แก่ พวกแบคทีเรีย โปรโตซัว สาหร่าย หรือราบางชนิด จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic Microorganism) ได้แก่ ไวรัส แบคทีเรีย โปรโตซัว หนอนพยาธิ เป็นต้น โดยเชื้อเหล่านี้ปะปนไปในแหล่งน้ำ ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านแบคทีเรียจึงให้ข้อมูลเบื้องต้นแสดงถึงการปนเปื้อนของแบคทีเรียในน้ำ ซึ่งแบคทีเรียที่มีผลต่อคุณภาพน้ำนั้นแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ

1) Pathogenic bacteria พวกนี้ทำให้เกิดโรคโดยตรง อาศัยน้ำเป็นสื่อ เช่น อหิวา บิดมีเชื้อ ท้องร่วงอย่างแรง เชื้อพวกนี้มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมได้น้อยมักตายได้ง่าย เมื่อออกจากร่างกายมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่น การวิเคราะห์หาได้ค่อนข้างยากลำบากต้องใช้เทคนิคสูงจึงไม่นิยมนำมาเป็นมาตรการตรวจคุณภาพน้ำ เว้นเสียแต่ต้องการทราบแน่ชัดว่าเป็นโรคอะไรแน่จึงทำการตรวจวิเคราะห์หาเชื้อชนิดนั้น ๆ

2) Non - Pathogenic bacteria พวกนี้ไม่ทำให้เกิดโรคร้ายแรง พบได้ในอุจจาระของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น ถึงร้อยละ 95 มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมได้ดี ถ้าตรวจพบแสดงว่าน้ำอาจจะมีการสัมผัสเปรอะเปื้อน (contaminate) กับอุจจาระมาแล้วจึงนิยมใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความสกปรกของน้ำ และเป็นการชี้เตือนว่าอาจจะมีเชื้อโรคที่เป็นอันตรายปะปนมาด้วย ในกลุ่มเชื้อพวกนี้ ได้แก่ Coliform group , *Escherichia coli (E.coli)* หรือ *Streptococcus faecalis* เป็นต้น

การประเมินคุณภาพน้ำทางด้านแบคทีเรีย มักใช้จุลินทรีย์ที่สำคัญ 2 กลุ่ม เป็นเครื่องชี้บอก หรือแสดงการปนเปื้อนของแบคทีเรีย กลุ่มของแบคทีเรียเหล่านี้ได้แก่ (ฝ่ายวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2535)

1) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย หมายถึง กลุ่มของ aerobic และ facultative anaerobic bacteria ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ย้อมติดสีแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ มีรูปร่างเป็นแท่งและสามารถหมักย่อยน้ำตาลแลคโตสที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสภายในเวลา 24-48 ชั่วโมง และให้ผลเป็นกรดและแก๊ส แบคทีเรียกลุ่มนี้พบทั่วไปในดิน น้ำ อากาศ โดยเฉพาะในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น โคลิฟอร์มแบคทีเรียเหล่านี้ได้แก่ กลุ่มของแบคทีเรีย เช่น *Escherichia, Enterobacter, Citrobacter* และ *Serratia*

2) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ได้แก่ แบคทีเรียที่มีแหล่งกำเนิดจากอุจจาระของคนและสัตว์เลือดอุ่น แบคทีเรียชนิดนี้สามารถหมักย่อยน้ำตาลแลคโตสที่อุณหภูมิ 44.5 + 0.2 องศาเซลเซียสภายในเวลา 24 ชั่วโมง ได้แก่แบคทีเรียในสกุล *Escherichia*

แบคทีเรียในน้ำเป็นมลพิษในน้ำบริโภคที่สำคัญที่สุด เพราะเป็นสาเหตุของโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ เช่น บิด อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ และโรคในระบบทางเดินอาหารต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญของประเทศไทย และประเทศกำลังพัฒนาทั่วโลก และจากการสำรวจคุณภาพน้ำบริโภคในประเทศไทยก็พบว่าแบคทีเรียเป็นมลพิษสำคัญในน้ำ ทำให้น้ำบริโภคไม่ได้มาตรฐานถึงร้อยละ 70 แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคมีหลายชนิด แต่การวิเคราะห์หาชนิดของแบคทีเรียดังกล่าวทำได้ยากในการตรวจหาเชื้อโรคที่เป็นอันตรายนั้น โดยทั่วไปตรวจหาเชื้อโรคซึ่งมีอยู่ในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์และสัตว์แทน เชื้อโรคชนิดนี้เรียกว่า "Coliform Group" ซึ่งจะเป็นตัวชี้ว่ามีเชื้อโรคอันตรายอยู่มากน้อยแค่ไหน เชื้อโรค นี้จะออกปะปนมากับอุจจาระ ถ้าตรวจพบเชื้อโรคกลุ่มนี้มากในน้ำแสดงว่าน้ำนั้นไม่ปลอดภัย

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

รายการ	มาตรฐานน้ำประปา
1.คุณลักษณะทางกายภาพ	
สี(Colour) ,Pt-Co unit	15
รส (Taste)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
กลิ่น (Odour)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
ความขุ่น (Terbidity) , NTU	5
ความเป็นกรด-ด่าง (pH range)	6.5 – 8.5
2.คุณลักษณะทางเคมี (mg/l)	
ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (Total dissolved solids)	600
เหล็ก (Fe)	0.3
แมงกานีส (Mn)	0.4
ทองแดง (Cu)	2.0
สังกะสี (Zn)	3.0
ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness) as $CaCO_3$	300
ซัลเฟต (SO_4)	250
คลอไรด์ (Cl)	250
ฟลูออไรด์ (F)	1.0

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

รายการ	มาตรฐานน้ำประปา
ไนเตรต (NO_3) as NO_3	50
3.คุณลักษณะทางสารเป็นพิษ : โลหะหนัก (mg/l)	
ปรอท (Hg)	0.001
ตะกั่ว (Pb)	0.01
สารหนู (As)	0.01
ซิลิเนียม (Se)	0.01
โครเมียม (Cr)	0.05
ไซยาไนด์ (CN)	0.07
แคดเมียม (Cd)	0.003
แบเรียม (Ba)	0.7
4.คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา (ต่อ 100 ml.)	
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria)	ไม่พบ
อี โคไล (E. colt)	ไม่พบ
สแตฟฟิลโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus)	ไม่พบ
แซลโมเนลลา (Salmonella)	ไม่พบ
คลอสทริเดียว เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens)	ไม่พบ

ที่มา: http://www.pwa.co.th/service/download/pwastandard50-1.pdf

2.4 ระบบผลิตน้ำประปา

2.4.1 การตกตะกอน

1. ถังกวนเร็ว (Rapid mixing)

ถังกวนเร็วเป็นส่วนที่มีการเติมสารสร้างตะกอน (Coagulant) หรือ/และ สารช่วยตกตะกอน (coagulant aid) และกวนให้เข้ากันเพื่อทำลายเสถียรภาพของอนุภาค ให้จับตัวกับตะกอนอย่างทั่วถึง

ก. การกวนโดยไม่ใช้เครื่องจักรกล เหมาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนาเพราะไม่ต้องใช้เครื่องจักร ทำให้ไม่ต้องเสียค่าดูแลรักษาเครื่องจักร ซึ่งทำให้เกิดความปั่นป่วนของน้ำโดยการลดขนาดทางไหล ลดระดับการไหล

ข. การกวนโดยใช้เครื่องจักรกล 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) เป็นอย่างมากถ้ามีการผสมเร็วเกิดขึ้นหรือช้าเกินไป น้ำบางส่วนจะสัมผัสกับสารเคมีมากเกินไปและบางส่วนจะไม่สัมผัสกับสารเคมีเลยถ้ากวนแรงมากไป ฟล้อกที่เกิดขึ้นแล้วจะแตกออกหลุดเป็นอนุภาคคอลลอยด์อีก

ตาราง 2.5 เกณฑ์ออกแบบถังผสมเร็ว

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 อุดมสินโรจน์, 2549

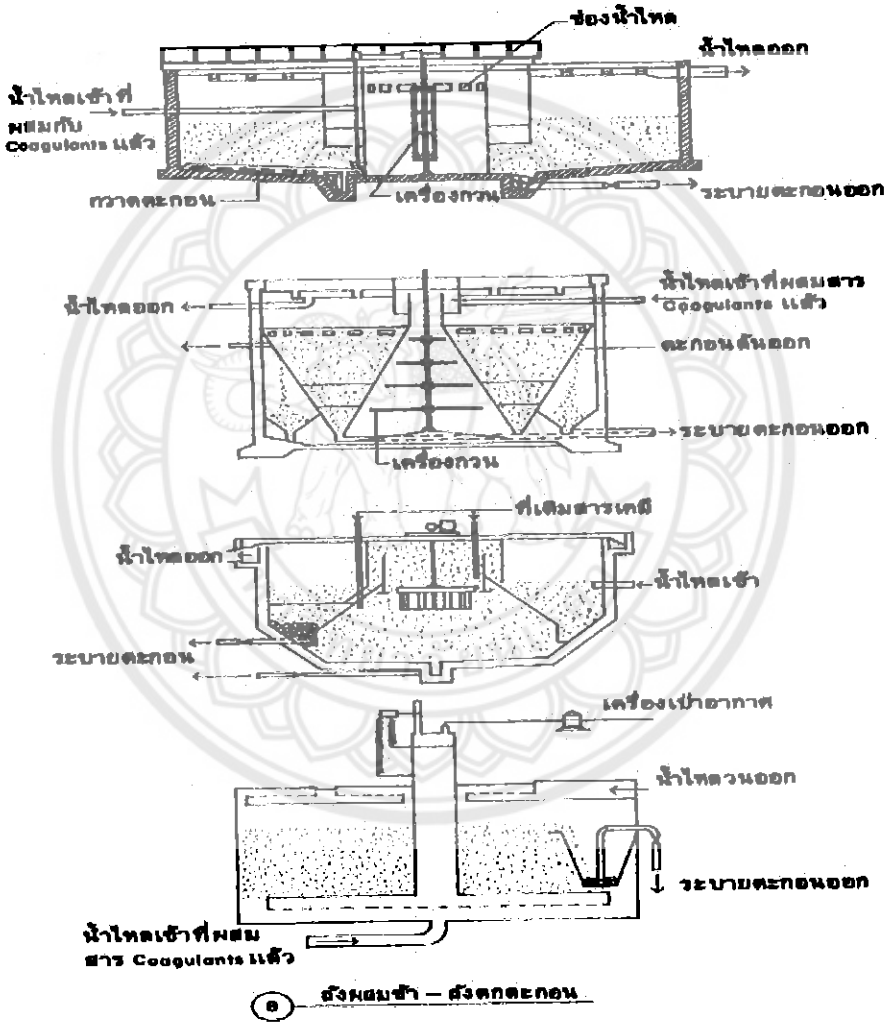
2. ถังกวนช้า (Flocculation Tank)

กระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการที่ทำให้ตะกอนทางเคมีเกิดการสร้างเป็นตะกอนขนาดใหญ่ที่อยู่ในสภาพที่เสถียรมากขึ้น โดยเกิดการทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีที่เลือกขึ้นมา ซึ่งพิจารณาจากองค์ประกอบหลายประการ อาทิ ค่าการละลายที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ความสามารถในการทำปฏิกิริยากับตะกอนที่มีอยู่ในน้ำ จนเกิดเป็นตะกอนของแข็งที่ง่ายต่อการแยกเอาออกจากน้ำด้วยกระบวนการตกตะกอน โดยปกติแล้วในกระบวนการดังกล่าว ประกอบไปด้วยขั้นตอนของการทำลายเสถียรภาพ ของตะกอนเดิมเสียก่อนด้วยกระบวนการกวน จากนั้นจึงปล่อยให้เกิดการสร้างตะกอนใหม่เองหรือด้วยกระบวนการกวนอย่างช้าจนได้เป็นตะกอนขนาดใหญ่ แล้วทำการแยกออกจากน้ำด้วยกระบวนการตกตะกอน

เมื่อสารเคมีกับน้ำผสมกันดีแล้วในถังกวนเร็ว ขั้นต่อมาน้ำที่ไหลออกจากถังกวนเร็วจะไหลเข้าสู่ถังกวนช้า เพื่อที่จะทำให้สารละลายเคมีมีโอกาสเกาะติด หรือจับตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ ในน้ำดิบ ซึ่งมีผลทำให้ตะกอนต่างๆ มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักของตะกอนเหล่านี้เพิ่มขึ้น ตะกอนเหล่านี้จึงเรียกว่า ฟล็อก (Floc) การเกิดฟล็อกจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง 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 ระบบการผสมช้ามีปัจจัยต้องคำนึงถึงมากมาย ซึ่งมีมากกว่าของระบบการกวนเร็ว ดังนั้นการทดลองเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับช่วยในการวิเคราะห์ระบบกวนช้า ถังกวนช้ามีอยู่ด้วยกันหลายแบบแต่สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ 2 ประเภท คือ ถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน และถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน ถังกวนช้าแบบต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.3 กระบวนการกวนช้า

ที่มา: www.mwater.in.th

ถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน

สมการที่ใช้ในการคำนวณออกแบบถังกวนช้า แบบใช้แผ่นกวน ซึ่งอาจทำด้วยแผ่นไม้ พลาสติก ฯลฯ

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

เมื่อ P = กำลังที่ต้องการใช้, วัตต์

C_D = ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่วง (สำหรับแผ่นกวนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีค่าเท่ากับ 1.8)

A = พื้นที่แผ่นของของเหลว, กก./ม^3

ρ = ความหนาแน่นของของเหลว, กก./ม^3

V = ความเร็วสัมพันธ์ของแผ่นกวนในของเหลว, ม. /วินาที [0.7 – 0.8 เท่าของความเร็วหมุนของแผ่นกวน (VP)]

และใช้สมการ เพื่อคำนวณหาค่า G เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมโดยตาราง 2.5 ที่ได้แสดงเกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน

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 อุดมสินโรจน์, 2549

ถังผสมช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางสลับกัน

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

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

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 อุดมสินโรจน์, 2549

3. ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank)

การตกตะกอนในระบบผลิตน้ำประปาเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมากกระบวนการหนึ่ง ทำหน้าที่แยกตะกอนออกจากน้ำดิบ ทำให้น้ำใส สำหรับตะกอนที่อยู่ก้นถังจะถูกสูบออกหรือปล่อยออกเครื่องสูบตะกอน

สมการเคมีการเกิดตะกอนของโคแอกกูแลนท์ต่างๆมีดังต่อไปนี้

Aluminium sulfate

$$Al_2(SO_4)_3.14H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \longleftrightarrow 2Al(OH)_3(s) + 3CaSO_4 + 6CO_2 + 14H_2O$$

Ferric sulfate

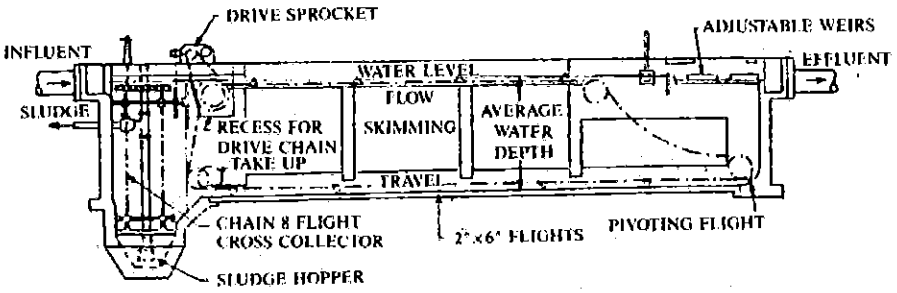
$$Fe_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \longleftrightarrow 2Fe(OH)_3(s) + 3CaSO_4 + 6CO_2$$

Ferric chloride

$$FeCl_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \longleftrightarrow 2Fe(OH)_3(s) + 3CaCl_2 + 6CO_2$$

ถังตะกอนแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ โดยแบ่งตามลักษณะทิศทางการไหลของน้ำ

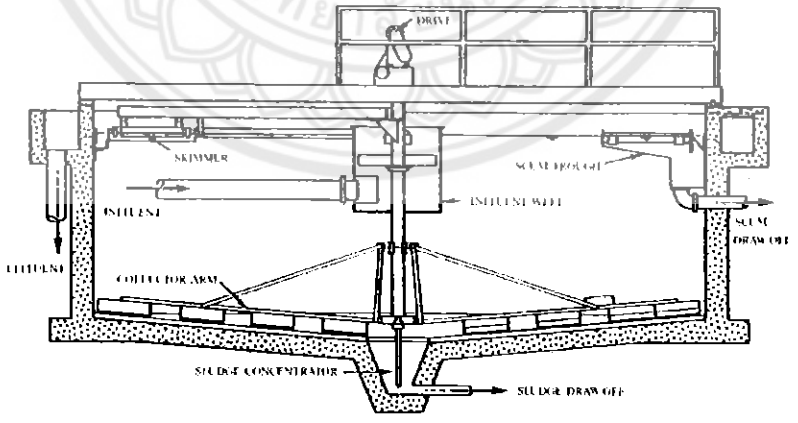
1. ประเภทที่ 1 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวนอน (Horizontal flow) โดยมากจะเป็นถังรูปตะกอนสี่เหลี่ยมผืนผ้า มักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ ซึ่งมีเวลากักน้ำนานมาก มีหน้าที่บังน้ำดิบที่มีความขุ่นมากให้อยู่นิ่งเพื่อให้ตกตะกอนขนาดใหญ่จมลงก้นบ่อ เพื่อลดภาระของกระบวนการโคแอกกูเลชั่น



รูปที่ 2.4 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวนอน

ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542

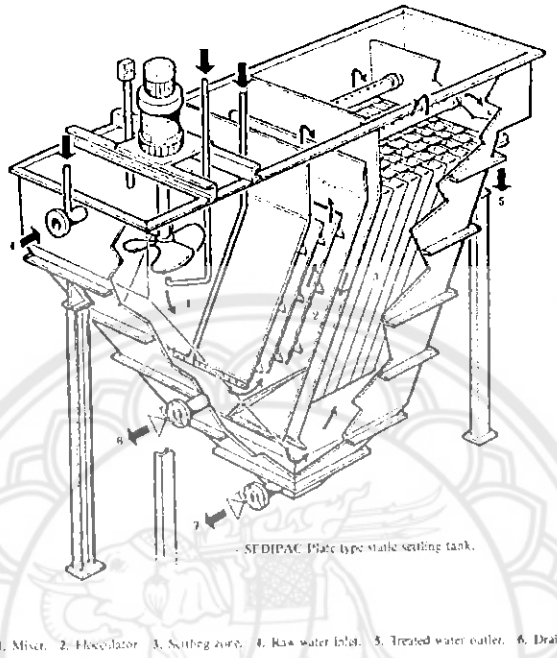
2. ประเภทที่ 2 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวดิ่ง (Vertical flow) โดยมากจะเป็นถังตะกอนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและทรงกลม ถังแบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้กำจัดความกระด้างด้วยปูนขาวและโซดาแอช เพราะมีถังกวนเร็วและกวนถังช้ารวมอยู่ในถังตกตะกอนด้วย



รูปที่ 2.5 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวดิ่ง

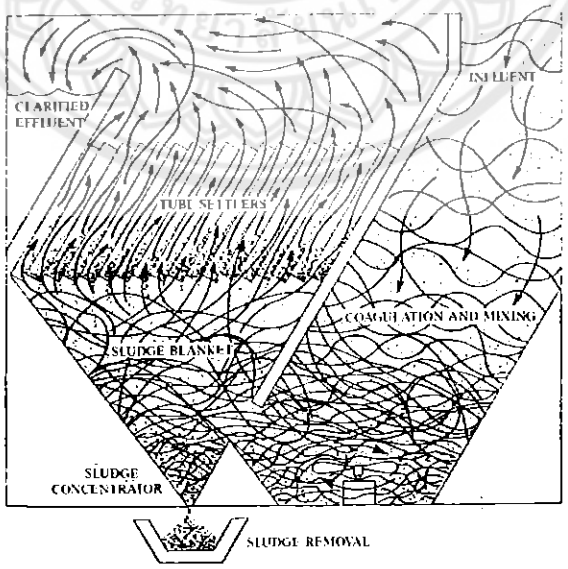
ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542

3. ประเภทที่ 3 ถังตกตะกอนแบบไหลไปตามแผ่นหรือท่อเอียง (Plate type หรือ Tube type) เป็นถังที่มีแผ่นหรือท่อวางเอียงอยู่ในน้ำ ช่วยลดความลึกในการตกตะกอนของอนุภาคความขุ่น ช่วยให้ถังตกตะกอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ถ้ายิ่งสอดแผ่นหรือท่อมากยิ่งทำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นอีก



รูปที่ 2.6 ถังตกตะกอนแบบแผ่น

ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542



รูปที่ 2.7 ถังตกตะกอนแบบท่อ

ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542

ค่าเกณฑ์ออกแบบของถังตกตะกอนประเภทต่าง ๆ แสดงในตาราง 2.7-2.10 ส่วนถังตกตะกอนที่มีระบบ Coagulation-Flocculation ซึ่งนิยมเรียกว่า Solid contact ทำหน้าที่ทั้งเกิดปฏิกิริยาเคมีและการตกตะกอน เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายทั้งระบบประปาขนาดเล็ก ขนาดใหญ่

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เกณฑ์การออกแบบ	ค่าออกแบบ
ความกว้างของถัง, ม.	1.50-7.50
ความกว้าง : ความยาว, ม./ม.	1:3-5
ความยาวของถัง (ทั่วไป), ม.	30.00
ความยาวของถัง (ยาวที่สุด), ม.	75.00
ความลึกของน้ำในถัง (ตื้นที่สุด), ม.	2.50
ความลึกของน้ำในถัง, ม.	3.00-5.50
ความเร็วของน้ำไหลในแนวนอน (มากที่สุด), ม./นาที	0.15 – 0.9
ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นกับผิวกำแพงทางเข้า, เท่าของความยาวถัง	0.05-0.10
ความลาดของพื้นก้นถัง, ม./ม.	0.01
อัตราน้ำล้นฝาย, ลบ.ม./(ม^2.วัน)	
- มีปริมาณตะกอนสารส้มน้อย (น้ำดิบมีความขุ่นน้อย)	143-179
- มีปริมาณตะกอนสารส้มมาก (น้ำดิบมีความขุ่นมาก)	180-268
- มีปริมาณปูนขาวมาก (กำจัดความกระด้าง)	269-322
อัตราน้ำล้นของถัง, ลบ.ม./(ม^2.วัน)	
- มีตะกอนฟล็อกจากสารส้มหรือเหล็ก	14-22
- มีตะกอนฟล็อกจากปูนขาว	23-82
เวลาเก็บกักของถัง, ชม.	
- มีตะกอนฟล็อกจากสารส้มหรือเหล็ก	2-4
- มีตะกอนฟล็อกจากปูนขาว	1-2

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

ตารางที่ 2.9 เกณฑ์ออกแบบถังตะกอนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปทรงกลม

เกณฑ์การออกแบบ	ค่าออกแบบ
ขนาดกว้างหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง, ม.	<45
ความลาดของพื้นก้นถังแบบใช้เครื่องกวาดตะกอน, ม./ม.	0.60-0.61
ความลาดของพื้นก้นถังแบบไม่ใช้เครื่องกวาดตะกอน, องศา	45-65
อัตราน้ำล้นของถังขนาดไม่เกิน 0.35 ลบ.ม. ต่อนาที,$ม^3/(ม^2.วัน)$	12-24
อัตราน้ำล้นของถังขนาดเกิน 0.35 ลบ.ม. ต่อนาที,$ม^3/(ม^2.วัน)$	30-45
ความลึกของน้ำในถัง,ม.	3-5
เวลาตกตะกอน, ชม.	1-3
อัตราน้ำล้นฝาย, ลบ.ม./(ม.วัน)	170
รางน้ำล้นห่างจากขอบถัง, เท่าของขนาดรัศมีถัง	0.15-0.20

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

ตารางที่ 2.10 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนแบบท่อหรือแผ่นเอียง

เกณฑ์การออกแบบ	ค่าออกแบบ
ความลาดของท่อหรือแผ่นเอียง , องศา	5-60
ขนาดท่อเอียง, ซม.	5
ระยะห่างระหว่างท่อเอียงกับทางน้ำเข้า, เท่าของความยาวของถัง	0.3-0.5
พื้นที่ของท่อเอียงคลุมพื้นที่ถัง, เท่าของพื้นที่ถัง	0.5-0.75
ระยะจุ่มน้ำของปลายบนท่อเอียง, ม.	0.60-1.20
อัตราน้ำล้นของถัง, ลบ./$(ม^2.วัน)$	
- ถังสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือถังทรงกลม	117-147
- ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า	117-176

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

ตารางที่ 2.11 เกณฑ์ออกแบบถังแบบ Reactor-Clarifier

เกณฑ์การออกแบบ	ค่าออกแบบ
เวลาเกิดฟล็อก, นาที	20
เวลาตกตะกอน, ชม.	1.2
อัตราน้ำล้นของถัง, $ม^3./(ม^2.วัน)$	50 – 70
อัตราน้ำล้นฝาย, $ม^3./(ม^2.วัน)$	175 – 350
ความเร็วที่ไหลขึ้น, มม/นาที	> 50

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.4.2 การกรองน้ำ

การทำให้น้ำสะอาดโดยวิธีกรองเป็นขั้นสุดท้ายที่จะกำจัดสารซึ่งไม่สามารถตกตะกอนได้โดยการกักสารเหล่านั้นไว้บนผิวหน้าของสารกรอง (Filter media) แต่จะยอมให้น้ำเท่านั้นที่ผ่านช่องว่าง (void) ของตัวกรอง ดังนั้นสารแขวนลอยต่างๆ เช่น ตะกอนเบาที่ไม่ยอมตกตะกอน สารคอลลอยด์ ตะกอนของเหล็กแมงกานีส สาหร่าย แบคทีเรีย และไวรัส จะถูกกักอยู่

