การศึกษาคุณภาพน้ำประปาจากหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร

The Study of Quality of Water Supply Dormitory around Naresuan University

นายเผด็จ	บุญคุ้ม	รหัสนิสิต 47380333
นางสาวปนัดดา	สารภี	รหัสนิสิต 47380323
นางสาวอรทัย	โยฮันสัน	รหัสนิสิต 47380207

1899053

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ.....13 ส.ค. 2550.....
เลขทะเบียน.....500131.....
เลขเรียกหนังสือ.....ป15ง.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๐1761 ก

2550 500131

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2550

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมโยธา

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา : การศึกษาคุณภาพน้ำประปาจากหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ดำเนินงาน : นายเผด็จ บุญคุ้ม รหัสนิสิต 47380333
นางสาวปนัดดา สารภี รหัสนิสิต 47380323
นางสาวอรทัย โยฮันสัน รหัสนิสิต 47380207

ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา: อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา : 2550

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติโครงงานวิศวกรรมฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะโครงการสอบโครงงานวิศวกรรมโยธา

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์)

..... กรรมการ
(ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

..... กรรมการ
(อาจารย์กรกฎ นุสิทธิ์)

..... หัวหน้าภาควิชา
(ดร.กำพล ทรัพย์สมบูรณ์)

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา	: การศึกษาคุณภาพน้ำประปาจากหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร		
ผู้ดำเนินการ	: นายเผด็จ	บุญคุ้ม	47380333
	นางสาวปนัดดา	สารภี	47380323
	นางสาวอรทัย	โยฮันสัน	47380207
ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา	: อาจารย์อำพล	เตโชวาณิชย์	
สาขาวิชา	: วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	: วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์		
ปีการศึกษา	: 2550		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาคุณภาพน้ำประปาจากตัวอย่างหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร เปรียบเทียบคุณภาพน้ำกับมาตรฐานน้ำประปา โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำประปาทั้งหมด 5 หอพักทั้งหมด 3 ครั้ง เป็นเวลา 2 เดือน ทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ของแข็งทั้งหมด พีเอช ความขุ่น ความกระด้าง แบคทีเรีย เหล็ก

จากการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำประปาของหอพักส่วนใหญ่จะผ่านมาตรฐาน ยกเว้นความขุ่น เหล็กโคลิฟอร์มแบคทีเรียของบางหอพักอาจเนื่องจากล้างสารกรองน้อยเกิน หรือประสิทธิภาพของแอเรเดอร์ต่ำ

Project Title : The Study of Quality of Water Supply Dormitory around Naresuan University

Name : Mr. Padeij Bunkum Code 47380333
Miss.Panutda Sarapee Code 47380323
Miss.Orathai Yohannsson Code 47380207

Project Adviser : Mr. Ampol Techowanich

Major : Civil Engineering

Department : Civil Engineering
Faculty of Engineering
Naresuan University

Academic Year : 2007

Abstract

This project was to study the quality of water supply some dormitory around Naresuan University and to compare this with standard . Water supply from 5 dormitories were collected 3 times within 2 months. They were analyzed for total solids , pH , turbidity , hardness , Coliform bacteria , and iron.

The study indicated that most of water supply quality met the standard. However , some dormitory water supply quality failed on turbidity , iron , and Coli form bacteria. These may result from too low frequency or lack of back wash , or inefficient aerator.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ อาจารย์ อำพล เตโชวาณิชย์ ที่ปรึกษาโครงงาน เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆที่พบระหว่าง การศึกษาและจัดทำโครงงาน รวมทั้งช่วยอำนวยความสะดวกในด้านเอกสารต่างๆที่จำเป็นใน การจัดทำโครงงานจนโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และรวมไปถึงการอบรมสั่งสอนในเรื่องที่ เกี่ยวกับการทำงานและดำเนินชีวิต

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบุคลากรของหอพักทั้ง 5 หอพัก ที่ให้ความ อนุเคราะห์ด้านข้อมูล และให้คำแนะนำจนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านเอกสาร คำแนะนำ คำปรึกษา แก่คณะผู้ดำเนินงาน และเพื่อน ๆ ที่ช่วยงาน ได้แก่ นางสาววงเดือน สีมา นางสาวลินดา วงศ์ยา และนางสาวพลับพลึง คำดุ้ม

คณะผู้จัดทำโครงงาน
นางสาว อรทัย โยฮันสัน
นางสาว ปนัดดา สารภี
นาย เผด็จ บุญคุ้ม

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญรูป		ช
บทที่ 1 บทนำ		
1.1	สถานที่เก็บข้อมูล	1
1.2	ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน	1
1.3	วัตถุประสงค์	1
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5	ขอบเขตการศึกษา	2
1.6	ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.7	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
1.8	งบประมาณที่ใช้ในการทดลอง	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี		
2.1	น้ำประปา	5
2.2	แหล่งน้ำดิบ	5
2.3	คุณภาพของน้ำ	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน		
3.1	วิธีการทดลอง	26
3.2	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	29
3.3	วิธีเก็บตัวอย่างน้ำประปา	30
3.4	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์	30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาคุณภาพน้ำประปาของหอพักตั้งแต่เริ่มเข้าระบบประปาจนถึงผู้ใช้ 31

4.2 ศึกษาระบบการผลิตน้ำประปาของหอพัก 43

4.3 สรุปผลคุณภาพน้ำประปาของหอพัก 50

บทที่ 5 สรุป

5.1 สรุป 53

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทาง 54

บรรณานุกรม 55

ภาคผนวก

แผนที่มหาวิทยาลัยนเรศวร 57

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ 58

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง

ตารางที่ 2.1	สิ่งปนเปื้อนในน้ำธรรมชาติและผลกระทบที่เกิดจากคุณภาพ	7
ตารางที่ 2.2	มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก	21
ตารางที่ 2.3	มาตรฐานน้ำดื่ม พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522	22
ตารางที่ 2.4	มาตรฐานการประปานครหลวง	23
ตารางที่ 2.5	มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก	24
ตารางที่ 2.6	ปริมาณการใช้น้ำโดยประมาณ	25
ตารางที่ 3.1	แสดงพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์	30
ตารางที่ 4.1	เปรียบเทียบขนาด Tray aerator ของหอพัก 1 กับ Code Tray aerator	44
ตารางที่ 4.2	เปรียบเทียบขนาด Tray aerator ของหอพัก 3 กับ Code Tray aerator	47
ตารางที่ 4.3	คุณภาพน้ำประปาหอพัก 1	50
ตารางที่ 4.4	คุณภาพน้ำประปาหอพัก 2	51
ตารางที่ 4.5	คุณภาพน้ำประปาหอพัก 3	51
ตารางที่ 4.6	คุณภาพน้ำประปาหอพัก 4	52
ตารางที่ 4.7	คุณภาพน้ำประปาหอพัก 5	52
ตารางที่ 5.1	ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำดิบ	53
ตารางที่ 5.2	ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำดื่มและน้ำประปา	53
ตารางที่ 5.3	สรุปคุณภาพน้ำประปาน้ำทั้ง 5 หอพัก	54

สารบัญรูป

หน้า

รูป		
รูปที่ 1.1	แผนผังการดำเนินงาน	3
รูปที่ 2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดและpH ที่ใช้ในการไตเตรท	10
รูปที่ 3.1	หอพัก 1	26
รูปที่ 3.2	หอพัก 2	27
รูปที่ 3.3	หอพัก 3	27
รูปที่ 3.4	หอพัก 4	28
รูปที่ 3.5	หอพัก 5	28
รูปที่ 3.6	ตัวอย่างจุดเก็บตัวอย่างน้ำดิบก่อนนำเข้าระบบประปาที่หอพักชมตะวัน	29
รูปที่ 3.7	ตัวอย่างจุดเก็บตัวอย่างน้ำประปาที่ผ่านระบบแล้วที่หอพักชมตะวัน	30
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงค่าพีเอช น้ำเข้าระบบประปา	31
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงค่าความขุ่น น้ำเข้าระบบประปา	32
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงค่าความกระด้าง น้ำเข้าระบบประปา	33
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงค่าของแข็งทั้งหมด น้ำเข้าระบบประปา	34
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงค่าเหล็ก น้ำเข้าระบบประปา	35
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย น้ำเข้าระบบประปา	36
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงค่าพีเอช น้ำออกระบบประปา	37
รูปที่ 4.8	กราฟแสดงค่าความขุ่น น้ำออกระบบประปา	38
รูปที่ 4.9	กราฟแสดงค่าความกระด้าง น้ำออกระบบประปา	39
รูปที่ 4.10	กราฟแสดงค่าของแข็งทั้งหมด น้ำออกระบบประปา	40
รูปที่ 4.11	กราฟแสดงค่าเหล็ก น้ำออกระบบประปา	41
รูปที่ 4.12	กราฟแสดงค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย น้ำออกระบบประปา	42
รูปที่ 4.13	กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพัก 1	43
รูปที่ 4.14	กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพัก 2	45
รูปที่ 4.15	กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพัก 3	46
รูปที่ 4.16	กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพัก 4	48
รูปที่ 4.17	กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพัก 5	49

บทที่ 1

บทนำ

1.1 สถานที่เก็บข้อมูล

หอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เนื่องจากปัจจุบันหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรมีการก่อสร้างเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม และจากสถิติของมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ผ่านมามีจำนวนนิสิต อาจารย์ และบุคลากรที่พักอาศัยอยู่หอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนร้อยละ 3 ต่อปี จึงเกิดความต้องการใช้น้ำเป็นจำนวนมากเพื่อการอุปโภคและบริโภคในกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละวัน ซึ่งทางหอพักต้องดำเนินการผลิตน้ำประปาให้เพียงพอต่อความต้องการ และในการผลิตน้ำประปานั้นจะต้องมีการควบคุมคุณภาพน้ำให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้โดยองค์กรที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค เป็นต้น การที่ต้องควบคุมคุณภาพน้ำประปาให้ได้ตามมาตรฐานนั้น ก็เพื่อที่จะสามารถอุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย

จากข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ เพื่อต้องการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนด ตลอดจนตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ผ่านออกมาจากกระบวนการผลิตน้ำประปาในแต่ละขั้นตอน เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้น้ำต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อที่จะตรวจสอบคุณภาพของน้ำประปาที่ออกมาจากกระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรเทียบกับมาตรฐานน้ำประปา

1.3.2 เพื่อที่จะตรวจสอบกระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงคุณภาพน้ำประปา จากหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4.2 เป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตต่างๆ และคุณภาพน้ำประปาจากหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการวิเคราะห์ตรวจสอบน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปา จำนวน 5 หอพัก คือ หอพักตัวอย่างบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยนเรศวรจำนวน 1 หอพัก (หอพัก 1) หอพักตัวอย่างบริเวณข้างมหาวิทยาลัยนเรศวรจำนวน 2 หอพัก (หอพัก 2 , หอพัก 3) หอพักตัวอย่างบริเวณหลังมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยนเรศวรจำนวน 1 หอพัก (หอพัก 4) และหอพักตัวอย่างบริเวณข้ามคลองชลประทานจำนวน 1 หอพัก (หอพัก 5) ซึ่งจะมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำดังนี้

1.5.1 ตรวจสอบของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

1.5.2 ตรวจสอบค่าพีเอช (pH)

1.5.3 ตรวจสอบความขุ่น (Turbidity)

1.5.4 ตรวจสอบความกระด้าง (Hardness)

1.5.5 ตรวจสอบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria)

1.5.6 ตรวจสอบเหล็ก (Iron-Fe)

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.6.1 สำรวจหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร

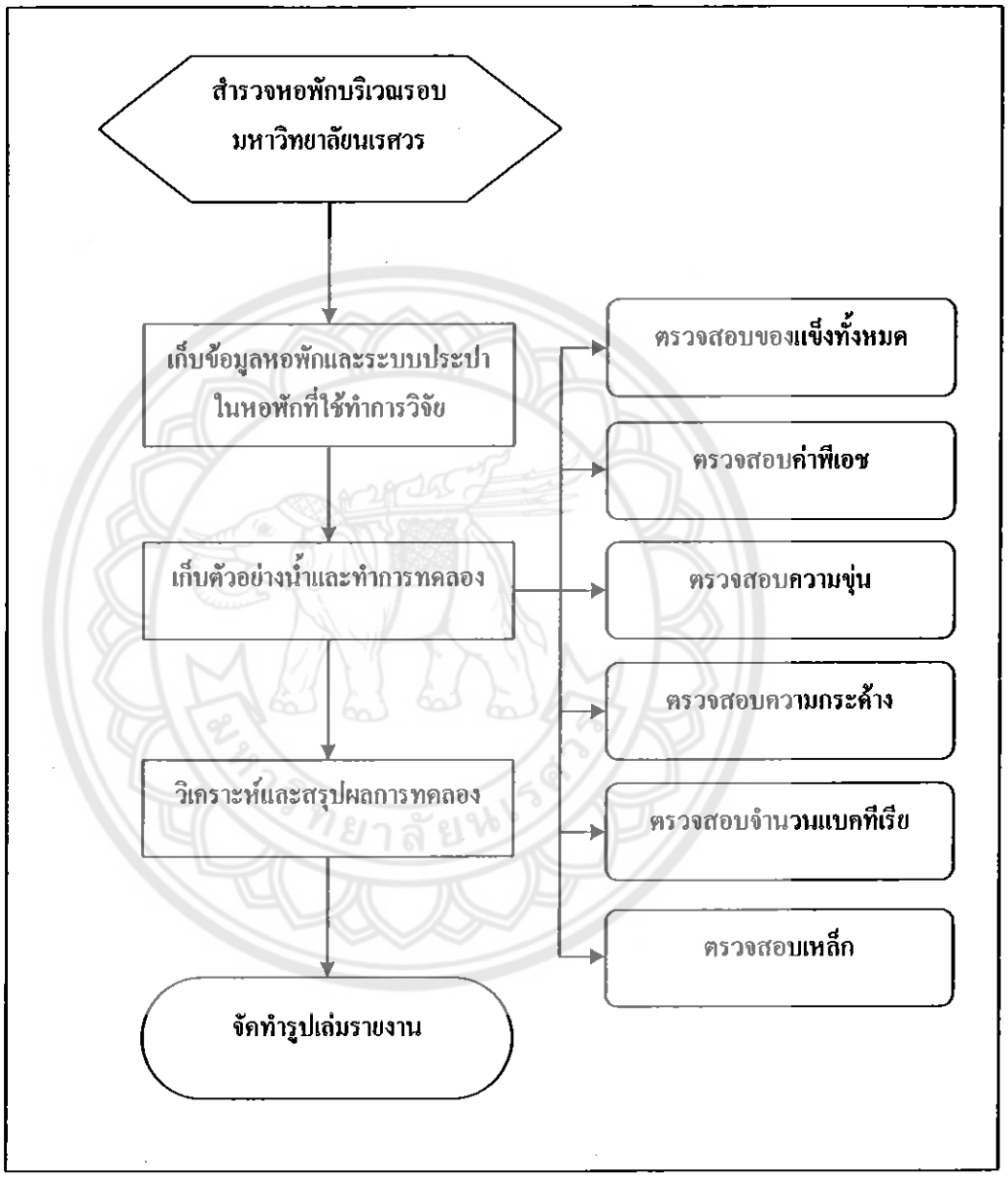
1.6.2 เก็บข้อมูลหอพักและระบบประปาในหอพักที่ใช้ทำการวิจัย

1.6.3 เก็บตัวอย่างน้ำและทำการทดลอง

1.6.4 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

1.6.5 จัดทำรูปเล่มรายงาน

ดังแสดงเป็นแผนผังการดำเนินงานในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงาน

1.7 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

กิจกรรม	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1.วางแผนขั้นตอนการทำงาน	←	→			
2.ศึกษาลักษณะหอพักและระบบประปาในหอพัก		←	→		
3.เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบและน้ำประปา		←	→		
4.วิเคราะห์และสรุปผลการตรวจสอบของคุณภาพน้ำประปา			←	→	
5.จัดทำรูปเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์					← →

1.8 รายละเอียดงบประมาณโครงการ

- วัสดุวิทยาศาสตร์ 1,000 บาท
- วัสดุสำนักงาน 500 บาท
- วัสดุคอมพิวเตอร์ 500 บาท
- ถ่ายเอกสารและเข้าเล่มรายงาน 1,000 บาท

รวม 3,000 บาท

หมายเหตุ เป็นค่าใช้จ่ายถัวเฉลี่ย

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

น้ำเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ต่างๆ และเมื่อความเจริญทางด้านวัตถุมากขึ้น ทำให้มนุษย์มีความต้องการใช้น้ำเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นมนุษย์จึงแสวงหาแหล่งน้ำที่สะอาดไม่มีสารพิษและเชื้อโรคไว้สำหรับอุปโภคบริโภค ทำให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือระบบประปาขึ้น

2.1 น้ำประปา

น้ำประปาคือ น้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปา ซึ่งจะได้น้ำที่มีความสะอาดค่อนข้างสูง น้ำประปาที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วมีคุณสมบัติต่างๆ เป็นไปตามมาตรฐานที่ได้มีการกำหนดไว้จะสามารถนำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภคได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกาย

2.2 แหล่งน้ำดิบ

น้ำบนพื้นทวีปนั้นมีเพียง 3 % ของปริมาณน้ำทั้งโลก และถึงกระนั้นปริมาณที่เราสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ได้ก็ยังมีเพียงส่วนน้อย เช่น คุณภาพไม่เหมาะสม หรือนำเอามาใช้ได้ยาก ดังนั้นจริง ๆ แล้ว จะมีเพียง 11% ของปริมาณน้ำบนทวีปที่นำมาใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

ในการผลิตน้ำสะอาดเพื่อบริการแก่ชุมชนนั้น ต้องคำนึงถึงปริมาณของแหล่งน้ำที่จะให้น้ำได้พอเพียงตลอดทุกฤดูกาล ซึ่งอาจแยกประเภทตามลักษณะน้ำได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.2.1.น้ำผิวดิน (Surface Water) ได้แก่น้ำท่าซึ่งเกิดจากการไหลล้นบนผิวดินลงมารวมกัน แหล่งน้ำนี้คือ แม่น้ำ ลำคลอง น้ำตก อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ หนอง บึง

2.2.2.น้ำบาดาล (Ground Water) คือน้ำซึ่งไหลซึมลึกลงใต้ดินจนสุดท้ายถูกเก็บกักไว้ในช่องว่างของชั้นดิน จนกระทั่งชั้นหินนั้นอิ่มตัวด้วยน้ำ แหล่งน้ำบาดาล ได้แก่ บ่อบาดาล บ่อน้ำซึม

2.3 คุณภาพของน้ำ

ก่อนจะสร้างระบบผลิตน้ำสะอาด จำเป็นต้องวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบในแหล่งน้ำที่จะใช้ ทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและแบคทีเรีย เพื่อพิจารณาดูว่ามีค่าใดที่เกินระดับค่ามาตรฐานของ

น้ำดื่มที่กำหนดไว้ ค่ามาตรฐานนี้มีกำหนดไว้โดยหลายหน่วยงานด้วยกัน เช่น การประปานครหลวง องค์การอนามัยโลก (WHO) กระทรวงสาธารณสุขประเทศไทย เป็นต้น จากนั้นจึงสร้างระบบการผลิตเพื่อกำจัดหรือลดปริมาณสิ่งสกปรกปะปนดังกล่าวนั้นให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหลังจากการผลิตแล้วก็ต้องมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของน้ำที่จ่ายบริการออกไปเพื่อเป็นการติดตามผลด้วย

2.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

คือลักษณะของน้ำที่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ การวัดปริมาณสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้กระทำได้ไม่ละเอียดนัก มักใช้วิธีเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่าง ๆ คุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ของแข็งแขวนลอย ความขุ่น เป็นต้น

2.3.1.1 ของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอยประกอบด้วย สารอนินทรีย์ สารอินทรีย์ และของเหลวที่ไม่ผสมกับน้ำ (immiscible liquid) เช่น น้ำมัน ส่วนประกอบอนินทรีย์ที่พบในน้ำผิวดินทั่วไปคือดิน กรวด โคลนดมและเศษหิน ในขณะที่ของแข็งอินทรีย์จะเป็นเศษใบหญ้าใบไม้ หรือซากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ แพลงตอน จุลินทรีย์และสารละเอียดจำพวกคอลลอยด์ ของแข็งแขวนลอยเหล่านี้จะปะปนเข้ามาระหว่างที่น้ำไหลเซาะหรือผ่านผิวดิน แต่ในน้ำบาดาลจะไม่ค่อยพบของแข็งแขวนลอยเพราะถูกกรองโดยดินชั้นต้น ๆ

ของแข็งแขวนลอยจะทำให้น้ำไม่น่าอุปโภคบริโภค และยังเป็นตัวดูดซับสารเคมีปนเปื้อนในน้ำ สารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ เชื้อโรคและสาหร่ายบางชนิดที่ผลิตสารพิษ นอกจากนี้ของแข็งอินทรีย์เองอาจผลิตสารที่ไม่ต้องการออกมาในระหว่างการย่อยสลายตามธรรมชาติ

การวัดปริมาณของของแข็งแขวนลอยทำได้โดยกรองตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำด้วยกระดาษกรอง อบตะกอนให้แห้งที่ 103 – 105 °c แล้วชั่งหาน้ำหนักของตะกอน สำหรับน้ำที่ผ่านกระดาษกรองมานั้น หากนำไประเหยให้แห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักตะกอนแห้งที่เหลืออยู่จะได้ปริมาณของแข็งที่ละลาย ผลรวมของ suspended solids และ dissolved solids คือ total solids (ของแข็งทั้งหมด) ค่านี้มีประโยชน์ในการพิจารณาความเหมาะสมของน้ำที่จะนำมาผลิตเป็นน้ำอุปโภคบริโภค น้ำประปาควรมีค่าของแข็งทั้งหมดน้อยกว่า 500 มก./ล สำหรับ U.S. Public Health Service อนุโลมให้มีได้มากที่สุดไม่เกิน 1000 มก./ล

ตารางที่ 2.1 สิ่งปนเปื้อนในน้ำธรรมชาติและผลกระทบที่เกิดจากคุณภาพน้ำ

ประเภทสิ่งปนเปื้อน		สิ่งปนเปื้อน	ผลกระทบ
สิ่งปนเปื้อนในรูปสารแขวนลอย		แบคทีเรีย	บางชนิดทำให้เกิดโรค
		สาหร่าย	เกิดกลิ่น สี ความขุ่น
		โปรโตซัว	บางชนิดทำให้เกิดโรค
		ไวรัส	บางชนิดทำให้เกิดโรค
		ตะกอนดิน	ความขุ่นคลำ
		คอลลอยด์	เกิดสี ความขุ่นคลำ
สิ่งปนเปื้อนในรูปสารละลาย	เกลือ	อนุมูลประจุบวก	
		- แคลเซียม	ทำให้เกิดความกระด้าง
		- แมกนีเซียม	ทำให้เกิดความกระด้าง
		- เหล็ก	ทำให้เกิดความกระด้างและสี
		- แมงกานีส	ทำให้เกิดความกระด้างและสี
		- โลหะหนัก	ทำให้เกิดพิษต่าง ๆ
		อนุมูลประจุลบ	
		- ไบคาร์บอเนต	ทำให้เกิดความเป็นด่าง
		- คาร์บอเนต	ทำให้เกิดความเป็นด่าง
		- ซัลเฟต	ทำให้เกิดอาการถ่ายท้อง
		- คลอไรด์	ทำให้เกิดรสกร่อย
		- ฟลูออไรด์	ทำให้ฟันเปราะและเกิดจุดดำ
		- ไนเตรต	สารเร่งการเติบโตของพืช มีผลต่อเลือดและอาจเป็นสารก่อมะเร็ง
		- ฟอสเฟต	สารเร่งการเติบโตของพืช
	สารอินทรีย์	สารอินทรีย์	ทำให้เกิดกลิ่น สี ความขุ่น และบางชนิดมีพิษ
	ก๊าซ	- ออกซิเจน	ทำให้เกิดการกัดกร่อนและมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดส์
		- คาร์บอนไดออกไซด์	ทำให้เกิดความเป็นกรด
		- ไฮโดรเจนซัลไฟล์	ทำให้เกิดความเป็นกรดและมีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวซ์
		- ไนโตรเจน	ไม่มีผลกระทบ
		- แอมโมเนีย	ทำให้เกิดความเป็นด่าง และมีกลิ่น

2.3.1.2 ความขุ่น

ความขุ่นในน้ำผิวดินเกิดจากการสลายตัวของ ดิน หิน โคลน ออกไซด์ของโลหะที่อยู่ในดิน เยื่อไม้ แพลงตอนและจุลินทรีย์ น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมจะมีสารที่ทำให้เกิดความขุ่นได้มากมายหลายชนิด คอลลอยด์ที่คงตัว (stable) มักเกิดจากสบู่ ผงซักฟอก และ emulsifying agents ก็เป็นตัวทำให้เกิดความขุ่นด้วย

ความขุ่นทำให้น้ำไม่เป็นที่ยอมรับ เพราะจะสังเกตเห็นได้ทันทีถ้าบรรจุในภาชนะใส สารคอลลอยด์ที่ให้ความขุ่นจะเป็นตัวดูดซับสารเคมี อาจก่อให้เกิดสารอันตรายหรือทำให้เกิดกลิ่นและรสที่ไม่ต้องการ การฆ่าเชื้อในน้ำขุ่นจะกระทำได้ยากขึ้น เพราะความขุ่นจะทำตัวเป็นเกราะกำบังเชื้อโรคไว้ ความขุ่นในน้ำธรรมชาติมีสีน้ำตาล แต่อาจมีสีอื่นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของสารที่ก่อให้เกิดความขุ่น ความขุ่นจะบดบังการส่องผ่านของแสงลงสู่น้ำ มีผลให้การสังเคราะห์แสงของพืชในลำน้ำและทะเลสาบลดลง นอกจากนี้ความขุ่นที่ทับถมจมลงสู่ก้นลำน้ำหรือทะเลสาบจะจับตัวเป็นโคลนเลน และเปลี่ยนสภาพความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตใต้น้ำต่าง ๆ

การวัดความขุ่นในสมัยแรกใช้วิธีเปรียบเทียบน้ำตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐานโดยดูด้วยสายตาจากอุปกรณ์ชื่อ Jackson Turbidimeter ซึ่งเป็นการวัดโดยอาศัยคุณสมบัติที่ความขุ่นสามารถดูดกลืนแสงได้ (absorption) มีหน่วยเป็น JTU (Jackson Turbidity Unit) ความขุ่น 1 JTU หมายถึงความขุ่นที่เกิดจากการละลายซิลิก้า (SiO_2) หนึ่งมิลลิกรัมในน้ำกลั่นหนึ่งลิตร ในปัจจุบันการวัดค่าความขุ่นทันสมัยขึ้นโดยใช้ Nephelometric method ซึ่งใช้คุณสมบัติของการกระจัดกระจายแสง (scattering) อันเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการวัดความขุ่นต่ำ ๆ สารละลายความขุ่นมาตรฐานมักใช้ฟอร์มาซินโพลีเมอร์ (formazin polymer) เพราะเตรียมได้ง่ายและให้ค่าที่เชื่อถือได้ดีกว่าโคลน (koalin) หรือสารอื่น ๆ ที่เคยใช้กันมา ความขุ่นที่วัดด้วยวิธีนี้มีหน่วยเป็น FTU (Formazin Turbidity Unit) หรือ NTU (Nephelometry Turbidity Unit) เครื่องมือชนิดนี้วัดความขุ่นได้ตั้งแต่ 0 – 200 NTU และอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 NTU

การทราบค่าความขุ่นจะช่วยในการพิจารณาเลือกระบบการผลิตน้ำประปา การหาปริมาณสารส้มที่ใช้ในการตกตะกอน ใช้บอกประสิทธิภาพของเครื่องกรอง เป็นต้น น้ำผิวดินจะมีค่าความขุ่นในช่วงกว้าง ความขุ่นขนาด 5 หน่วยอาจสังเกตเห็นได้ด้วยตาจึงใช้ค่าความขุ่นนี้เป็นเกณฑ์มาตรฐานของน้ำดื่มทั่วไป

2.3.2 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Quality)

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส่วนใหญ่เกิดจากการละลายของสารประกอบทั้งอนินทรีย์และอินทรีย์ต่าง ๆที่เจือปนอยู่ในน้ำ เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีมาก ในที่นี้จะจัดแบ่งคุณสมบัติทางเคมีออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามผลกระทบที่มีต่อน้ำ ดังนี้

2.3.2.1 ความเป็นกรด (Acidity)

ความเป็นกรดของน้ำคือความสามารถของน้ำที่จะให้อนุมูลไฮโดรเจนหรือได้แก่ ปริมาณของกรดที่มีอยู่ในน้ำธรรมชาติ เช่น กรดคาร์บอนิค กรดอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ กรดแทนนิค กรดแร่ และเกลือของเหล็กกับอลูมิเนียม ทำให้แบ่งความเป็นกรดได้ 2 ประเภท

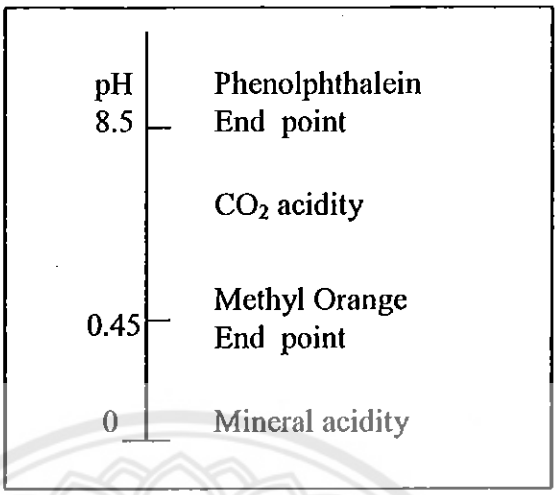
1. ความเป็นกรดเนื่องจาก CO_2 ซึ่งพบเสมอในน้ำธรรมชาติทั่วไป เพราะเป็นผลของปฏิกิริยา CO_2 กับน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิค ทำให้น้ำธรรมชาติที่มีความเป็นกรดประเภทนี้เพียงอย่างเดียวจะมี pH สูงกว่า 4.5

2 .ความเป็นกรดเนื่องจาก กรดแร่เกิดจากการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้กรดแก่ น้ำจากเหมืองแร่หรือน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารประกอบกำมันถันเจือปนอยู่ อาจถูกออกซิไดซ์โดยแบกทีเรียในดิน

ย่านอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำมันหรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง มักจะมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เผาไหม้ ก๊าซนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดกำมะถันด้วยความชื้นในอากาศ น้ำฝนในบริเวณนี้จึงมีความเป็นกรดสูงหรือที่เรียกว่า ฝนกรด ความเป็นกรดเนื่องจากกรดแร่จะมีผลให้น้ำมี pH ต่ำกว่า 4.5

ค่าความเป็นกรดมีประโยชน์ตรงที่สามารถบอกปริมาณด่างหรือเกลือที่จะต้องใช้เพื่อปรับ pH ให้เป็นกลาง ซึ่งจำเป็นสำหรับน้ำประปาที่ส่งจ่ายไปในท่อตะกั่ว และใช้คำนวณปริมาณปูนขาวที่ต้องการใช้ในการกำจัดความกระด้างโดยวิธี Lime Soda นอกจากนี้ยังจำเป็นสำหรับระบบบำบัดน้ำทิ้งทางชีววิทยาที่ต้องการ pH ในช่วง 6-8.5 สำหรับการดำรงชีพของจุลินทรีย์และใช้ควบคุม pH ของน้ำทิ้งที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะเพื่อไม่ให้กระทบต่อสมดุลตามธรรมชาติที่มีอยู่เดิม

การวิเคราะห์ใช้วิธีไตเตรทด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และมีตัวชี้จุดสมดุล 2 ตัว คือ ฟีนอล์ฟทาลีนและเมทธิลออเรนจ์ทำให้สามารถบอกค่าความเป็นกรดแยกประเภทได้ดังรูป 2.1 หรืออาจใช้วิธีคำนวณจากค่า pH และความเป็นด่าง ด้วยเหตุที่ความเป็นกรดเป็นผลจากสารประกอบหลายชนิด จึงเทียบความเข้มข้นให้อยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ดังนั้นจึงมีหน่อยวัดเป็น mg/l as $CaCO_3$ เนื่องจากยังไม่เคยมีรายงานผลของความเป็นกรดต่อสุขภาพของคน นอกจากทำให้รสชาติไม่น่าบริโภค จึงไม่มีมาตรฐานกำหนด



รูป 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดและpH ที่ใช้ในการไตเตรท

2.3.2.2 ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ความเป็นด่าง หมายถึง ความสามารถที่จะรับอนุมูล H^+ หรือคือความสามารถของน้ำที่จะสะเทินกรดแก่จนถึง pH ที่กำหนดไว้ ความเป็นด่างของน้ำตามธรรมชาติมักเกิดจากคาร์บอเนต , ไบคาร์บอเนต , ไฮดรอกซิล บอเรต , ฟอสเฟต , ซิลิเกต ,ซัลไฟด์ และแอมโมเนียมโดยละลายออกมาจากชั้นดิน หินและบรรยากาศลงสู่แหล่งน้ำ เกลือฟอสเฟตจะมาจากผงซักฟอกหรือปุ๋ย หรือแม้แต่สารเคมีที่ใช้ในการเกษตร สำหรับไฮโดรเจนซัลไฟด์และแอมโมเนียมอาจมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในน้ำธรรมชาติทั่วไปจะมีค่าความเป็นด่างระหว่าง 100-200 มก./ล. ถ้าแหล่งน้ำใดมีค่าความเป็นด่างมากกว่า 500 มก./ล.ไม่สมควรนำมาใช้เป็นน้ำบริโภค เพราะจะมีรสไม่น่าดื่ม ยังไม่มีมาตรฐานกำหนดที่แน่นอนสำหรับค่าความเป็นด่าง น้ำที่มีความเป็นด่างจะมีคุณสมบัติในการรักษา pH ของตัวเองไม่ให้แปรเปลี่ยนไปจากเดิมมากนัก หรือที่เรียกว่า buffering capacity คุณสมบัตินี้มีความสำคัญสำหรับการตกตะกอนด้วยสารส้มในระบบประปา เนื่องจากสารส้มเมื่อละลายน้ำจะปล่อยอนุมูลไฮโดรเจนทำให้ pH ลดลง การเกิดตะกอน floc จะไม่สมบูรณ์ ในกรณีที่น้ำดิบมีค่าความเป็นด่างอยู่จำนวนหนึ่ง จะสามารถสะเทินกรดและรักษา pH ไม่ให้เปลี่ยนไปในงานด้านบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะระบบบำบัดไม่ใช้อากาศ น้ำเสียควรมีค่าความเป็นด่างในช่วง 2000-4000 มก./ล. เพื่อช่วยควบคุมค่า pH อันอาจจะลดต่ำลงเนื่องจากกรดอินทรีย์อันเกิดจากย่อยสลายในระบบ

2.3.2.3 ความกระด้าง (Hardness)

ความกระด้าง หมายถึง ความเข้มข้นหรือปริมาณของอนุมูลโลหะที่มีประจุ+ 2 ในน้ำ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส สตรอยเซียม รวมทั้งเหล็กและอะลูมิเนียม โดยทั่วไปในน้ำธรรมชาติจะมี Ca^{+2} และ Mg^{+2} อยู่เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นค่าความกระด้างเป็นผลรวมของ Ca^{+2} และ Mg^{+2} ยกเว้นในกรณีที่มีอนุมูลโลหะตัวอื่นเจือปนอยู่มาก ความกระด้างมีหน่อยเป็น มก./ล. ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต

น้ำจากแหล่งต่างๆจะมีความกระด้างไม่เท่ากัน อาจแบ่งระดับความกระด้างตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ได้ดังนี้

น้ำอ่อน	0-50	มก./ล. $CaCO_3$
น้ำอ่อนปานกลาง	50-100	มก./ล. $CaCO_3$
น้ำกระด้างเล็กน้อย	100-150	มก./ล. $CaCO_3$
น้ำกระด้างปานกลาง	150-200	มก./ล. $CaCO_3$
น้ำกระด้าง	200-300	มก./ล. $CaCO_3$
น้ำกระด้างมาก	มากกว่า 300	มก./ล. $CaCO_3$

น้ำผิวดินจะมีความกระด้างในช่วง 80-100 มก./ล. $CaCO_3$ ในขณะที่น้ำใต้ดินจะมีความกระด้างสูงกว่าน้ำผิวดิน น้ำประปาควรมีความกระด้างประมาณ 50-80 มก./ล. $CaCO_3$ ซึ่งจะทำให้น้ำมีรสชาติดี และล้างสบู่ในเวลาอาบน้ำได้ง่ายขึ้น

ความกระด้างในน้ำเกิดจากน้ำในธรรมชาติซึ่งมักจะมี CO_2 ละลายอยู่ หรือในดินที่มี CO_2 จากปฏิกิริยาของแบกทีเรีย จะทำให้ได้กรดคาร์บอนิค เมื่อน้ำที่มีกรดไหลผ่านชั้นของดินหรือหิน โดยเฉพาะหินปูน กรดอ่อนตัวนี้สามารถจะละลาย $CaCO_3$ และ $MgCO_3$ ออกมาได้ดี ทำให้เกิดความกระด้างในน้ำ ดังสมการ

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$MgCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Mg(HCO_3)_2$$

นอกจากนี้ยังมีเกลือตัวอื่นๆในดิน เช่น ไนเตรท คลอไรด์ ซัลเฟต ฟอสเฟต ซิลิเกต ที่ทำให้เกิดความกระด้างได้เช่นกัน ความกระด้างแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1.ความกระด้างเนื่องจากคาร์บอเนต หรือ Carbonate hardness คือความกระด้างของเกลือ CO_3^{2-} HCO_3^- Ca เช่น $CaCO_3$, MG $(HCO_3)_2$ พวกนี้สามารถกำจัดโดยการต้ม จึงเรียกอีกชื่อว่า ความกระด้างชั่วคราว หรือ temporary hardness ปฏิกิริยาที่เกิดจากการต้มเป็นดังนี้

$$Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$Mg(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + 2CO_2$$

2.ความกระด้างที่ไม่ได้เกิดจากคาร์บอเนต หรือ non-cabonate hardness คือ ความกระด้างของเกลืออื่นๆ ซึ่งไม่ใช่คาร์บอเนต เช่น $CaSO_4$, $MgCl_2$, Ca $(NO_3)_2$ เนื่องจากไม่สามารถกำจัดโดยการต้ม จึงเรียกว่าความกระด้างถาวร permanent hardness

ในบางครั้งน้ำในธรรมชาติที่มีปริมาณโซเดียม (Na^+) อยู่มาก ที่ใช่ความกระด้าง แต่จะมีผลในการขัดขวางการเกิดฟองสบู่เช่นเดียวกับน้ำกระด้าง น้ำพวกนี้จึงมักมีรสกร่อย (pseudo-hardness) หรือ ความกระด้างเทียม

การวิเคราะห์อาจใช้วิธีคำนวณหากรู้ความเข้มข้นของ Ca^{2+} และ Mg^{+2} ในน้ำ ส่วนวิธีที่นิยมคือ EDTA titrimetric method โดยใช้ eriochome black T เป็นตัวชี้จุดสมดุล ซึ่งจะเปลี่ยนจากสีม่วงอ่อนเป็นสีน้ำเงิน เมื่อความกระด้างเข้าทำปฏิกิริยาพอดีกับ EDTA ที่รู้ความเข้มข้นและทราบความเป็นด่างของน้ำ จะสามารถแยกความกระด้างของน้ำได้ ดังนี้