ตารางที่ 2.12 ขนาดของอนุภาคและวัตถุต่างๆ ที่กรองได้

อนุภาคและวัตถุต่างๆ	ขนาด (มิลลิไมครอน)
ตะกอนต่างๆ (Silt)	50,000
แบคทีเรีย	5,000
ไวรัส	50
อนุภาคคอลลอยด์	1 – 1,000

ที่มา : ณรงค์ วุทธเสถียร, 2540

การกรองน้ำเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือ

1. การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง (Surface Filtration) ตะกอนแขวนลอยหรือความขุ่นที่ถูกดักจับและติดค้างอยู่บนผิวของสารกรองซึ่งอาจเป็น ผ้าแผ่นใยสังเคราะห์ แท่งกรอง เครื่องกรองที่อาศัยหลักการกรองแบบติดผิว แบ่งได้ออกเป็น 3 ชนิด

- เครื่องกรองแบบใช้แผ่นกรอง อาจจะเป็นผ้า หรือโลหะ หรือแผ่นใยสังเคราะห์
- เครื่องกรองแบบใช้แท่งกรอง มักเป็นแท่งวัสดุที่มีรูพรุนขนาดเล็กเต็มไปหมด ซึ่งยอมให้น้ำไหลผ่านเท่านั้น ตะกอนความขุ่นต่างๆจะติดค้างอยู่บนผิวแท่งกรอง เช่น เครื่องกรองน้ำสำเร็จที่จำหน่ายเพื่อให้ไปติดที่หัวก๊อกน้ำประปาที่บ้าน
- เครื่องกรองน้ำแบบที่มีสารกรองชั่วคราว เครื่องกรองน้ำทั้งสองแบบที่กล่าวไปข้างต้นเป็นแบบถาวร ซึ่งอาจล้างแล้วใช้ใหม่ได้ในกรณีที่สกปรก แต่เครื่องกรองน้ำชนิดนี้ใช้สารกรองชนิดที่เตรียมขึ้นมาจากสารบางอย่างที่นิยมใช้กัน เช่น Diatomaceous Earth และPerlite เมื่อใช้จนหมดประสิทธิภาพแล้วก็จะทิ้งไป เวลากรองน้ำก็จะเตรียมขึ้นมาใหม่

การกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง (In-Depth Filtration) เป็นการกรองน้ำแบบธรรมดาที่ใช้กันในโรงผลิตน้ำประปา สารกรองที่นิยมใช้ คือ ทราย

ประเภทของเครื่องกรองน้ำแบบกรองติดค้างในชั้นกรองมีหลายชนิด จำแนกได้ดังนี้

- แบ่งตามอัตราการกรองน้ำ ได้ 2 อย่าง ดังนี้

  เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)

  เครื่องกรองทรายแบบกรองช้า(Slow Sand Filter)

- แบ่งตามชนิดของสารกรองที่ใช้ได้ 4 อย่างดังนี้

  เครื่องกรองทราย (Sand Filter)

  เครื่องกรองถ่าน (Carbon Filter)

  เครื่องกรองแบบสองชั้นกรอง (Dual Media Filter)

เครื่องกรองแบบสามชั้นกรองหรือมากกว่า (Mixed Media Filter)

- แบ่งตามทิศทางการไหลของน้ำที่ผ่านสารกรองได้ 3 อย่างดังนี้

  แบบไหลลง (Downflow Filter)

  แบบไหลขึ้น(Upflow Filter)

  แบบไหลสองทาง (Biflow filter)

- แบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของสารกรองได้ 2 อย่างดังนี้

  แบบหยาบ-ละเอียด (Coarse-to-fine Filter)

  แบบละเอียด-หยาบ (Fine-to-coarse Filter)

- แบ่งตามสภาพของน้ำที่ไหลผ่านเครื่องกรองได้ 2 อย่างดังนี้

  แบบความดัน (Pressure Filter)

  แบบไหลตามแรงโน้มถ่วง (Gravity Filter)

คุณสมบัติสารกรองที่ดี ควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. ไม่ทำให้น้ำที่ผ่านสารกรองออกไปเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

2. ดักและจับตะกอนหรืออนุภาคแขวนลอยเหล่านี้ไว้อย่างพอเหมาะ เพื่อจะได้ง่าย ในการล้างย้อน (Back Wash)

3. สามารถดักจับตะกอนหรืออนุภาคแขวนลอยไว้ได้มากที่สุด โดยไม่อุดตันได้ง่าย

ชนิดของสารกรอง

1. ทรายละเอียด (Fine Sand)

ทรายที่ใช้เป็นสารกรองส่วนใหญ่จะเป็นทรายซิลิกา (Silica) มีความถ่วงจำเพาะอยู่ที่ประมาณ 2.65 ขนาดที่ใช้ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร กรวดและทรายใช้เป็นสารกรองต้องไม่มีหินปูน (Limestone) ซึ่งมีเนื้ออ่อนและละลายน้ำได้ดีปะปนอยู่ เพราะเมื่อใช้ในการกรองมีการล้างและกวนมากจะทำให้มีการสึกกร่อนขนาดเล็กลงได้ วิธีทดสอบว่าในกรวดและทรายมีหินปูนอยู่มากแค่ไหนทำได้โดยแช่ในกรดเกลือเข้มข้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจะมีน้ำหนักหายไปไม่เกินร้อยละ 5

2. ถ่านแอนทราไซต์ (Antracite Coal)

ถ่านแอนทราไซต์มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.5 ขนาดที่ใช้ประมาณ 1 มิลลิเมตร ใช้ในกรณีที่ใช้ทรายเป็นสารกรองไม่ได้เพราะจะให้ซิลิกาออกมา เพราะความร้อนและความเป็นด่างสูงของน้ำ ถ่านแอนทราไซต์ที่มีขนาดเท่ากับทรายละเอียดจะมีประสิทธิภาพเท่ากัน ถ่านแอนทราไซต์ที่มีขายอยู่ในท้องตลาดจะมีขนาดประสิทธิผลของสารกรอง(Effective size : E.S.) ใหญ่ และความสม่ำเสมอของเม็ดสารกรอง (Uniformity coefficient : U.C.) ก็มีค่ามากด้วยเช่นกัน ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการกรองลดลงจึงไม่สามารถทำการกรองให้มีความขุ่นเหลือเพียง 4 – 5 NTU ควรเปลี่ยนไปใช้ทรายละเอียดแทน หรือไม่ก็ใช้สารกรองสองชั้น ถ่านแอนทราไซต์มีข้อดีคือ ดักจับตะกอนและอนุภาคต่างๆ ได้มากกว่าทราย เพราะมีรูปร่างเกลี้ยงกลมกว่า ใช้น้ำล้างในตอนล้างย้อน (Back Wash) น้อยลง ยืดอายุการใช้งานของเครื่องกรอง สามารถกรองได้ที่อัตราการกรองสูงขึ้น

3. ทรายกาเน็ท (Garnet Sand)

มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 3.8 ขนาดที่ใช้ประมาณ 0.3 มิลลิเมตร มีคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับการกรอง มีขนาดเล็กกว่าทรายซิลิกา จะใช้ในการใช้กรองที่มากกว่าสองชั้น

4. ถ่าน (Activated Carbon)

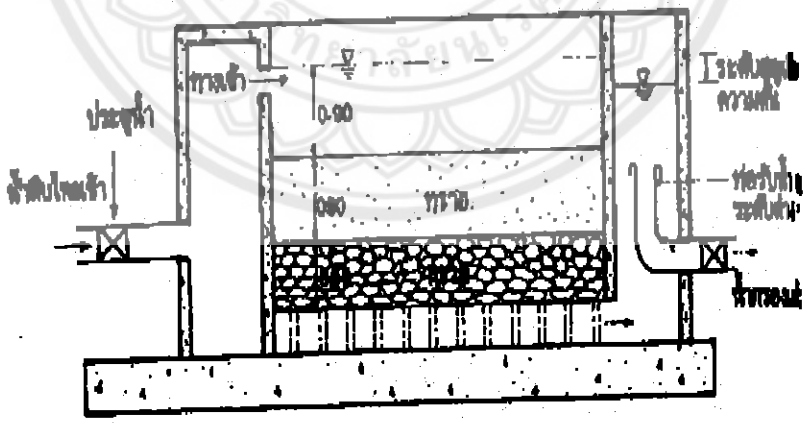
สามารถขจัดสารอินทรีย์ในน้ำได้โดยการดูดซึม (Adsorption) การดูดซึมเกิดจากพื้นที่ผิวของถ่านซึ่งมีค่าประมาณ 500 – 1,400 ตารางเมตรต่อกรัม ถ่านนี้สามารถขจัดสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดกลิ่น รส และสีในน้ำได้ดี เพราะบนพื้นที่ผิวจะมีรูพรุนอยู่มากมาย รูพรุนนี้มีขนาดเท่ากับโมเลกุลของสารเท่านั้น

ประเภทของเครื่องกรองแบบกรองติดค้างในชั้นกรอง

1. ถังกรองช้า (Slow Sand Filter)

กรณีน้ำที่มีความขุ่นต่ำ การกรองน้ำด้วยอัตราต่ำ สามารถกำจัดความขุ่นได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมีช่วยในการรวมตะกอน เพื่อให้เกิดฟล้อก (Floc) และไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนเพื่อกำจัดความขุ่นและฟล้อกดังกล่าว ทำให้ระบบผลิตน้ำประปาเป็นแบบที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องกลน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ทำให้สามารถกรองน้ำได้โดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้า จึงเหมาะสมใช้ในชนบท ถังกรองช้ามีอัตราการกรองประมาณ 0.13 – 0.42 ลบ.ม./ตร.ม.^{2}- ชั่วโมง

ในปัจจุบัน ถังกรองทรายแบบกรองช้ามีที่ใช้จำกัด เพราะต้องการเนื้อที่มาก ถังกรองเร็วจึงเป็นที่นิยมมากกว่า อย่างไรก็ดี ในหมู่บ้านที่อยู่ห่างไกลจากความเจริญและไม่มีเครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ ราคาที่ดินต่ำ ทำให้ถังกรองช้ามีความเหมาะสมมากกว่าแบบอื่นประกอบกับการควบคุมถังกรองช้าสามารถกระทำได้ง่ายโดยไม่ต้องการผู้ที่มีความรู้พิเศษและไม่ต้องใช้ไฟฟ้า แต่มีข้อเสียในการทำความสะอาดทรายกรองสำหรับการกรองช้าต้องทำการลอกหน้าทรายออกแล้วนำไปทำความสะอาดซึ่งทำให้ความยุ่งยากและเปลืองแรงงาน



รูปที่ 2.8 ถังกรองช้า

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

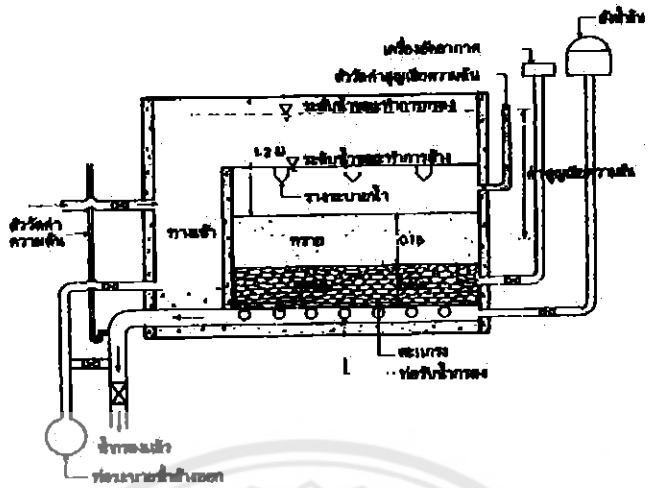
ตารางที่ 2.13 เกณฑ์การออกแบบเครื่องกรองช้า

เกณฑ์การออกแบบ	ค่าออกแบบ
ความหนาของชั้นกรอง :	
ชั้นทราย, ม. (ชั้นบน)	0.6 – 1.2
ชั้นกรวด, ม. (ชั้นล่าง)	0.30
ระดับน้ำเหนือชั้นทราย, ม.	0.9 – 1.6
อัตรากรองน้ำ, ม.^{3} / (ม.^{2} ชม)	0.13 – 0.60
ค่าสูญเสียความดันที่ควรหยุดทำงานเพื่อการล้างชั้นกรอง, ม.	1.0
ระยะเวลาที่เครื่องกรองทำงานก่อนที่จะหยุดทำงาน, วัน	2 – 180
การล้างชั้นกรองกระทำด้วยการตักผิวชั้นทรายออกหนา, ซม.	5 - 10

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 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 วิธีการช่วยให้ขัดสีเพื่อให้การล้างย้อนได้ผลดีขึ้นได้แก่ การฉีดลมหรือน้ำที่มีแรงดันสูง



รูปที่ 2.9 ถังกรองเร็ว

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

วิธีการกรองเร็วมี 2 ลักษณะ คือ

1. การกรองโดยตรง (Direct Filtration) ที่ไม่ต้องมีการกำจัดความขุ่นออกก่อนด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันและการตกตะกอน การกรองโดยตรงอาจมีการเติมสารเคมีให้กับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรองหรือไม่ก็ได้ หากไม่ใช้สารเคมีจำเป็นต้องให้แน่ใจว่าคุณภาพของน้ำไม่แปรปรวนและต้องไม่ขุ่นเกินไปมิฉะนั้นแล้วจะเกิดปัญหาอุดตันเร็ว และได้น้ำที่มีคุณภาพเลว หากใช้สารเคมีโดยใส่สารเคมีให้กับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง ต้องให้แน่ใจว่าเกิดการกวนเร็ว (Rapid Mixing) ก่อนมีการกรองเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะการเติมสารเคมีเพื่อทำลายความคงตัว (Destabilization) ของความขุ่น เป็นผลให้การดูดติดผิวระหว่างความขุ่นกับสารกรอง หรือความขุ่นกับความขุ่นเกิดขึ้นได้แน่นอน ดังนั้นสารเคมีที่นิยมจึงเป็นโคแอกกูแลนท์ต่างๆ เช่น สารส้ม แต่อาจทำให้ชั้นทรายเหนียวและจับกันมากเกินไป จนเป็นเหตุให้อุดตันเร็วและล้างได้ยาก อาจจำเป็นต้องมีการปรับพีเอชก่อน หรือเติมโคแอกกูแลนท์เอด (Coagulant - aid) เช่น สารโพลีเมอร์โดยอาจเติมตามลำพังก็ได้ ช่วยให้การกรองตะกอนได้ผลดี เช่น ทำให้สามารถกรองได้นานโดยไม่อุดตันหรือกรองได้เร็วขึ้น แต่ก็มักมีข้อเสีย ทำให้การล้างเครื่องกรองทำได้ยากขึ้น การใช้แรงลมหรือฉีดน้ำที่ผิวหน้าของชั้นกรอง เพื่อช่วยการขัดสีของเม็ดทรายมักเป็นสิ่งจำเป็นในกรณีนี้

2. เป็นการกรองตะกอนโดยใช้น้ำดิบที่ผ่านขบวนการโคแอกกูเลชัน และตกตะกอนโรงงานผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ในปัจจุบัน ใช้เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็ว จนอาจถือได้ว่าเครื่องกรองแบบนี้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานของกระบวนการผลิตน้ำ เครื่องกรองมักมีทรายเป็นสารกรองและมีการเรียงขนาดจากละเอียดไปหาหยาบ น้ำไหลจากบนลงล่างเสมอ นอกจากเวลาล้างเครื่องกรอง โดยปกติเครื่องกรองทรายแบบกรองเร็วเป็นแบบถังเปิดฝา น้ำไหลด้วยแรงโน้มถ่วง แต่ในบางครั้งเพื่อลดขนาดของถังกรองโดยเฉพาะในด้านความสูง ถังกรองอาจออกแบบให้เป็นแบบถังปิด เพื่อให้การกรองเกิดขึ้นภายใต้แรงดันที่สูงกว่าบรรยากาศปกติ ลักษณะเช่นนี้ทำให้ถังกรองไม่จำเป็นต้องมีความสูงมาก ทำให้เหมาะสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีการผลิตน้ำขึ้นมาใช้เอง โดยปกติ การตรวจสอบสภาพของสารกรองที่อยู่ภายในถังความดันไม่อาจกระทำได้ง่าย ดังนั้น ถ้ามีอะไรเกิดขึ้นกับสารกรอง ผู้ควบคุมก็ไม่สามารถมองเห็นได้ การทำงานภายใต้แรงดันสูงทำให้อาจมีปัญหาต่างๆ เกิดขึ้นกับสารกรองในกรณีที่เกิดการสูญเสียหรือลดความดันอย่างกะทันหันในด้านทางน้ำออกของเครื่องกรอง ด้วยเหตุดังกล่าวระบบประปาสำหรับชุมชนจึงไม่ได้ให้ความเชื่อถือกับถังกรองที่ทำงานภายใต้แรงดันสูง และทำให้ถังกรองแบบมีความดันถูกจำกัดให้ใช้เฉพาะกับน้ำที่มีความขุ่นน้อย

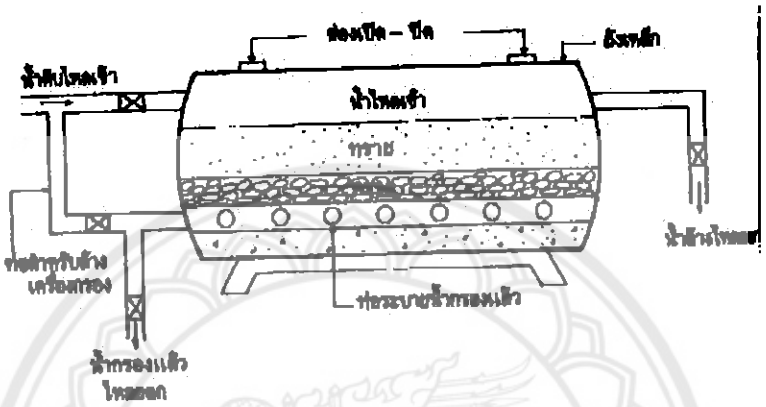
ตารางที่ 2.14 เกณฑ์การออกแบบเครื่องกรองเร็ว

เกณฑ์การออกแบบ	ค่าออกแบบ
ความหนาของชั้นกรอง :	
ชั้นทราย, ม. (ชั้นบน)	0.4 – 0.7
ชั้นกรวด, ม. (ชั้นล่าง)	0.3 – 0.6
ระดับน้ำเหนือชั้นทราย, ม.	0.9 – 1.50
อัตรากรองน้ำ, ม.^{3} / (ม.^{2} ชม)	4 -6
ค่าสูญเสียความดันที่ควรหยุดทำงานเพื่อการล้างชั้นกรอง, ม	2.50
ระยะเวลาที่เครื่องกรองทำงานก่อนที่จะหยุดทำงาน, ชม.	6 – 24
ระยะเวลาในการกรองล้างชั้นกรอง, นาที	5 – 10
อัตราล้างชั้นกรอง, ม.^{3} / (ม.^{2} วัน)	800 – 900
พื้นที่ผิวของเครื่องกรองแต่ละชุดมากที่สุด, ม.^{2}	100

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

3. ถังกรองภายใต้ความดัน(Pressure Filter)

มีหลักการคล้ายถังกรองเร็วแต่กรองน้ำภายใต้แรงดันน้ำที่สูงกว่าปกติ ออกแบบแรงดันน้ำได้ 150 ปอนด์/ตร.นิ้ว ตัวถังมักทำด้วยโลหะที่ปิดสนิท



รูปที่ 2.10 ถังกรองภายใต้ความดัน

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

ตารางที่ 2.15 เกณฑ์ออกแบบเครื่องกรองใช้ความดัน

เกณฑ์การออกแบบ	ค่าออกแบบ
ความหนาของชั้นกรอง :	
ชั้นทราย, ม. (ชั้นบน)	0.45 – 0.60
ชั้นกรวด, ม. (ชั้นล่าง)	0.40 – 0.60
อัตรากรองน้ำ, ม.^{3} / (ม.^{2} ชม)	5 – 25
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังทรงกระบอกตั้งขึ้น, ม.	0.4 – 2.5
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังทรงกระบอกตั้งในแนวนอน,ม.ความ	2 – 2.5
ยาวของถัง, ม.	2.5 – 7.5
ขนาดความดันที่ใช้กับระบบ, ม. ของน้ำ	30 – 70
ระยะเวลาที่เครื่องกรองทำงานก่อนที่จะหยุดทำงาน, ชม.	ต่ำกว่า 8

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

โดยทั่วไปค่า head loss ในชั้นกรองที่สะอาดจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.4 -0.8 เมตร และถ้าค่า head loss สูงขึ้นถึง 2.4 – 3.0 เมตร สำหรับชั้นกรองที่สกปรก (มีตะกอนมากมายสะสมอยู่ในชั้นกรอง) ควรทำการล้างสารกรองในชั้นกรอง เพื่อค่า head loss ลดลง

ค่า head loss ในชั้นกรอง เมื่อน้ำไหลผ่านชั้นกรองจะขึ้นอยู่กับค่าต่างๆดังแสดงในสมการ

$$h = F(\alpha, d, v, \mu, \phi, g, L, S, f)$$

เมื่อ

h = head loss ในชั้นกรองม, ม.

α = ค่าความพรุนในชั้นกรอง (porosity)

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสารกรองในชั้นกรอง, ม.

v = ความเร็วในการกรองน้ำ, ม. / วินาที

μ = Dynamic viscosity, นิวตัน.วินาที / ตร.ม.

ϕ = ความหนาแน่นของน้ำ, กก. /ลบ.ม.

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, ม./ วินาที^{2}

L = ความลึกของชั้นกรอง, ม.

S = Shape factor

f = Friction factor

การคำนวณหาค่า head loss ในชั้นกรองสะอาด สามารถคำนวณหาได้จากสมการข้างล่าง ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้พยายามศึกษาการหาค่า head loss ในชั้นกรองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับทางปฏิบัติจริงที่สุด

สมการ Carmen – Kozeny

$$h = \frac{fLv^2}{Sdg}\left(\frac{1-\alpha}{\alpha^3}\right)$$

เมื่อ $f = \frac{150(1-\alpha)}{N_R} + 1.75$

$N_R = \frac{dv\phi}{\mu}$

$S = 1.0$

สมการ Fair-Hatch

$$h = KVS^2\frac{(1-\alpha)^2}{\alpha^3}\frac{Lv}{gd^2}$$

เมื่อ K = ค่าคงที่ของการกรองน้ำ (ประมาณ 5-6)

V = Kinematic viscosity, ตร.ม. /วินาที

S = Shape factor (ประมาณ 6-7.7)

สมการ Rose

$$h = \frac{1.067C_d}{S\alpha^4}\frac{Lv^2}{gd}$$

เมื่อ C_d = ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่วง

$$= \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34$$

S = 1.0

สมการ Hazen

$$h = \frac{60Lv}{C(T+10)d_{10}^{\ 2}}$$

เมื่อ C = ค่าสัมประสิทธิ์ของการอัดแน่น (ประมาณ 600-700)

d_{10} = Effective size ของเส้นผ่าศูนย์กลางของสารกรองในชั้นกรอง, มม.

T = อุณหภูมิของน้ำในชั้นกรอง, ฟ.

สำหรับชั้นกรองสกปรก คือมีตะกอนสะสมอยู่ในชั้นกรอง ทำให้ช่องว่างในชั้นกรองมีน้อยลง ทำให้มีค่า head loss เพิ่มขึ้น ค่า head loss สำหรับสภาวะดังกล่าว โดยใช้สมการดังนี้

$$\frac{dH}{dL} = \left(\frac{dH}{dL}\right)_0\left[1+\frac{(2b+1)q}{\alpha}+(b+1)^2\left(\frac{q}{\alpha}\right)^2\right]$$

เมื่อ $\left(\frac{dH}{dL}\right)_0$ = ค่า head loss สำหรับชั้นกรองสะอาด

b = Packing constant $= \frac{\alpha}{(1-\alpha)}$

q = ปริมาตรตะกอนที่สะสมอยู่ในชั้นกรองต่อปริมาตรของชั้นกรอง

S = 1.0

$$h = \frac{fLv^2}{Sdg}\left(\frac{1-\alpha}{\alpha^3}\right)$$

4. การเดินระบบกรองน้ำ

ระหว่างการผลิตน้ำให้ทำการตรวจการทำงานของระบบกรองน้ำโดยตรวจวัดค่า head loss ซึ่งเป็นค่าที่แสดงการอุดตันของระบบกรองน้ำซึ่งแตกต่างกันออกไปตามรูปแบบของถังกรองน้ำ เช่น ถังกรองน้ำประเภท Rapid Sand Filter จะกำหนดค่า head loss ไว้ที่ประมาณ 1.3 ถึง 1.8 เมตรน้ำแล้วให้ทำการล้างย้อนเพื่อล้างถังกรองน้ำ ในส่วนที่ถังกรองน้ำประเภท Pressure Sand Filter จะกำหนดค่า head loss ไว้ที่ประมาณ 2.1 ถึง 3.5 เมตรน้ำ คุณภาพของน้ำที่ออกจากถังกรอง นอกจากขึ้นกับคุณภาพของน้ำที่เข้าสู่ถังกรองแล้ว ยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของถังกรองด้วย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถังกรอง ได้แก่ ขนาดของเม็ด

ทรายหรือแอนทราไซต์ ความสูงของชั้นทรายหรือแอนทราไซต์ อัตราเร็วในการกรอง อนึ่งน้ำออกจากถังกรอง (Filter Tank) ควรมีความขุ่นน้อยกว่า 5 NTU พีเอชอยู่ในช่วง 7.5 ± 1 และสีไม่เกิน 15 TCU

ระยะเวลาการเดินระบบถังกรองน้ำปกติประมาณ 24 – 48 ชั่วโมงแล้วจึงหยุดเดินระบบเพื่อล้างทำความสะอาด

5. การทำความสะอาดถังกรองน้ำ

การล้างทำความสะอาดถังกรองน้ำทำได้โดยการล้างย้อนกลับโดยใช้น้ำและอากาศเข้าไปภายใต้ความดันที่พอเพียงที่จะสามารถชั้นกรองได้แล้วสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในชั้นกรองก็จะหลุดออกมา

6. ระบบการล้างสารกรองในชั้นกรอง

ระบบการล้างสารกรองในชั้นกรองมีหลายวิธีดังนี้

1. ระบบใช้น้ำล้างสารกรองเพียงอย่างเดียว ทำให้สารกรองในชั้นกรองลอยกระจัดกระจายขึ้นมา เพื่อปล่อยโอกาสให้ตะกอนที่สะสมอยู่ในชั้นกรองหลุดลอยออกมาได้ โดยออกแบบให้ได้ค่าความพรุนของชั้นกรองขณะที่กำลังลอยกระจัดกระจายขึ้นมาประมาณ 0.68 – 0.71

2. ระบบใช้น้ำล้างสารกรอง พร้อมกับมีระบบชะล้างสารกรอง บริเวณผิวบนของชั้นสารกรองระบบนี้จะมีระบบชะล้างสารกรองบริเวณผิวบนของชั้นกรองเข้าช่วย เพื่อให้แน่ใจได้ว่าการล้างสารกรองเป็นไปตามที่ต้องการ สำหรับการดำเนินการของระบบล้างสารกรองนี้ คือ ทำการชะล้างผิวบนของชั้นกรองเสียก่อนประมาณ 1-2 นาที จากนั้นจึงทำการล้างสารกรอง คือ ให้ไหลย้อนผ่านชั้นกรองได้อัตราการชะล้างผิวบนของสารกรองควรมีประมาณ 1.2-2.4 ลบ.ม./(ตร.ม.ชม.)