ก. ถ้า total hardness มากกว่า total alkalinity ดังนั้น

Carbonate hardness = total alkalinity

Non-cabonate hardness = total hardness-total alkalinity

ข. ถ้า total hardness มากกว่า total alkalinity ดังนั้น

Total hardness = carbonate hardness

Non-carbonate hardness = 0

น้ำที่มีความกระด้างมากจะมีผลเสียคือ

ก.ทำให้เปลืองสบู่ในการล้าง เพราะ Ca_2+ และ Mg^{+2} จะทำปฏิกิริยากับสบู่เกิดเป็นไคล หรือ ตกตะกอนดังสมการจึงต้องสบู่เพิ่มขึ้นในน้ำกระด้าง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีดารผลิตผลซักฟอก ซึ่งไม่มีปัญหาการตกตะกอนในน้ำกระด้าง

$$2C_{17}H_{35}COONa+Ca^{2+} \longrightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2Ca + 2Na^+$$

ข.ปัญหาการเกิดตระกรันในหม้อน้ำ หรือ Boiler scale ที่เกิดจาก $CaCO_3$ หรือ $CaSO_4$ ตะกรันพวกนี้จะทำตัวเป็นฉนวนทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ค.มีเหตุที่ทำให้เชื่อว่าอาจทำให้เกิดนิ่วแก่ผู้ดื่มน้ำกระด้างเป็นประจำ

อย่างไรก็ตามน้ำกระด้างปานกลางมีประโยชน์คือ

ก.น้ำกระด้างมีรสชาติน่าดื่มกว่าน้ำอ่อน

ข.น้ำอ่อนไม่เหมาะที่จะใช้ทำน้ำประปา เพราะมีฤทธิ์กัดกร่อนตะกั่วที่ใช้ทำท่อประปา การใช้น้ำกระด้างทำน้ำประปา ทำให้เกิด $PbCO_3$ หุ้มผิวท่อน้ำภายในตะกั่วจะไม่ละลายออก

ค.จากสถิติทางการแพทย์พบว่า ผู้บริโภคน้ำอ่อนมีโอกาสป่วยเป็นโรคหัวใจ สูงกว่าผู้บริโภคน้ำกระด้าง

Public Health Service ของ USA ได้กำหนดมาตรฐานของความกระด้างสำหรับนำดื่มเท่ากับ 500 มก./ล. $CaCO_3$ โดยทั่วไปถ้าน้ำดื่มมีความกระด้างมากกว่า 300 มก./ล. $CaCO_3$ ควรจะผ่านกระบวนการกำจดความกระด้าง (water softening) เสียก่อน วิธีที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ lime-soda และ ion-exchange

2.3.2.4 โลหะที่ไม่เป็นพิษ (Non – toxic Metals)

2.3.2.4.1 โซเดียม

โซเดียมเป็นโลหะที่ไม่มีพิษที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ และมักจะมีมากกว่าโลหะตัวอื่น ๆ เพราะเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของเปลือกโลก สามารถทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น ๆ ได้ว่องไว เกิดเป็นสารประกอบเกลือที่ละลายน้ำได้ดีมากทุกชนิด โซเดียมที่เจือปนในแหล่งน้ำมักอยู่ในรูปของเกลือแกง (NaCl), เกลือคาร์บอเนต, เกลือไบคาร์บอเนต, เกลือซัลเฟต, เกลือไนเตรต ในบางครั้งอาจพบอยู่ในรูป sodium tetraborate หรือ borax แต่มีปริมาณมาก โซเดียมที่ละลายในน้ำดื่ม ไม่มีผลโดยตรงต่อสุขภาพของคนทั่วไป

การที่มีเกลือแกงในน้ำสูงเกินระดับปกติ อาจมีสาเหตุมาจากการแทรกแซงของน้ำทะเลเข้ามายังแหล่งน้ำ หรืออาจมีการระบายน้ำเสียจากบ้านเรือนลงสู่แหล่งน้ำนั้น

2.3.2.4.2 เหล็ก

เหล็กที่อยู่ในน้ำส่วนใหญ่จะมีอยู่ 2 รูปคือ เฟอรัส (Fe^{+2}) และเฟอริค (Fe^{+3}) ขึ้นอยู่กับค่า pH ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในน้ำ ตามปกติน้ำบาดาลหรืออ่างเก็บน้ำลึก ๆ ที่ขาดออกซิเจน จะพบสารละลายเหล็กในรูปเฟอรัสในปริมาณสูง และถ้ามี CO_2 อยู่ด้วยจะได้เฟอรัสไบคาร์บอเนต [$Fe(HCO_3)_2$] ที่ละลายน้ำได้ดี แต่ถ้าในสภาวะที่มีออกซิเจน $Fe(HCO_3)_2$ จะถูกออกซิไดซ์ไปอยู่ในรูปเฟอริคไฮดรอกไซด์ [$Fe(OH)_3$] ที่ละลายน้ำได้น้อยมาก ในกรณีเช่นนี้ถ้า pH ของน้ำต่ำ อัตราการตกตะกอนของเฟอริคจะช้าลงมาก ถึงแม้จะมีออกซิเจนละลายอยู่สูงกว่า 0.5 มก./ล. ในทางกลับกันถ้า pH ของน้ำอยู่ระหว่าง 8 – 9 และมีออกซิเจนอยู่สูงกว่า 0.5 มก./ล. $Fe(HCO_3)_2$ จะถูกเปลี่ยนไปเป็น $Fe(OH)_3$ ทันทีและตกตะกอน อย่างไรก็ตามการเกิด $Fe(HCO_3)$ ไม่ใช่จะเกิดขึ้นทันทีและเสมอไปเมื่อน้ำมี Fe^{+3} และ CO_2 อยู่รวมกัน ปฏิกิริยาดังกล่าว ต้องการตัวเร่งประเภทสารรีดิวซ์ เช่น สารอินทรีย์บางประเภท และ pH ประมาณ 6.5

เหล็กเป็นธาตุที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดงของคนและสัตว์ ความต้องการของคนอยู่ในช่วง 7 – 35 มก./วัน น้ำที่มีเหล็กที่ความเข้มข้น 1 มก./ล. เมื่อสัมผัสกับอากาศจะทำให้เกิดสนิมเหล็กเปรอะเปื้อนเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ ใช้ซักเสื้อผ้าขาวก็จะมีจุดสนิม และหากความเข้มข้นสูงถึง 2 มก./ล. จะทำให้น้ำมีรสไม่น่าดื่ม หุงข้าวก็บูดเร็ว นอกจากนี้เหล็กที่อยู่ในน้ำยังเป็นตัวการให้เกิดแบคทีเรียเหล็ก เช่น Crenothrix ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นและรสที่ไม่พึงประสงค์ และเมือกของจุลินทรีย์ในท่อจะทำให้เกิดการอุดตันท่อ และน้ำที่มีเหล็กจะมีฤทธิ์กัดกร่อนด้วย ดังนั้นจึงมีการกำหนดมาตรฐานเหล็กในน้ำประปาได้ไม่เกิน 3 มก./ล.

วิธีการตรวจวัดเหล็กในปัจจุบันที่ใช้กันมาก คือ Phenanthroline Method โดยเหล็กในรูปเฟอรัสจะรวมตัวกับ 1 , 10 – phenanthroline ที่ pH 3.2 – 3.3 เกิดเป็นไอออน

เชิงซ้อน (complex ion) ที่มีสีแดงส้ม วัดค่า Absorbance นำไปเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐานก็จะหาความเข้มข้นของเหล็กในน้ำได้

เกลืออนินทรีย์ที่ไม่เป็นพิษ (Non – toxic salts)

- ไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนต (Bicarbonate – HCO_3^-, Carbonate – CO_3^{2-})

เกลือทั้งสองมีอยู่ในน้ำธรรมชาติทั่วไป เพราะเป็นผลิตผลจากการละลายน้ำของคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นตัวปรับสภาพความเป็นกรดด่างในธรรมชาติ (natural buffer)

- ซัลเฟต (Sulfate – SO_4^{2-})

ซัลเฟตเป็นรูปหนึ่งของกำมะถันที่พบในน้ำทั่วไป เจือปนในแหล่งน้ำได้สองทางคือจากก๊าซ SO_2 ในอากาศที่ถูกฝนละลายตกลงมา และละลายจากหินหรือดินที่มีซัลเฟต ในน้ำจืดจะมีซัลเฟตละลายอยู่มากเป็นอันดับสองรองจากแคลเซียม

- คลอไรด์ (Chloride – Cl^-)

คลอไรด์ที่ปรากฏในแหล่งน้ำอาจมาจากเกลือคลอไรด์ในดินบางแห่ง น้ำทะเล มหาสมุทร หรือน้ำเสียจากชุมชน คลอไรด์ในน้ำเสียชุมชนเกิดจากการขับถ่ายปัสสาวะของคนเรา ซึ่งมีคลอไรด์อยู่ประมาณ 6 – 9 ก./วัน/คน

- ฟลูออไรด์ (Fluoride – F^-)

ฟลูออไรด์ในธรรมชาติจะพบในชั้นหินบางชนิด ปริมาณของฟลูออไรด์ในน้ำผิวดินมีค่าต่ำกว่าความต้องการของร่างกาย แต่น้ำบาดาลบางแห่งจะมีฟลูออไรด์ในปริมาณสูง ถ้าเป็นชั้นของหินชนวนหรือหินปูน

- ซิลิกา (Silica – SiO_2)

ซิลิกาในน้ำกระด้างอาจสูงถึง 40 มก./ล. (as SiO_2^-) ในน้ำนิ่งมีประมาณ 1 มก./ล. ส่วนในแม่น้ำอาจแตกต่างระหว่าง 5 – 20 มก./ล. ไม่ปรากฏแน่ชัดถึงอันตรายต่อสุขภาพ และมาตรฐานน้ำดื่มก็ไม่ได้กำหนดค่าสูงสุด แต่จะมีปัญหากับหม้อไอน้ำ เพราะตะกรันที่เกิดจากซิลิกามีความแข็งมากและกำจัดออกได้ยาก

2.3.2.5 โลหะที่เป็นพิษ (Toxic Metals)

โลหะที่เป็นพิษส่วนใหญ่เป็นโลหะหนัก ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อคนหรือสิ่งชีวิต โลหะที่เป็นพิษที่มักจะละลายอยู่ในน้ำ ได้แก่ สารหนู แบเรียม แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว ปรอท เงิน ซีลิเนียม และอลูมิเนียม

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก จะต้องทำการย่อยสลายโลหะหนักด้วยกรดเข้มข้นภายใต้อุณหภูมิสูง เพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปละลายน้ำ แล้วจึงอ่านค่าความเข้มข้นด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry

- สารหนู (Arsenic, As)

สารหนูเป็นสารพิษที่รู้จักกันดี การปะปนในน้ำแม้เพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจจะมาจากท่อระบายน้ำเสีย แหล่งบริเวณแร่เหล็ก หรือแหล่งเหมืองเก่า เหมืองร้าง

- ตะกั่ว (Lead – Pb)

ตะกั่วในน้ำประปาอาจมาจากท่อประปาโลหะที่มีตะกั่วผสมอยู่หรือท่อพลาสติกบางชนิด การละลายของตะกั่วขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำ เช่น น้ำอ่อนหรือน้ำที่มีกรดเล็กน้อย รวมทั้งน้ำฝนที่มักจะมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่สูง และน้ำในพรุ (swamp waters) ซึ่งมีกรดฮิวมิกและคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ จะละลายตะกั่วได้ดี โลหะที่ใช้สำหรับเก็บน้ำไม่ควรทาภายในด้วยสีที่มีตะกั่วเจือปนอยู่

- แมงกานีส (Manganese – Mn)

โดยทั่วไปแมงกานีสมีคู่กับเหล็กในน้ำ แต่จะมีอยู่ในปริมาณที่น้อยกว่า น้ำผิวดินที่ไม่มีการไหลถ่ายเทจะมีแมงกานีสสูง โดยเฉพาะบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำ

เนื่องจากแมงกานีสเป็นโลหะจำเป็นสำหรับการทำงานของเอ็นไซม์บางตัว ดังนั้นการรับแมงกานีสจากอาหารในระดับ 10 มก./วัน จึงไม่ถือว่าเป็นอันตราย ในขณะที่แมงกานีสปริมาณมาก ๆ เป็นพิษ แต่กว่าจะถึงระดับนั้นมันจะก่อความรำคาญอย่างหนักขึ้นก่อน แมงกานีสความเข้มข้นเกินกว่า 0.005 มก./ล. หรือความเข้มข้นรวมกับเหล็กมากกว่า 0.3 – 0.5 มก./ล. จะเริ่มสร้างปัญหา โดยที่แมงกานีสจะตกตะกอนแยกตัวจากน้ำถ้าสัมผัสกับออกซิเจนหรือคลอรีน เกิดเป็นคราบจับติดอยู่ภายในท่อ ซึ่งบางครั้งก็หลุดติดไปกับน้ำประปาด้วย คราบที่เกิดจากแมงกานีสไดออกไซด์จะมีสีดำ แต่ถ้ามีเหล็กอยู่ด้วยจะเป็นคราบสีน้ำตาลเข้ม ถ้าใช้น้ำประปาที่มีแมงกานีสเจือปนอยู่ซักผ้าอ่อน ๆ จะมีรอยด่าง หรือถ้าใช้กับสุขภัณฑ์ขาวจะมีคราบน้ำที่มีแมงกานีสอยู่จะเปลี่ยนรสของเครื่องดื่ม ด้วยเหตุนี้ EPA จึงกำหนดมาตรฐานน้ำดื่มไว้ไม่เกิน 0.005 มก./ล.

- ปรอท (Mercury-Hg)

ปรอทจากธรรมชาติเป็นสารประกอบอนินทรีย์ ส่วนใหญ่อยู่ในรูป HgS(s) ในแร่ซินนาบาร์ (cinnabar) มีสีแดงและไม่ละลายน้ำ มักจะฝังตัวอยู่ในที่ที่ห่างไกลจากผู้คน การเผาถ่านหินก็เป็นการกระจายปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อมทางหนึ่ง เพราะถ่านหินทั่วไปจะมีปรอทอยู่ประมาณ 1 ppm อุตสาหกรรมก็ถือเป็นแหล่งปลดปล่อยปรอทขนาดใหญ่ โดยเฉพาะโรงงานผลิตโซดาไฟและคลอรีน การผลิตสี การถลุงแร่ การผลิตพลาสติกพีวีซี และกิจกรรมทางด้านการเกษตรซึ่งใช้สารประกอบปรอทเป็นยาปราบศัตรูพืชและฆ่าเชื้อรา สารประกอบอินทรีย์ของปรอทไม่มีในธรรมชาติ แต่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนรูปในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หรือโดยกระบวนการทางชีวภาพที่มีจุลินทรีย์ (methanogenic bacteria) ที่อยู่ใต้น้ำเป็นตัวการสำคัญ

สำหรับความเป็นพิษ ไอของปรอทจัดว่ามีพิษร้ายแรงที่สุด แต่เนื่องจากปรอทมีความดันไอต่ำมาก ดังนั้นโอกาสที่จะได้รับไอปรอทเข้าสู่ร่างกายเลยน้อย ส่วนมากปรอทจะเข้าสู่ร่างกายได้โดยทางน้ำและอาหาร แหล่งน้ำโดยธรรมชาติทั่วไปจะมีปรอทน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม/ล. ในขณะที่อาหารบางชนิดจะมีปรอทเจือปนอยู่ในช่วง 10 – 70 ไมโครกรัม/มก. อัตราการรับปรอทเข้าสู่ร่างกายคือ ไม่เกิน 0.3 มก./วัน สำหรับคนที่มีน้ำหนัก 70 กก. Hg_2Cl_2 และ $HgCl_2$ เป็นสารประกอบอนินทรีย์ของปรอทที่ละลายน้ำได้ เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไปกัดทางเดินอาหารและไตได้ อย่างไรก็ตามความเป็นพิษยังไม่ร้ายแรงนักเมื่อเทียบกับสารประกอบอินทรีย์ของปรอท เช่น Dimethylmercury และ Methylethlmercury ซึ่งละลายได้ดีมากในไขมัน ดังนั้นเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไปสะสมตามเนื้อเยื่อที่มีไขมันสูง เช่น มันสมอง และจะไปขัดขวางระบบประสาท ทำให้ระบบประสาทผิดปกติเกิดอาการของโรค มินามาตะ ซึ่งเป็นโรคหนึ่งที่เกิดจากการสะสมโลหะพิษเพิ่มขึ้นในห่วงโซ่อาหารหรือมีการเพิ่ม ความเข้มข้นทางชีวภาพ (Biological magnification) EPA กำหนดความเข้มข้นสูงสุดของปรอทในน้ำดื่มไว้ไม่เกิน 0.002 มก./ล.

- แคดเมียม (Cadmium-Cd)

แคดเมียมในธรรมชาติส่วนใหญ่พบปะปนอยู่กับแร่สังกะสีทุกชนิด มีส่วนน้อยที่อยู่ในรูปแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) แคดเมียมถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเคลือบผิวและชุบโลหะ ใช้ผสมในสีบางชนิด ผสมในน้ำมันเครื่องยางและพลาสติก

แหล่งน้ำคุณภาพดีควรมีแคดเมียมต่ำกว่า 1 ppb แต่น้ำธรรมชาติทั่วไปอาจมีอยู่สูงถึง 10 ppb น้ำที่มีแต่แคดเมียมอย่างเดียวที่ความเข้มข้นเฉลี่ย 0.047 มก./ล. จะไม่ผลต่อสุขภาพหากใช้ดื่มกิน แต่การทดลองในต่างประเทศพบว่าแคดเมียมจะสะสมเพิ่มขึ้นในไตและตับของหนูที่เลี้ยงด้วยน้ำที่มีแคดเมียม 0.1 – 10 มก./ล.

แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางน้ำและอาหาร ควันบุหรี่ก็เป็นอีกแหล่งหนึ่งที่มีแคดเมียมเพราะบุหรี่ 1 มวนมีแคดเมียมประมาณ 1.3 ไมโครกรัม เช่นเดียวกับปรอท ตะกั่ว และสารหนู เมื่อแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายจะเริ่มสะสมและเพิ่มปริมาณขึ้นตามอายุ แคดเมียมในร่างกายในปริมาณสูงทำให้คนและสัตว์เป็นหมัน เป็นมะเร็ง และความดันโลหิตสูง ก่อความเสียหายต่อตับและไต พิษเรื้อรังจากแคดเมียมที่รู้จักกันดีคือ โรค อิไต – อิไต (Itai - Itai) ซึ่งมีอาการสายตาผิดปกติและปวดกระดูกตามน่อง ซี่โครง และสันหลัง มาตรฐานกำหนดของแคดเมียมในน้ำดื่มคือไม่เกิน 0.01 มก./ล.

- ทองแดง(Copper - Cu)

ทองแดงไม่ค่อยพบในน้ำธรรมชาติ แต่อาจเกิดมีขึ้นได้จากการใช้ท่อทองแดงหรือจากการใช้จุลสี ($CuSO_4.7H_2O$) กำจัดสาหร่ายและตะไคร่น้ำ ทองแดงมีพิษอย่างแรงต่อปลา แต่การทดสอบจากการใช้ท่อน้ำทองแดงพบว่ามีผลน้อยมากต่อคน น้ำซึ่งมีทองแดง 1 มก./ล. อาจทำให้เกิดคราบสีเขียวเกาะตามข้อต่อท่อ ทองแดงในปริมาณ 0.1 มก./ล. เพียงพอที่จะทำให้อัตราการกัดกร่อนของท่อเหล็กอาบสังกะสีเพิ่มขึ้นอย่างมาก ความเข้มข้น 1 – 5 มก./ล. มีผลด้านรสและความกัดกร่อน แต่ไม่เป็นอันตรายแก่มนุษย์ เพราะทองแดงเป็นสารจำเป็นต่อเมแทบอลิซึมของร่างกาย มาตรฐานของ EPA กำหนดไม่ให้มีทองแดงในน้ำดื่มเกินกว่า 1.0 มก./ล.