3. ระบบใช้น้ำล้างสารกรอง พร้อมกับมีระบบพ่นอากาศเพื่อช่วยในการขัดถูให้ตะกอนหลุดออกจากชั้นกรองได้ง่ายขึ้น คือ พ่นอากาศเข้าไปในชั้นกรองประมาณ 3-4นาที ก่อนการล้างสารกรองด้วยวิธีปกติ โดยทั่วไปจะพ่นอากาศเข้าไปด้วยอัตราการพ่นอากาศ ประมาณ 10-16 ลบ.ม./(ตร.ม.นาที)

4. ระบบน้ำล้างรวมกับพ่นอากาศ ระบบนี้ใช้น้ำและอากาศพ่นพร้อมกันเข้าไปภายในชั้นกรองประมาณ 2-3 นาที หลังจากเสร็จสิ้นการล้างสารกรองด้วยวิธีนี้แล้วจำเป็นต้องทำการล้างสารกรองอีกประมาณ 2-3 นาที ด้วยน้ำ เพื่อไล่ฟองอากาศที่ยังหลงเหลืออยู่ภายในชั้นกรองออกจากสารกรอง

2.4.3 การฆ่าเชื้อโรค

การฆ่าเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำประปา โดยมากจะเป็นกระบวนการสุดท้ายภายหลังการกรองน้ำ ก็จะนำมาฆ่าเชื้อโรคที่มีหลงเหลืออยู่ในน้ำใส ซึ่งโดยมากมักเลือกใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาแต่ในต่างประเทศหลายแห่งได้เปลี่ยนจากการใช้คลอรีนกับน้ำประปาไปเลือกใช้โอโซนสำหรับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำ มี 2 วิธี คือ Disinfection คือ การฆ่าจุลินทรีย์ที่เป็นต้นเหตุของโรคต่างๆ และ Sterilization คือ การทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดที่อยู่ในน้ำทั้งที่เกิดและไม่เกิดโรค น้ำประปาควรผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธี Disinfection การทำ Sterilization ให้กับน้ำประปานั้นไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก ในทางปฏิบัติระบบประปาทั้งหลายจึงทำการฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยวิธี Disinfection ทั้งสิ้น สารที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคเรียกว่า Disinfectant ได้แก่ ก๊าซคลอรีน หรือ สารประกอบคลอรีนอื่นๆ โอโซน โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต เงิน และอื่นๆ รวมถึงการฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อนและแสงอัลตราไวโอเลต

วิธีการฆ่าเชื้อโรค

กระบวนการฆ่าเชื้อโรค แบ่งได้ 3 ชนิด คือ

1. ทางกายภาพ ได้แก่ การใช้รังสียูวี ความร้อน

2. ทางเคมี ได้แก่ การเติมคลอรีน โบรมีน ไอโอดีน โอโซน โลหะหนัก ซึ่งได้แก่ ทองแดง เงิน แต่อาจใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ เป็นต้น

ในกระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีทางเคมี สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเสมอ คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณน้ำที่นำมาบำบัด และปริมาณของเชื้อโรคที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ รวมทั้งการคาดการณ์เกี่ยวกับปริมาณเชื้อโรคที่อาจจะมีตามแนวท่อในการส่งน้ำประปา เป็นต้น

3. ทางกัมมันตภาพรังสี ได้แก่ การใช้โคบอลต์ 60 เป็นต้น

ชนิดของคลอรีน

คลอรีนเป็นสารเคมีที่ใช้สำหรับฆ่าเชื้อโรคอย่างแพร่หลายเนื่องจากคลอรีนมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์และฆ่าเชื้อโรคได้ดีในช่วงพีเอชของน้ำประปาอยู่ระหว่าง 6.5-8.0 อีกทั้งยังมีปริมาณคงเหลือเพื่อให้สามารถทำปฏิกิริยากำจัดสิ่งปนเปื้อนที่อาจเข้าสู่ระบบเส้นท่อ ดังนั้นการประปานครหลวงจึงได้ควบคุมปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือในทุกพื้นที่บริการให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 0.2 มก./ล.เพื่อเป็นการยืนยันได้ถึงประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคและสิ่งปนเปื้อนตลอดทุกขั้นตอน นับจากกระบวนการผลิตจนถึงการนำส่งผู้บริโภค ซึ่งประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคได้สูงและราคาไม่แพงนัก สารคลอรีนโดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือชนิดก๊าซและชนิดผง

1. ชนิดก๊าซคลอรีน

มีสีเหลืองแกมเขียว มีความหนาแน่นประมาณ 2.5 เท่าของอากาศ และเมื่อเป็นของเหลว (คลอรีนเหลว 99%) จะมีสีเหลืองอำพัน มีความหนาแน่นเป็น 1.44 เท่าของน้ำซึ่งเป็นอันตรายต่อปอดและเนื้อเยื่อต่างๆ โดยจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ เยื่อบุจมูก และผิวหนัง ซึ่งผลกระทบที่เป็นอันตรายจากการสัมผัสกับก๊าซคลอรีนที่จะเริ่มเห็นได้ชัดเจน ที่ความเข้มข้น 5-10 พีพีเอ็ม จะทำให้การหายใจติดขัด น้ำตาไหล ระคายเคืองผิวหนัง ระคายเคืองปอด และเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น เช่น หากได้รับก๊าซคลอรีนในปริมาณ 1,000 พีพีเอ็ม จะทำให้เสียชีวิตได้ ดังนั้นจึงต้องใช้ความระมัดระวัง และต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งและควบคุมการทำงาน คลอรีนไม่ไหม้ไฟแต่ช่วยในการสันดาปเหมือนออกซิเจน และพบว่าก๊าซคลอรีนทำปฏิกิริยารุนแรงกับไขมัน แอมโมเนีย เทอร์เพนไทน์ และไฮโดรคาร์บอน ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า ไม่กัดกร่อน(Corrosive) เมื่อแห้ง

2. ชนิดคลอรีนผง มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด คือ

1. แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (Calcium hypochlorite) เป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดี มีสูตรทางเคมี คือ $Ca(OCl)_2$ มักจะผลิตให้มีความเข้มข้นระหว่าง 60-70% โดยน้ำหนัก คลอรีนผงชนิดนี้หาได้ง่าย ราคาไม่แพง ไม่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงอย่างรุนแรง ไม่ทำให้เสียรสชาติ ฆ่าเชื้อโรคในเวลาไม่นานเกินไป และยังคงมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคต่อไปได้อีก สะดวกต่อการใช้งาน และสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพได้ง่าย ดังนั้น จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด

2. โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite) เป็นสารละลายใส สีเหลืองอมเขียวมีสูตรทางเคมี คือ NaOCl ความเข้มข้นประมาณ 16% โดยน้ำหนัก มีความเสถียรน้อยกว่าแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ทำให้เสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็ว จึงควรเก็บไว้ในที่มืดและอุณหภูมิไม่สูงกว่า 30 °C เพื่อชะลออัตราการเสื่อมคุณภาพและอายุในการเก็บไม่ควรเกิน 60-90 วัน สำหรับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ เมื่ออยู่ในสภาวะ pH ต่ำ จะระเหยเป็นหมอกคลอรีนสามารถระเบิดได้

3. ปูนคลอไรด์ (Chlorinated Lime or Chloride of Lime or Bleaching Powder) หรือบางทีเรียกว่า "ผงฟอกสี" มีสูตรทางเคมี คือ $CaOCl_2$ ผลิตได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างคลอรีนและปูนขาว มีความเข้มข้นประมาณ 35% โดยน้ำหนัก

ไม่ว่าจะทำการเติมสารคลอรีนในรูปใดก็ตามสิ่งที่ต้องการมากที่สุด คือ ปริมาณสารเคมีที่ต้องการใช้ว่าค่าเท่าใด และปริมาณสารที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคมีการตกค้างอยู่ในระบบท่อน้ำดังกล่าวเท่าใด ซึ่งค่าดังกล่าวเรียกว่า ปริมาณสารเคมีอิสระที่เหลืออยู่ หากเป็นกระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน สารดังกล่าวเรียกว่า ปริมาณคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่

ตารางที่ 2.16 คุณสมบัติและการใช้งานของคลอรีน โอโซน และ H_2O_2

คุณสมบัติ	คลอรีน	โซเดียมไฮโปคลอไรต์	แคลเซียมไฮโปคลอไรต์	คลอรีนไดออกไซด์	โอโซน	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
สูตรเคมี	Cl_2	NaoCl	$Ca(OCl)_2$	ClO_2	O_3	H_2O_2
รูปลักษณะ	ของเหลว ,ก๊าซ	สารละลาย	ผง , เม็ด	ก๊าซ	ก๊าซ	ของเหลว
ภาชนะเก็บเพื่อขนส่ง	รถมีถังบรรจุ	รถมีถังบรรจุ	ถัง 200 ลิตร	ผลิตขึ้นใช้	ผลิตขึ้นใช้	ถัง 200ลิตร
ความเข้มข้นที่ใช้งาน ,%	100	12-15	70	<0.35	2	35-70
เสถียรภาพ	ดี	ไม่ดี	ดี	ระเบิดได้	ไม่ดี	ดี
พิษต่อจุลินทรีย์	สูง	สูง	สูง	สูง	สูง	ปานกลาง
อันตรายต่อผู้ใช้	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สูง	ปานกลาง
ความกัดกร่อน	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ
การกำจัดกลิ่น	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สูง	สูง
ราคา	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สูง

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

กระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน มีการเติมลงในน้ำอยู่ 2 ลักษณะ คือ

1. การเติมคลอรีนในน้ำดิบที่ไหลเข้าระบบ ซึ่งเรียกกระบวนการดังกล่าวว่า การเติมคลอรีนก่อน (Prechlorination Process)

วัตถุประสงค์ของวิธีนี้

1. ช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการ Coagulation – Flocculation เกิดได้ดี

2. ช่วยลดกลิ่นและรสของน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะมาจากตะกอนอินทรีย์ในถังตกตะกอน

3. ช่วยป้องกันการเกิดสาหร่ายขึ้นในกระบวนการกรองที่ผิวหรือระหว่างวัสดุกรอง

2. การเติมคลอรีนหลังจากที่น้ำผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีอื่นๆ มาแล้ว ซึ่งเรียกว่า การเติมคลอรีนหลัง (Post Chlorination Process) เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจในความสะอาดของน้ำดื่มหรือน้ำประปา โดยทั่วไปแล้วระยะเวลาในการเติมคลอรีนเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการฆ่าเชื้อโรคประมาณ 30 นาที ปริมาณที่ใช้อยู่ในช่วง 0.25-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะทำให้เกิดมีปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ในน้ำ 0.1-0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อย่างไรก็ตามอาจจะมีการเติมคลอรีนเป็นช่วงๆ เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำ ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการเติมคลอรีนซ้ำ (Re-chlorination)

ในบางครั้งอาจพบว่ามีกลิ่นของคลอรีนที่เหลืออยู่ในน้ำเมื่อทำการเปิดน้ำมาใช้ ปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน ซึ่งการคาดคะเนเกี่ยวกับปริมาณเชื้อโรคที่มีอยู่ในน้ำอาจมีความถูกต้องน้อยมาก จึงต้องทำการเติมมากกว่าปกติ ทำให้เกิดคราบสีขาวของตะกอนน้ำเมื่อทิ้งน้ำดังกล่าวไว้ระยะหนึ่ง กลิ่นที่เกิดขึ้นจะหายไปด้วย เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว จึงควรที่จะทำการลดปริมาณคลอรีนที่มีอยู่ในน้ำลงด้วยกระบวนการที่เหมาะสม ดังเช่น การเติมอากาศ การใช้ถ่านกัมมันต์ หรือวัสดุดูดซับอื่นๆ ที่เหมาะสม การใช้โซเดียมไธโอซัลเฟต การเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมไบซัลไฟต์ โซเดียมซัลไฟต์ เพื่อให้คลอรีนเปลี่ยนเป็นคลอไรด์

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$

Hyperchlorous acid

$$HOCl \longleftrightarrow H^+ + OCl^-$$

Hyperchlorite ion

ปริมาณคลอรีนอิสระที่มีอยู่ในน้ำ คือ HOCl และ OCl^- ซึ่งพบว่าความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคของ HOCl มีค่ามากกว่า OCl^- ประมาณ 40-80 เท่า ที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างน้อย ซึ่งสารดังกล่าวมีค่าการละลายใน

น้ำได้มากกว่า

3. ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของผงปูนคลอรีน

การใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรคอย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการดังนี้

1. ความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (Free chlorine residual) ความเข้มข้นและปริมาณของคลอรีนที่เติมลงในน้ำไม่ใช่สิ่งที่สำคัญที่สุดในการฆ่าเชื้อโรค หากแต่เป็นปริมาณคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ในน้ำ ซึ่งวัดได้หลังจากช่วงระยะเวลาสัมผัสอันหนึ่ง การเติมคลอรีนน้อยเกินไป ไม่ทำให้เกิดคลอรีนอิสระขึ้นและอาจจะทำลายเชื้อโรคในน้ำได้ไม่ทั้งหมด แต่การเติมคลอรีนในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้น้ำมีกลิ่นฉุนของคลอรีนและทำให้รสชาติของน้ำเสียไปด้วย ทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองคลอรีนโดยใช่เหตุ นอกจากนี้คลอรีนยังมีฤทธิ์กัดกร่อน อาจทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เสียหายได้ ดังนั้น ในการเติมคลอรีนจึงต้องเติมในปริมาณที่พอเหมาะ คือ สามารถฆ่าเชื้อโรคได้หมด รวมทั้งก่อให้เกิดคลอรีนอิสระที่แนะนำ คือ ระหว่าง 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ณ เวลาสัมผัส 30 นาที กล่าวคือภายหลังจากที่ทำการเติมสารละลายคลอรีนไปแล้ว 30 นาที ต้องสามารถวัดปริมาณคลอรีนอิสระได้ในช่วงดังกล่าว

2. ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อโรค (Duration of contact) โดยเริ่มตั้งแต่เวลาที่เติมสารละลายผงปูนคลอรีนลงไปในน้ำจนถึงเวลาที่ผู้ใช้เริ่มใช้น้ำเป็นรายแรกไม่ควรน้อยกว่า 30 นาที หรือถ้านานกว่านั้นการฆ่าเชื้อโรคของสารละลายผงปูนคลอรีนจะมีมากขึ้น และทำให้กลิ่นลดลง

3. อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของผงคลอรีนจะลดลง แต่ในทางตรงข้ามถ้าอุณหภูมิต่ำ ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของผงปูนคลอรีนจะดีขึ้น

4. ความขุ่นของน้ำ (อนุภาคความขุ่นในน้ำอาจเป็นเกราะกำบังให้เชื้อโรค ทำให้คลอรีนไม่สามารถเข้าไปสัมผัสและฆ่าเชื้อโรคได้ ดังนั้น ถ้าต้องการให้คลอรีนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีจึงต้องทำให้น้ำมีความใสสูง คือ ต้องมีความขุ่นน้อยกว่า 10 NTU โดยการเติมสารส้ม เพื่อให้อนุภาคของความขุ่นจับตัวรวมกันตกตะกอน และผ่านถังกรอง

5. สภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (พีเอช) มีผลต่อการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีน เนื่องจากคลอรีนจะแตกตัวเป็นกรดไฮโปรคลอรัส (HOCl) มีอำนาจในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีเมื่อน้ำมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย หาก

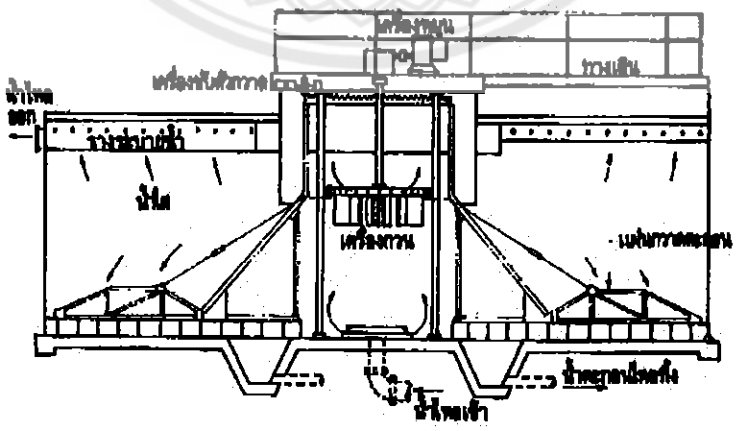
2.5 กระบวนการกำจัดสลัดจ์

กระบวนการกำจัดสลัดจ์ มีอยู่หลายวิธี แต่หลักการคือ ต้องนำน้ำออกจากสลัดจ์ให้ได้มากที่สุดด้วยวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด มีกระบวนการที่เหมาะสมที่สุด ก่อนที่จะนำสลัดจ์ที่เหลือน้ำน้อยที่สุดไปทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก

สำหรับวิธีที่นิยมใช้กันในโรงผลิตน้ำประปา ได้แก่

2.5.1 การทำสลัดจ์เข้มข้น (Thickening)

โดยทั่วไปจะเป็นกระบวนการแยกน้ำออกจากสลัดจ์ที่ต้องดำเนินการก่อนกระบวนการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ แต่ในบางครั้งอาจดำเนินการก่อนปรับเสถียร์สลัดจ์ก็ได้ เนื่องจากสลัดจ์ที่ถูกทำให้ข้นจะมีปริมาตรลดลงมาก ทำให้สามารถลดค่าจ่ายในการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ ในการออกแบบจะพิจารณาค่าอัตราภาระของแข็ง (Solids Loading Rate , SLR) มีหน่วยเป็น กก.ของแข็ง/(ม^2.วัน) โดยสำหรับสลัดจ์ที่เกิดจากปูนขาวจะใช้ค่า SLR ตั้งแต่ 100-200 กก.ของแข็ง/(ม^2.วัน) และสำหรับสลัดจ์ที่เกิดจากการสร้างตะกอน (Coagulant) จะใช้ค่า SLR ตั้งแต่ 15-25 กก.ของแข็ง/(ม^2.วัน) ดังนั้นสามารถนำค่า SLR ดังกล่าวมาคำนวณออกแบบขนาดของถังนี้ได้ ซึ่งจะมีวิธีคล้ายกับการออกแบบถังตะกอนวงกลมทั่วไป



รูปที่ 2.11 ถังทำให้ตะกอนเข้มข้นแบบ Gravity Thickener

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.5.2 บ่อตากแดด (Lagoons)

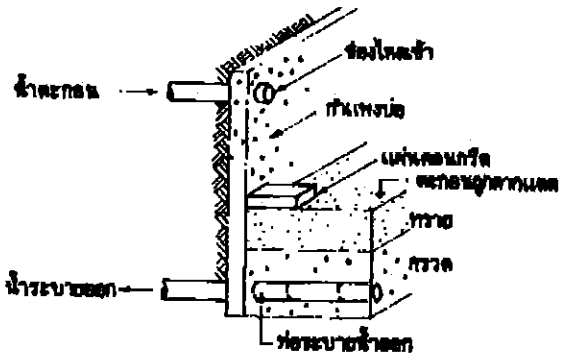
มีลักษณะที่เป็นบ่อดินขุดขึ้นมา อาจมีคอนกรีตบุรอบข้างบ่อ บ่อนี้ทำหน้าที่ทั้งเป็นบ่อเก็บสลัดจ์และบ่อตากแห้ง ดังนั้นส่วนก้นบ่อต้องให้แน่ใจว่าไม่สามารถยอมให้น้ำผ่านลงสู่น้ำใต้ดินได้ อาจจำเป็นต้องบุด้วยแผ่นยางเพื่อป้องกันการซึมของน้ำลงสู่น้ำใต้ดิน แต่วิธีนี้มีราคาค่อนข้างแพง โดยทั่วไปเมื่อบ่อเต็มก็ควรทำการสูบน้ำส่วนบนออกให้เหลือแต่เพียงสลัดจ์เปียกที่ตกตะกอนลงในบ่อ จากนั้นก็ปล่อยให้น้ำในสลัดจ์เปียกระเหยออกตามธรรมชาติ ซึ่งอาจใช้เวลาเป็นปี

อนึ่งเกณฑ์การออกแบบขนาดบ่อตากแดดมีดังนี้

- พื้นที่ผิวของบ่อตากแดดที่นิยมใช้กันเท่ากับ 2,000-60,000 ตร.ม.
- ความลึกของบ่อตากแดดเท่ากับ 2-10 ม. หรือบางแห่งอาจลึกมากกว่า 10 ม.
- น้ำตะกอนที่ไหลเข้าสู่บ่อตากแดดไม่ควรไปทำให้เกิดการปั่นป่วนในบ่อ
- การนำน้ำใสส่วนบนออกจากบ่อตากแดดควรออกแบบทางออกที่สามารถปรับขึ้นลงตามระดับของน้ำใสได้

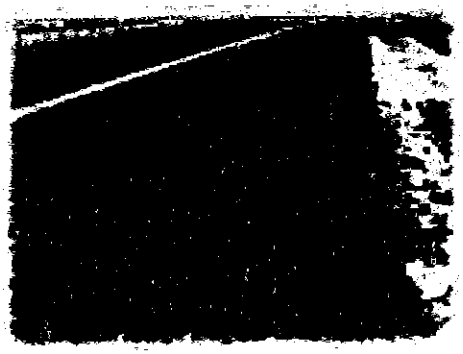
2.5.3 ลานทรายตากตะกอน (Sand-drying beds)

มีชั้นทราย ชั้นกรวดหรือชั้นหิน มีแผ่นคอนกรีตรับการกระแทรกของสลัดจ์ที่ไหลชะลงบนผิวชั้นทรายและมีระบบระบายน้ำไหลออกที่ส่วนล่างของลานทราย หลักการทำงานคือ น้ำจะระเหยออกจากสลัดจ์และน้ำอีกส่วนจะไหลลงสู่ส่วนล่างของลานทราย เพื่อระบายน้ำจากระบบต่อไป



รูปที่ 2.12 ลานทรายตากตะกอน

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549



รูปที่ 2.13 ลานตากตะกอนทราย

ที่มา:

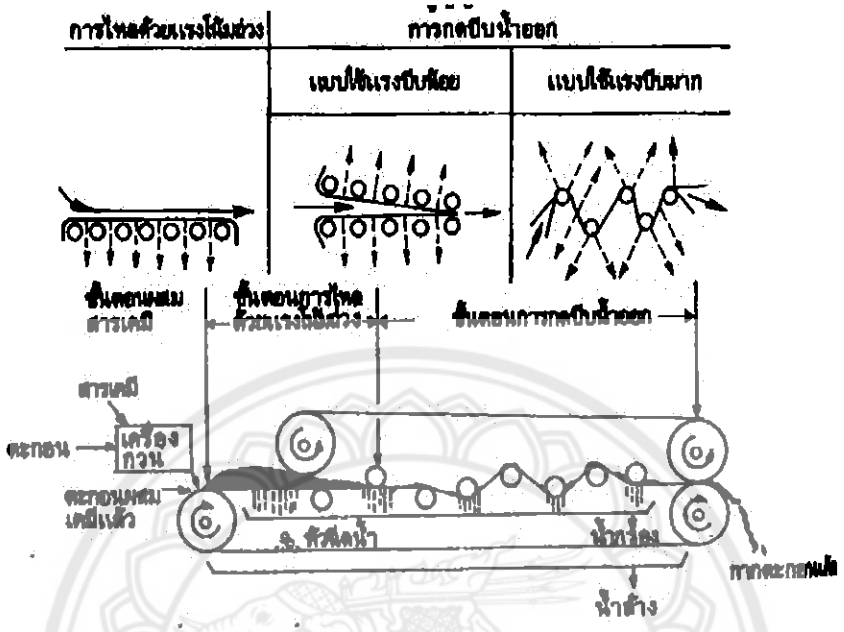
http://she.cpportal.net/หนาแรก/บทความวชาการ/tabid/460/articleType/ArticleView/articleId/121/.aspx