- สังกะสี (Zinc - Zn)

สังกะสีไม่ค่อยปรากฏให้เห็นในน้ำธรรมชาติ แต่อาจมีในน้ำที่ออกจากก๊อกประปาแบบท่อเหล็กอาบสังกะสีหรือน้ำฝนที่ไหลผ่านหลังคาสังกะสี ถ้าใช้ภาชนะสังกะสีมาปรุงอาหาร อาจทำให้มีสังกะสีเจือปนเข้าไปในอาหาร น้ำที่สัมผัสกับท่อเหล็กอาบสังกะสี อาจมีการตกตะกอนของ Zinc carbonate และสารละลายสังกะสีในน้ำชนิดนี้อาจสูงถึง 3 มก./ล. ตัวอย่างของน้ำชนิดนี้ใช้หาปริมาณแบคทีเรียไม่ได้ เพราะสังกะสีเป็นพิษสำหรับจุลินทรีย์ แต่มีอันตรายน้อยสำหรับคน

สังกะสีเป็นธาตุที่ร่างกายต้องการสำหรับเมแทบอลิซึมภายในเซล จึงควรได้รับเป็นประจำทุกวันในอัตรา 10 – 15 มก. แต่ถ้าได้รับสังกะสีความเข้มข้น 675 – 2,280 มก./ล. จะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้อาเจียน

- อลูมิเนียม (Aluminium - Al)

ในน้ำธรรมชาติมีประมาณน้อย อาจมาจากอุตสาหกรรมชุบโลหะ ทำถังน้ำหรือท่อน้ำ ไม่มีหลักฐานยืนยันแน่ชัดว่าการใช้ภาชนะอลูมิเนียมจะมีอันตราย อลูมิเนียมอาจถูกกัดกร่อนได้ในน้ำที่มีทองแดงเจือปนแม้ปริมาณน้อย ดังนั้นต้องระวังในการนำท่อทองแดงขนาดยาวต่อเชื่อมเข้ากับถังอลูมิเนียม น้ำซึ่งมีความเป็นด่างและมี Na_2CO_3 ก็กัดกร่อนอลูมิเนียม ที่มาของอลูมิเนียมในน้ำประปาอีกอย่างหนึ่ง คือการใช้ปริมาณสารส้มไม่ถูกส่วน ทำให้เกิดการตกตะกอนของ Aluminiumhydroxide [$Al(OH)_3$] น้ำที่ผ่านการกรองแล้วไม่ควรมีอลูมิเนียมสูงกว่า 0.15 มก./ล.

- เซเลเนียม (Selenium - Se)

เป็นผลพลอยได้จากการถลุงทองแดง ใช้ในกิจการอุตสาหกรรมเครื่องอิเล็กทรอนิคส์ต่าง ๆ การผลิตแก้ว เครื่องเคลือบดินเผา ยาง ใช้ในการผลิตยาฆ่าราและยาฆ่าแมลง ในด้านการแพทย์ใช้เป็นยาแก้รังแค

สารประกอบของเซเลเนียมอาจถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังและการหายใจ พิษที่พบเห็นส่วนใหญ่เกิดจากการประกอบอาชีพที่ต้องสัมผัสกับเซเลเนียม พิษเฉียบพลันจะทำให้

เกิดอาการทางประสาทส่วนกลาง ส่วนพาเรื้อรังจะทำให้ตับและม้ามเสื่อมหน้าที่ อย่างไรก็ตาม เซเลเนียมในปริมาณน้อยยังจำเป็นต่อการทำงานของรางกาย มาตรฐานน้ำดื่มกำหนดค่าสูงสุดไว้ที่ 0.01 มก./ล.

- โครเมียม (+6) (Chromium as hexavalent ion – Cr^{+6})

โครเมียมใช้ผสมโลหะทำให้แข็ง ป้องกันสนิมและทนต่อการผุกร่อน ใช้ในการชุบโลหะ ทำสี ยาง และอุตสาหกรรมฟอกหนังย้อมสี

พิษของโครเมียมเกิดจากการสูดดม หรือได้รับฝุ่นผงโครเมียมเข้าไปตามรอยแผล หรือทางน้ำและอาหาร โครเมียม (+3) หรือ Cr^{+3} ไม่มีพิษ มาตรฐานน้ำดื่มจึงกำหนดความเข้มข้นเฉพาะของโครเมียม (+6) หรือ Cr^{+6} ไม่ให้เกิน 0.05 มก./ล.

- แบเรียม (Barium – Ba)

พบพิษในคนงานโรงงานทำยาเบื่อหนู หรือจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์และจากการใช้เป็นยารักษาโรค (ยากระตุ้นกล้ามเนื้อ) พิษที่ตรวจพบจะทำให้กล้ามเนื้อหัวใจและหลอดเลือดบีบตัว ความดันโลหิตสูงเฉียบพลันและมีพิษต่อไตกับประสาท มาตรฐานน้ำดื่มกำหนดไว้สูงที่สุด 1 มก./ล.

- เงิน (Silver - Ag)

สารประกอบของเงินถูกใช้เป็นสารฆ่าเชื้อและยาหยอดตา พิษจากการสะสมสารประกอบเงินจะ ทำให้เป็นจ้ำสีคล้ำ ๆ ตามผิวหนัง ตา และ mucous membrane มาตรฐานน้ำดื่มกำหนดค่าไว้ไม่เกิน 0.05 มก./ล.

- สารอินทรีย์ (Organic Compounds)

สารอินทรีย์ที่ไม่เสถียรจะถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ และออกซิเจนจะถูกใช้ในปฏิกิริยา สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำเหล่านี้ประกอบด้วย แป้ง ไขมัน โปรตีน แอลกอฮอล์ กรด อัลดีไฮด์ และเอสเทอร์ ซึ่งมาจากการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ที่ตกลงในแหล่งน้ำ หรือมาจากน้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากอุตสาหกรรม และน้ำเสียจากการเกษตร สารอินทรีย์เหล่านี้มักทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสี ความขุ่น กลิ่น และรสของน้ำ

การวัดปริมาณสารอินทรีย์จะใช้ค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) เป็นตัววัด เพราะ BOD เป็นค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยปกติ ใช้สำหรับวัดปริมาณความเน่าเสียของน้ำโสโครกของแหล่งน้ำ ถ้าค่า BOD สูงแสดงว่าแหล่งน้ำนั้นสกปรกหรือน้ำเน่าเสีย แหล่งน้ำสำหรับทำน้ำประปาไม่ควรมี BOD เกินกว่า 4 มก./ล.

- สารซักล้าง (Detergents)

ในอดีตมีการใช้ เอบีเอส หรือ Alkyl benzene เป็นสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ในสารซักล้างหรือผงซักฟอก แต่เนื่องจากเอบีเอสเป็นสารคงตัว จุลินทรีย์ย่อยสะลายได้น้อยจึงมักจะหลงเหลืออยู่ในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา เอบีเอส ที่ความเข้มข้นเกิน 1 มก. /ล. เมื่อระบายสู่แหล่งน้ำจะก่อปัญหาเกี่ยวกับการเกิดฟองบนผิวน้ำ ซึ่งปิดกั้นการเติม

ออกซิเจนลงในแหล่งน้ำ และบังแสงแดดทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชน้ำลดลงหรือไม่มีเลย เป็นผลทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำดำรงชีพได้ลำบากมาตรฐานน้ำดื่มได้กำหนดค่า เอบีเอส สูงสุด 0.5 มก./ล.

ในปัจจุบันประเทศที่พัฒนาแล้วรวมทั้งประเทศไทยได้เปลี่ยนมาใช้ แอลเอเอส หรือ Linear alkyl ate sulfonate เป็นสารลดแรงตึงผิวแทนเอบีเอส เพราะจากการศึกษาพบว่าแอลเอเอสถูกกำจัดได้ในระบบบำบัดน้ำเสีย และถูกย่อยสลายได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป ไม่มีการกำหนดมาตรฐานสำหรับแอลเอเอสในน้ำดื่ม

- สารปราบศัตรูพืช (Pesticides)

สารปราบศัตรูพืชที่ก่อให้เกิดปัญหา มักจะเป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. สารปราบศัตรูพืชที่มีคลอรีน (Chlorinated Pesticides)

เป็นสารปราบศัตรูพืชประเภทแรกที่สังเคราะห์ขึ้น ที่รู้จักกันดีคือ ดีดีที ออกฤทธิ์โดยการสัมผัส ละลายน้ำได้น้อยมากจนอาจกล่าวได้ว่าไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในน้ำมัน ไขมัน สลายตัวได้ช้ามาก

2. สารปราบศัตรูพืชที่มีฟอสฟอรัส (Organic Phosphorus Pesticides)

สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัสมีฤทธิ์ต่อระบบประสาท มีพิษร้ายแรงกว่าสารประกอบอินทรีย์คลอรีน แต่ไม่เสถียร จึงไม่มีปัญหาเกี่ยวกับพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม

3. คาร์บาเมต (Carbamates)

มีฤทธิ์เหมือนกับสารประกอบออกาโนฟอสเฟต แต่โดยทั่วไปมีพิษน้อยกว่า และไม่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม

- สารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน (Chlorination Hydrocarbon)

เป็นสารประกอบระหว่างสารอินทรีย์กับคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในกระบวนการผลิตน้ำประปา ซึ่งคลอรีนมีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินทั่วไปคือ กรดฮิวมิค สารประกอบนี้เป็นสารก่อมะเร็งทั้งในคนและสัตว์ ดังนั้นการลดปริมาณสารเหล่านี้ในน้ำประปาอาจทำได้โดยการลดสารอินทรีย์เริ่มต้น และควบคุมสภาวะการฆ่าเชื้อโรค เช่น ระยะเวลาอุณหภูมิ pH และจุดเติมคลอรีน

- ฟีนอล (Phenol)

การเกิดจากอุตสาหกรรมที่ใช้ coal gas, coal – coking และอุตสาหกรรมปิโตรเลียม น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ฟีนอลเป็นวัตถุดิบ ฟีนอลที่ปนเปื้อนในน้ำจะก่อให้เกิดกลิ่นและรส ค่ากำหนดกลิ่นของฟีนอลคือ 0.1 ไมโครกรัม/ล.

- สารอินทรีย์ที่ระเหยได้ (Volatile organic chemicals - VOCs)

ส่วนใหญ่เป็นสารจากอุตสาหกรรม พบปนเปื้อนอยู่ทั้งในแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน สารประเภทนี้เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง

- ไซยาไนด์ (Cyanide – CN^-)

ไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำส่วนใหญ่มาจากน้ำเสียโรงงานชุบโลหะไซยาไนด์ ส่วนใหญ่ย่อยสลายได้ด้วยขบวนการชีววิทยา ไซยาไนด์มีผลต่อระบบหายใจ

มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกกำหนดให้มีได้ไม่เกิน 0.1 มก./ล. ในขณะที่มาตรฐานน้ำดื่มในประเทศไทยกำหนดในช่วง 0.01 – 0.2 มก./ล.

มาตรฐานน้ำดื่มและน้ำประปา

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก

Substance	Max. Acceptable	Max. Allowable
Toxic Substance		
Lead (as Pb)		0.05
Selenium (as Se)		0.01
Arsenic (as As)		0.05
Chromium(as Cr hexavalent)		0.05
Cyanide (as CN)		0.2
Cadmium		0.01
Substance		
Total Solids	500 mg/l	1,500 mg/l
Color	5 Units	50 Units
Turbidity	5 Units	25 Units
Taste	Unobjectionable	-
Odor	Unobjectionable	-
Iron (Fe)	0.3 mg/l	1.0 mg/l
Manganese (Mn)	0.1 mg/l	0.5 mg/l
Copper (Cu)	1.0 mg/l	1.5 mg/l
Zine (Zn)	5.0 mg/l	1.5 mg/l
Calcium (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
Magnesium (Mg)	50 mg/l	150 mg/l
Sul fate (SO_4)	200 mg/l	400 mg/l
Chloride (Cl)	200 mg/l	600 mg/l
pH range	7.0 – 8.5	
Magnesium + Sodium Sulfate	500 mg/l	1,000 mg/l
Phenolic Substances	0.001 mg/l	0.002 mg/l
Carbon Chloroform Extract	0.2 mg/l	0.5 mg/l
Alkyl Benzyl sulfonates	0.5 mg/l	1.0 mg/l
Standard of Bacteriological Quality		
90 % of Samples in year negative for coli forms		
i.e.		
90 % of Samples MPN < 1.0		
No Samples MPN > 10		
MPN 8 – 10 not to occur in Consecutive Sample		

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานน้ำดื่ม พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522

รายการ	เกณฑ์มาตรฐาน
1.คุณลักษณะทางกายภาพ	
สี (colour)	ต้องไม่เกิน 20 ฮาเซนยูนิต
กลิ่น (Odor)	ต้องไม่มีกลิ่น แต่ไม่รวมถึงกลิ่นคลอรีน
ความขุ่น (Turbidty)	ต้องไม่เกิน 0.5 ฮาเซนยูนิต
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	6.5 – 8.5
2.คุณลักษณะทางเคมี	
ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids)	ไม่เกิน 500
ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness as $CaCo_3$)	ไม่เกิน 100
คลอไรด์ (Cl)	ไม่เกิน 250
โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 0.05
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0
เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.05
ไนเตรท (NO_3)	ไม่เกิน 4.0
ฟีนอล (Phenol)	ไม่เกิน 0.001
เงิน (Ag)	ไม่เกิน 0.05
ซัลเฟต (SO_4)	ไม่เกิน 250
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0
ฟลูออไรด์ (F)	ไม่เกิน 1.5
3.คุณลักษณะเป็นพิษ	
สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.05
แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.01
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.1
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.002
เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.01
4.คุณลักษณะทางจุลินทรีย์	
บักเตรี ชนิด โคลิฟอร์ม	น้อยกว่า 2.2 ต่อ 100 ลบ.ม. โดยวิธี MPN
บักเตรี ชนิด อีโคโล (E.Coli)	ต้องไม่มีเลย
จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค	ต้องไม่มีเลย

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานการประปานครหลวง

รายการ	เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด	เกณฑ์ที่กำหนดอนุโลมให้สูงสุด
คุณลักษณะทางกายภาพ		
สี (colour)	5.0	15.0
รส (Taste)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
กลิ่น (Odor)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
ความขุ่น (Turbidty) หน่วยซิลิกา	5.0	20.0
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	6.5 – 8.5	ไม่เกิน 9.2
คุณลักษณะทางเคมี (หน่วย มก./ล)		
ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids)	500	1,500
เหล็ก (Fe)	0.5	1.0
แมงกานีส (Mn)	0.3	0.5
เหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn)	0.5	1.0
ทองแดง (Cu)	1.0	1.5
สังกะสี (Zn)	5.0	15.0
แคลเซียม (Ca)	75	200
แมกนีเซียม (Mg)	50	150
ซัลเฟต (SO_4)	200	250
คลอไรด์ (Cl)	250	600
ฟลูออไรด์ (F)	0.7	1.0
ไนเตรท (NO_3)	45	45
อัลคิลเบนซิลโฟเนต (ABS)	0.5	1.0
ฟีโนลิกซับสแตนซ์ (Phenol)	0.001	0.002
คุณลักษณะทางด้านสารเป็นพิษ		
ปรอท (Hg)		0.001
ตะกั่ว (Pb)		0.05
สารหนู (As)		0.05
เซเลเนียม (Se)		0.01
โครเมียม (Cr Hexavalent)		0.05
ไซยาไนด์ (Cn)		0.2
แคดเมียม (Cd)		0.01
แบเรียม (Ba)		1.0
คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา		
แบคทีเรียทั้งหมด (โคโลนี/มิลลิกรัม)		500
เอ็มพีเอ็น (โคลิฟอร์มออร์แกนิซัม ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร)		น้อยกว่า 2.2
อี โคไล (E.Coli)		ไม่มี

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก

Constituent or characteristic	Maximum allowable limit
Physical	
Color	300 unit
Turbidity	Narrative
Chemical	
TDS	1500 mg/l
Iron-Fe	50 mg/l
Manganese	5 mg/l
Copper	1.5 mg/l
Zine	1.5 mg/l
$MgSO_4$ + Na_2SO_4	1000 mg/l
ABS(Alkyl Benzyl Sulfonates)	0.5 mg/l
Nitrate as NO_3^-	45 mg/l
Fluoride	1.5 mg/l
Phenolic Substances	0.002 mg/l
Arsenic	0.05 mg/l
Cadmium	0.01 mg/l
Chromium	0.05 mg/l
Cyanide	0.2 mg/l
Lead	0.05 mg/l
Selenium	0.01 mg/l
Radionuclides (gross beta activity)	1000 mg/l
COD	10 mg/l
BOD	6 mg/l
Total Nitrogen (exclusive of NO_3^-)	1 mg/l
Ammonia	0.5 mg/l
Coliform Bacteria	Narrative

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

5000131

ตารางที่ 2.6 ปริมาณการใช้น้ำโดยประมาณ

ประเภทอาคาร หรือ การใช้งาน	หน่วย	ปริมาณ
อาคารที่อยู่อาศัย(Apartment)	ลิตรต่อคนต่อวัน	100-200
อาคารสำนักงาน	ลิตรต่อคนต่อวัน	40-75
โรงพยาบาล	ลิตรต่อเตียงต่อวัน	600-1200
โรงเรียน	ลิตรต่อคนต่อวัน	50-80
โรงแรม	ลิตรต่อห้องต่อวัน	200-400
หอพัก	ลิตรต่อคนต่อวัน	200-300
โรง หรือ ร้านซักรีด	ลิตรต่อผ้า 1 กิโลกรัม	20-40
ท่าอากาศยาน	ลิตรต่อคน	15-25

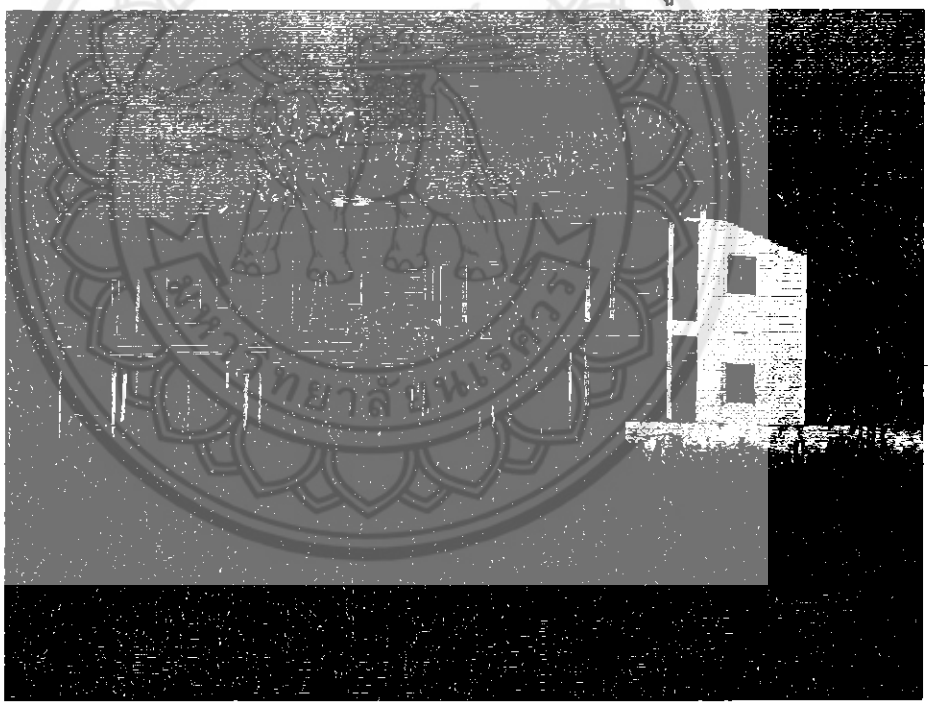
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 วิธีการทดลอง

ทำการทดลองโดยเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งหมด 5 หอพัก ได้แก่

3.1.1 หอพัก 1

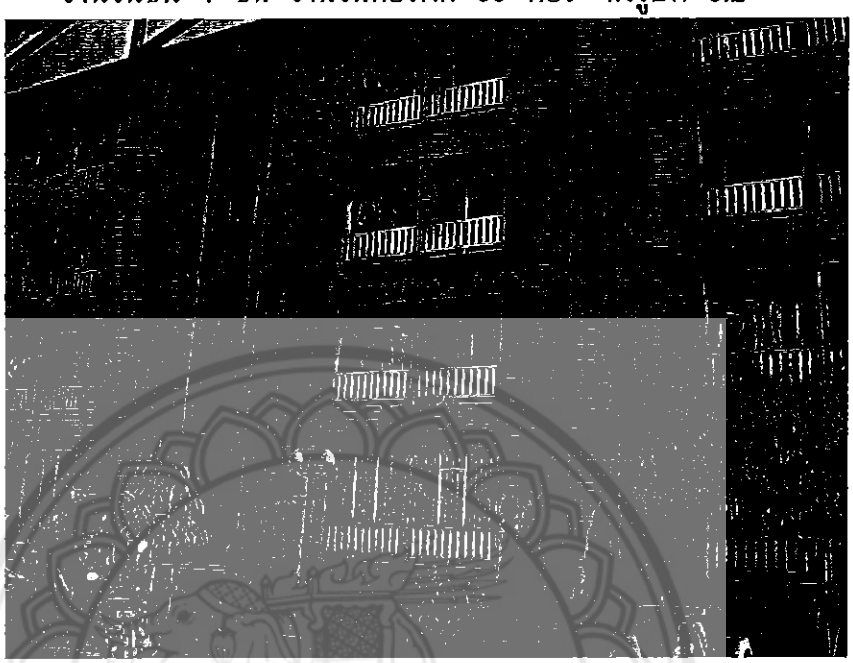
จำนวนชั้น 2 ชั้น จำนวนห้องพัก 20 ห้อง ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 หอพัก 1

3.1.2 หอพัก 2

จำนวนชั้น 4 ชั้น จำนวนห้องพัก 36 ห้อง ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 หอพัก 2

3.1.3 หอพัก 3

จำนวนชั้น 5 ชั้น จำนวนห้องพัก 100 ห้อง ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 หอพัก 3

3.1.4 หอพัก 4

จำนวนชั้น 2 ชั้น จำนวนห้องพัก 3 ห้อง ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 หอพัก 4

3.1.5 หอพัก 5

จำนวนชั้น 4 ชั้น จำนวนห้องพัก 112 ห้อง ดังรูปที่ 3.5

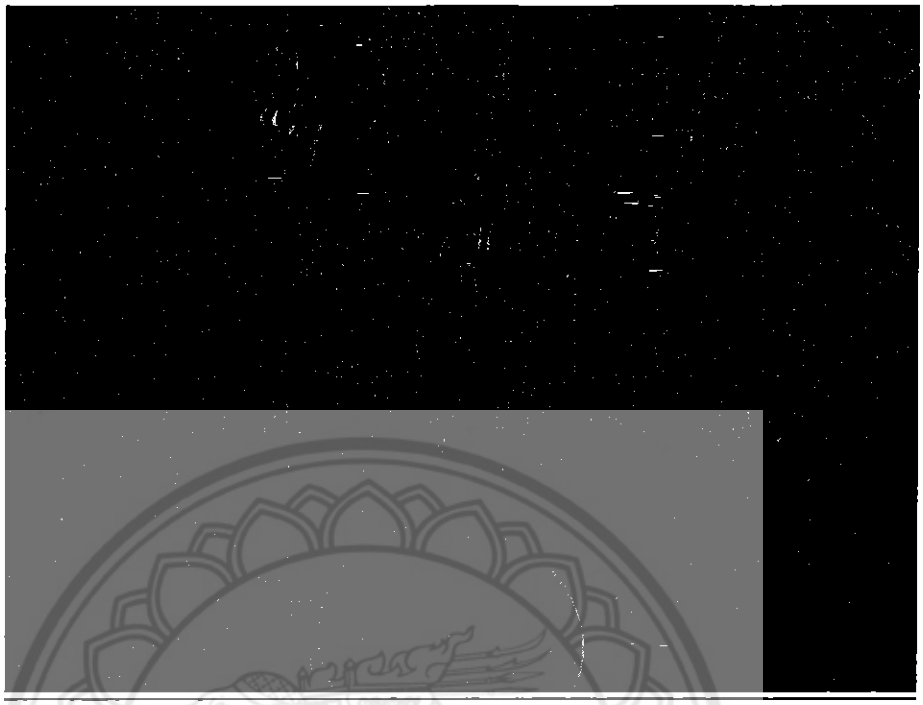
รูปที่ 3.5 หอพัก 5

เก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 3 ครั้งภายในเวลา 2 เดือน โดยมีรายละเอียดและวิธีการดังนี้

3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำประปา

เก็บตัวอย่างน้ำดิบก่อนเข้าระบบประปาและน้ำประปาที่ผ่านระบบแล้วดังแสดงในรูปที่ 3.6 และ รูปที่ 3.7

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างจุดเก็บตัวอย่างน้ำดิบก่อนนำเข้าระบบประปาที่หอพัก 5



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างจุดเก็บตัวอย่างน้ำประปาที่ผ่านระบบแล้วที่หอพัก 5

3.3 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำประปา

เก็บตัวอย่างน้ำประปาโดยใช้ถังพลาสติกขนาด 5 ลิตร เพื่อนำไปทดสอบ

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำ ได้แก่

3.3.1.1 ถังพลาสติกขนาด 5 ลิตร

3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	น้ำดิบ	น้ำประปา
พีเอช (pH)	√	√
ความขุ่น (Turbidity)	√	√
ความกระด้าง (Hardness)	√	√
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	√	√
เหล็ก (Iron-Fe)	√	√
แบคทีเรีย (Coliform Bacteria)	√	√

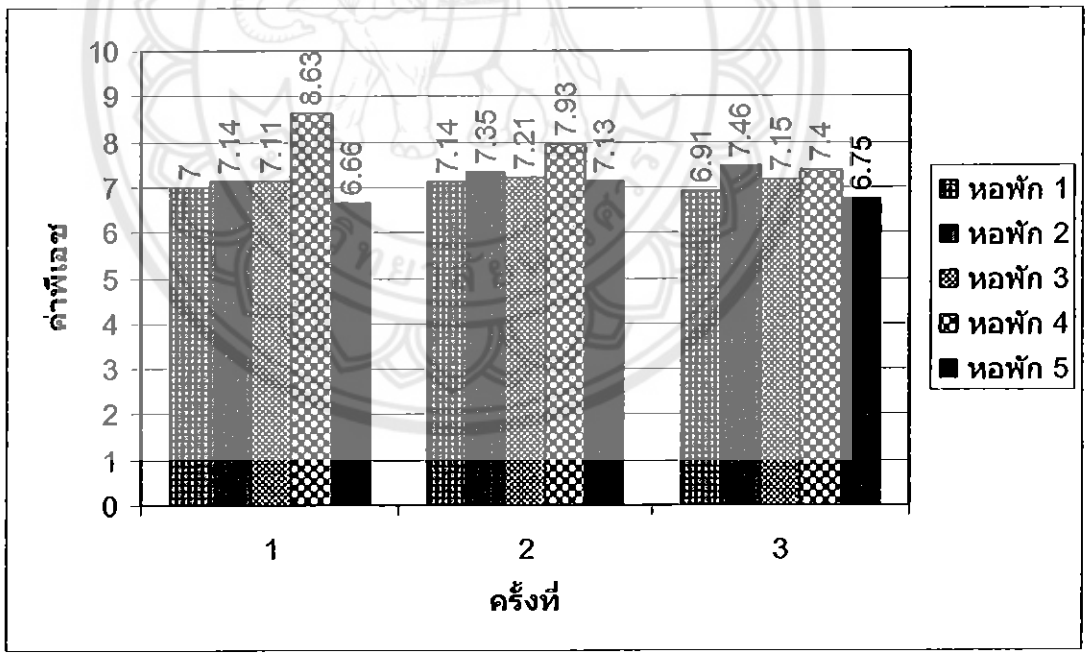
บทที่ 4
วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาคุณภาพน้ำดิบและน้ำประปาของหอพัก

จากการทดลองวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจากหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร จะแสดงผลในรูปของกราฟและวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

4.1.1 คุณภาพน้ำดิบ

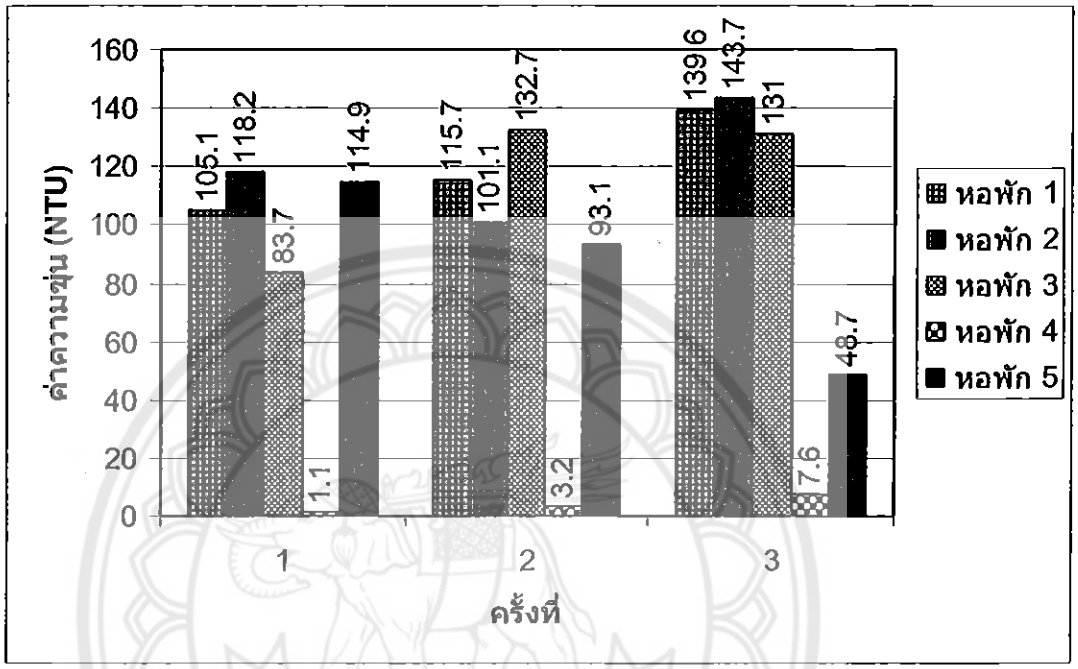
ก. พีเอช (pH)



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าพีเอช น้ำเข้าระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าพีเอช ของน้ำดิบมีค่าอยู่ในช่วง 6.66 – 8.63 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.26 เห็นได้ว่าค่าพีเอชน้ำดิบเป็นกลาง

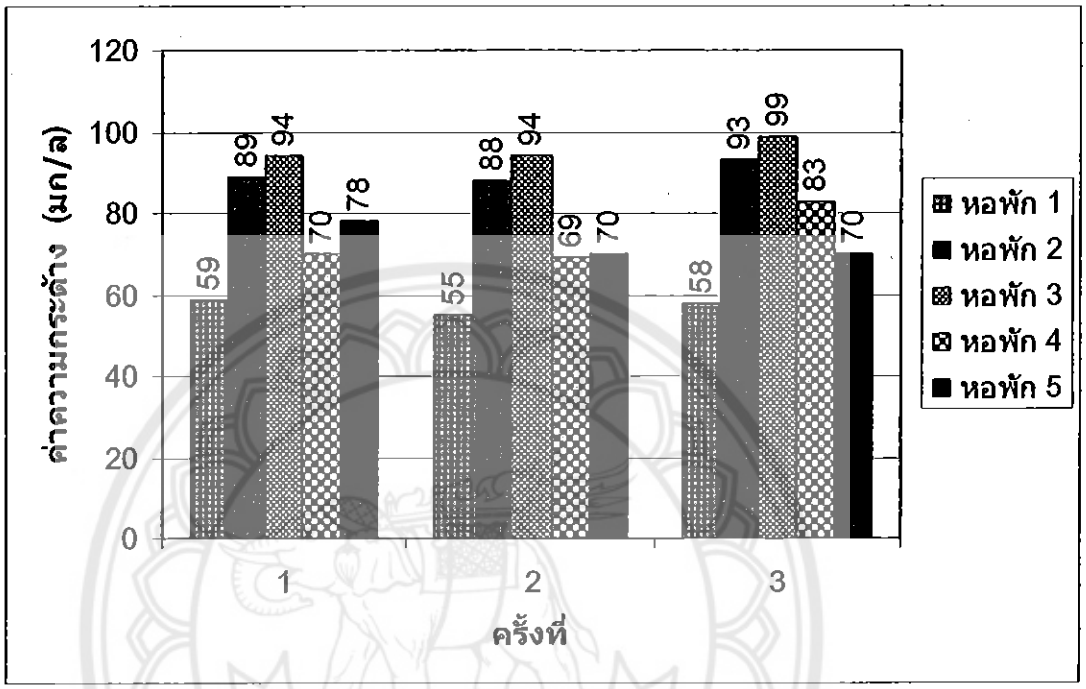
ข.ความขุ่น (Turbidity)



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าความขุ่น น้ำเข้าระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าความขุ่น ของน้ำดิบมีค่าอยู่ในช่วง 1.10 – 143.70 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89.29 NTU

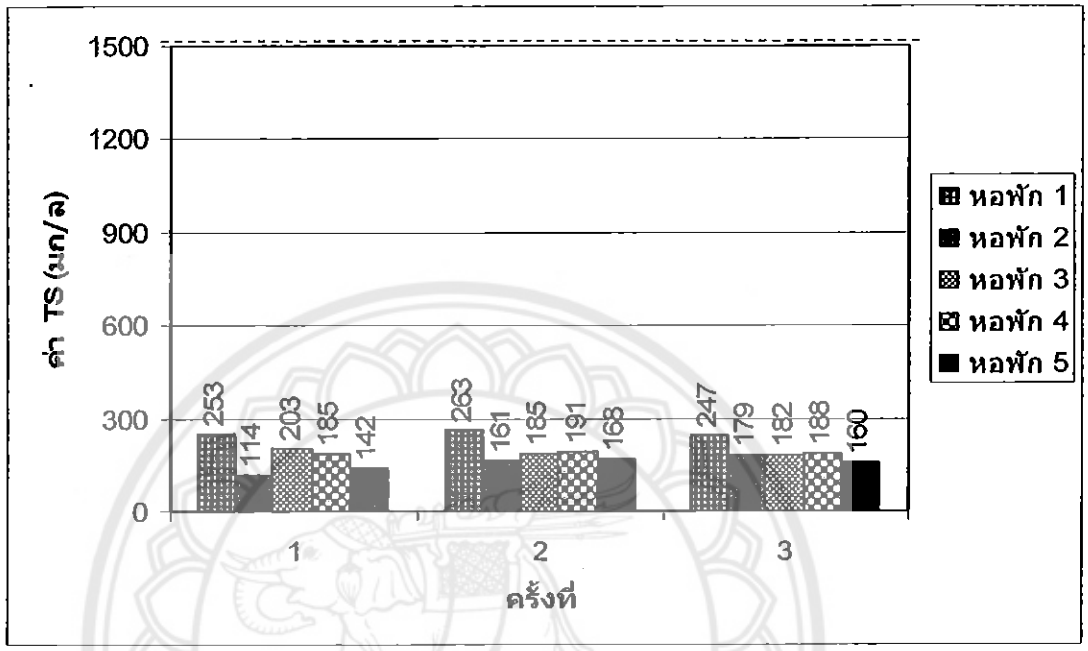
ค. ความกระด้าง (Hardness)



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความกระด้าง น้ำเข้าระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าความกระด้าง ของน้ำดิบมีค่าอยู่ในช่วง 55.00 – 99.00 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.93 มก/ล

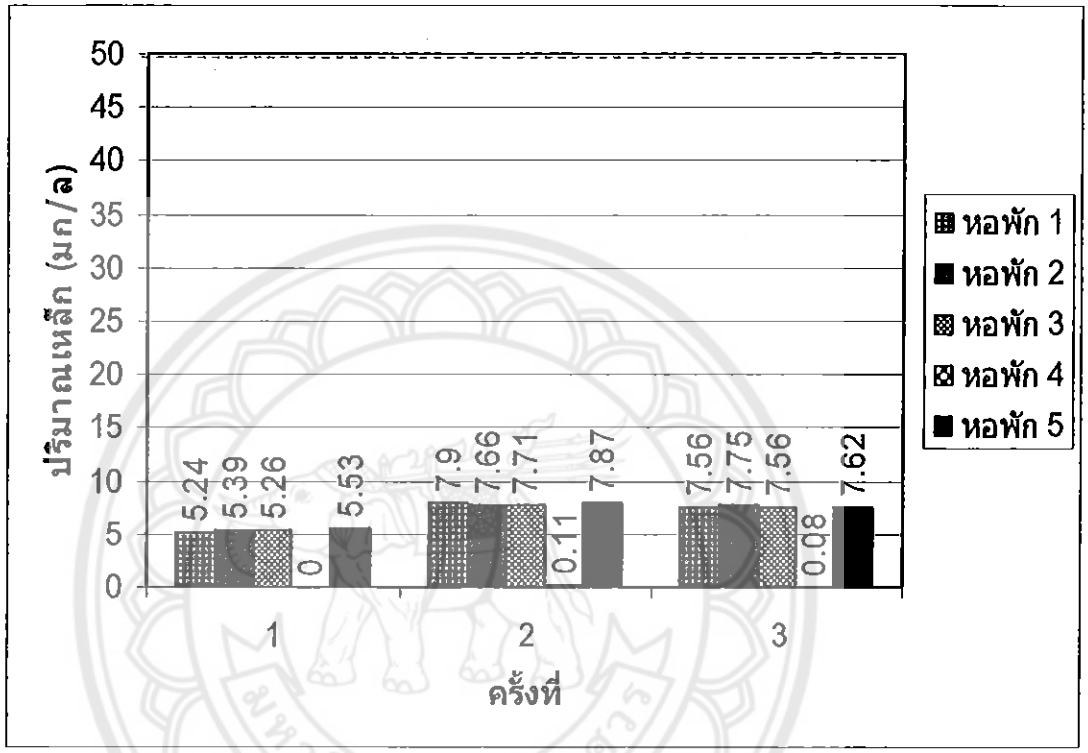
ง. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าของแข็งทั้งหมด น้ำเข้าระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าของแข็งทั้งหมด ของน้ำดิบมีค่าอยู่ในช่วง 114.00 – 263.00 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 188.07 มก./ล. เมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำดิบเท่ากับ 1,500 มก./ล. ตามตารางที่ 2.5 พบว่าผ่านมาตรฐาน