เกณฑ์การออกแบบลานตากตะกอน

- ค่าSLR จะมีประมาณ 100 กก.ของแข็ง/(ตร.ม.ปี) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศและหรือมีการติดตั้งหลังคาโปร่งแสงกันฝน
- มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 4-20 ม. X ยาว 15-50 ม.
- ชั้นทรายหนา 100-230 มม. วางอยู่บนชั้นกรวดหรือหินหนา 200-460 มม.
- ท่อระบายส่วนล่างของลานควรมีขนาดไม่เล็กกว่า 4" ติดตั้งกันห่างประมาณ 2-6 ม. ความลาดของท่ออย่างต่ำ 1%

2.5.4 การรีดกรองด้วยสายพาน (Belt filter press)

ประกอบด้วยลูกกลิ้งหลายลูกที่มีแผ่นผ้ากรองเคลื่อนที่ ซึ่งแผ่นผ้ากรองจะทำหน้าที่รีดกรองสลัดจ์นำน้ำออก ระบบนี้จำเป็นต้องใช้สาร Polymers เติมลงไป เพื่อช่วยทำให้การนำน้ำออกจากสลัดจ์ได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จากนั้นทำการปล่อยให้น้ำไหลออกจากสลัดจ์ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ตามด้วยการรีดสลัดจ์ให้น้ำไหลออกด้วยระบบลูกกลิ้ง

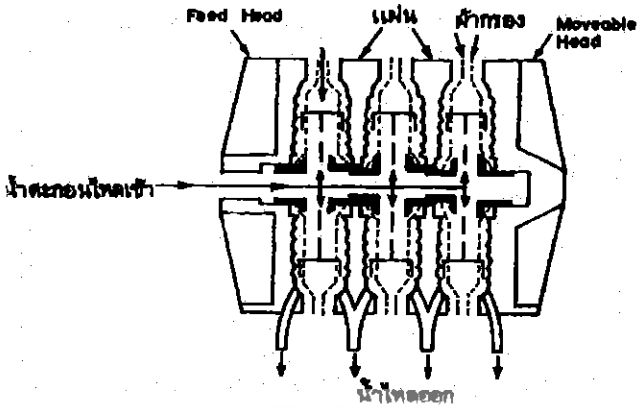


รูปที่ 2.14 เครื่องรีดกรองด้วยสายพาน

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.5.5 การอัดกรองด้วยแผ่น (Plate pressure filters)

ประกอบด้วยแผ่นที่มีผ้ากรอง เพื่อทำหน้าที่อัดสลัดจ์ให้น้ำไหลผ่านแผ่นผ้ากรองลงสู่ภาชนะรองรับน้ำข้างล่าง ต้องเติมสาร Polymers ลงไปช่วยให้การนำน้ำออกจากสลัดจ์ได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การใส่สลัดจ์เข้าไปในระบบอาจใช้เวลาประมาณ 20-30นาที จนกระทั่งสลัดจ์บรรจุเต็มในระบบ ระบบนี้ต้องอาศัยแรงดันสูงในการกรองด้วยซึ่งอาจประมาณ 700-1700 kPa ใช้เวลาในการกรองประมาณ 1-4 ชั่วโมง เพื่อให้ได้สลัดจ์ที่ถูกอัดแห้งได้ผลดีที่สุด ระบบนี้มีประสิทธิภาพในการนำน้ำออกจากสลัดจ์ได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้เครื่องจักรกลอื่นๆ ระบบนี้ทำความสะอาดด้วยการฉีดน้ำที่มีแรงดันสูงและบางช่วงอาจใช้กรดช่วยในการล้างด้วย



รูปที่ 2.15 เครื่องอัดกรองด้วยแผ่น

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.5.6 การทิ้งกากสลัดจ์ (Disposal)

การทิ้งสลัดจ์ที่มาจากโรงผลิตน้ำประปา หลังจากผ่านกระบวนการกำจัดน้ำออกจากสลัดจ์ได้บางส่วนแล้วจะนำสลัดจ์ที่มีลักษณะคล้ายขนมวุ้นหรือคล้ายยาสีฟันขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในสลัดจ์ที่ยังหลงเหลืออยู่ไปทิ้งด้วยวิธีต่างๆ เช่น นำสลัดจ์ส่งไปโรงบำบัดน้ำเสียเพื่อไปรวมกับสลัดจ์ที่เกิดจากระบบน้ำเสีย นำสลัดจ์ไปถมที่ หรือนำสลัดจ์ไปทิ้งที่พื้นดินทั่วไป เป็นต้น

ตารางที่ 2.17 ความเข้มข้นของสลัดจ์ที่จะได้รับจากแต่ละวิธี

ระบบกำจัดสลัดจ์	สลัดจ์ปูนขาว (Lime sludge) %	สลัดจ์สารสร้างตะกอน (Coagulation sludge)
การทำสลัดจ์เข้มข้น	15-30	3-4
การหมุนเหวี่ยง		
- แบบBasket	-	10-15
-แบบScroll	55-65	10-20

ตารางที่ 2.17 ความเข้มข้นของสลัดจ์ที่จะได้รับจากแต่ละวิธี(ต่อ)

ระบบกำจัดสลัดจ์	สลัดจ์ปูนขาว (Lime sludge) %	สลัดจ์สารสร้างตะกอน (Coagulation sludge)
การรีดกรองด้วยสายพาน	-	10-15
การกรองแบบสุญญากาศ	45-65	-
การอัดกรองด้วยแผ่น	55-70	30-45
ลานทรายตากแดด	50	20-25
บ่อตากแดด	50-60	7-15

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.6 ระบบจ่ายน้ำประปา

หลังจากที่ได้ผลิตน้ำประปาแล้ว จะนำน้ำประปาไปแจกจ่ายทั่วบริเวณของชุมชนด้วยท่อประปาขนาดเหมาะสม มีระบบวาล์วประเภทต่างๆติดตั้งอยู่ตามท่อประปาทั่วบริเวณแล้วแต่ความเหมาะสม

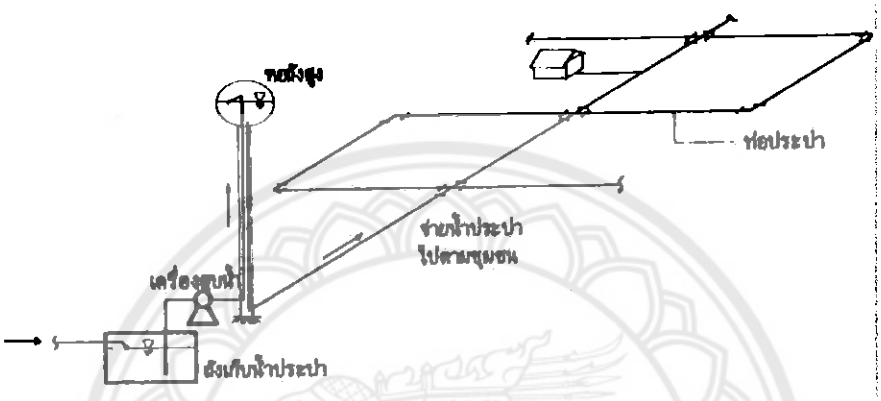
2.6.1 วิธีการจ่ายน้ำประปา

วิธีการจ่ายน้ำประปาจากโรงผลิตน้ำประปามายังชุมชนสามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธีดังนี้

1. วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก

วิธีนี้อาศัยหลักการว่า ระดับน้ำจากแหล่งอยู่สูงกว่าชุมชนมากเพียงพอ ที่ทำให้น้ำประปาไหลจากแหล่งไปตามท่อประปาได้อย่างดี คือ มีทั้งความเร็วของน้ำไหลและความดันของน้ำภายในท่ออย่างเหมาะสม วิธีนี้โดยมากจะอาศัยความสูงของระดับดินปกติ และหอถังสูง เพื่อเป็นจุดที่ปล่อยน้ำประปาเพื่อแจกจ่ายไปรอบๆบริเวณ วิธีการจ่ายน้ำประปาวิธีนี้เป็นวิธีที่น่าไว้ใจที่สุด เพราะ ถ้าเกิดกระแสไฟฟ้าดับ ระบบแจกจ่าย

น้ำประปายังคงสามารถจ่ายน้ำได้ช่วงเวลาหนึ่ง อาจได้นานถึงหนึ่งหรือสองวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของหอถังสูง

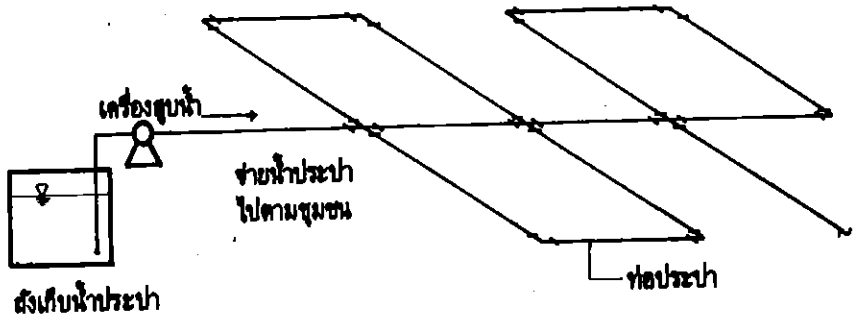


รูปที่ 2.16 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้หอสูง

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2. วิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรง

อาศัยเพียงเครื่องสูบน้ำสูบจ่ายน้ำประปาไปตามท่อประธานของระบบโดยตรง ความเร็วของน้ำไหลและความดันของน้ำภายในท่อจะถูกควบคุมโดยเครื่องสูบน้ำและขนาดท่อประธานที่ออกแบบไว้ ระบบจ่ายน้ำประปาวิธีนี้ไม่ต้องใช้หอถังสูงแต่จะมีถังเก็บน้ำประปาไว้ เพื่อให้เครื่องสูบน้ำไปแจกจ่ายชุมชนโดยอาศัยความดันภายในท่อประธานไม่คงที่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง ถ้าเกิดกระแสไฟฟ้าดับก็ไม่สามารถแจกจ่ายน้ำประปาได้ในทันทีทำให้เป็นข้อเสียหลักของระบบนี้

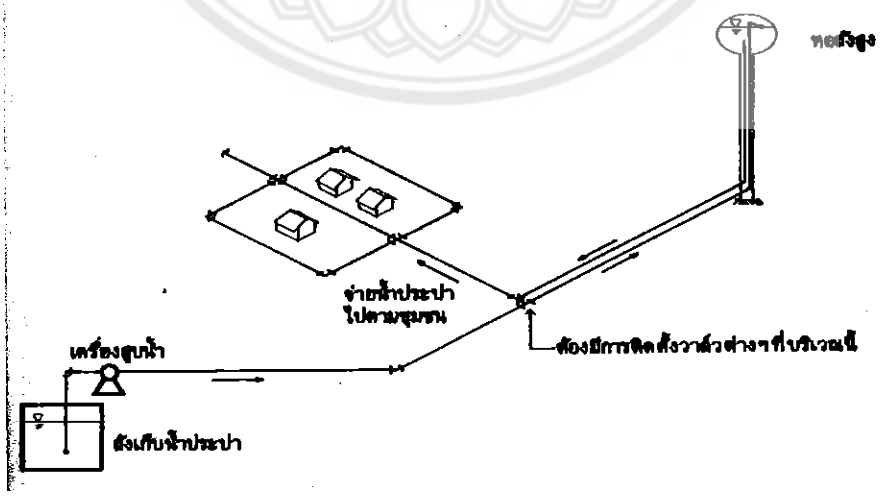


รูปที่ 2.17 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรงแบบใช้เครื่องสูบ

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

3. วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกร่วมกับการสูบจ่ายน้ำ

อาศัยทั้งสองหลักการข้างต้น วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก การแจกจ่ายน้ำประปาจะอาศัยทั้งเครื่องสูบน้ำสูบจ่ายไปยังท่อประธานพร้อมกันนั้นอีก ณ ตำแหน่งจะมีหอถังสูงทำหน้าที่แจกจ่ายน้ำประปาไปด้วย ข้อดีคือ สามารถแจกจ่ายน้ำประปาด้วยปริมาณมากๆได้ วิธีนี้สามารถเลือกวิธีแจกจ่ายน้ำประปาไปยังท่อประธานได้ คือ อาจจ่ายน้ำประปาโดยใช้เครื่องสูบน้ำอย่างเดียวหรือใช้หอถังสูงอย่างเดียวก็ได้



รูปที่ 2.18 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำร่วมกันกับหอถังสูง

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.6.2 ระบบจ่ายน้ำประปา

ระบบจ่ายน้ำประปามีอยู่ 2 ระบบ คือ

1.ระบบจ่ายน้ำแบบต่อเนื่อง (Continuous System) ระบบจะทำการจ่ายน้ำประปาตลอดเวลา เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการน้ำประปาที่ใช้งานตลอดเวลา มีแหล่งน้ำดิบที่เพียงพอตลอดเวลา และมีโรงผลิตน้ำประปาที่สามารถผลิตได้เพียงพอจ่ายน้ำได้ตลอดเวลา

2.ระบบจ่ายน้ำแบบเดินๆหยุดๆ ระบบนี้อาจจ่ายน้ำประปาเป็นเวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง ในแต่ละวันก็ได้ เช่น จ่ายน้ำประปาให้ในช่วงเช้าและช่วงเย็น ระบบนี้จะใช้เมื่อปริมาณน้ำดิบในแหล่งน้ำไม่พอเพียงสำหรับการจ่ายประปาให้ตลอดเวลา

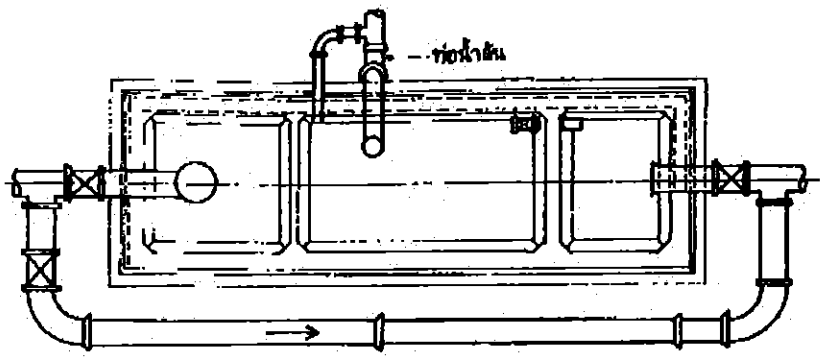
2.6.3 ถังเก็บกักน้ำประปา

วัตถุประสงค์ของการเก็บกักน้ำประปาด้วยถังเก็บกักน้ำประปา มีดังต่อไปนี้

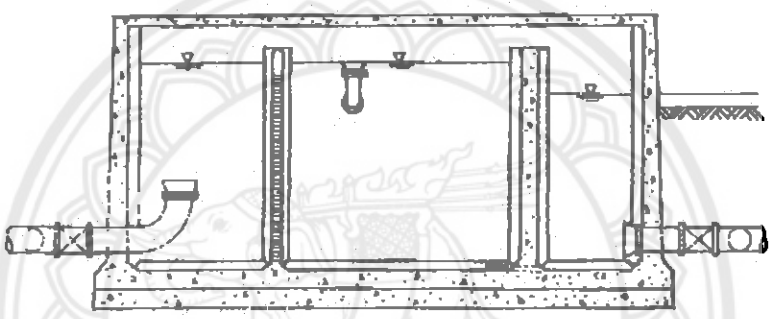
- ต้องการเก็บกักน้ำประปาไว้สำหรับการดับเพลิง
- ต้องการรักษาระดับความดันของน้ำในท่อประปาได้ตลอดเวลา
- ต้องการเก็บกักน้ำประปาสำรองไว้เมื่อมีการใช้น้ำประปามากกว่าปกติ

โดยทั่วไปขนาดความจุของถังเก็บกักน้ำประปา จะขึ้นอยู่กับจำนวนชั่วโมงที่จ่ายน้ำประปา อัตราการสูบจ่ายน้ำประปา และการแปรเปลี่ยนปริมาณความต้องการใช้น้ำประปาของชุมชนนั้น

1. ถังน้ำบนพื้นดิน (Surface Storage Tank) หมายถึง ถังเก็บกักน้ำประปาไว้ เพื่อจ่ายน้ำประปาไปทั่วชุมชนของแต่ละชุมชน สำหรับขนาดของถังเก็บกักน้ำบนพื้นดินสามารถคำนวณได้โดยวิธีสร้างกราฟปริมาณน้ำประปาใช้สะสมตลอดวัน ซึ่งเป็นวิธีที่คล้ายกับการคำนวณหาขนาดของอ่างเก็บน้ำ หรืออาจพิจารณาใช้ค่าปริมาณน้ำใช้โดยเฉลี่ยต่อวันเป็นขนาดความจุของถังเก็บกักน้ำประปา ซึ่งต้องการเก็บกักไว้ใช้ 1-2วัน หรือมากกว่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้น้ำประปาของชุมชนนั้นๆ



รูปแปลน

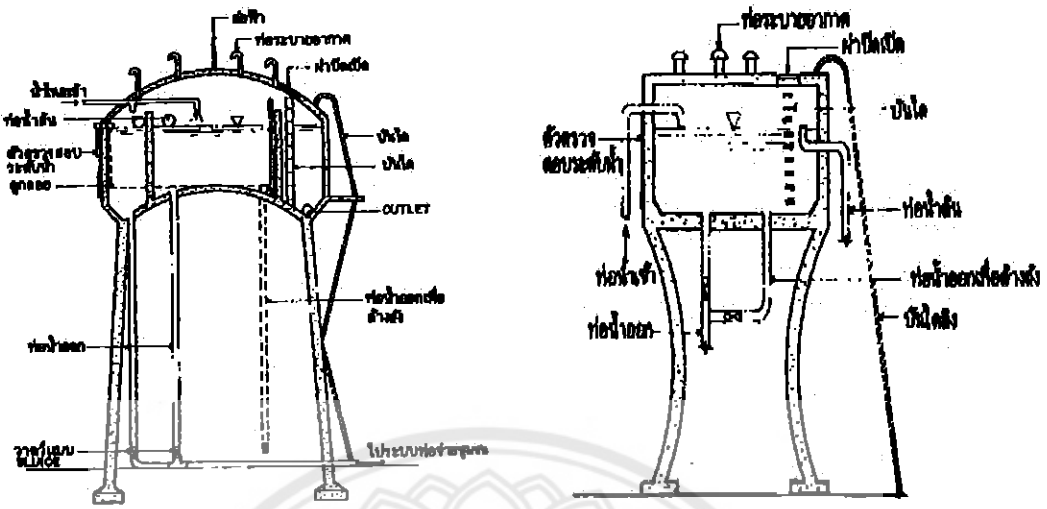


รูปตัด

รูปที่ 2.19 รายละเอียดของถังน้ำบนพื้นดิน

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2. หอถังสูง(Elevated Tank) หอถังสูงทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก อาจจะมีหอถังสูงอยู่หลายๆ จุดในชุมชนนั้น เพื่อสามารถมีแรงดันพอเพียงสำหรับการจ่ายน้ำประปาให้แก่ชุมชน หอถังสูงจะมีขนาดความสูงตั้งแต่ 10-30 ม. และบางแห่งพบว่ามีความสูงมากกว่านี้ ขนาดความจุมีตั้งแต่ 5-250 ลบ.ม. แล้วแต่การใช้น้ำ การคำนวณหาขนาดความจุที่เหมาะสมอาจพิจารณาใช้ค่าปริมาณน้ำใช้โดยเฉลี่ยต่อชั่วโมง ขนาดความจุอาจเก็บไว้ใช้ 1-2 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้น แล้วแต่ความเหมาะสมของชุมชน ซึ่งจะไปเกี่ยวข้องกับขนาดของเครื่องสูบน้ำขึ้นไปเก็บไว้ในหอถังสูงด้วย ในการเลือกตำแหน่งที่จะติดตั้งหอถังสูงควรจะเลือกบริเวณที่มีระดับสูงกว่าบริเวณรอบๆใกล้เคียง เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการจ่ายน้ำประปา



รูปที่ 2.20 รายละเอียดของหอถังสูง

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.7 อัตราการใช้น้ำของประชากร

2.7.1 อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคล

อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคลมีหน่วยลิตรต่อวันต่อคน อัตราการใช้น้ำในแต่ละชุมชนอาจเปลี่ยนแปลงได้มาก และขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ขนาดของชุมชน ขนาดของชุมชนปกติแล้วเป็นผลในทางอ้อมในการเพิ่มอัตราการบริโภคน้ำให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม หากมีชุมชนใหญ่แล้วปริมาณน้ำที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ก็จะมีปริมาณมากไปด้วยเช่นเดียวกัน

2. จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่ในชุมชน หากในชุมชนใดมีโรงงานมากปริมาณน้ำที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์จะมากตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมมักต้องการใช้น้ำปริมาณมากในกรรมวิธีต่างๆ

3. คุณภาพของน้ำ หากน้ำมีคุณภาพที่ดีและเป็นที่นิยมของประชาชน อัตราการใช้น้ำจะเพิ่มขึ้น เพราะประชาชนย่อมต้องการใช้น้ำที่มีความปลอดภัย เช่นเดียวกับโรงงานอุตสาหกรรม หากน้ำมีคุณสมบัติทางเคมีไม่ได้มาตรฐาน เช่น มีสารเคมีเจือปนอยู่มาก หรือมีความกระด้างสูงแล้ว หม้อน้ำหรือท่อ

น้ำก็อาจชำรุดได้ง่าย ปริมาณการใช้น้ำก็จะลดลง ในทางตรงกันข้าม หากน้ำมีคุณภาพดีปริมาณการใช้น้ำก็จะเพิ่มขึ้น

4. ค่าน้ำประปา เมื่อน้ำมีราคาถูกการใช้น้ำก็ย่อมมีมาก

5. สภาพอากาศ สภาพอากาศนับว่ามีอิทธิพลต่อการใช้น้ำเป็นอย่างมาก ประชาชนในเขตหนาวจะใช้น้ำน้อยตรงกันข้ามกับในเขตร้อนจะมีปริมาณการใช้น้ำสูง ในฤดูร้อนอัตราการใช้น้ำจะสูงมากเพราะใช้สำหรับอาบ และนำไปรดพืชผัก ผลไม้และอื่นๆ ตลอดจนปริมาณที่นำมาใช้ดื่มก็จะสูงขึ้นเช่นกัน

6. สภาพความเป็นอยู่และอาชีพของประชาชน อัตราการใช้น้ำของประชาชนย่อมมีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการดำรงชีพและอาชีพ จะเห็นว่าประชาชนในชนบทมีอาชีพทางด้านเลี้ยงสัตว์และเกษตรกรรมจะใช้น้ำไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะประชาชน มักจะอาศัยน้ำที่หาได้จากท้องถิ่นมาใช้สำหรับอาบและใช้ในกิจการอื่น ต่างกับประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนหนาแน่น เช่น ในเมืองจะมีปริมาณการใช้น้ำสูงกว่า

นอกจากนี้ อัตราการใช้น้ำยังขึ้นอยู่กับแรงดันของระบบจ่ายน้ำ ระบบบริหารและจัดการของการประปา และความสะดวกในการดำเนินกิจการประปาส่วนบุคคล

จากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว จึงไม่เป็นที่ประหลาดใจว่าอัตราการใช้น้ำของชุมชนต่างๆ ย่อมแตกต่างกันได้เสมอ ประเทศที่มีการพัฒนาสูง ย่อมใช้น้ำมากกว่าประเทศที่กำลังพัฒนา

ตารางที่ 2.18 อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคลในบางประเทศ

ประเทศ	อัตราการใช้น้ำ (ลิตรต่อวันต่อคน)
อังกฤษ	135-225
สหรัฐอเมริกา	300-900
อิตาลี (กรุงโรม)	1,000-1,600
ประเทศไทย (กรุงเทพฯ)	200
อินเดีย	50-450

ที่มา: มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542

2.7.2 ประเภทของการใช้น้ำ

การใช้น้ำประปา อาจแยกออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. การใช้น้ำภายในครัวเรือน
2. การใช้น้ำเพื่อการค้าและอุตสาหกรรม
3. การใช้น้ำเพื่อสาธารณประโยชน์
4. การใช้น้ำที่ไม่ได้ตั้งใจ

ความต้องการน้ำในประเภทต่างๆสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอด ขึ้นอยู่กับลักษณะของชุมชน สภาพแวดล้อมของชุมชน และปัจจัยอื่นๆด้วย

ตารางที่ 2.19 ประเภทของการใช้ อัตราการใช้ และค่าเปอร์เซ็นต์ ของการผลิตน้ำประปา

ประเภทการใช้	อัตราการใช้ (ลิตรต่อวันต่อคน)	ร้อยละของการผลิตทั้งหมด
ที่พักอาศัย	140	31
การค้า-อุตสาหกรรม	166	38
สาธารณะ	49	11
สูญเสีย	95	20
รวม	450	100

ที่มา: มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542

1. การใช้น้ำในครัวเรือน

การใช้น้ำในกลุ่มนี้ มีหลายวัตถุประสงค์ด้วยกัน เช่น การดื่ม การอาบ การซักล้าง การครัว การทำความสะอาด การกำจัดสิ่งปฏิกูล ฯลฯ อัตราการใช้น้ำของอาคารที่พักอาศัยมักจะไม่ค่อยแน่นอนนัก ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องอื่นๆอีกหลายอย่าง เช่น ชนิด และความหนาแน่นของชุมชน ฐานะเศรษฐกิจ