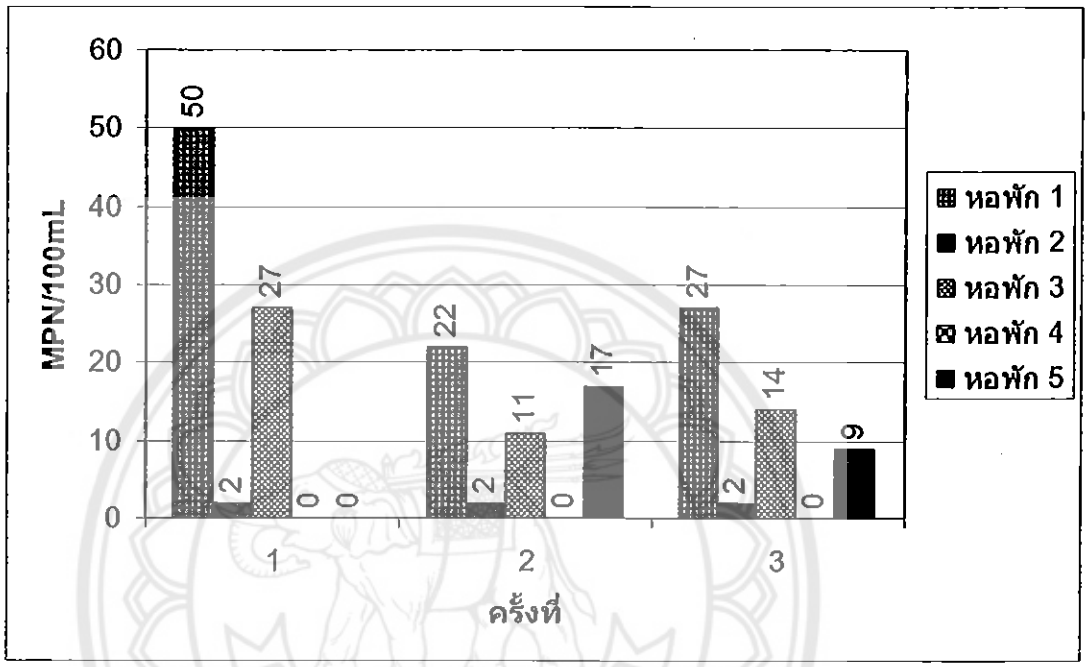
จ. เหล็ก (Iron-Fe)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าเหล็ก น้ำเข้าระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าเหล็ก ของน้ำดิบมีค่าอยู่ในช่วง 0.00 – 7.90 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.55 มก./ล. เมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำดิบเท่ากับ 50 มก./ล. พบว่าผ่านมาตรฐาน

ฉ. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria)

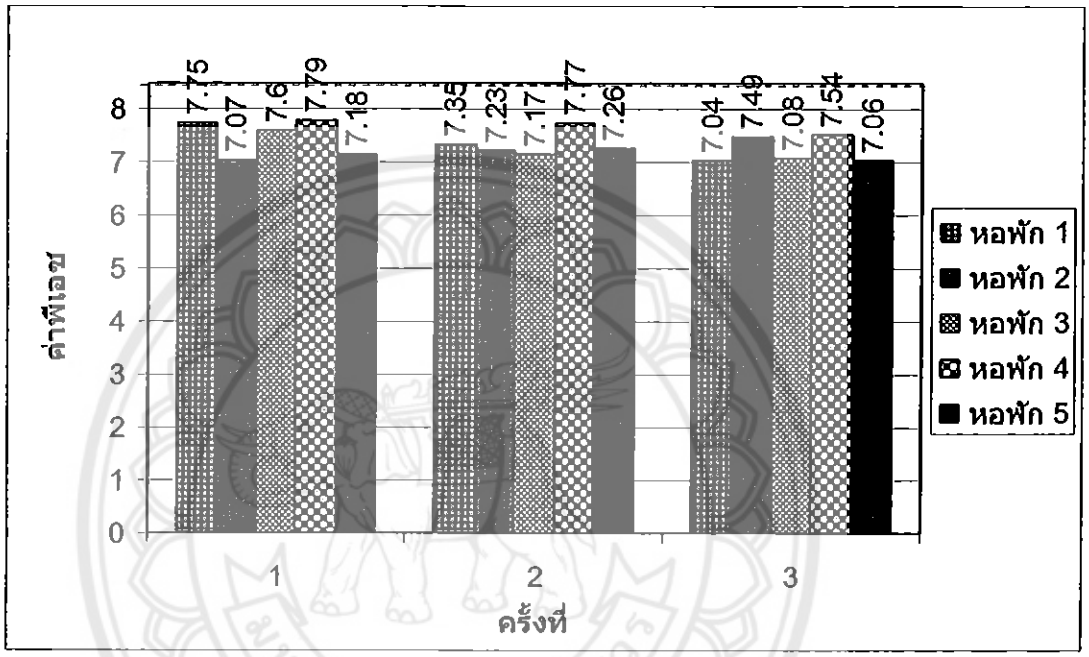


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย น้ำเข้าระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบมีค่าอยู่ในช่วง 0.00 – 50.00 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.20 MPN/100mL

4.1.2 น้ำประปา

ก. พีเอช (pH)

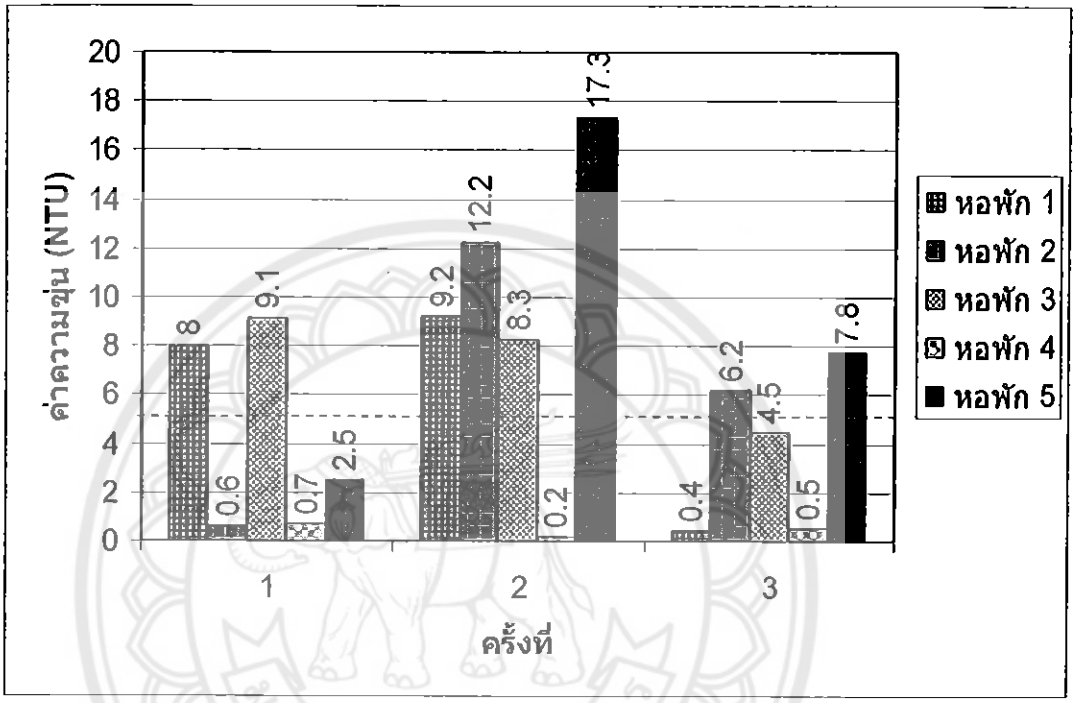


------ เส้นแสดงค่ามาตรฐานน้ำประปา

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าพีเอช น้ำออกระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าพีเอช ของน้ำประปามีค่าอยู่ในช่วง 7.04 – 7.79 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.36 มก./ล. เมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำดิบเท่ากับ 6.5-8.5 มก./ล. ตามตารางที่ 2.4 พบว่าผ่านมาตรฐาน

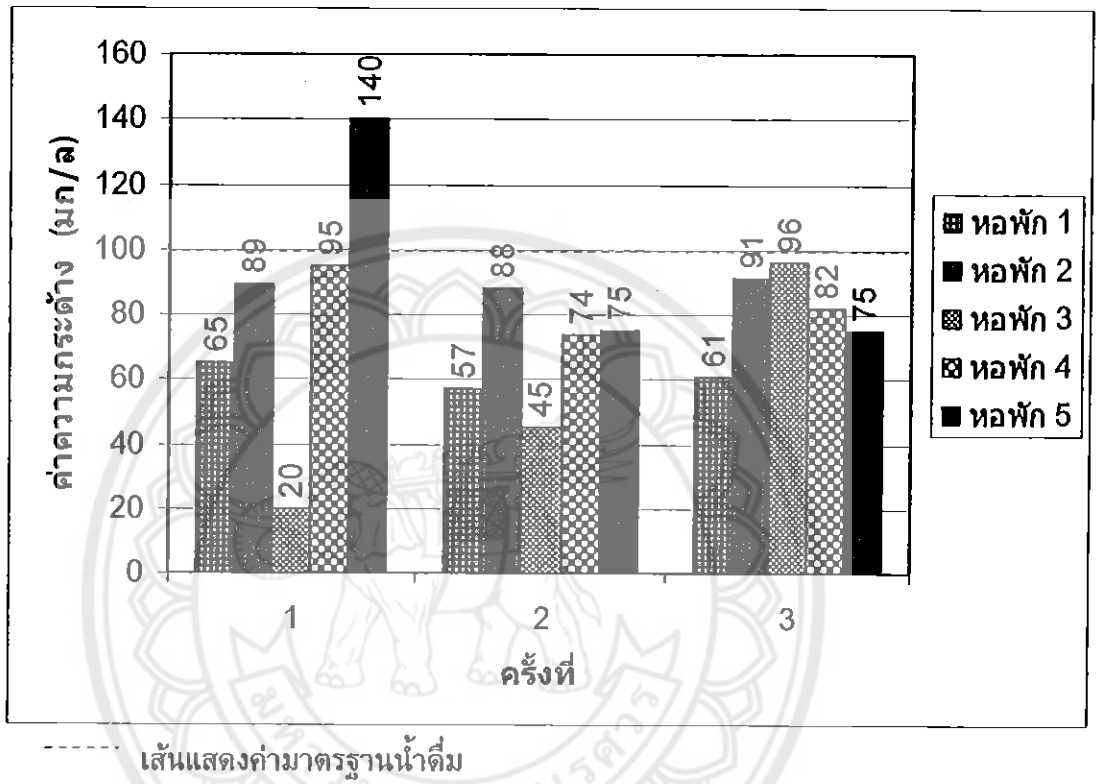
ข. ความขุ่น (Turbidity)



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าความขุ่น น้ำออกระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าความขุ่น ของน้ำประปามีค่าอยู่ในช่วง 0.20 – 17.30 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.83 NTU เมื่อเทียบกับมาตรฐานประปาเท่ากับ 5 NTU พบว่าบางหอมีค่าไม่ผ่านมาตรฐาน

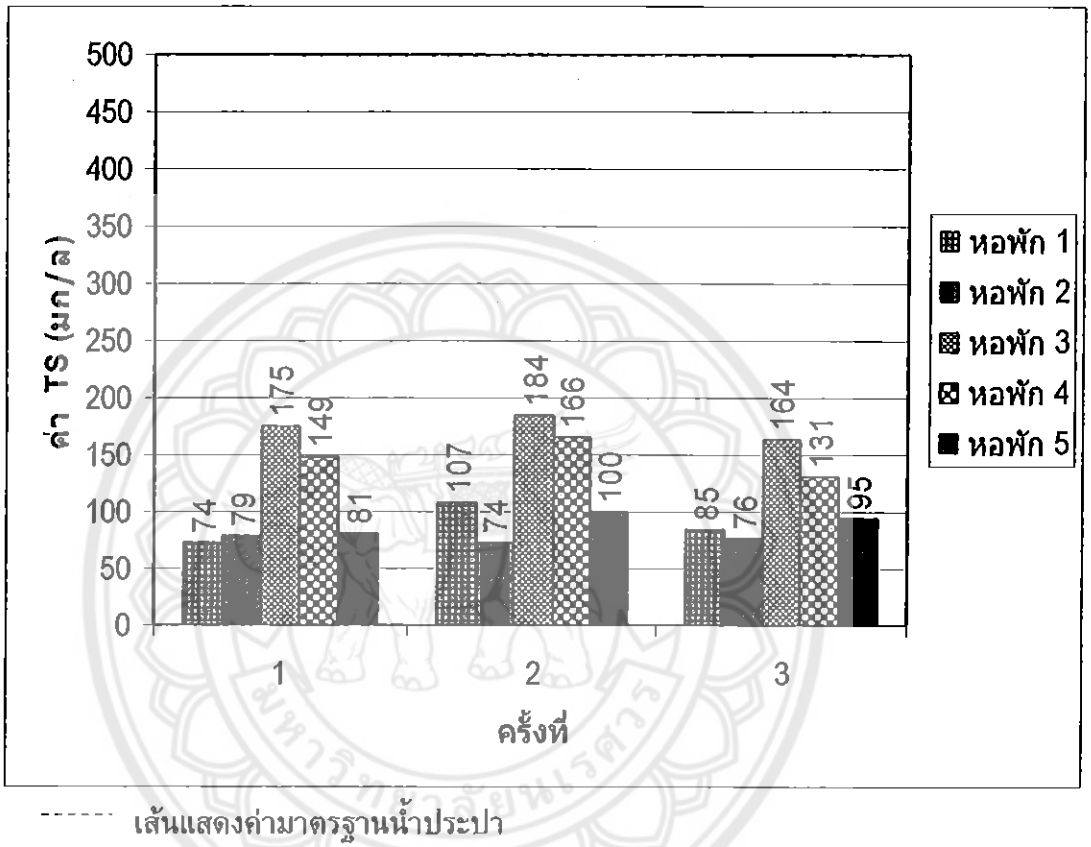
ค. ความกระด้าง (Hardness)



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าความกระด้าง น้ำออกระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าความกระด้าง ของน้ำประปามีค่าอยู่ในช่วง 20.00 – 140.00 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.87 มก./ล. เมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำดื่มเท่ากับ 100 มก./ล. ตามตารางที่ 2.3 พบว่าผ่านมาตรฐาน

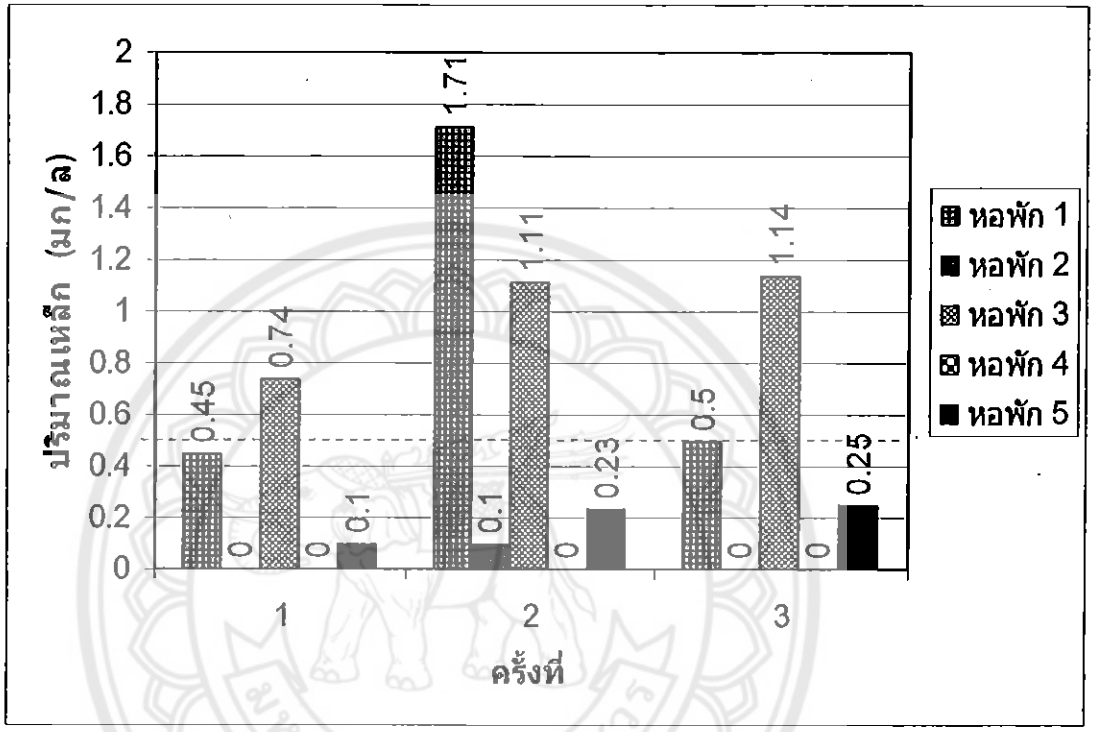
ง. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าของแข็งทั้งหมด น้ำออกระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าของแข็งทั้งหมด ของน้ำประปามีค่าอยู่ในช่วง 74.00 – 184.00 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 116.00 มก./ล. เมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำประปาเท่ากับ 500 มก./ล. ตามตารางที่ 2.4 พบว่าผ่านมาตรฐาน

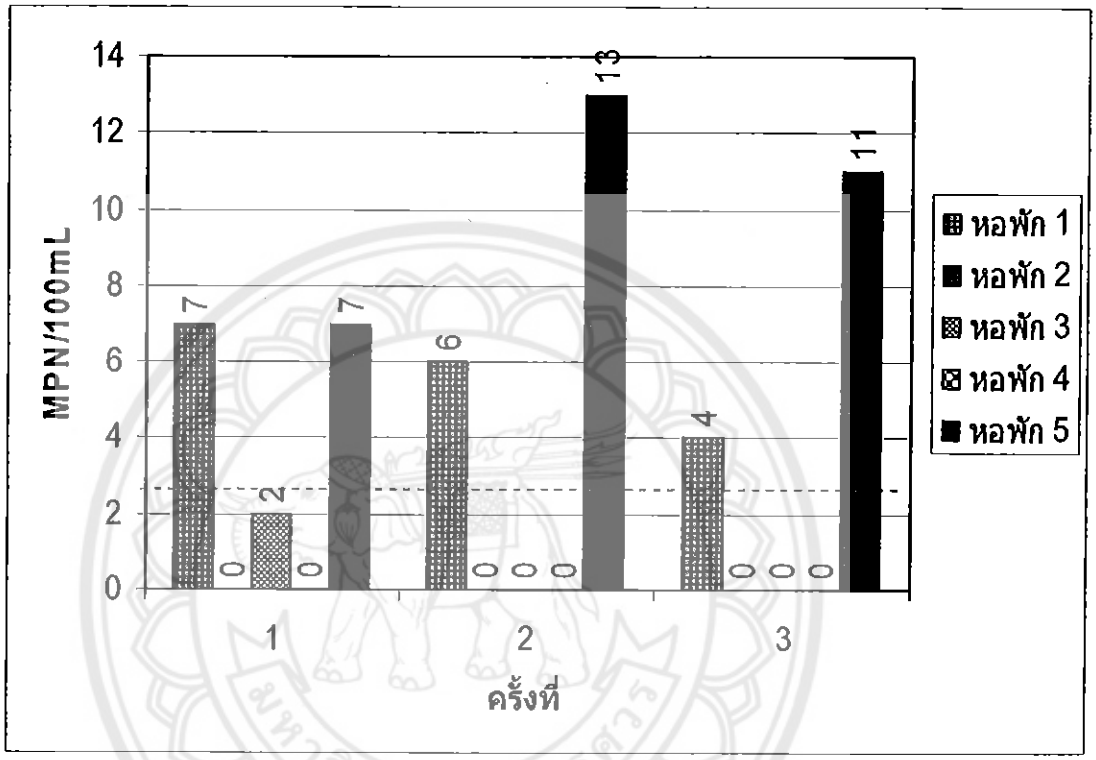
จ. เหล็ก (Iron-Fe)



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าเหล็ก น้ำออกระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าเหล็ก ของน้ำประปามีค่าอยู่ในช่วง 0.00 – 1.71 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 มก./ล. เมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำประปาเท่ากับ 0.5 มก./ล. ตามตารางที่ 2.4 พบว่าผ่านมาตรฐาน

ฉ. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria)



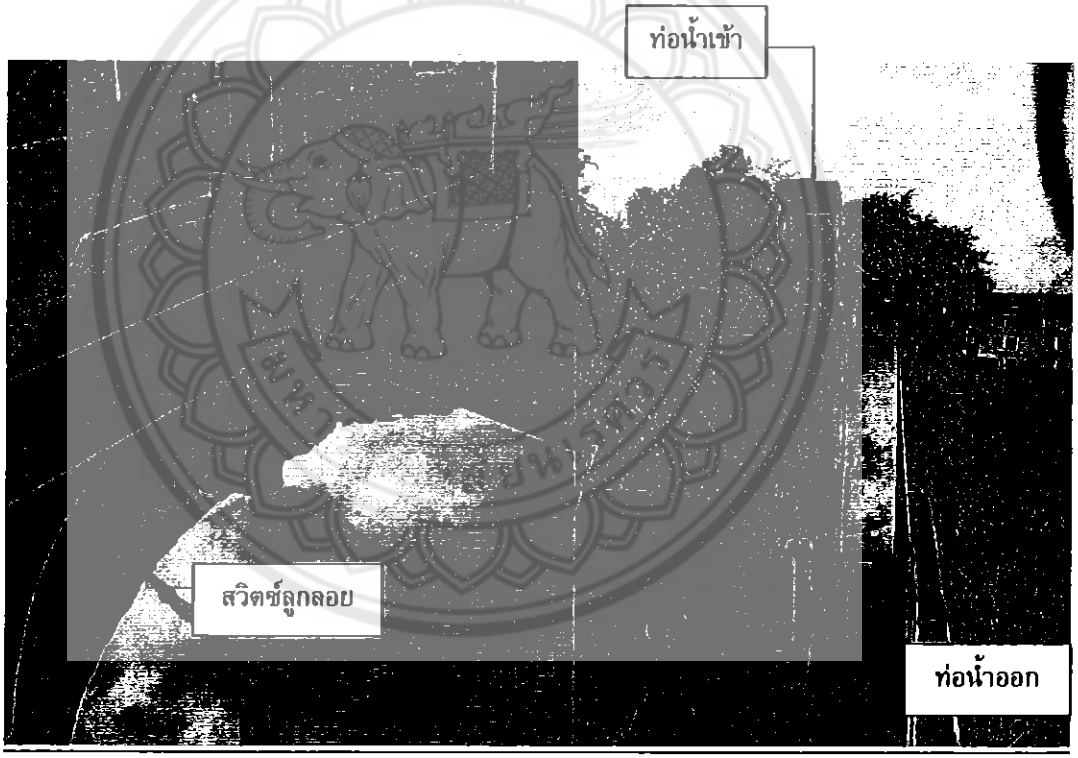
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย น้ำออกระบบประปา

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำประปามีค่าอยู่ในช่วง 0.00 – 13.00 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.33 MPN/100 mL เมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำประปาเท่ากับ 2.22 MPN/100 mL พบว่ามีอยู่ 2 หอพักที่ไม่ผ่านมาตรฐาน

4.2 ศึกษาระบบการผลิตน้ำประปาของหอพัก

กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร บางหออาจใช้น้ำประปาที่เดินตามถนนโดยตรงถ้าหอนั้นมีปริมาณการใช้น้ำไม่มากนัก แต่หอพักส่วนใหญ่จะสูบน้ำบาดาลขึ้นมา โดยใช้เครื่องสูบที่มีขนาดแรงม้าไม่เท่ากันแล้วแต่ปริมาณความต้องการในการใช้น้ำในแต่ละวัน เมื่อสูบขึ้นมาแล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปาของแต่ละหอพักซึ่งอาจจะแตกต่างกัน ดังนี้

4.2.1 หอพัก 1



รูปที่ 4.13 กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพัก 1

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าหอพัก 1 ใช้ระบบการผลิตน้ำประปาชนิดเติมอากาศ โดยจะทำการติดตั้งแอเรเดอร์แบบถาดต่อกับถังกรอง และจะทำการสูบน้ำดิบแล้วโปรยน้ำผ่านตัวกลางที่วางอยู่ในถาดหลายๆ ชั้น ตัวกลางอาจใช้หิน ถ่าน แกลบ เพื่อช่วยดูดซับกลิ่นหรือผลึกเหล็กและแม็งกานีส น้ำที่ผ่านแอเรเดอร์แบบถาดก็จะลงสู่ถังกรองข้างล่างต่อไป จากนั้นจะทำการ

เก็บน้ำไว้ภายในแท็งก์สี่เหลี่ยมใต้ดินที่อยู่อีกที่หนึ่งและก็จะถูกสูบขึ้นไปตามห้องต่างๆ ภายในหอพัก

คำนวณความจุของระบบการผลิตน้ำประปา

จากรูปที่ 3.1 หอพัก 1 มีจำนวนห้องประมาณ 20 ห้อง หากคิดจำนวนผู้พักอาศัย 2 คนต่อห้องจะมีจำนวนคนที่พักอาศัยภายในหอพักสูงสุดเท่ากับ 40 คน ปริมาณการใช้น้ำโดยประมาณของหอพักเท่ากับ 150 ลิตรต่อคนต่อวัน จะได้อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 6 ลบ.ม./วัน

ปริมาตรถังกักเก็บ 2.5 ลบ.ม. (ขนาด 2,500 ลิตร) เพราะฉะนั้นคำนวณหาเวลากักเก็บได้ดังนี้

เวลากักเก็บน้ำ t = V/Q

= 2.5/6 = 0.42 วัน หรือ 10 ชั่วโมง

(สมมติประปาทำงาน 24 ชม.)

Diameter ถัง 1.25 ม. พื้นที่ $= (\P/4)\times(1.25)^2 = 1.23\ m^2$

อัตราการกรอง = (Q)/A = 6/1.23 = 4.88 m/d

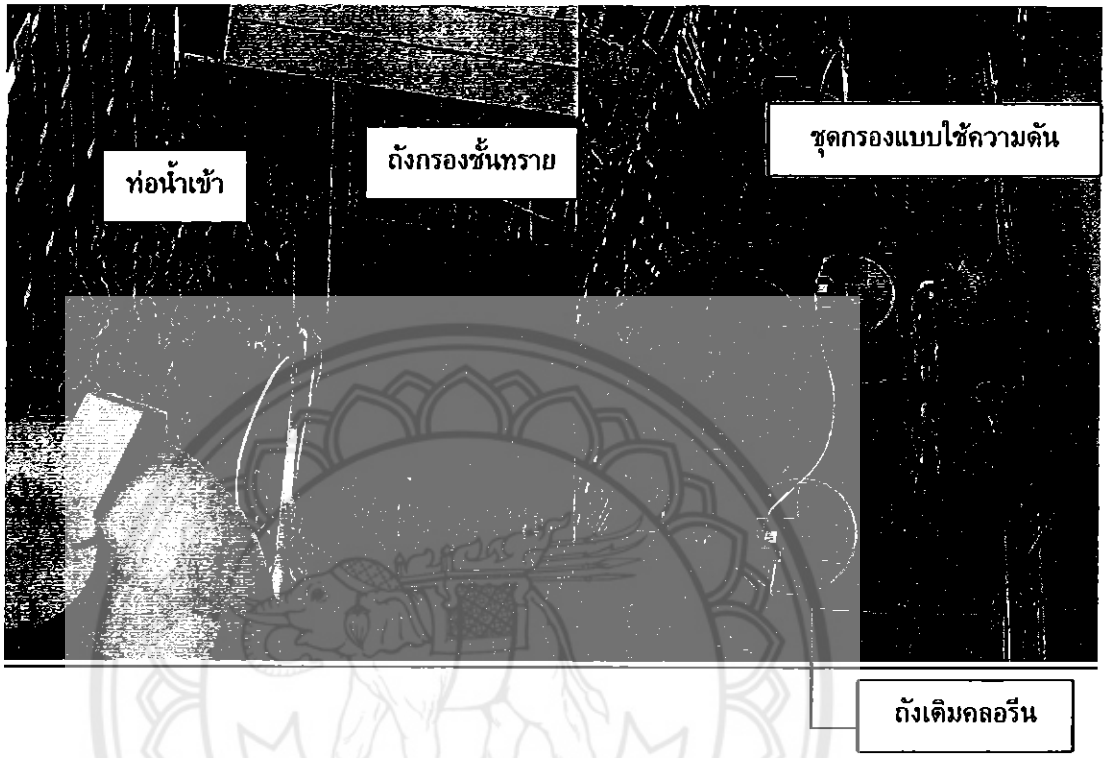
= 0.20 m/hr

นับได้ว่าอัตราการกรองเทียบได้กับอัตราการกรองของทรายกรองช้า (3 – 7 ม/วัน)

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบขนาด Tray aerator ของหอพัก 1 กับ Code Tray aerator

พารามิเตอร์	ขนาด Tray aerator ของหอพัก 1	Code Tray aerator	ผลจากการเทียบ
จำนวนถาด	3 อัน	ไม่ต่ำกว่า 3-5 อัน	เพียงพอ
ระยะระหว่างถาด	0.40 ม.	0.30-0.75 ม.	เพียงพอ
พื้นที่ถาด (ต่อ 6 ลบ.ม./วัน)	0.16 $ม^2$	0.003-0.011 $ม^2$	มากเกินพอ

4.2.2 หอพัก 2



รูปที่ 4.14 กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพัก 2

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าหอพัก 2 ใช้ระบบการผลิตน้ำประปาชนิดเติมคลอรีน โดยจะทำการติดตั้งถังกรองชั้นทราย ถังเติมคลอรีน และชุดกรองแบบใช้ความดันจากเครื่องสูบน้ำ และจะทำการสูบน้ำดิบเข้าสู่ถังกรองชั้นทรายต่อจากนั้นจะทำการเติมคลอรีนและเข้าสู่ชุดกรองแบบใช้ความดันอีกครั้งโดยใช้แรงดันจากเครื่องสูบน้ำ น้ำที่ได้จากชุดกรองแบบใช้ความดันจะถูกส่งขึ้นไปตามห้องพักต่างๆ ภายในหอพัก

คำนวณความจุของระบบการผลิตน้ำประปา

จากรูปที่ 3.2 หอพัก 2 มีจำนวนห้องประมาณ 112 ห้อง หากคิดจำนวนผู้พักอาศัย 2 คนต่อห้องจะมีจำนวนคนที่พักอาศัยภายในหอพักสูงสุดเท่ากับ 224 คน ปริมาณการใช้น้ำโดยประมาณของหอพักเท่ากับ 150 ลิตรต่อคนต่อวัน จะได้อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 33.6 ลบ.ม./วัน

ปริมาตรถังกักเก็บ 8 ลบ.ม. (ขนาด 2,000 ลิตร จำนวน 4 ถัง) เพราะฉะนั้นคำนวณหาเวลากักเก็บได้ดังนี้

เวลากักเก็บน้ำ t = V/Q

= 8/33.6 = 0.24 วัน หรือ 5.7 ชั่วโมง

(สมมติประปาทำงาน 24 ชม.)

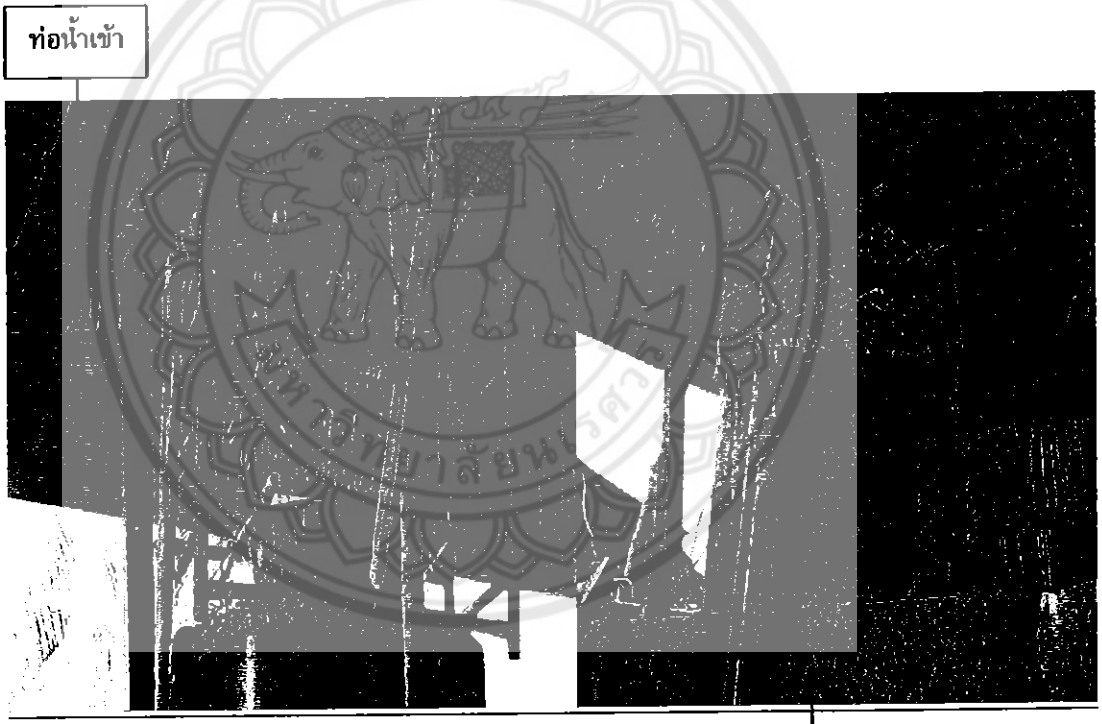
Diameter ถัง 1.50 ม. พื้นที่ = (¶/4)×(1.50)^2 = 1.77 m^2

อัตราการกรอง = (Q/4)/A = 33.6/4/1.77 = 4.74 m/d

= 0.20 m/hr

นับได้ว่าอัตราการกรองเทียบได้กับอัตราการกรองของทรายกรองช้า (3 – 7 ม/วัน)

4.2.3 หอพัก 3



รูปที่ 4.15 กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพัก 3

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าหอพัก 3 ใช้ระบบการผลิตน้ำประปาชนิดเดิมอากาศ โดยจะทำการติดตั้งแอเรเดอร์แบบถาดต่อกับถังกรอง และจะทำการสูบน้ำดิบแล้วโปรยน้ำผ่านตัวกลางที่วางอยู่ในถาดหลายๆ ชั้น ตัวกลางอาจใช้หิน ถ่าน แกลบ เพื่อช่วยดูดซับกลิ่นหรือผลึกเหล็กและแมงกานีส น้ำที่ผ่านแอเรเตอร์แบบถาดก็จะลงสู่ถังกรองข้างล่างต่อไป จากนั้นจะทำการเก็บน้ำไว้ภายในแท็งก์สี่เหลี่ยมที่อยู่ข้างล่างและก็จะถูกสูบขึ้นไปตามห้องต่างๆ ภายในหอพัก

<u>คำนวณความจุของระบบการผลิตน้ำประปา</u>

จากรูปที่ 3.3 หอพัก 3 มีจำนวนห้องประมาณ 100 ห้อง หากคิดจำนวนผู้พักอาศัย 2 คนต่อห้องจะมีจำนวนคนที่พักอาศัยภายในหอพักสูงสุดเท่ากับ 200 คน ปริมาณการใช้น้ำโดยประมาณของหอพักเท่ากับ 150 ลิตรต่อคนต่อวัน จะได้อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 30 ลบ.ม./วัน

ปริมาตรถังกักเก็บ 12.5 ลบ.ม. (ขนาด 2.5×2.5×2) เพราะฉะนั้นคำนวณหาเวลากักเก็บได้ดังนี้

เวลากักเก็บน้ำ $t = V/Q$

$= 12.5/30 = 0.42$ วัน หรือ 10 ชั่วโมง

(สมมติประปาทำงาน 24 ชม.)

Diameter ถัง 1.25 ม. พื้นที่ $= (\P/4)\times(1.25)^2 = 1.23\ m^2$

อัตราการกรอง $= (Q)/A = 30/1.23 = 24.39$ m/d

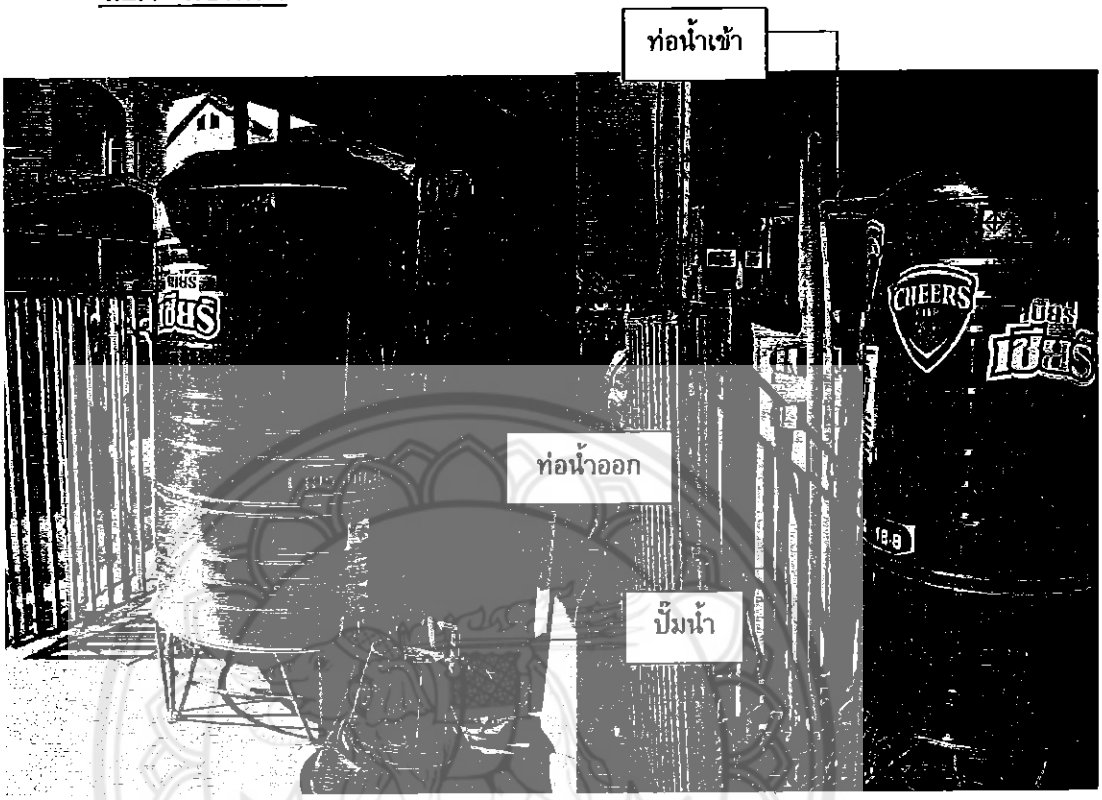
$= 1.02$ m/hr

นับได้ว่าอัตราการกรองเทียบได้กับอัตราการกรองของทรายกรองเร็ว (4 – 10 ม/ชม.)