นิสัยและความเป็นอยู่ สภาวะด้านการสุขาภิบาล และบริการของการประปา เป็นต้น สิ่งเหล่านี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้น้ำได้มาก จากการสำรวจพบว่า อัตราการใช้น้ำของอาคารที่พักอาศัยโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่างประมาณ 40-230 ลิตรต่อคนต่อวัน

ค่าเฉลี่ยที่นิยมใช้โดยทั่วๆ ไป สำหรับชุมชนในเมืองคือ 100-200 ลิตรต่อคนต่อวัน แต่สำหรับท้องที่ชานเมืองและในชนบท มีอัตราการใช้น้ำต่ำกว่าชุมชนในเมืองหรือในเขตเทศบาล องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้เคยจัดการสำรวจอัตราการใช้น้ำของพลเมืองในแถบตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชียไว้เป็นค่าอัตราเฉลี่ยโดยประมาณ ดังนี้

ชนบท	30-50	ลิตร /คน/วัน
ชานเมือง	50-75	ลิตร /คน/วัน
เขตเทศบาล	100-120	ลิตร /คน/วัน
นครหลวง	200	ลิตร /คน/วัน

สำหรับประเทศไทย อัตราที่ใช้สำหรับการคำนวณเพื่อผลิตน้ำประปา การประปาภูมิภาคใช้อัตราเฉลี่ยประมาณ 120 ลิตรต่อคนต่อวัน และการประปานครหลวงใช้อัตราเฉลี่ยประมาณ 200 ลิตรต่อคนต่อวัน ส่วนในประเทศที่พัฒนาแล้ว ทั้งในยุโรปและอเมริกา โดยเฉพาะตามนครใหญ่ๆ จะสูงกว่า 200 ลิตรต่อคนต่อวันขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์ ที่นิยมติดตั้งในอาคารที่พักอาศัยมีลักษณะที่ต้องใช้น้ำในปริมาณมากกว่า โดยปกติแล้ว ปริมาณการใช้น้ำสำหรับอาคารที่พักอาศัยจะมีปริมาตรไม่น้อยกว่า 30% ของปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้ทั้งหมด

2. การใช้น้ำเพื่อการค้าและอุตสาหกรรม

การใช้น้ำประปาในประเภทนี้ จำเป็นต้องพิจารณาถึงขนาดและชนิด ของกิจกรรมนั้นๆ ประกอบด้วยจำนวนน้ำสำหรับใช้ในธุรกิจการค้าและสำนักงานมีจำนวนไม่มากนัก คือ ให้ใช้คนละ 20-60 ลิตรต่อวัน จำนวนน้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์

สำหรับในชุมชนที่มีการพัฒนาทางอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง ปริมาณน้ำใช้เพื่อกิจการอุตสาหกรรมอาจมีสัดส่วนสูงกว่าปริมาณน้ำใช้ในครัวเรือนเป็นอย่างมาก

1. การใช้น้ำเพื่อการสาธารณประโยชน์และดับเพลิง

การใช้น้ำประเภทนี้ เป็นการใช้เพื่อกิจการสาธารณประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น การล้างถนน รดน้ำสนามหญ้า สวนดอกไม้ สวนหย่อม และสวนสาธารณะ ใช้เพื่อเป็นน้ำพุ ป้องกันสาธารณภัย ฯลฯ อัตราการใช้น้ำประปาประเภทนี้ เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะและขนาดของชุมชน ความหนาแน่น ชนิดและจำนวนของระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ในชุมชนนั้น เกณฑ์เฉลี่ยที่อาจถือเป็นค่าโดยประมาณสำหรับการคำนวณ คือ 40-80 ลิตร ต่อคนต่อวัน สำหรับปริมาณน้ำประปาเพื่อป้องกันอัคคีภัยนี้มีค่าไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของอัคคีภัยที่เกิดขึ้นและระยะเวลาที่ใช้ในการดับเพลิงแต่ละครั้ง โดยปกติแล้ว จะต้องมีการพิจารณาเกี่ยวกับขนาด และอัตราการสูบน้ำของรถดับเพลิงที่มีใช้อยู่ในท้องถิ่นนั้นๆ ด้วย

2. ปริมาณน้ำสูญเสีย

ปริมาณน้ำสูญเสีย หมายถึงจำนวนน้ำประปาที่สูญไปโดยไม่ได้ประโยชน์ อันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ เช่น ฝีมือการต่อท่อไม่ดี ทำให้มีน้ำรั่ว การใช้น้ำอย่างเลินเล่อต่างๆ อุปกรณ์น้ำประปา เช่น วาล์วต่างๆ เป็นต้น เกิดชำรุดเสียหาย

ปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียไปอย่างไม่ได้ตั้งใจ เป็นจำนวนที่ประมาณได้ยากมาก และเกินกว่าที่วิศวกรจะล่วงรู้ได้ ในหลักปฏิบัติ น้ำที่ต้องสูญเสียโดยไม่ได้ตั้งใจ ถือว่าเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ สิ่งเดียวที่กระทำได้ คือ พยายามผ่อนหนักให้เป็นเบา จากรายงานของกิจการประปาในหลาย ๆ ประเทศ ปรากฏว่าปริมาณของน้ำที่ต้องสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 20% ของปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้ทั้งหมด อัตราการสูญเสียจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษา การตรวจตราดูแล แรงดันในท่อประปา การติดตั้งมาตรวัดน้ำ ตลอดจนนิสัยในการใช้น้ำของประชาชน

2.7.3 อายุการใช้งานของระบบประปา

การกำหนดอายุการใช้งานของส่วนประกอบต่างๆ ของระบบผลิตประปาไว้ล่วงหน้า เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการคำนวณออกแบบ หรือพิจารณาหาอุปกรณ์เครื่องใช้ในการผลิตประปาตลอดจนกระบวนการต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงอัตราผลิตน้ำประปาที่พอเพียงสำหรับอนาคต (ในตลอดช่วงอายุการใช้งานของระบบ) และเพื่อจะได้ออกแบบโครงสร้างให้พอเพียงและเหมาะสมที่สุด ตลอดจนการหาเงินมาลงทุนชำระดอกเบี้ย และค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจการ การวางแผนระยะสั้นนั้นไม่ประหยัด โดยทั่วไป

ระยะเวลาที่เหมาะสม ควรอยู่ระหว่าง 20-30 ปี เพราะถ้านานกว่านี้ เครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆ ก็จะหมดอายุ และอาจหามาเปลี่ยนใหม่ไม่ได้ ค่าดอกเบี้ยของเงินลงทุนก็จะพอกพูนขึ้น แต่ประโยชน์ที่ได้ไม่คุ้มกัน

ในการพิจารณาถึงอายุการใช้งาน ข้อที่ควรพิจารณา มีดังนี้

- อายุการใช้งานของสิ่งก่อสร้างและอุปกรณ์
- ความยากง่ายในการขยายระบบและพื้นที่
- อัตราการเพิ่มของประชากร รวมถึงการขยายตัวของแหล่งอุตสาหกรรมและย่านการค้า
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (ในกรณีที่ต้องกู้มาลงทุน) ค่าของเงิน และค่าเสื่อมราคา
- การทำงานของระบบ ในระยะแรกที่ระบบยังทำงานไม่ได้เต็มกำลังความสามารถที่ได้ออกแบบไว้

ในการออกแบบระบบประปา คำแนะนำทั่วไปที่ใช้ในการกำหนดอายุการใช้งานของส่วนประกอบต่างๆ ของระบบประปา มีดังนี้

1. เขื่อน อุโมงค์ส่งน้ำ ซึ่งในการที่จะสร้างขยายต่อเติม ทำได้ยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง ควรออกแบบให้มีอายุใช้งาน 25-50 ปี

2. บ่อบาดาล ระบบท่อจ่ายน้ำ และโรงกรองน้ำ สามารถที่จะขยายต่อเติมได้ไม่ยาก อายุใช้งานควรเป็น 15-25 ปี

3. ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 12" (300 มม.) การเปลี่ยนขนาดท่อเสียค่าใช้จ่ายสูงอายุการใช้งานควรเป็น 20-25 ปี

4. ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 300 มม. ความต้องการใช้น้ำอาจเพิ่มขึ้นในเวลาอันสั้น ขนาดท่อจึงอาจต้องเปลี่ยนแปลงตาม

2.8 การคาดการณ์จำนวนประชากร

ในการออกแบบระบบประปา จำเป็นต้องทราบก่อนว่าจำนวนผู้รับบริการทั้งหมด (ใช้ชั่วอายุการใช้งานของระบบประปา) มีมากน้อยเท่าใด เพื่อให้สามารถคำนวณหาขนาดของระบบประปาสำหรับอนาคต วิศวกรผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องมีการทำนายจำนวนประชากรให้ได้อย่างใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด การทำนายจำนวนประชากรสูงเกินไปทำให้ระบบประปามีขนาดใหญ่และสิ้นเปลืองเกินความจำเป็น ส่วนการทำนายจำนวนประชากรน้อยเกินไปมีผลให้ได้ระบบประปาที่มีขนาดเล็กเกินไป และทำให้ต้องมีการขยายระบบประปาเร็วเกินกว่าที่คาดหมายไว้จึงควรทำนายจำนวนประชากรให้ใกล้เคียงมากที่สุด

วิธีทำนายประชากรในอนาคตมีหลายวิธี จะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของวิศวกรผู้ออกแบบ สิ่งที่วิศวกรควรจำแนกคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรนั้นเกิดขึ้นตามธรรมชาติ (การเกิดและการตาย) หรือเกิดเพราะความจำเป็นจากสิ่งแวดล้อมต่างๆ (เช่น การอพยพ การหนีภัย ฯลฯ)

2.8.1 การทำนายประชากรระยะสั้น

1. Arithmatic Progression $dy/dt = k_a$

(การเพิ่มไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนประชากร) $k_a = (y_1 - y_c)/(t_1 - t_c)$

สูตรที่ใช้ทำนายประชากร

Intercensal , $$y_m = y_c + \frac{(y_1 - y_c)(t_m - t_c)}{(t_1 - t_c)}$$

Postcensal $$y_m = y_1 + \frac{(y_1 - y_c)(t_m - t_c)}{(t_1 - t_c)}$$

โดยที่ y_1 = จำนวนประชากรที่ $t = t_1$ (สำรวจประชากรครั้งหลังสุด)

y_e = จำนวนประชากรที่ $t = t_e$

2. Geometric Progression $dy/dt = k_g y$

(การเพิ่มขึ้นอยู่กับจำนวนประชากร, y) $k_g = (\log y_1 - \log y_e)/(t_1 - t_e)$

สูตรที่ใช้ทำนายประชากร

Intercensal , $$\log y_m = \log y_e + \frac{(\log y_1 - \log y_e)(t_m - t_e)}{(t_1 - t_e)}$$

Postcensal $$\log y_m = \log y_1 + \frac{(\log y_1 - \log y_e)(t_m - t_e)}{(t_1 - t_e)}$$

2.8.2 การทำนายประชากรระยะยาว

1. Graphical Comparision with Growth Curves of Similar or Larger Cities

วิธีนี้เป็นการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากร โดยการเปรียบเทียบกับเมืองหรือชุมชนอื่นๆที่มีลักษณะใกล้เคียงกันทั้งในด้านกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม

2. Logistic Curve Method

สูตรที่ใช้ทำนายประชากร

$$y = L/(1+me^{nt})$$

โดยที่ y = จำนวนประชากรที่เวลา t วัดจากจุดเริ่ม

L = จำนวนประชากรสูงสุดที่จุดอิ่มตัว

m, n = สปส.ที่ขึ้นอยู่กับ background ต่างๆ และหาได้จากข้อมูลสำมะโนประชากร

ถ้าให้ $t_1 = 2t_0$ } คือมีระยะห่างเท่า ๆ กัน

และ $t_2 = 3t_0$ }

และรู้จำนวนประชากรที่เวลา t_0, t_1 และ t_2 จะได้

$$L = \frac{2y_0 y_1 y_2 - y_1^2(y_0 + y_2)}{y_0 y_2 - y_1^2}$$

$$m = (L - y_0)/y_0$$

$$n = (1-t)\ln.[y_0(L-y_1)/y_1(L-y_0)]$$

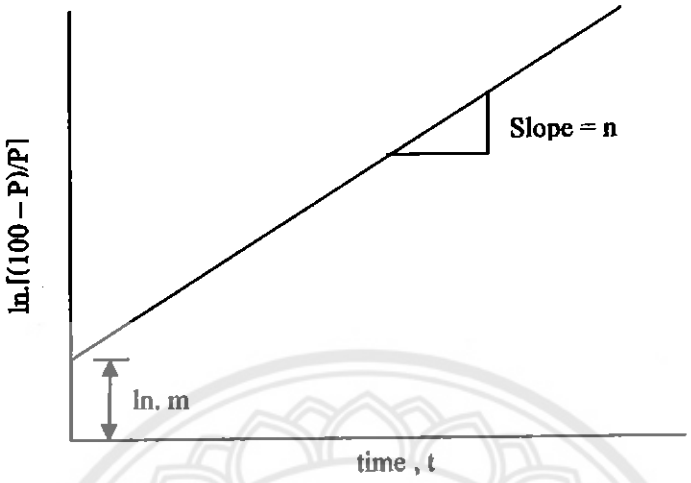
ถ้าให้ P = อัตราหรือระดับอิ่มตัวของประชากร = $100y/L$

เนื่องจาก $y = L/(1 + me^{nt})$

ฉะนั้น $P = 100/(1 + me^{nt})$

หรือ $\ln.[(100 - P)/P] = \ln.m + nt$

เมื่อพล็อต $\ln.[(100 - P)/P]$ กับ t



รูปที่ 2.21 กราฟระหว่าง ln.[(100 – P)/P] กับ t

ที่มา: มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1ศึกษาระบบการผลิตน้ำประปา

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบการผลิตน้ำประปา ลักษณะการทำงาน ของระบบต่างๆ

3.2ดำเนินการเก็บน้ำตัวอย่าง

ศึกษาระบบการผลิตประปาของการประปาส่วนภูมิภาค สาขาตำบลหัวรอ จังหวัดพิษณุโลก โดยทำการเก็บน้ำทั้งหมด 7 ครั้ง เก็บทุก 2 สัปดาห์ ตามวันเวลาดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วันที่เก็บน้ำตัวอย่าง

ครั้งที่เก็บ	วันที่
1	8/1/2553
2	22/1/2553
3	5/2/2553
4	18/2/2553
5	25/2/2553
6	11/3/2553
7	25/3/2553

อุปกรณ์ที่ใช้เก็บ : 1.ขวดเปล่าขนาด 6 ลิตร จำนวน 2 ขวด

2.ขวดโคลิฟอร์ม จำนวน 2 ขวด

3.ขวดเปล่าขนาด 1.5 ลิตร จำนวน 2 ขวด

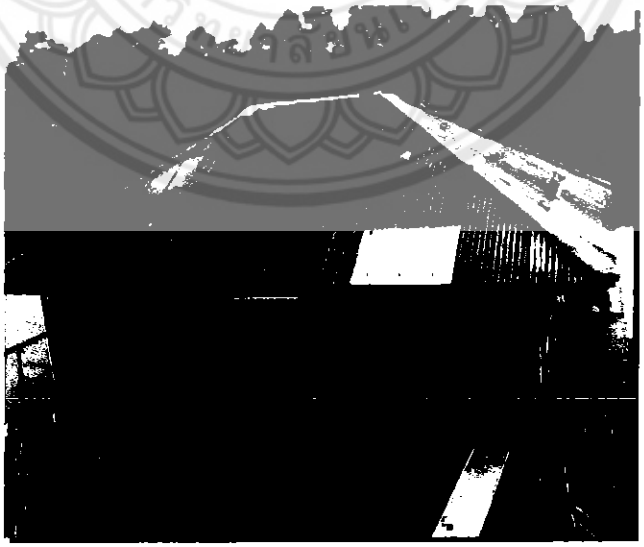
วิธีการเก็บ : ใช้กระบอกข้วงตักแล้ว กรอกลงขวดให้เต็ม

จุดที่เก็บ : - น้ำดิบ

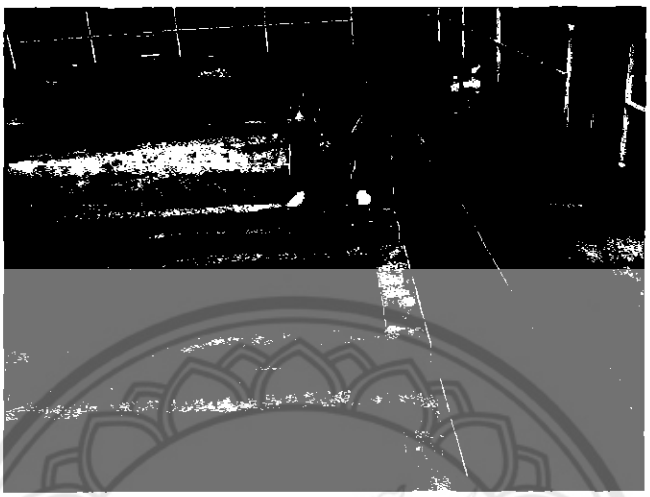
- น้ำที่ผ่านถังตกตะกอน

- น้ำในถังน้ำใส

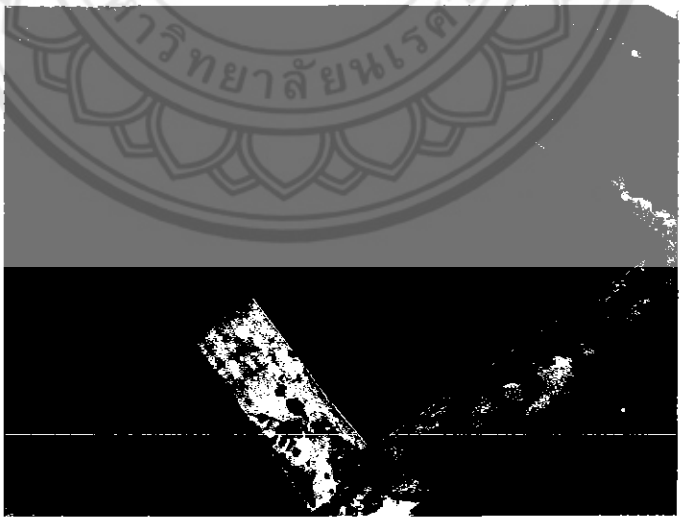
ดังรูปที่ 3.1-.3.3



รูปที่ 3.1 จุดเก็บบริเวณแพสูบน้ำจากแม่น้ำน่าน



รูปที่ 3.2 เก็บจากถังตกตะกอน



รูปที่ 3.3 เก็บน้ำจากถังน้ำใส

3.3พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์น้ำแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 3.2 แสดงจุดเก็บน้ำและพารามิเตอร์ที่ใช้

พารามิเตอร์	น้ำดิบ	น้ำจากถังตกตะกอน	น้ำประปา
พีเอช	✓		✓
ของแข็งในน้ำ	✓	✓	✓
ความขุ่น	✓	✓	✓
บีโอดี	✓		✓
ไนไตรท-ไนเตรท	✓		✓
โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	✓		✓
การหาความเข้มข้นสารที่เหมาะสมด้วยวิธี Jar test	✓		

3.4การทดสอบน้ำตัวอย่างที่เก็บ

พารามิเตอร์ต่างๆ และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงพารามิเตอร์และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	เครื่องมือ	วิธีการวิเคราะห์
พีเอช	pH meter	Electrometric Method
ของแข็งในน้ำ	อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)	อบแห้งที่ 103-105° c
ความขุ่น	Spectrophotometer	Nephelometric method
บีโอดี	ตู้อบ 20°C	Azide modification
ไนไตรท-ไนเตรท	Vis- spectrophotometer	Colorimetric analysis
โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	ตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 35°C	Multiple tube fermentation
การหาความเข้มข้นสารที่เหมาะสมด้วยวิธี Jar test	เครื่องกวนสนามแม่เหล็ก (magnetic stirrer)	วิธี Jar test

บทที่ 4

วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาระบบผลิตน้ำประปาส่วนภูมิภาคตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

1.สถานีสูบน้ำ

สถานีสูบน้ำ ภายในประกอบด้วย ระบบท่อ เครื่องยนต์และเครื่องสูบน้ำมี 2 ตัว สลับกันทำงานตัวละประมาณ 8 ชั่วโมง สูบไปยังระบบผลิตน้ำประปา ซึ่งสถานีเป็นอาคารขนาดเล็ก กรอบเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์ต่างๆ

รูปที่ 4.1 แสดงสถานีสูบน้ำ

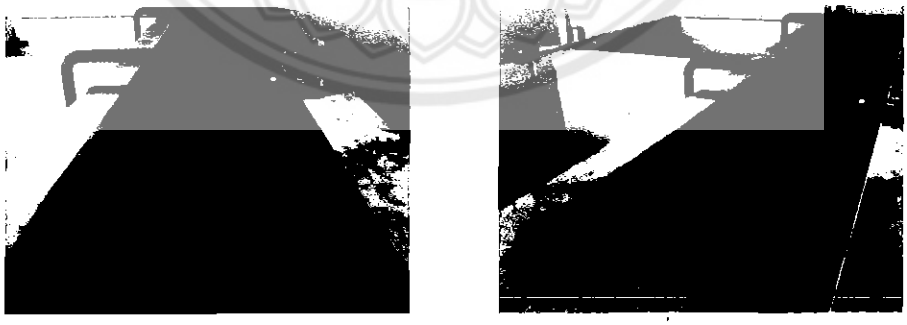
2.เครื่องเติมคลอรีน

เครื่องเติมคลอรีนเป็นการเติมคลอรีนในรูปของก๊าซคลอรีน ซึ่งบรรจุในรูปของเหลวภายใต้ความดันในภาชนะทรงกระบอก เพื่อใช้ในกระบวนการฆ่าจุลินทรีย์ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคเกือบทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบน้ำประปา โดยมีชุดผสมก๊าซคลอรีนให้ละลายในน้ำ แล้วจึงสูบเข้าไปในท่อ

รูปที่ 4.2 แสดงเครื่องเติมคลอรีน

3.เครื่องผสมสารส้มและพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์

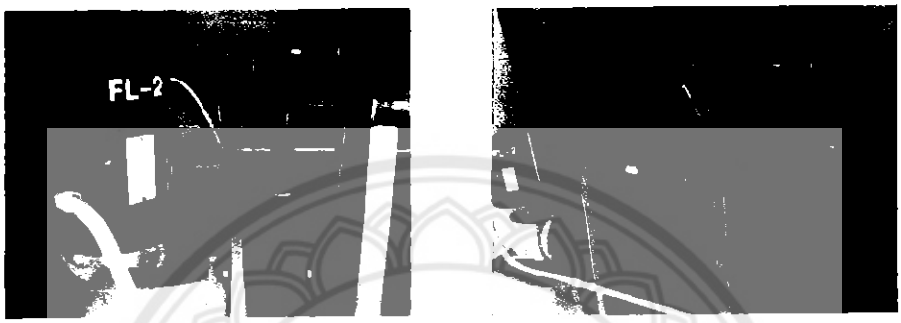
เครื่องจ่ายสารส้มและพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ ทำหน้าที่ผสมสารส้มให้เข้ากับน้ำ เพื่อรวมความขุ่นในน้ำดิบให้เป็นตะกอน จะมีการผสมสารที่เตรียมไว้ที่บ่อแล้วจะถูกสูบขึ้นไปใช้บนถังในส่วนของถังตกตะกอน



รูปที่ 4.3 แสดงเครื่องผสมสารส้มและพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์

4. เครื่องสูบสารส้ม

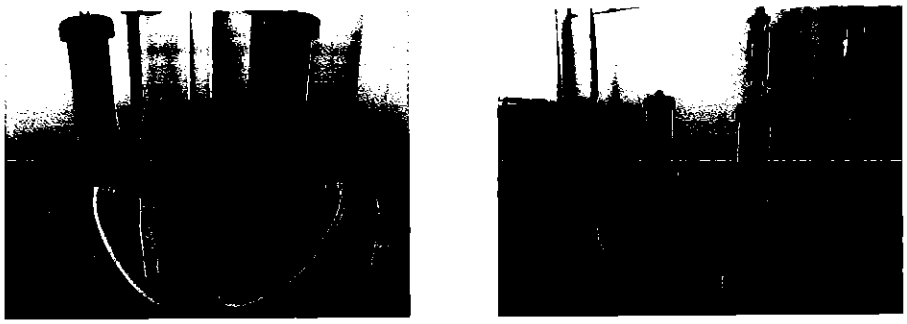
เครื่องสูบสารส้มจำนวน 2 เครื่องทำงานสลับกัน ทำหน้าที่สูบสารส้มและพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์เพื่อส่งไปยังเครื่องจ่ายสารส้ม



รูปที่ 4.4 แสดงเครื่องสูบสารส้ม

5.เครื่องจ่ายสารส้ม

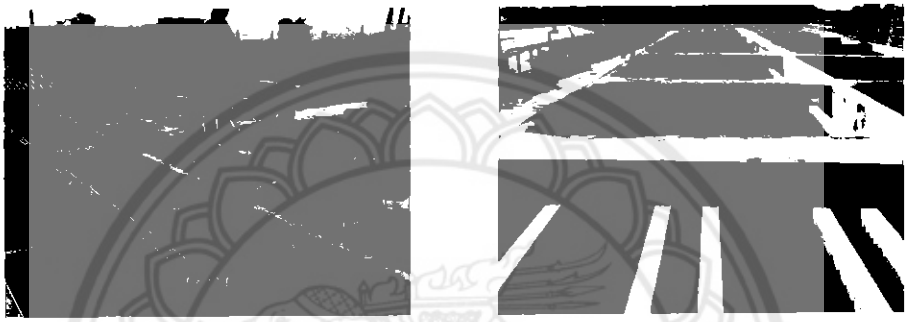
เครื่องสูบสารส้มและพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์จำนวน 2 เครื่อง ทำหน้าที่สูบสารส้มและพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ เพื่อไปยังถังตกตะกอน



รูปที่ 4.5 แสดงเครื่องสูบสารส้ม

6.บ่อตกตะกอน

ถังตกตะกอนจำนวน 2 ถัง ทำหน้าที่ในการกวนช้าและตกตะกอนในโครงสร้างเดียวกัน เพื่อให้ตะกอนของแข็งต่างๆแยกตัวกับน้ำ โดยถังที่ 1 รองรับอัตราการผลิตน้ำประปา 300 ลบ.ม./ชม. และถังที่ 2 รองรับอัตราการผลิตน้ำประปา 500 ลบ.ม./ชม.



รูปที่ 4.6 แสดงบ่อตกตะกอน

7.โรงกรองน้ำ

โรงกรองน้ำทำหน้าที่กำจัดอนุภาคคอลลอยด์ในน้ำที่เหลือจากกระบวนการตกตะกอน สารกรองจะใช้ทรายเป็นสารกรองชนิดเดียว ความถี่ในการล้างประมาณวันละครั้ง แบ่งเป็น 5 ถังกรอง โดยทำงานพร้อมกันและผลัดล้างถังเมื่อทรายกรองเริ่มตัน

รูปที่ 4.7 แสดงโรงกรองน้ำ

8.ถังเก็บน้ำประปา

ถังเก็บน้ำประปามีจำนวน 2 ถัง มีขนาด 1000 ลบ.ม. และ 5000 ลบ.ม. เก็บน้ำที่ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคแล้ว ก่อนจะนำขึ้นถังสูงและสูบส่งไปใช้ต่อไป

รูปที่ 4.8 แสดงถังเก็บน้ำประปา

9.ปั๊มสูบน้ำขึ้นถังน้ำสูงและแจกจ่าย

ปั๊มสูบน้ำขึ้นถังสูงเป็นแบบหอยโข่ง จำนวน 8 เครื่อง สูบน้ำดิบแจกจ่ายชุมชนและขึ้นถังสูงโดยทำงานทีละเครื่อง เครื่องละ 8 ชั่วโมง สลับหมุนเวียนกันใช้ตามลำดับ

รูปที่ 4.9 แสดงปั๊มสูบน้ำขึ้นถังน้ำสูง

10.ถังน้ำสูง

ถังน้ำสูงจะรับน้ำจากถังเก็บน้ำประปาขึ้นมาแล้วปล่อยน้ำเพื่อแจกจ่ายให้กับบ้านเรือนที่พักอาศัยที่อยู่ในพื้นที่ให้บริการ

รูปที่ 4.10 แสดงถังน้ำสูง

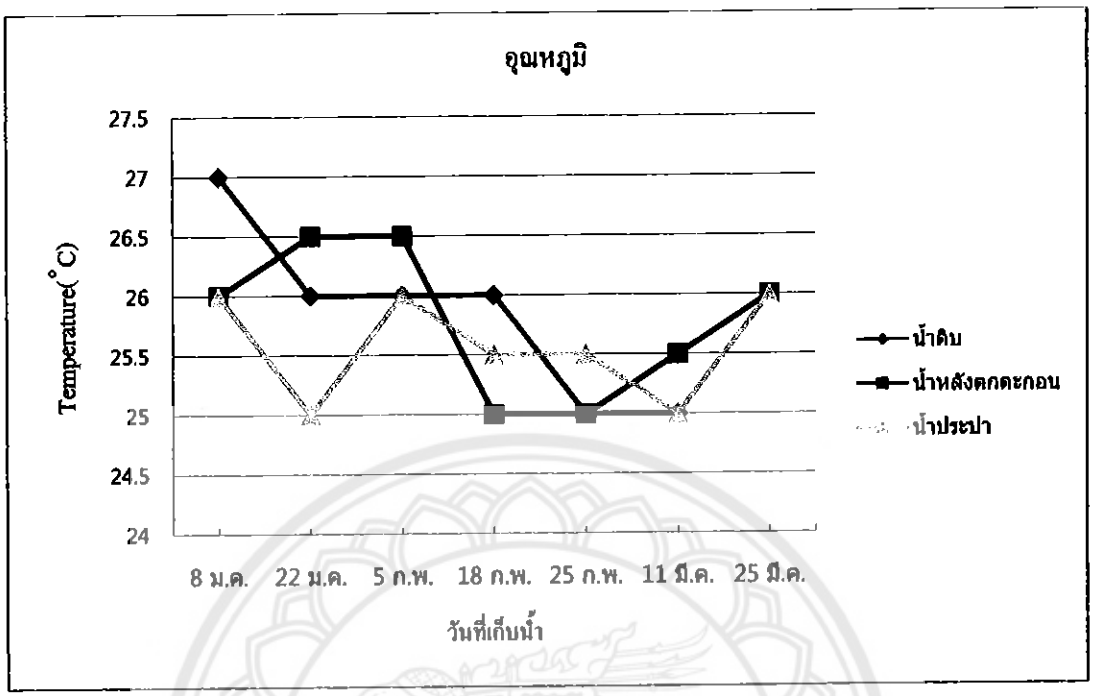
4.2 ศึกษาคุณภาพของน้ำประปา

จากการเก็บตัวอย่างน้ำมาทดลองและวิเคราะห์ จะแสดงผลในรูปของกราฟและวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

4.2.1 อุณหภูมิ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าอุณหภูมิ

วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำดิบ	27	26	26	26	25	25	26	26
หลังตกตะกอน	26	26.5	26.5	25	25	25.5	26	26
น้ำประปา	26	25	26	25.5	25.5	25	26	25.5



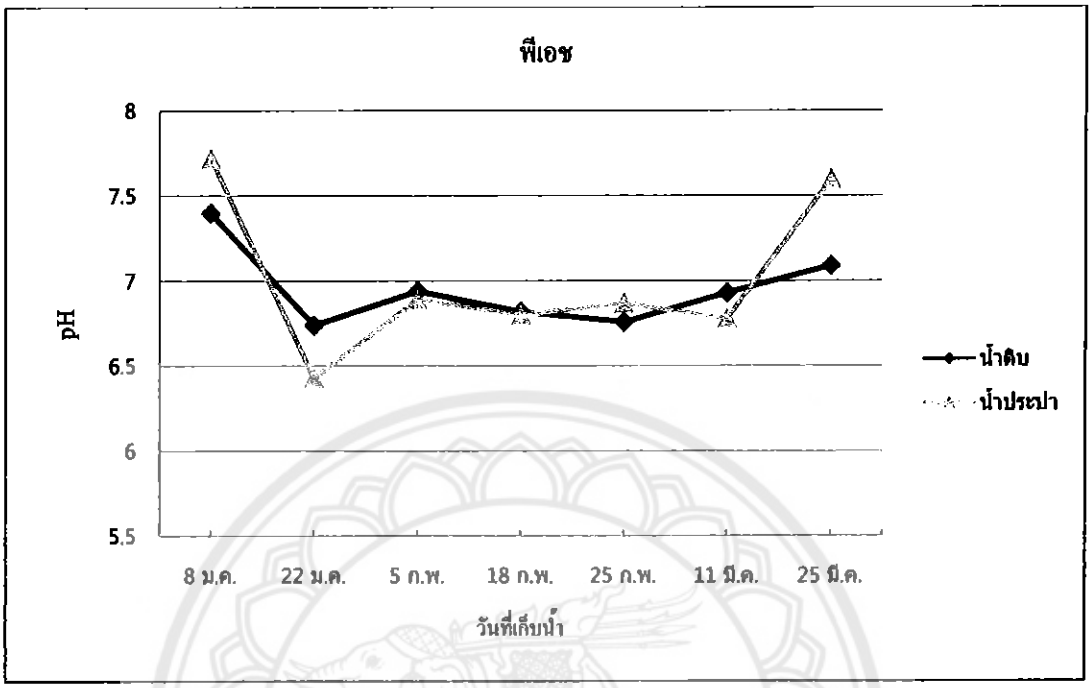
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ

จากผลการวิเคราะห์น้ำ ค่าอุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 25 - 27 °C มีค่าเฉลี่ยอยู่ 25.5 - 26 °C

4.2.2 พีเอช

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพีเอช

วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำดิบ	7.40	6.74	6.94	6.82	6.76	6.93	7.09	6.95
น้ำประปา	7.72	6.43	6.89	6.80	6.87	6.78	7.60	7.01



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าพีเอช

พีเอช คือการวัดค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน หรือการวัดถึงความสามารถของกรดหรือด่างที่มีปฏิกิริยากับน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออน น้ำบริสุทธิ์จะมีค่าพีเอชเป็น 7 ปกติน้ำตามธรรมชาติจะมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.0-8.5

จากผลการทดลอง พีเอชของน้ำตัวอย่างที่วัดได้มีค่าใกล้กันมากและอยู่ระหว่างช่วง 7-8 พีเอชของน้ำประปาที่ระบบผลิตได้อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาค (6.5-8.5) อนึ่ง พีเอชน้ำเมื่อผ่านการเติมสารส้มมักจะเพิ่มหรือลดลงเล็กน้อยดังเช่นวันที่ 25 มีนาคม แต่เมื่อเปลี่ยนเป็นพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ พีเอชน้ำเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ซึ่งโดยปกติระบบผลิตน้ำประปาที่หัวรอจะเติมสารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ตลอดช่วงการเก็บ แต่ในวันที่ 25 มีนาคม ได้มีการใช้สารส้มจึงทำให้ค่าพีเอชมีค่าต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

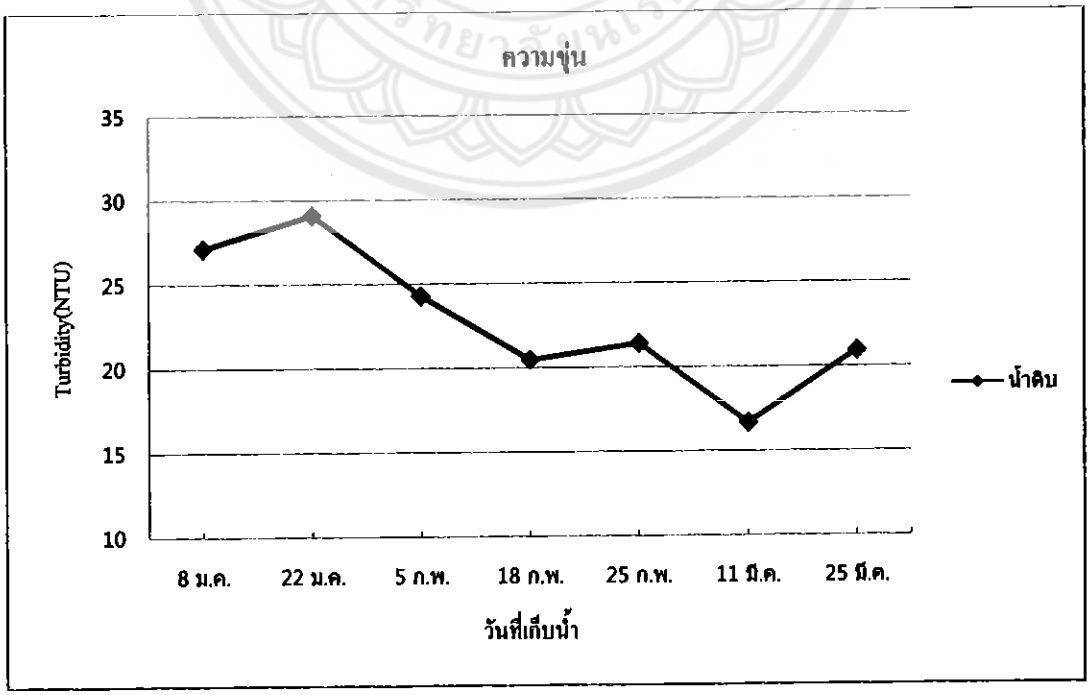
4.2.3 ความขุ่น

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความขุ่น

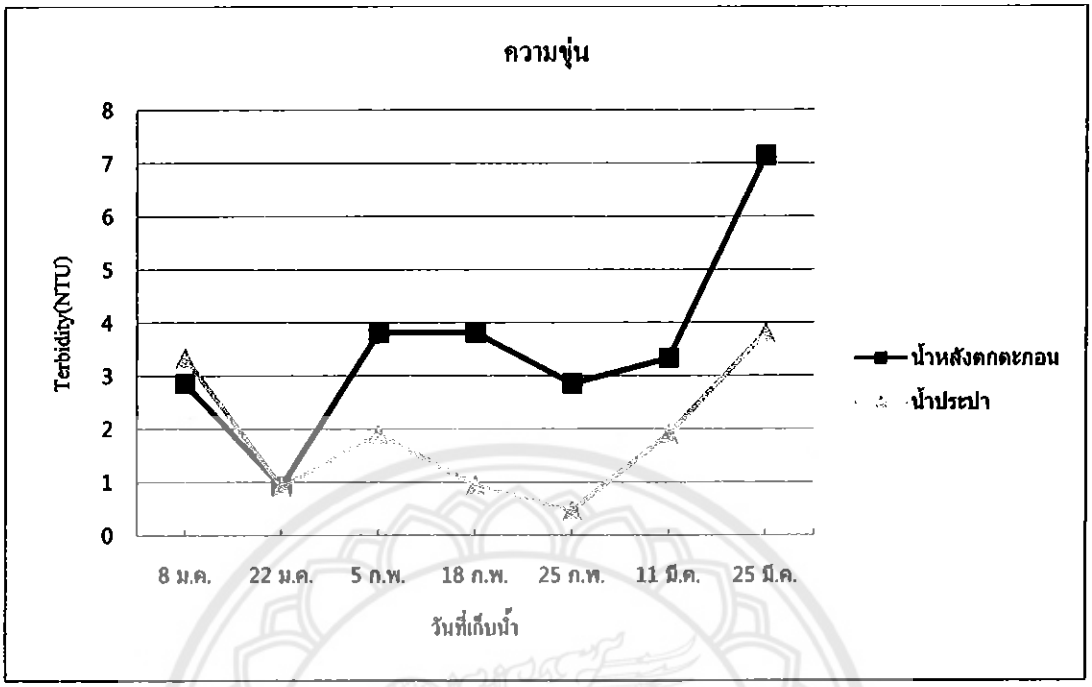
วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำดิบ	27.143	29.095	24.285	20.476	21.428	16.667	20.952	22.864
หลังตกตะกอน	2.857	0.925	3.809	3.809	2.857	3.333	7.143	3.533
น้ำประปา	3.333	0.925	1.905	0.952	0.476	1.905	3.809	1.901

ความขุ่น เกิดขึ้นเนื่องจากมีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น ดิน โคลน ทรายละเอียด **และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก จำพวกสาหร่ายเซลล์เดียว แพลงก์ตอน มักใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดน้ำ เช่น การกรอง การตกตะกอน**

จากผลการทดลอง น้ำประปามีความขุ่นอยู่ระหว่าง 0.9 – 3.8 NTU ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค ซึ่งกำหนดไว้ที่ 5 NTU ประสิทธิภาพการบำบัดความขุ่นเฉลี่ยเมื่อผ่านถังตกตะกอน, ถังกรองและน้ำประปา เท่ากับ 84% และ 92% ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าความขุ่นของน้ำดิบ



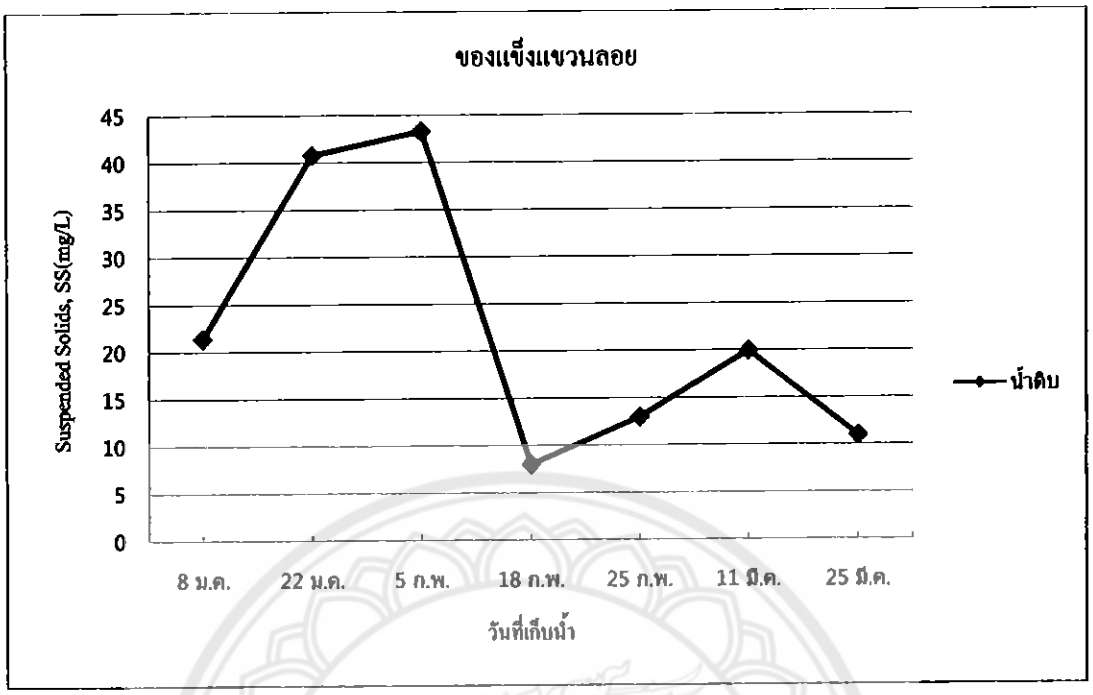
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าความขุ่นของน้ำที่ผ่านถังตกตะกอนและน้ำประปา

4.2.4 ของแข็งแขวนลอย

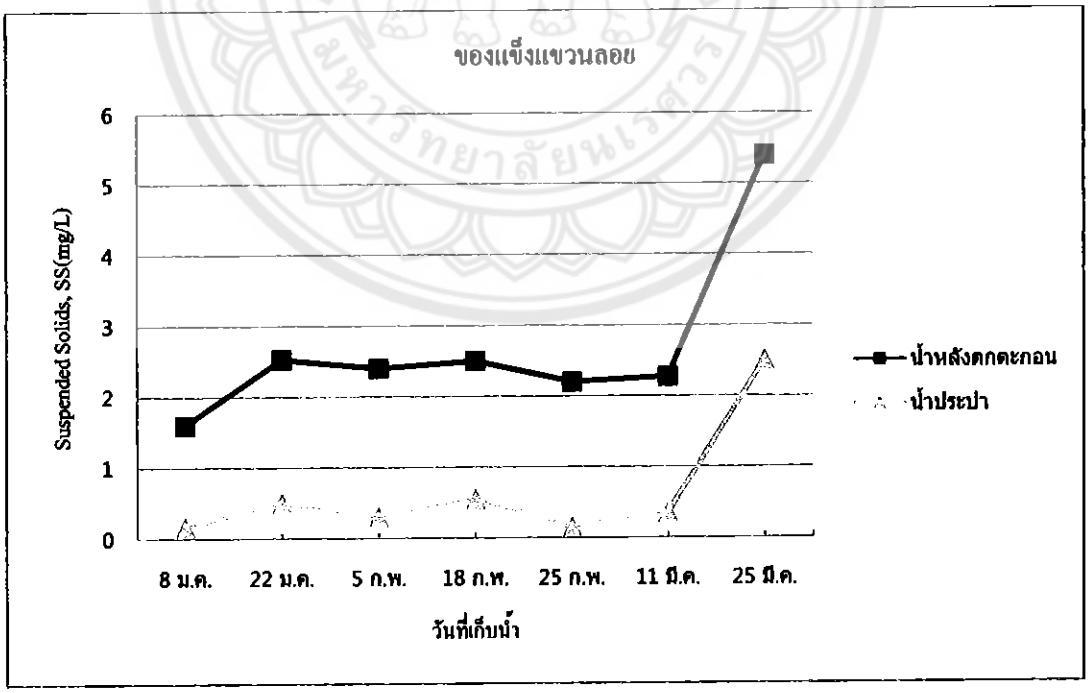
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย

วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำดิบ	21.4	40.8	43.3	8.0	13.0	20.0	11.0	22.5
หลังตกตะกอน	1.6	2.529	2.4	2.5	2.2	2.273	5.4	2.70
น้ำประปา	0.167	0.5	0.3	0.55	0.15	0.35	2.5	0.645

จากผลการทดลองค่าของแข็งแขวนลอยใน น้ำดิบเฉลี่ยที่ 22.5 มก./ล. เมื่อผ่านการบำบัดเป็นน้ำประปาจะลดเหลือเฉลี่ย 0.645 มก. /ล. ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย เมื่อผ่านหลังตกตะกอน, น้ำประปา เท่ากับ 88% และ 97 % ตามลำดับ



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำดิบ

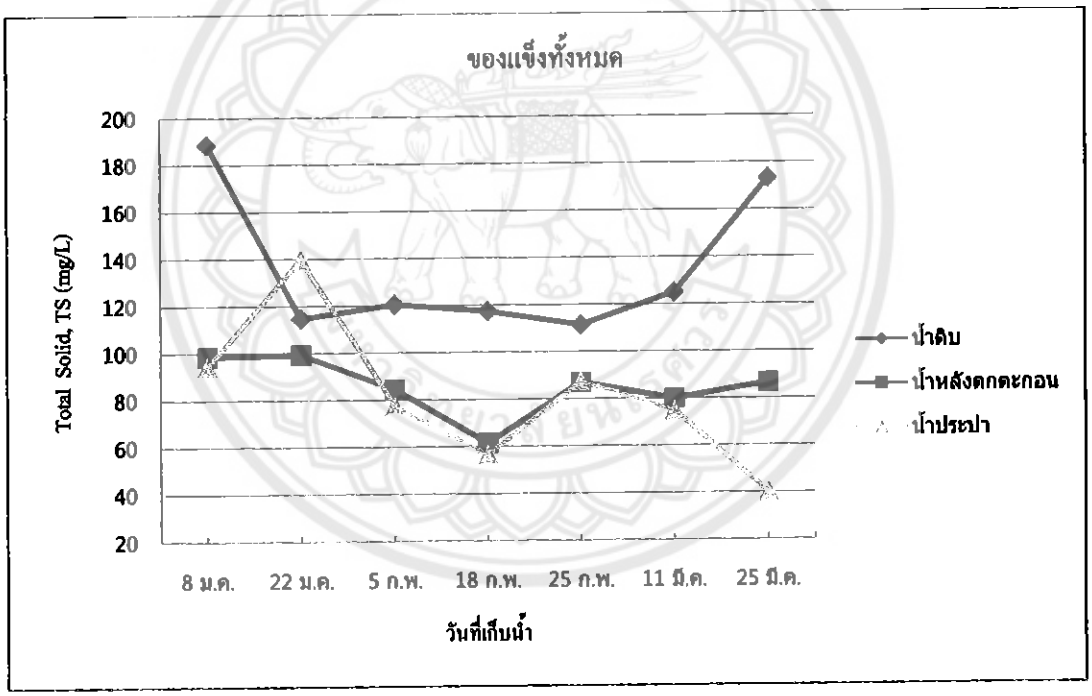


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าของแข็งแขวนลอยน้ำที่ผ่านถังตกตะกอนและประปา

4.2.5 ของแข็งทั้งหมด

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าของแข็งทั้งหมด

วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำดิบ	188.7	114.7	120.5	117.5	111.5	125	173.3	135.886
หลังตกตะกอน	98.667	99.333	84.5	61.5	87	80	86.667	85.381
น้ำประปา	94.333	139.667	77.5	56.5	87.5	75	40	81.5



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าของแข็งทั้งหมด

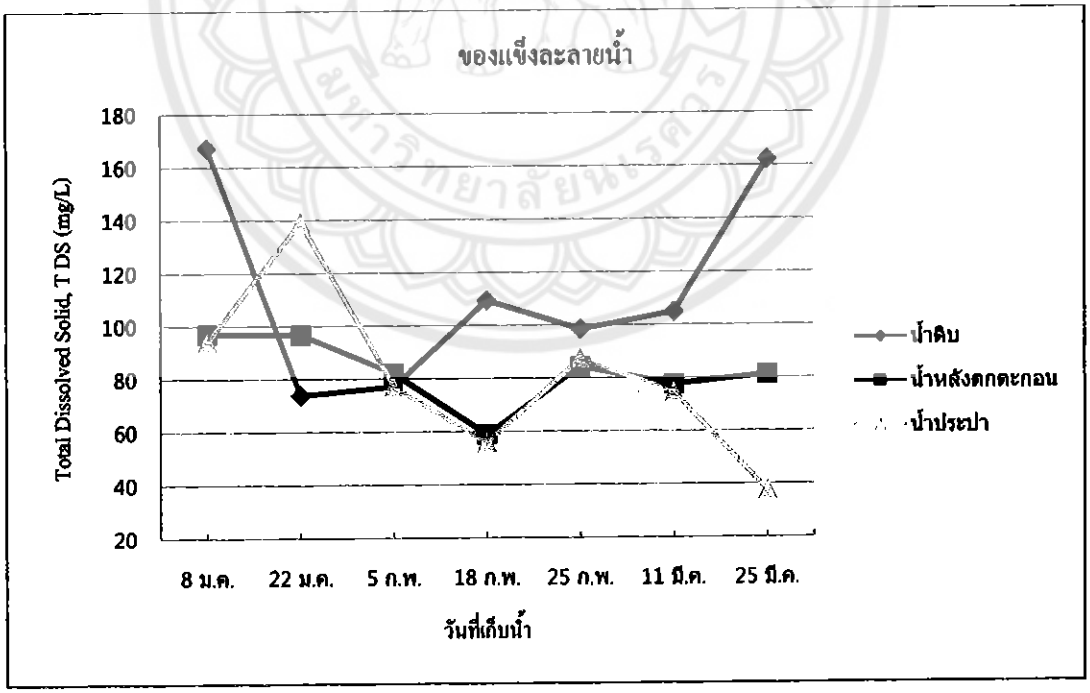
จากผลการทดลอง น้ำที่ผ่านการบำบัดในแต่ระบบมักจะมีค่าของแข็งทั้งหมดลดลง น้ำประปามีของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 40 – 139 มก./ล. มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคที่ค่าไม่เกิน 600 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย เมื่อผ่านถังตกตะกอน,ถัง

กรอง,น้ำประปา เท่ากับ 37% และ 40% ตามลำดับ แต่ในวันที่ 22 มกราคมนั้น อาจจะเกิดความผิดพลาดจากผลการทดลองจึงทำให้ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำประปามากกว่าน้ำดิบและน้ำหลังตกตะกอน

4.2.6 ของแข็งละลายน้ำ

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าของแข็งละลายน้ำ

วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำดิบ	167.3	73.9	77.2	109.5	98.5	105	162.3	113.386
หลังตกตะกอน	97.067	96.804	82.1	59	84.4	77.727	81.267	82.624
น้ำประปา	94.166	139.167	77.2	55.95	87.35	74.65	37.5	80.855



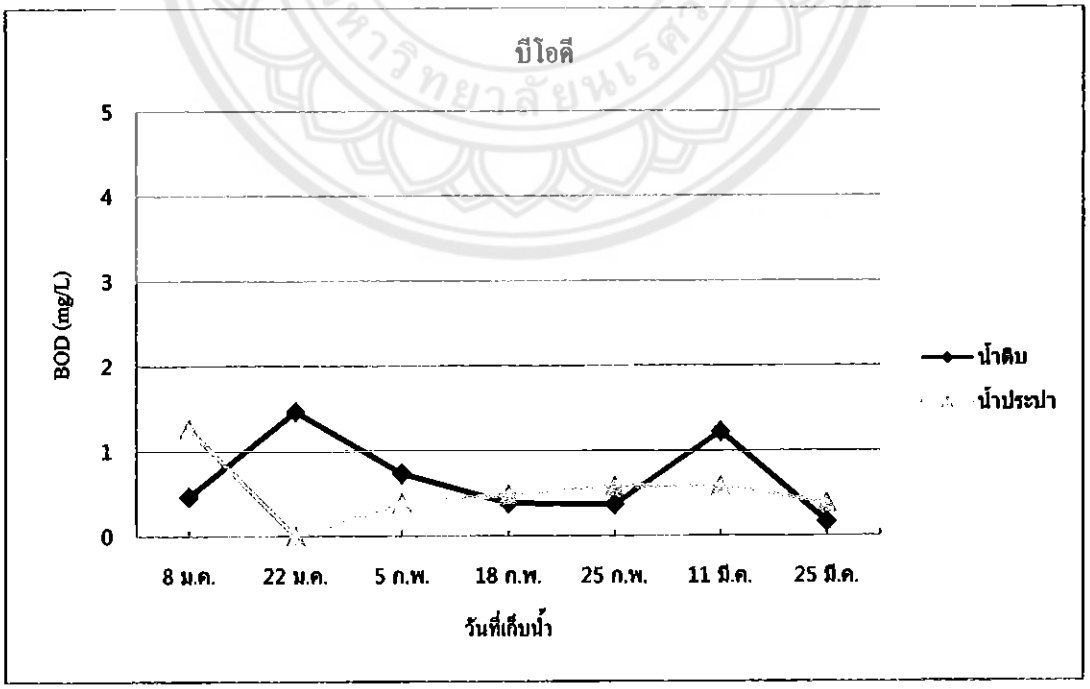
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าของแข็งละลายน้ำ

จากการทดลองค่าของแข็งที่ละลายน้ำที่วัดได้ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของ การประปาส่วนภูมิภาคซึ่งกำหนดค่าไว้ที่ 500 มก./ล. และประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายน้ำเฉลี่ย เมื่อผ่านถังตกตะกอน และน้ำประปา เท่ากับ 27% และ 28.7 % ตามลำดับ แต่ในวันที่ 22 มกราคมนั้น อาจจะเกิดความผิดพลาดจากผลการทดลองของแข็งทั้งหมดจึงทำให้ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำประปามากกว่าน้ำดิบและน้ำหลังตกตะกอน

4.2.7 บีโอดี

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าบีโอดี

วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำดิบ	0.465	1.468	0.735	0.386	0.372	1.226	0.166	0.688
น้ำประปา	1.267	0	0.390	0.487	0.585	0.585	0.390	0.529



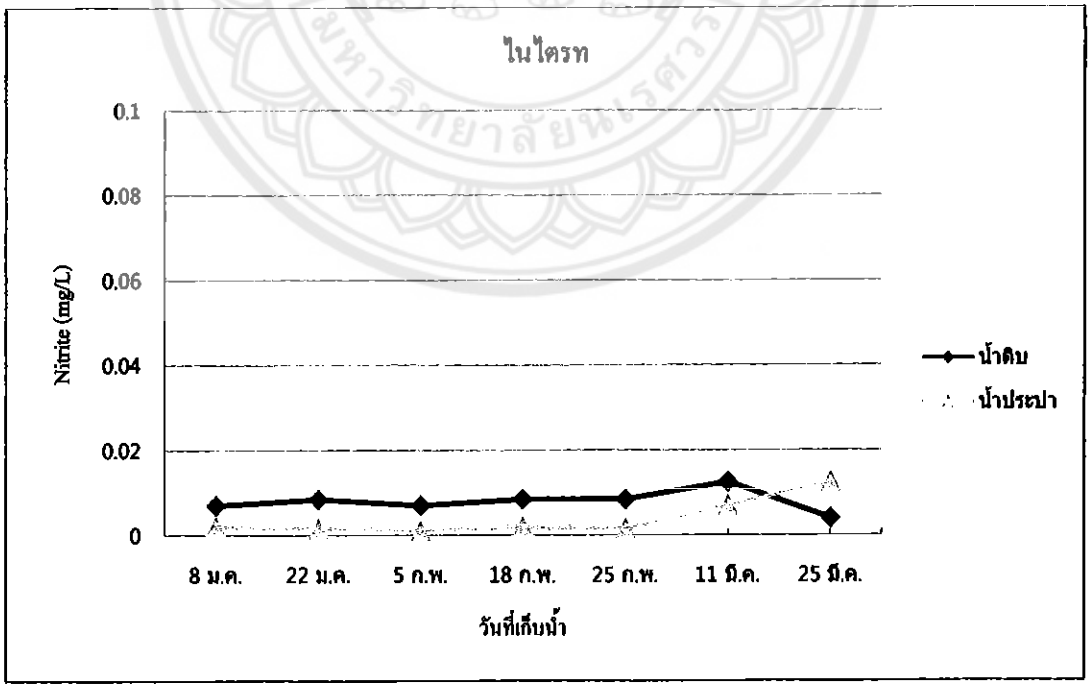
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่าของบีโอดี

ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของระบบเฉลี่ยเท่ากับ 23% ค่าบีโอดีน้ำดิบอยู่ระหว่าง 0.4 – 14 มก./ล. ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (1.5 มก. /ล)

4.2.8 ไนไตรท

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าไนไตรท

วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำดิบ	0.007	0.0085	0.007	0.0085	0.0085	0.0125	0.004	0.008
น้ำประปา	0.002	0.0015	0.001	0.002	0.0015	0.007	0.0125	0.0039



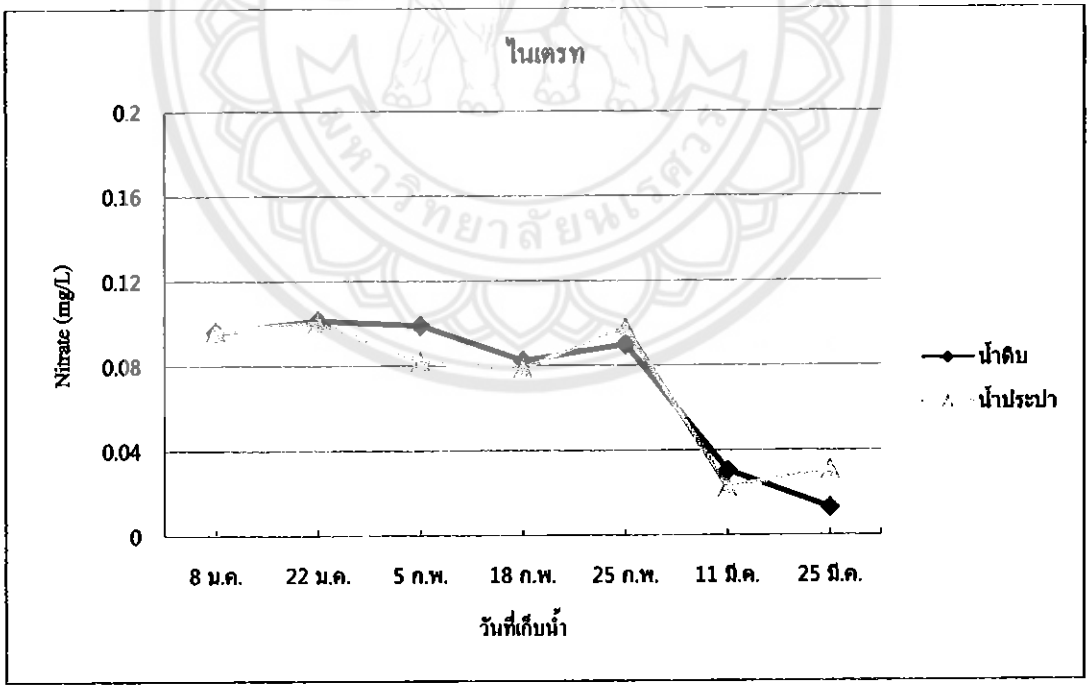
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่าของไนไตรท

จากผลการทดลองค่าไนไตรทในน้ำดิบ และน้ำประปามีค่าน้อยมาก ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวงซึ่งกำหนดไว้ที่ 3 มก. /ล. ถือได้ว่าไนไตรทไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำประปา

4.2.9 ไนเตรท

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าไนเตรท

วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำดิบ	0.096	0.1015	0.099	0.0825	0.090	0.0305	0.013	0.732
น้ำประปา	0.0965	0.1005	0.082	0.079	0.098	0.0225	0.031	0.728



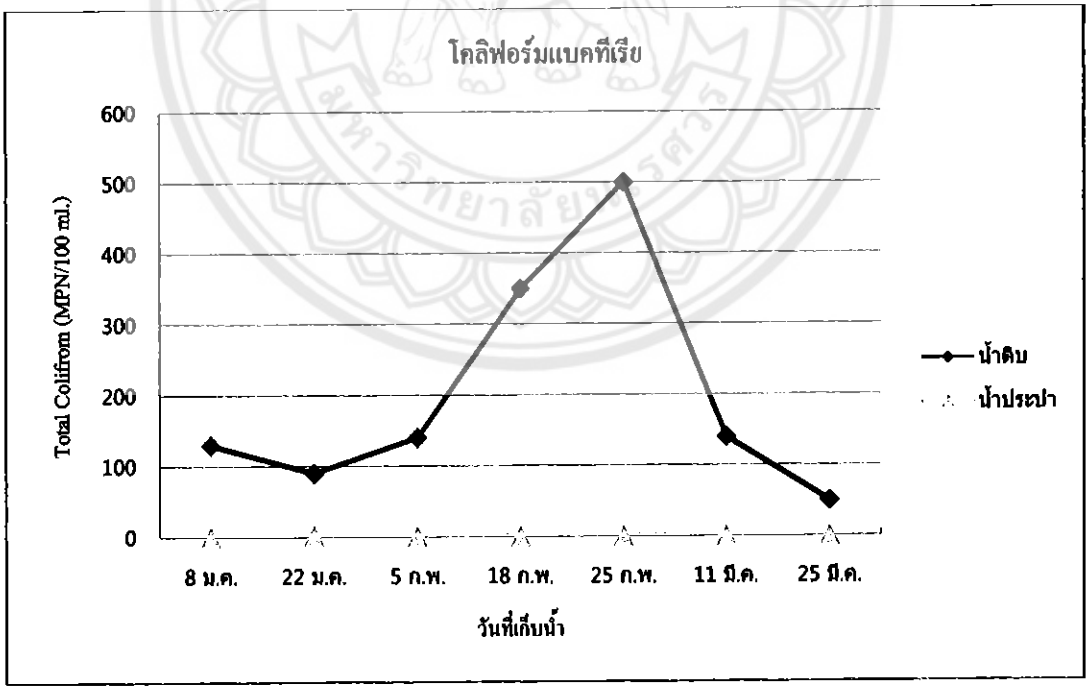
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าของไนเตรท

จากผลการทดลองเห็นได้ว่าค่าไนเตรทในน้ำประปาและน้ำดิบอยู่ระหว่าง 0.03 – 0.1 มก./ล. ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคซึ่งกำหนดไว้ที่ 50 มก. /ล

4.2.10 โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด

วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำดิบ	130	90	140	350	500	140	50	200
น้ำประปา	0	2	0	0	0	0	0	0.286



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่าของโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด

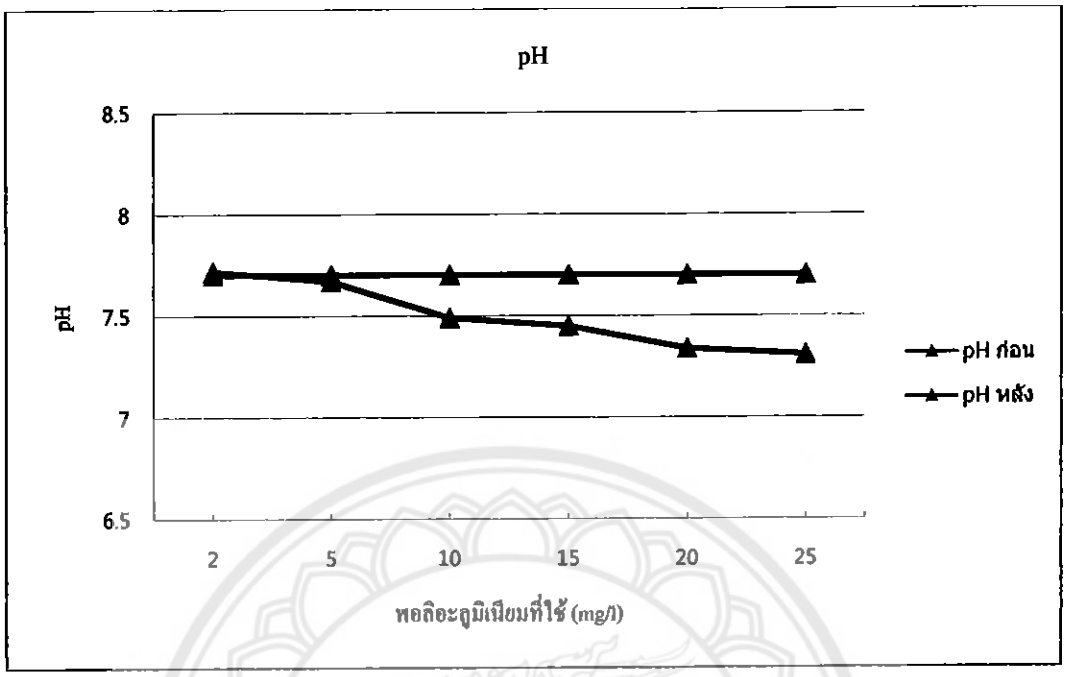
ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ 99.86 % ค่าโคลิฟอร์มในน้ำดิบอยู่ระหว่าง 50 – 500, ในประปาเกือบทุกครั้งมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคซึ่งกำหนดว่าต้องไม่พบ ยกเว้นโคลิฟอร์มในน้ำประปาในครั้งที่ 2 เท่ากับ 2 เอ็ม.พี.เอ็น./100 มล. อาจจะมีการปนเปื้อนจากภายนอก

4.2.11 การทดสอบจาร์เทสท์เพื่อหาความเข้มข้นสารที่เหมาะสม

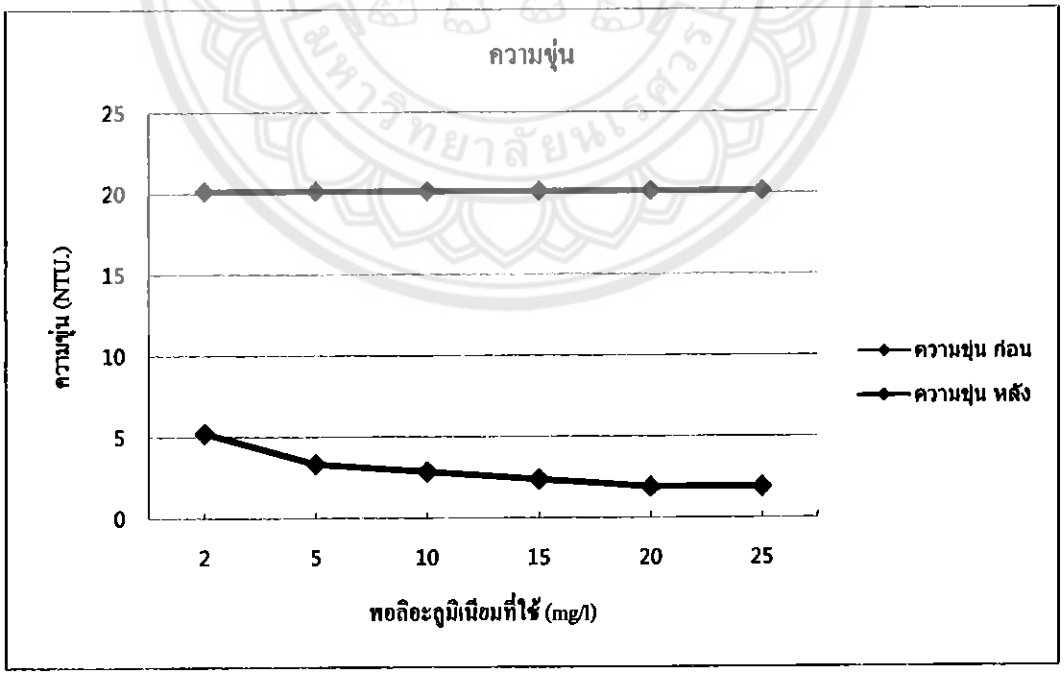
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความขุ่นจากการทดลองจาร์เทสโดยใช้สารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์

น้ำดิบก่อนการเติมสารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์มีค่าพีเอชที่ 7.70 และค่าความขุ่น 20.159 NTU

พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่ใช้ (mg/l)	น้ำเมื่อผ่านการทดลองจาร์เทส	
	พีเอช	ความขุ่น (NTU)
2	7.72	5.238
5	7.67	3.333
10	7.49	2.857
15	7.45	2.381
20	7.34	1.905
25	7.31	1.905



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าพีเอชของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์

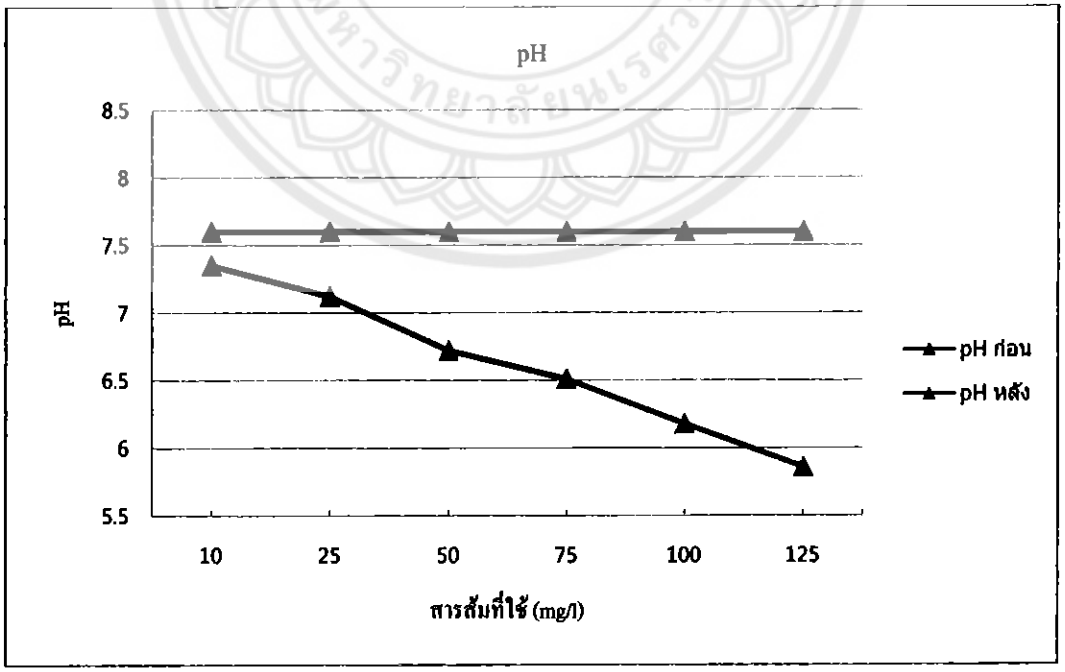


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าความขุ่นของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์

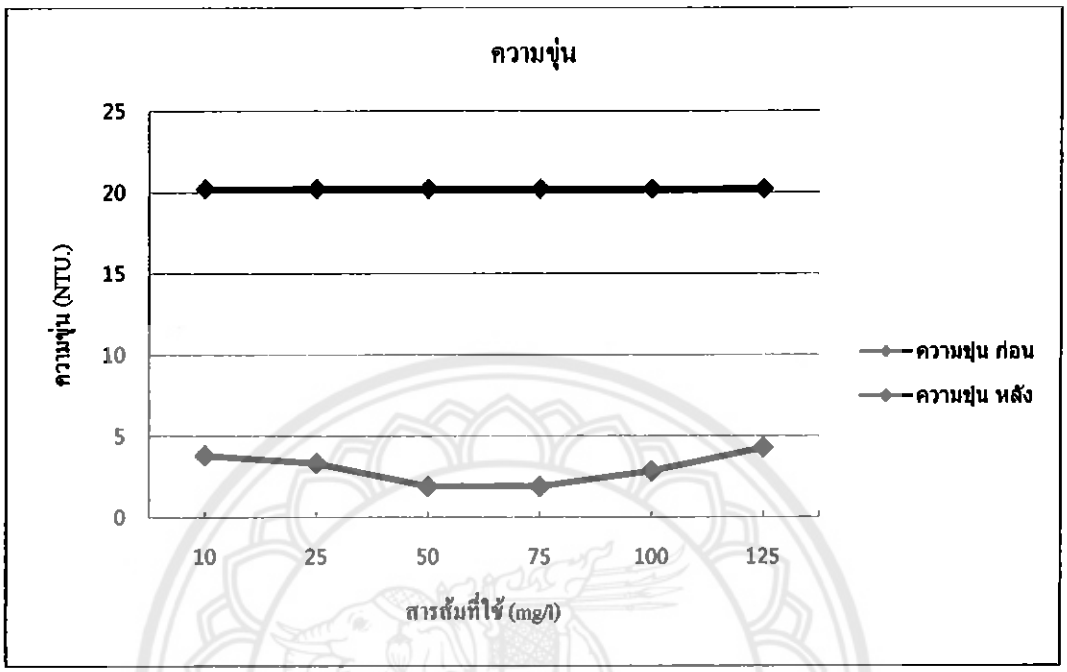
ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความขุ่นจากการทดลองจาร์เทสโดยใช้สารส้ม

น้ำดิบก่อนการเติมสารส้มมีค่าพีเอช 7.60 และค่าความขุ่น 20.238 NTU

สารส้มที่ใช้ (mg/l)	น้ำเมื่อผ่านการทดลองจาร์เทส	
	พีเอช	ความขุ่น (NTU)
10	7.35	3.810
25	7.12	3.333
50	6.72	1.905
75	6.51	1.905
100	6.18	2.857
125	5.86	4.286



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่า pH ของสารส้ม



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่าความขุ่นของสารส้ม

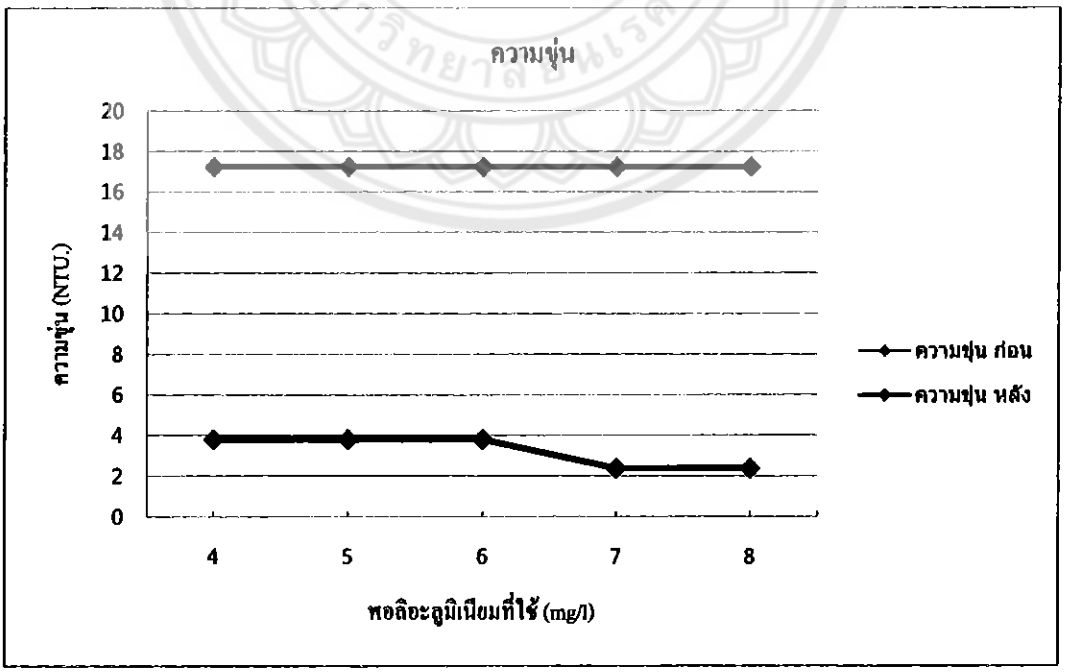
จากการทดลองจะสังเกตได้ว่า ปริมาณพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสมอยู่ที่ 20 มก./ล. ความขุ่นของน้ำเท่ากับ 1.905 NTU มีประสิทธิภาพกำจัดความขุ่น 90% ซึ่งมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยเมื่อใส่ปริมาณพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นไป ส่วนสารส้มปริมาณที่เหมาะสมอยู่ที่ 50 – 75 มก./ล. จะเห็นได้ว่าสารส้มที่เหมาะสมประมาณ 2.5 – 4 เท่าของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ ค่าความขุ่นเหลือ 1.905 NTU. ซึ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80% ได้ประสิทธิภาพเท่ากัน อนึ่งเมื่อพิจารณาค่าพีเอชน้ำหลังตกตะกอน พบว่าที่พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์สูงถึง 25 มก./ล. ทำให้พีเอชน้ำลดลงเล็กน้อย (จาก 7.7 เหลือ 7.3) ขณะที่สารส้มที่ 10 – 15 มก./ล. ให้พีเอชลดลงใกล้เคียงกัน แต่ความเข้มข้นมากกว่านี้พีเอชน้ำลดลงมากจนถึง 5.86 ที่ความเข้มข้น 125 มก./ล.

4.2.13 การหาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ค่าพีเอชน้ำต่างๆ

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความขุ่นจากการทดลองจาร์เทสโดยการปรับพีเอช โดยใช้พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ ปริมาณ 20 มก. /ล.

น้ำดิบก่อนการเติมสารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ ได้ปรับค่าพีเอชตามลำดับ และมีความขุ่น 17.238 NTU

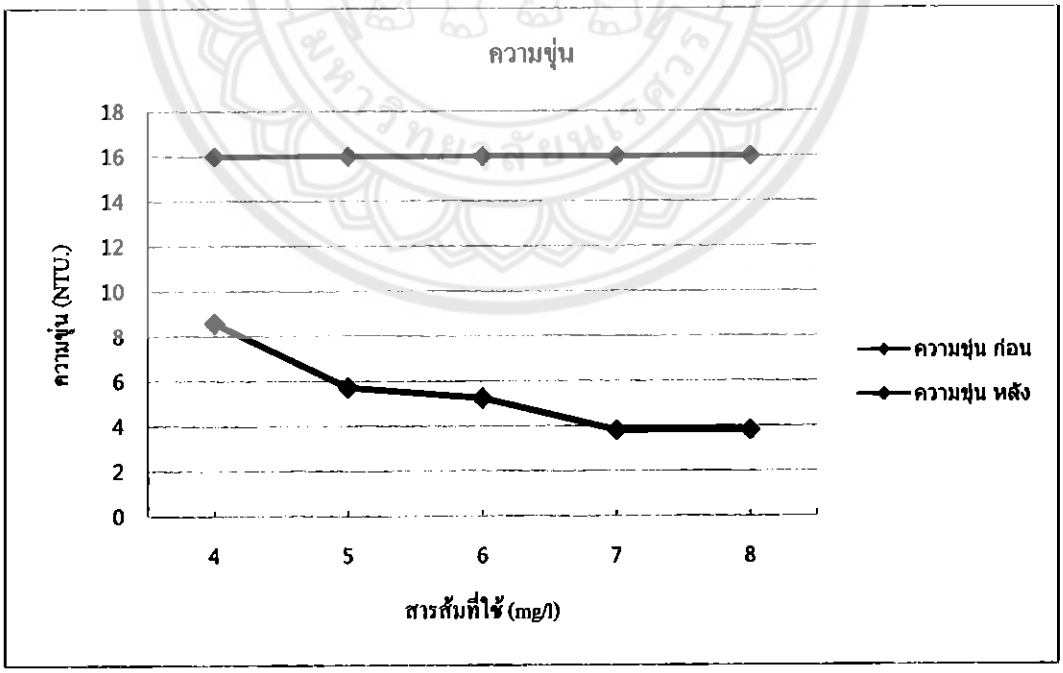
พีเอช	น้ำเมื่อผ่านการทดลองจาร์เทสท์	
	พีเอช	ความขุ่น (NTU)
4	4.29	3.809
5	4.87	3.809
6	6.11	3.809
7	6.95	2.381
8	7.31	2.381



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าความขุ่นของพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าความขุ่นจากการทดลองจาร์เทสโดยการปรับพีเอช โดยใช้สารส้ม ปริมาณ 50 มก. /ล. ก่อนการเติมสารส้ม ได้ปรับค่าพีเอชตามลำดับ และมีความขุ่น 16 NTU

พีเอช	น้ำเมื่อผ่านการทดลองจาร์เทสท์	
	พีเอช	ความขุ่น (NTU)
4	3.92	8.571
5	4.40	5.714
6	5.53	5.238
7	6.40	3.809
8	6.76	3.809



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่าความขุ่นของสารส้ม

จากการทดลองจะเห็นว่า ทั้งพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์และสารส้ม จะมีประสิทธิภาพกำจัดความขุ่นดีที่สุดที่ค่าพีเอชน้ำดิบที่ 7 – 8 ซึ่งเป็นน้ำที่เป็นค่าน้ำดิบในช่วงปกติ พีเอชน้ำต่ำจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลงเล็กน้อย

4.3 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปา ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

4.3.1 ประสิทธิภาพในปัจจุบัน

จำนวนประชากร

ขอบเขตที่ประปาหัวรอให้บริการมีอยู่ 10 ตำบลคือ ท่าทอง ท่าโพธิ์ สมอแข หัวรอ จอมทอง บ้านกร่าง บ้านคลอง และวังทอง

ตารางที่ 4.15 แสดงจำนวนประชากรตำบลต่างๆของจังหวัดพิษณุโลก

ตำบล / ปี	จำนวนประชากร (คน)								
	ท่าทอง	ท่าโพธิ์	สมอแข	หัวรอ	จอมทอง	บ้านกร่าง	บ้านคลอง	วังทอง	รวม
2550	11948	15218	13459	18892	3627	11940	12073	13575	100732
2551	12054	17119	13711	19539	3613	11805	12369	15241	105451
2552	12194	18382	13942	20133	3611	11828	12424	15022	107536

ที่มา : http://www.dopa.go.th/xstat/popyear1.html

อัตราในการสูบจ่ายเฉลี่ย = 500 m^3/hr

อัตราการใช้น้ำ

ตารางที่ 4.16 แสดงอัตราการใช้น้ำประชากรใน 10 ตำบลของพิษณุโลก

ปี พ.ศ.	ประชากร(คน)	อัตราการใช้(ลิตรต่อคนต่อวัน)
2550	100732	119.128
2551	105451	113.780
2552	107536	111.590

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการใช้น้ำปี 2550

$$\text{อัตราการใช้(ลิตรต่อคนต่อวัน)} = \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำ x วัน}}{\text{จำนวนประชากร}}$$

$$= \frac{500 \times 1000 \times 24}{100732}$$

$$= 119.128 \text{ ลิตรต่อคนต่อวัน}$$

ฉะนั้น ในปี 2550 มีอัตราการใช้น้ำ 119.128 ลิตรต่อคนต่อวัน

การตกตะกอน

ปริมาตรถังตกตะกอน = กว้าง x ยาว x ลึก

= 12.5 x 24 x 3

= 825 m^3

Contact Time , t $= \frac{V}{Q}$

$= \frac{825}{500}$

$= 1.65$ ชั่วโมง

ฉะนั้น เวลากักน้ำในถังตกตะกอนเท่ากับ 1.65 ชั่วโมง

(จากการประปานครหลวง www.mwa.co.th/water_technology1.html เกณฑ์การออกแบบกำหนด Detention Time = 1 - 6 hr)

ความเร็วในการไหลแนวนอน

$v_h = \frac{Q}{A}$

$= \frac{500}{12.5 \times 3 \times 60}$

$= 0.22$ m/min

ฉะนั้น ความเร็วในการไหลแนวนอน 0.22 เมตรต่อนาที

(จากตารางที่ 2.8 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความเร็วของน้ำไหลในแนวนอน (มากที่สุด) ค่าการออกแบบ 0.15 – 0.9 ม./นาที)

ความเร็วในการตกตะกอน

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{500}{12.5 \times 24}$$

$$= 1.66 \text{ m/hr}$$

ฉะนั้น ความเร็วในการตกตะกอน 1.66 เมตรต่อชั่วโมง

อัตราการกรองน้ำ

$$u_f = \frac{Q}{A}$$

ถังกรองแบ่งเป็น 5 ถัง

ปริมาตรถังกรอง แต่ละถัง = กว้าง x ยาว x ลึก

$$= 3 \times 5 \times 3$$

$$= 45 \text{ m}^3$$

$$u_f = \frac{500}{3 \times 5} / 5$$

อัตราการกรองน้ำ = 6.67 $m^3/m^2.hr.$

ถังน้ำใส

เนื่องจากระบบผลิตน้ำประปาตำบลหัวรอ มีถังเก็บน้ำใส 2 ถัง มาจากโรงผลิต 300 m^3/hr และ 500 m^3/hr แต่เมื่อผลิตออกมาแล้วมีการสูบจ่ายรวมกัน

$$\text{Contact Time}, t = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{1000 + 5000}{300 + 500}$$

$$= 7.5 \text{ ชั่วโมง}$$

ฉะนั้น เวลาการกักเก็บน้ำในถังน้ำใส 7.5 ชั่วโมง

บทที่ 5
สรุป

5.1 สรุปคุณภาพน้ำตัวอย่าง

จากคุณภาพน้ำตัวอย่างของระบบผลิตน้ำประปา ของการประปาส่วนภูมิภาค ต.หัวรอ จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยของแหล่งน้ำดิบเทียบกับมาตรฐานของน้ำผิวดินและน้ำดิบ

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย	มาตรฐานน้ำผิวดิน		มาตรฐานน้ำดิบ	
		ค่ามาตรฐาน	ประเภท	ค่ามาตรฐาน	ผล
1. พีเอช	6.95	5 - 9	2	-	
2. บีโอดี (mg/l)	0.688	1.5	2	6	ผ่าน
3.ไนเตรท (mg/l)	0.008	5	2	45	ผ่าน
4. โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (MPN /100 ml)	200	5,000	2	-	

*อ้างอิงจากตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของการประปาส่วนภูมิภาค และตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำดิบในแต่ละพารามิเตอร์ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของน้ำผิวดินและเกณฑ์มาตรฐานน้ำดิบ ทั้งหมด

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าเฉลี่ยของผลการทดลองเทียบกับมาตรฐานของน้ำประปา

พารามิเตอร์	น้ำประปา	มาตรฐานน้ำประปา
1. พีเอช	7.01	6.5-8.5
2. ความขุ่น (NTU)	1.901	5
3. ของแข็งทั้งหมด (mg/l)	81.5	600
4. ไนเตรท (mg/l)	0.728	50
5. โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (MPN /100 ml) **	0.286	ไม่พบ

*อ้างอิงจากตารางที่ 2.4 มาตรฐานน้ำประปาตามมาตรฐานการประปาส่วนภูมิภาค

**ดูตารางที่ 5.3

จากตารางจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของน้ำประปาแต่ละพารามิเตอร์เมื่อเทียบกับมาตรฐานของน้ำประปานั้นผ่านเกณฑ์ทั้งหมด

ตารางที่ 5.3 แสดงผลค่า โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำประปา

วันที่ / น้ำตัวอย่าง	8 ม.ค.	22 ม.ค.	5 ก.พ.	18 ก.พ.	25 ก.พ.	11 มี.ค.	25 มี.ค.	ค่าเฉลี่ย
น้ำประปา	0	2	0	0	0	0	0	0.286

จากตารางค่าแสดงผลค่า โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดที่ได้จากน้ำประปา ในวันที่22 ม.ค. นั้นมีค่าเกิน มาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาค ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการปนเปื้อนขณะเก็บตัวอย่างหรือวิเคราะห์ตัวอย่าง เพราะค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด จากผลการทดลองในวันอื่นๆส่วนใหญ่มีค่าเป็น 0 ซึ่งก็คือตรวจไม่พบนั่นเอง

5.2 ประสิทธิภาพการบำบัด

ตารางที่ 5.4 แสดงประสิทธิภาพการบำบัด

พารามิเตอร์	น้ำดิบ	น้ำประปา	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)
1.ความขุ่น (NTU)	22.864	1.901	91.685
2. ของแข็งแขวนลอย (mg/l)	22.5	0.645	97.133
3. ของแข็งทั้งหมด (mg/l)	135.886	81.5	40.023
4.บีโอดี (mg/l)	0.688	0.529	23.11
5. โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (MPN/100ml)	200	0.286	99.857

จากผลการทดลองระบบผลิตน้ำประปามีประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่น 97.685% ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งละลายน้ำ 97.133% ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งทั้งหมด 40.023% ประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี 23.11 % และประสิทธิภาพในการบำบัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดได้ถึง 99.857%

5.3 Jar test

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าความขุ่นที่ความเข้มข้นต่างๆ ของสารโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์

ความเข้มข้นโคแอกกูแลนท์ (mg/l)	2	5	10	15	20	25	มาตรฐานความขุ่นของน้ำประปา *
ความขุ่น	5.238	3.333	2.857	2.381	1.905	1.905	5

*อ้างอิงจากตารางที่ 2.4 มาตรฐานน้ำประปาตามมาตรฐานการประปาส่วนภูมิภาค

จากตารางพบว่า ค่าความเข้มข้นของสารโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ที่กำจัดความขุ่นได้มากที่สุด ที่ 20-25 มก/ล.และผ่านค่ามาตรฐานน้ำประปา

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าเฉลี่ยความขุ่นที่ความเข้มข้นต่างๆของสารส้ม

ความเข้มข้น โคแอกกูแลนท์ (mg/l)	10	25	50	75	100	125	มาตรฐาน ความขุ่น ของ น้ำประปา *
ความขุ่น	3.810	3.333	1.905	1.905	2.857	4.286	5

*อ้างอิงจากตารางที่ 2.4 มาตรฐานน้ำประปาตามมาตรฐานการประปาส่วนภูมิภาค

จากตารางพบว่า ค่าความเข้มข้นของสารส้ม50-75 มก/ล. มีประสิทธิภาพกำจัดความขุ่นสูงสุดและผ่านมาตรฐานการประปา จะเห็นได้ว่าปริมาณสารส้มที่ใช้มากกว่าสาร โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ 2-3 เท่า เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเก็บและวิเคราะห์น้ำเปรียบเทียบทั้ง 3 ฤดู
2. อาจวิเคราะห์พารามิเตอร์เพิ่มเติมเพื่อใช้เปรียบเทียบมาตรฐานน้ำ

บรรณานุกรม

1. รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่มที่1. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

2. รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่มที่2. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

3. ดร. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. วิศวกรรมการประปา.พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์, 2549

4. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: http://www.pcd.go.th/Info_serv/reg_std_water05.html#s3

5. การประปานครหลวง: http://www.mwa.co.th/water_technology1.html

6. การประปาส่วนภูมิภาค: http://reg10.pwa.co.th/pwa10/Knowledge/StandWaterUse.php

7. ข้อมูลประชากร: http://www.dopa.go.th/xstat/popyear.html

ภาคผนวก

การทดสอบการตกตะกอน (Coagulation) โดยวิธี Jar Test

หลักการ

การทดสอบการสร้างตะกอนเป็นปฏิบัติการพื้นฐานทางด้านการบำบัดน้ำสำหรับทำน้ำประปาและการบำบัดน้ำเสีย ปริมาณและชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอนจำเป็นต้องเหมาะสมกับลักษณะสมบัติของน้ำที่ต้องการทดสอบ วิธี Jar Test เป็นการนำสารเคมีในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อมาใช้ทดสอบหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการเติมและผสมสารเคมีสำหรับการตกตะกอน ซึ่งนิยมใช้แพร่หลายในการผลิตน้ำประปา สารที่ใช้สร้างตะกอนมีหลายชนิด สารบางชนิดเป็นที่นิยม สารบางชนิดอาจมีข้อจำกัดในการใช้ สารบางชนิดมีราคาแพง การเลือกสารชนิดใดเป็นสิ่งที่ผู้ดูแลระบบประปาแต่ละห้องพิจารณา เพราะปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างตอนส่วนใหญ่จะแตกต่างกัน เช่น สารช่วยสร้างตะกอนประเภทที่เป็นสารประกอบของอะลูมิเนียมและเหล็กมีใช้กันอย่างแพร่หลาย ในขณะที่สารประเภทพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ [PACL-Al(OH)$_x$(Cl)$_y$] มีประสิทธิภาพดีในการจับอนุภาคแขวนลอยขนาด 1 – 2 ไมครอน และช่วยจับตะกอนได้เร็วกว่า แต่ปัญหาคือค่าใช้จ่ายสูงกว่าประมาณสองเท่าของการสารส้ม ปฏิบัติการนี้จึงเน้นการใช้สารส้มเป็นการช่วยตกตะกอน

- Alum coagulant เป็นสารประกอบอะลูมิเนียมซึ่งนิยมใช้ในรูปแบบ filter alum หรือสารส้ม ($Al_2(SO_4)_3.14H_2O$) สารส้มถูกเติมลงไปในน้ำจะได้ Al^{3+} ซึ่งมีความเป็นประจุบวกสูงจะเข้ารวมตัวกับอนุภาคคอลลอยด์ซึ่งมีประจุลบอยู่รอบตัว เมื่อประจุลบลดลงอนุภาคคอลลอยด์จึงเข้ามารวมตัวกันและเมื่อรวมตัวได้กลุ่มใหญ่จึงเกิดการตกตะกอน
- Ferric coagulant เป็นสารประกอบของเหล็กในรูปประจุ 3+ หรือในรูป 2+ แล้วถูกออกซิไดซ์ให้เป็น 3+ เช่น เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) หรือเฟอร์ริกซัลเฟต ($Fe_2(SO_4)_3$)
- ตัวตกตะกอนอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาตัวตกตะกอนหลายๆรูปแบบที่มีประสิทธิภาพในการใช้งาน ซึ่งใช้ในความเข้มข้นต่ำและมีปฏิกิริยาข้างเคียงน้อยกว่าสาร 2 ชนิดแรกที่กล่าวมา เช่น Polyaluminiumchloride (PACl)

ในการปฏิบัตินี้จะทำการตกตะกอนน้ำดิบด้วยตัวตกตะกอนชนิดแรกคือ alum coagulant ซึ่งในการตกตะกอนด้วยสารส้มมีสภาวะสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ pH และสภาพด่าง (alkalinity) ของน้ำดิบ เนื่องจากการแตกตัวของสารส้มทำให้เกิด H^+ ทำให้ pH ของน้ำลดลง ซึ่งถ้าหากน้ำดิบต้องการสารส้มในปริมาณที่สูงมากก็จะทำให้ pH ของน้ำลดต่ำลงมากจนอาจต่ำกว่า pH ที่เหมาะสม

สำหรับการทำงานของสารส้ม ในกรณีนี้จะต้องเติมปูนขาว ($Ca(OH)_2$) เพื่อเพิ่ม alkalinity ให้กับน้ำ pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสารส้มอยู่ระหว่าง 5 – 7

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 6H^+ + 3SO_4^{2-}$$

ข้อปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างและการเก็บรักษา

เก็บน้ำจากแหล่งน้ำในมหาวิทยาลัยนเรศวร ประมาณ 15 ลิตร

อุปกรณ์

1. เครื่อง Jar Test
2. บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร
3. เครื่องวัด pH
4. ความวัดความขุ่น (เครื่อง Spectrophotometer)
5. เครื่องชั่ง
6. นาฬิกาจับเวลา
7. Burettes, Pipettes, Erlenmeyer flasks

สารเคมี

1. สารละลาย Alum ($Al_2(SO_4)_3.14H_2O$) 10 กรัมต่อลิตร
2. สารละลายปูนขาว ($Ca(OH)_2$) 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัม
3. สารละลายมาตรฐาน 0.02 N H_2SO_4

วิธีการทดลอง

1. เก็บน้ำตัวอย่างมาประมาณ 20 ลิตร เตรียมอุปกรณ์การทำ Jar Test น้ำดิบ สารเคมีและสร้างตะกอนให้พร้อม
2. วัดค่าอุณหภูมิและค่า pH ของน้ำตัวอย่าง(บันทึกผล)วิเคราะห์หาความขุ่นด้วยเครื่องมือวัดความขุ่นพารามิเตอร์เหล่านี้จะช่วยให้สามารถนำไปพิจารณาเงื่อนไขที่เหมาะสมกับการทดลอง

ตอนที่ 1 การหาปริมาณ coagulant

1. เก็บน้ำตัวอย่างมาประมาณ 15 ลิตร เตรียมอุปกรณ์การทำ Jar Test น้ำดิบ สารเคมีที่ใช้ทดลองและสร้างตะกอนให้พร้อม
2. วัดค่าอุณหภูมิค่า pH ของน้ำตัวอย่าง และวิเคราะห์หาความขุ่นด้วย spectrophotometer พารามิเตอร์เหล่านี้จะช่วยให้สามารถนำไปพิจารณาหาเงื่อนไขที่เหมาะสมกับการทดลอง
3. เติมน้ำตัวอย่างลงไปในบีกเกอร์ประมาณ 1000 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายสารส้ม 10 mg/ml ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ทำการกวนด้วยความเร็ว 100 รอบ/นาที ประมาณ 1 นาทีและกวนด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที ประมาณ 3 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ สังเกตดูว่ามีตะกอนเกิดขึ้นหรือไม่
4. ถ้าไม่มีตะกอนเกิดขึ้นให้เติมสารละลายสารส้มลงไปอีก 2 มิลลิลิตร แล้วทำการทดลองเช่นข้อ 3 สังเกตดูว่ามีตะกอนเกิดขึ้นหรือไม่ แล้วทำซ้ำจนกระทั่งเห็นตะกอนเกิดขึ้น
5. นำปริมาตรสารละลายสารส้มที่เหมาะสมไปทำการหา pH ที่เหมาะสมต่อไป

ตอนที่ 2 การหา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอน

1. เติมน้ำตัวอย่างลงไปในบีกเกอร์ 5 ใบ ใบละประมาณ 1000 มิลลิลิตร
2. ปรับ pH ของน้ำตัวอย่างในแต่ละบีกเกอร์ให้ได้ 4, 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ
3. เติมสารละลายสารส้มที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 ลงไปในแต่ละบีกเกอร์ในปริมาณเท่ากัน
4. ทำการกวนด้วยความเร็ว 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาทีจากนั้นทำการกวนด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที ประมาณ 15 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 30 นาที
5. วัดค่าความขุ่นของสารละลายใสที่ส่วนบนของแต่ละบีกเกอร์ แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความขุ่นกับ pH แล้วทำการหา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอน

ตอนที่ 3 การหาปริมาณ coagulant ที่เหมาะสม

1. เติมน้ำตัวอย่างลงไปในบีกเกอร์ 6 ใบ ใบละประมาณ 1000 มิลลิลิตร
2. ปรับค่า pH ของน้ำตัวอย่างให้มีค่าเท่ากับ pH ที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองตอนที่ 2
3. เติมสารละลายสารส้มลงในแต่ละบีกเกอร์ในปริมาณที่แตกต่างกัน บันทึกปริมาตรของสารละลายสารส้มที่เติมลงไป (เช่น ปิเปตสารละลายสารส้มด้วยความเข้มข้น 10 mg/ml มา 5, 6, 7, 8, 9, และ 10 ml ลงในบีกเกอร์)
4. ทำการกวนด้วยความเร็ว 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นทำการกวนที่ความเร็ว 30 รอบต่อนาที ประมาณ 15 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 30 นาที
5. วัดค่าความขุ่นของสารละลายใสที่ส่วนบนของแต่ละบีกเกอร์ แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความขุ่นกับปริมาตรของสารละลายสารส้ม แล้วทำการหาปริมาณของสารละลายสารส้มที่เหมาะสมในการตกตะกอน

เอกสารอ้างอิง

1. เอกสารประกอบการสอนปฏิบัติการวิชา Chemistry of Water and Wastewater Laboratory ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. เอกสารสอนปฏิบัติการ 2 การสร้างตะกอน (Coagulation) ด้วยวิธี Jar Test สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุรนารี
3. ปฏิบัติการ CHE 303-9 การตกตะกอนและการรวมตัวของตะกอน (Sedimentation) (ออนไลน์) (2552). สืบค้นจาก : http://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egche/PDF/che1/ChE303-9%20Sedimentation.pdf [27 พฤศจิกายน 2552]