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบขนาด Tray aerator ของหอพัก 3 กับ Code Tray aerator

พารามิเตอร์	ขนาด Tray aerator ของหอพัก 3	Code Tray aerator	ผลจากการเทียบ
จำนวนถาด	3 อัน	ไม่ต่ำกว่า 3-5 อัน	เพียงพอ
ระยะระหว่างถาด	0.30 ม.	0.30-0.75 ม.	เพียงพอ
พื้นที่ถาด (ต่อ 30 ลบ.ม./วัน)	0.12 $ม^2$	0.015-0.054 $ม^2$	มากเกินพอ

4.2.4 หอพัก 4



รูปที่ 4.16 กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพัก 4

จากรูปที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าหอพัก 4 ไม่มีระบบการผลิตน้ำประปาแต่อย่างใด เนื่องจากหอพัก 4 เป็นหอพักที่แบ่งออกเป็นหลังๆ เหมือนบ้านพัก จึงมีจำนวนห้องต่อหลังน้อย จึงสามารถใช้น้ำประปา (แรงดันต่ำ) แต่จะมีการเก็บน้ำไว้ในถังเก็บน้ำก่อน และจะมีการสูบมาใช้ก็ต่อเมื่อมีการใช้น้ำภายในบ้านเกิดขึ้นเท่านั้น

คำนวณความจุของระบบการผลิตน้ำประปา

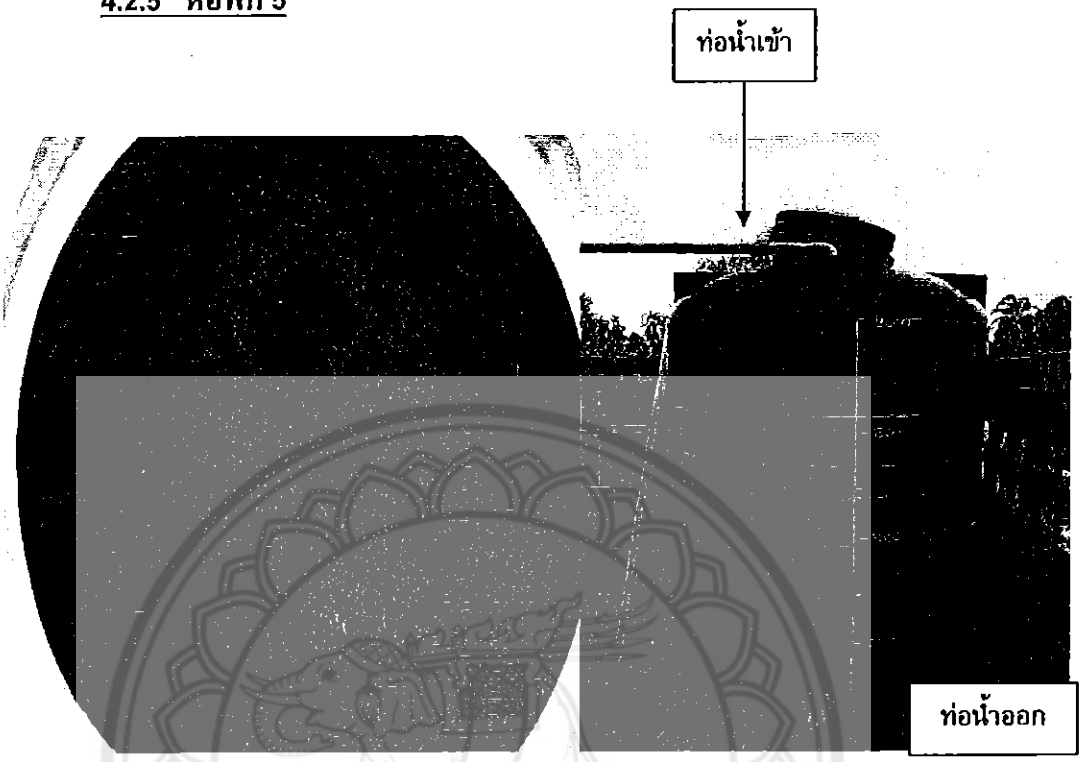
จากรูปที่ 3.4 หอพัก 4 มีจำนวนคนที่พักอาศัยสูงสุดต่อบ้าน 1 หลังเท่ากับ 5 คน ปริมาณการใช้น้ำโดยประมาณของหอพักเท่ากับ 150 ลิตรต่อคนต่อวัน จะได้อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 0.75 ลบ.ม./วัน

ปริมาตรถังกักเก็บ 1.5 ลบ.ม. (ขนาด 1,500 ลิตร) เพราะฉะนั้นคำนวณหาเวลากักเก็บได้ดังนี้

เวลากักเก็บน้ำ $t = V/Q$

$= 1.5/0.75 = 2$ วัน หรือ 48 ชั่วโมง

4.2.5 หอพัก 5



รูปที่ 4.17 กระบวนการผลิตน้ำประปาของหอพัก 5

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าหอพัก 5 ใช้ระบบการผลิตน้ำประปาเป็นระบบในถังกรองชั้นทรายเพียงอย่างเดียว โดยจะทำการสูบน้ำดิบเข้ามาใส่ในถังกรองที่มีชั้นกรองทรายประมาณ 7 ชั้นและมีปริมาณน้ำประมาณ 2,000 ลิตร จำนวน 2 ถัง แล้วจะนำน้ำที่ได้จากการกรองไปพักทิ้งไว้ในบ่อพักแล้วก็แจกจ่ายไปตามห้องพักต่าง ๆ ภายในหอพัก

คำนวณความจุของระบบการผลิตน้ำประปา

จากรูปที่ 3.5 หอพัก 5 มีจำนวนห้องประมาณ 36 ห้อง หากคิดจำนวนผู้พักอาศัย 2 คนต่อห้องจะมีจำนวนคนที่พักอาศัยภายในหอพักสูงสุดเท่ากับ 72 คน ปริมาณการใช้น้ำโดยประมาณของหอพักเท่ากับ 150 ลิตรต่อคนต่อวัน จะได้อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 10.8 ลบ.ม./วัน

ปริมาตรถังกักเก็บ 4 ลบ.ม. (ขนาด 2,000 ลิตร จำนวน 2 ถัง) เพราะฉะนั้นคำนวณหาเวลากักเก็บได้ดังนี้

เวลากักเก็บน้ำ $t = V/Q$

$= 4/10.8 = 0.37$ วัน หรือ 8.9 ชั่วโมง

(สมมติประปาทำงาน 24 ชม.)

Diameter ถัง 1.50 ม. พื้นที่ = (¶/4)×(1.50)^2 = 1.77 m^2

อัตราการกรอง = (Q/2)/A = 10.8/2/1.77 = 3.05 m/d

= 0.13 m/hr

นับได้ว่าอัตราการกรองเทียบได้กับอัตราการกรองของทรายกรองช้า (3 – 7 ม/วัน)

4.3 สรุปผลคุณภาพน้ำประปาของหอพัก

ตารางที่ 4.3 คุณภาพน้ำประปาหอพัก 1

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยน้ำประปา	มาตรฐานน้ำประปา	ผล
พีเอช	7.38	6.5-8.5	ผ่าน
ความขุ่น	5.87	5 NTU	ไม่ผ่าน
ความกระด้าง	61.00	100 มก/ล	ผ่าน
ของแข็งทั้งหมด	88.67	500 มก/ล	ผ่าน
เหล็ก	0.89	0.5 มก/ล	ไม่ผ่าน
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	5.67	< 2.22 MPN/100 mL	ไม่ผ่าน

จากผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาของหอพัก 1 ตามค่าพารามิเตอร์ทั้ง 6 ชนิด ค่าพีเอช ความกระด้าง และของแข็งทั้งหมดมีค่าผ่านตามมาตรฐานน้ำประปาและน้ำดื่มส่วนค่าของความขุ่น เหล็ก และโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าไม่ผ่านตามมาตรฐานน้ำประปาอาจเป็นเพราะล้างสารกรองน้อยเกินไป หรือระบบแอเรเดอร์อาจมีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กไม่เพียงพอ

ตารางที่ 4.4 คุณภาพน้ำประปาหอพัก 2

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยน้ำประปา	มาตรฐานน้ำประปา	ผล
พีเอช	7.26	6.5-8.5	ผ่าน
ความขุ่น	6.33	5 NTU	ไม่ผ่าน
ความกระด้าง	89.33	100 มก/ล	ผ่าน
ของแข็งทั้งหมด	76.33	500 มก/ล	ผ่าน
เหล็ก	0.03	0.5 มก/ล	ผ่าน
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	0.00	< 2.22 MPN/100 mL	ผ่าน

จากผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาของหอพักชมดะวันตามค่าพารามิเตอร์ทั้ง 6 ชนิด ค่าพีเอช ความกระด้าง ของแข็งทั้งหมด เหล็ก และโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าผ่านตามมาตรฐานน้ำประปาและน้ำดื่มส่วนค่าของความขุ่นมีค่าไม่ผ่านตามมาตรฐานน้ำประปาอาจเป็นเพราะล้างสารกรองน้อยเกินไป

ตารางที่ 4.5 คุณภาพน้ำประปาหอพัก 3

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยน้ำประปา	มาตรฐานน้ำประปา	ผล
พีเอช	7.28	6.5-8.5	ผ่าน
ความขุ่น	7.30	5 NTU	ไม่ผ่าน
ความกระด้าง	53.67	100 มก/ล	ผ่าน
ของแข็งทั้งหมด	174.33	500 มก/ล	ผ่าน
เหล็ก	1.00	0.5 มก/ล	ไม่ผ่าน
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	0.67	< 2.22 MPN/100 mL	ผ่าน

จากผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาของหอพัก 3 ตามค่าพารามิเตอร์ทั้ง 6 ชนิด ค่าพีเอช ความกระด้าง ของแข็งทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าผ่านตามมาตรฐานน้ำประปาและน้ำดื่มส่วนค่าของความขุ่นและเหล็กมีค่าไม่ผ่านตามมาตรฐานน้ำประปาอาจเป็นเพราะล้างสารกรองน้อยเกินไป หรือระบบแอเรเตอร์อาจมีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กไม่เพียงพอ

ตารางที่ 4.6 คุณภาพน้ำประปาหอพัก 4

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยน้ำประปา	มาตรฐานน้ำประปา	ผล
พีเอช	7.70	6.5-8.5	ผ่าน
ความขุ่น	0.47	5 NTU	ผ่าน
ความกระด้าง	83.67	100 มก/ล	ผ่าน
ของแข็งทั้งหมด	148.67	500 มก/ล	ผ่าน
เหล็ก	0.00	0.5 มก/ล	ผ่าน
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	0.00	< 2.22 MPN/100 mL	ผ่าน

จากผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาของหอพัก 4 ตามค่าพารามิเตอร์ทั้ง 6 ชนิด ค่าพีเอช ความขุ่น ความกระด้าง ของแข็งทั้งหมด เหล็ก และโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าผ่านตามมาตรฐานน้ำประปาและน้ำดื่ม

ตารางที่ 4.7 คุณภาพน้ำประปาหอพัก 5

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยน้ำประปา	มาตรฐานน้ำประปา	ผล
พีเอช	7.17	6.5-8.5	ผ่าน
ความขุ่น	9.20	5 NTU	ไม่ผ่าน
ความกระด้าง	96.67	100 มก/ล	ผ่าน
ของแข็งทั้งหมด	92.00	500 มก/ล	ผ่าน
เหล็ก	0.19	0.5 มก/ล	ผ่าน
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	10.33	< 2.22 MPN/100 mL	ไม่ผ่าน

จากผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาของหอพัก 5 ตามค่าพารามิเตอร์ทั้ง 6 ชนิด ค่าพีเอช ความกระด้าง ของแข็งทั้งหมด และเหล็กมีค่าผ่านตามมาตรฐานน้ำประปาและน้ำดื่มส่วนค่าของความขุ่นและโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าไม่ผ่านตามมาตรฐานน้ำประปาอาจเป็นเพราะล้างสารกรองน้อยเกินไป

บทที่ 5
สรุป

5.1 สรุป

จากคุณภาพของน้ำตามพารามิเตอร์ต่างๆของหอพักบริเวณรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 น้ำดิบ

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำดิบ

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย	ค่ามาตรฐาน*	เทียบมาตรฐาน
พีเอช	7.26	-	-
ความขุ่น	89.29	-	-
ความกระด้าง	77.93	-	-
ของแข็งทั้งหมด	188.07	1,500 mg/l	ผ่าน
เหล็ก	5.55	50 mg/l	ผ่าน
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	12.20	-	-

* อ้างอิง มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก ตามตารางที่ 2.5

5.1.2 น้ำประปา

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำดื่มและน้ำประปา

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย	ค่ามาตรฐานน้ำประปา*	เทียบมาตรฐาน
พีเอช	7.36	6.5 – 8.5	ผ่าน
ความขุ่น	5.83	5 NTU	ไม่ผ่าน
ความกระด้าง	76.87	100 mg/l	ผ่าน
ของแข็งทั้งหมด	116.00	500 mg/l	ผ่าน
เหล็ก	0.42	0.5 mg/l	ผ่าน
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	3.33	< 2.22 MPN/100mL	ไม่ผ่าน

* อ้างอิงมาตรฐานน้ำดื่ม พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 และ มาตรฐานน้ำประปาของการ ประปานครหลวง ตามตารางที่ 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 5.3 สรุปคุณภาพน้ำประปาทั้ง 5 หอพัก

พารามิเตอร์	หอพัก				
	1	2	3	4	5
พีเอช	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ความขุ่น	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
ความกระด้าง	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ของแข็งทั้งหมด	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
เหล็ก	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของน้ำดิบค่าที่ได้ผ่านมาตรฐานทั้งหมด

จากตาราง 5.2 และ 5.3 คุณภาพน้ำประปาของแต่ละหอจะมีค่าผ่านมาตรฐานอยู่ 3 พารามิเตอร์ คือ พีเอช ความกระด้าง และของแข็งทั้งหมด ส่วนอีก 3 พารามิเตอร์ที่เหลือ คือ ความขุ่น เหล็ก และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ไม่ผ่านมาตรฐาน เพราะระบบประปาของแต่ละหอจะมีลักษณะคล้ายๆ กันตรงที่น้ำดิบที่นำมาใช้ มาจากการสูบน้ำใต้ดินและมีระบบถังกรองชั้นทรายทุกหอพักอาจจะแตกต่างกันตรงที่บางหออาจติดตั้งระบบถาดกรองเข้ากับถังกรองหรือติดตั้งระบบฆ่าเชื้อโรคเช่น หอพัก 2 ซึ่งส่งผลทำให้ค่าคุณภาพน้ำประปาคล้ายๆ กัน

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทาง

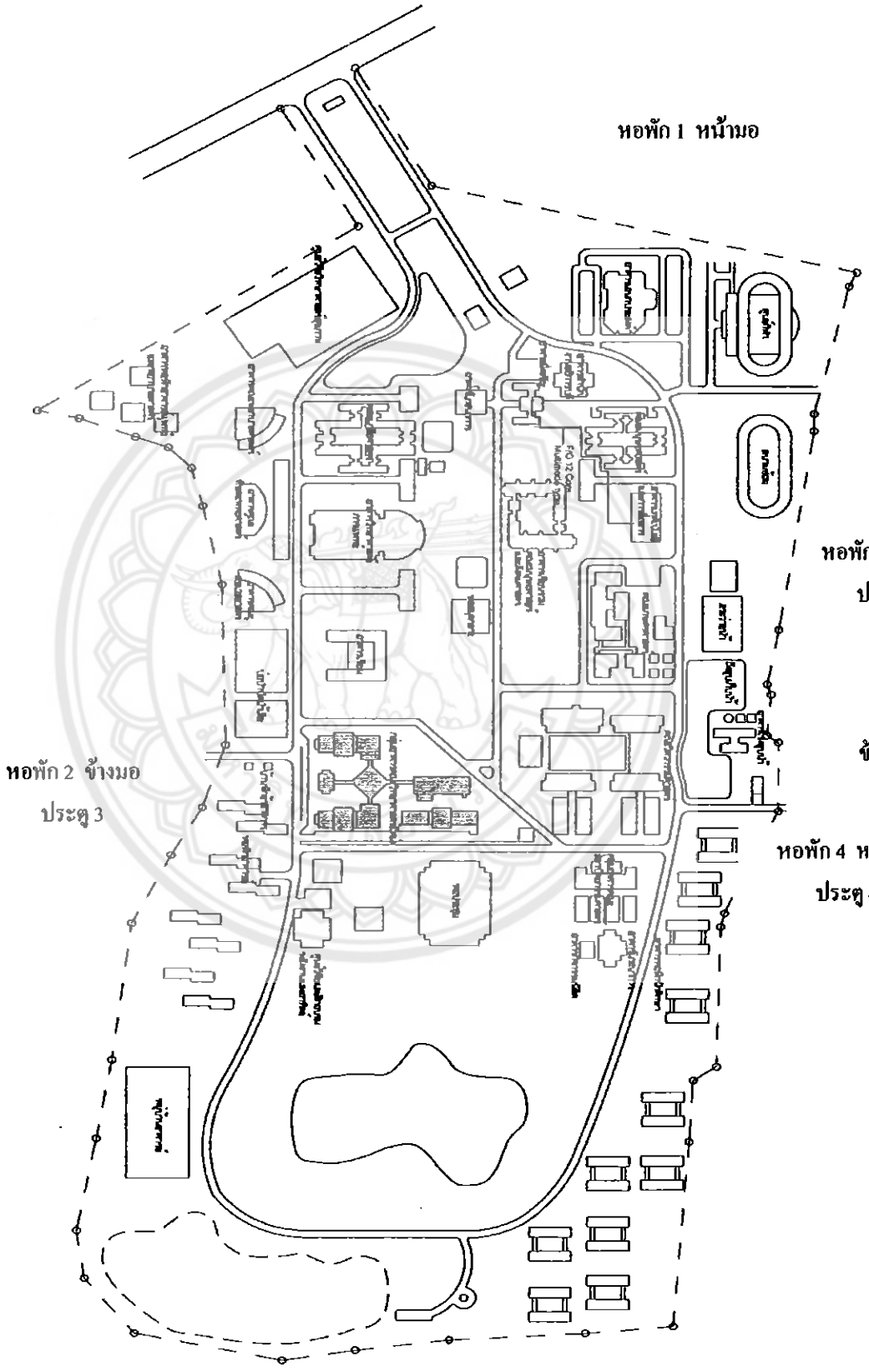
1) ควรทำการตรวจสอบระบบการผลิตน้ำประปาทุกเดือนโดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปา เมื่อเจอจุดบกพร่องควร ทำการแก้ไขหรือปรับปรุงระบบการผลิตน้ำประปา
2) อาจตรวจสอบพารามิเตอร์อื่นๆตามมาตรฐานน้ำประปาและน้ำดื่ม เพื่อให้ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
3) ควรมีการทำความสะอาดเครื่องกรองและวัสดุกรองบ่อยๆ (พิจารณาตามความสกปรกของน้ำ)
4) ควรทำการติดตั้งระบบฆ่าเชื้อโรค (ในกรณีที่หอพักไม่มีการติดตั้งระบบฆ่าเชื้อโรค)

บรรณานุกรม

1. ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์.วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ:มิตรนราการพิมพ์, 2537
2. วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์.การประปา.พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2545
3. ศาสตราจารย์ ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์.การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร.

ภาคผนวก ก.

แผนที่บริเวณที่ตั้งหอพักคร่าวๆ


หอพัก 1 หน้ามอ
หอพัก 3 ข้างมอ
ประตู 5
หอพัก 5 หลังมอ
ข้ามคลองชลประทา
หอพัก 2 ข้างมอ
ประตู 3
หอพัก 4 หลังมอ
ประตู 4

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ผู้จัดทำโครงงาน นางสาว อรทัย โยฮันสัน
วัน/เดือน/ปีเกิด 28 กันยายน พ.ศ. 2528
ที่อยู่ 105/3 ม.7 ต.แม่ไร่ อ.แม่จัน จ.เชียงราย 57240

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2540	สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจาก โรงเรียนบ้านสันกอง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย
พ.ศ.2547	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจาก โรงเรียนแม่จันวิทยาคม อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย
พ.ศ.2551	ศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

ผู้จัดทำโครงงาน นางสาว ปนัดดา สารภี
วัน/เดือน/ปีเกิด 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528
ที่อยู่ 133 ม.9 ต.ท่าพล อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67250

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2540	สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจาก โรงเรียนบ้านวังซอง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
พ.ศ.2547	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจาก โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย เพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
พ.ศ.2551	ศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

ผู้จัดทำโครงงาน	นาย เผด็จ บุญคุ้ม
วัน/เดือน/ปีเกิด	13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2528
ที่อยู่	39 ม.13 ต.นาป่า อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2540	สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจาก โรงเรียนเทศบาล 1 (บ้านในเมือง) อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
พ.ศ.2547	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจาก โรงเรียนเพชรพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
พ.ศ.2551	ศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก