รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลก เพื่อเปรียบเทียบกับน้ำดื่มชนิดฝาปิดสนิท

A Study and Analysis of Under Ground WaterQuality in Phitsanulok - Compare with Package Drinking Water.

ผู้ทำการวิจัย

ชัยวัฒน์ สุขดี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

2545

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการ พวส.สภาสถาบันราชภัฏ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Phibulsongkram Rajabhat University

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก โครงการ พวส. สภาสถาบันราชภัฏ สถาบันราชภัฏพิบูลสงครามและโปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงครามและสำนักกิจการนักศึกษาที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ และสำนักงานทรัพยากรธรณี ที่กรุณาให้ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลก และขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บน้ำตัวอย่าง และให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจมาโดยตลอด จนงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดี

ชัยวัฒน์ สุขดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

รายงานการวิจัยเรื่อง	การศึกษาและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลก เพื่อเปรียบเทียบกับน้ำดื่มชนิดฝาปิดสนิท
ผู้วิจัย	นายชัยวัฒน์ สุขดี
โปรแกรมวิชา	เคมี
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบัน	ราชภัฏพิบูลสงคราม
ปีการศึกษา	2544

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลก โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1. ตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำบาดาลทางกายภาพและทางเคมี ในจังหวัดพิษณุโลก 2.เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำบาดาลตามฤดูกาล 3.เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพแม่น้ำน่านกับมาตรฐานของน้ำดื่มชนิดฝาปิดสนิท

โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตลอดปีโดยสุ่มเก็บตัวอย่าง 9 สถานี ตามอำเภอต่าง ๆใน จังหวัดพิษณุโลก ในช่วงเดือน มิถุนายน 2544 - พฤษภาคม 2545 แต่ละครั้ง เก็บตัวอย่าง 27 ตัวอย่างโดยทำศึกษาค่า ความเป็นกรด-เบส ความขุ่น โดยใช้มิเตอร์ต่าง ๆ ตรวจวัด พบว่า มีค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ในช่วง 5.57 -7.81 และค่าความขุ่น 6.12 - 7.42 เอ็นทียู ตามลำดับ ค่าความกระด้างรวมหาโดยการไตรเตรทกับสารละลายไดโซเดียมอีดี – ทีเอ พบอยู่ในช่วง 25.33 - 98.72 พีพีเอ็ม และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำพบอยู่ในช่วง 110.00 - 1,046.00 พีพีเอ็ม สำหรับแคตไอออนเช่น ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง เหล็ก หาโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี พบอยู่ในช่วง 0.00 - 0.009 พีพีเอ็ม , 0.01 – 0.830 พีพีเอ็ม , 0.00 - 0.02 พีพีเอ็ม 0.04 - 2.05 พีพีเอ็ม ตามลำดับ สำหรับแอนไอออน เช่น ไนเตรท ครอไรด์ ซัลเฟตและฟลูออไรด์ หาโดยหาโดยวิธี ไฮเปอร์มาแนนซ์ลิควิดโครมาโตกราฟฟี พบอยู่ในช่วง 0.00 - 6.50 , 1.68 - 29.01 พีพีเอ็ม 0.00 - 62.16 พีพีเอ็มและ 0.00 - 7.75 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

ผลจากการวิเคราะห์พบว่าค่าความขุ่นและปริมาณเหล็กอยู่ในเกณฑ์สูง ส่วนคุณภาพของทางด้านอื่นๆ อยู่ในเกณฑ์ปกติ ตามมาตรฐานน้ำดื่มสนิทฝาปิดสนิท ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

Research Title **A study and Analysis of the Underground Water Quality in Phitsanulok Province Compare with Package Water Drinking.**

Name Mr CHAIWAT SUKDEE

Department Chemistry

Faculty Science and Technology

Institute Rajabhat institute Pibulsongkram

Year *2000*

ABSTRACT

The **objectives** *of* **the research** on **the** analysis *of* underground **water quality** in Phitsanuloke province **were** : 1. to know the underground **water** quality chemmical and **Physical** in Phitsanulok. 2. to compare **the** quality **of** underground **in** Phitsanulok between **different season. 3.** to **compare** the **quality** of underground water **in** Phitsanulok **with** the Standard Public quality of **water** drinking,

The **research** methods **were** information **survey** and *the* **water sampling** of the **Underground water in** Phitsanulok . There **were 9 stations of sampling.** Water samples **were** collected **three** time **in a year** (**April , July, December 2001**), **Each** time 27 samples **were collected. The qualities of underground water** such **as** pH, turbidity, wer measured by means **of meters and were found to be in the ranges** of 5.57 - 7.81 ,6.12 - 7.42 NTU. **respectively.** Total **hardness was** determined **by titration** with EDTA **was** found **to be 25.33 - 95.22 ppm and Total solid** were found **be** in the range of 110.00 - **1,046.00 ppm** respectively.

Some **cation** namely **lead,** zinc, copper **and** Iron **were also investigated by** atomic absrobtion spectrophotometry **were** found to **be in** the range 0.00 - 0.009 ppm,0.01 - **0.830** ppm, 0.00 - 0.020 ppm, 0.04 - **2.05 ppm respectively.**

ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

Some anions such as Nitrate , Chloride, Sulphates, **Fluoride were** determined by High Performance **Liquid-Chromatography** were found to **be** in **the** range. 0.00 - 6.50 **ppm, 1.68-29.01** ppm,0.00 - 62.16 ppm,and **0.00- 7.75** ppm respectively .

The quality of Under ground **water in Phitsanuloke** meet criteria of the standard **of drinking watw quality** according of the **nation reglulation of** environmental promotion and **conservation 1992.**

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
รายการอักษรย่อ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 สถานที่ทำการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารอ้างอิงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 น้ำ	6
2.3 ลักษณะของแหล่งน้ำใต้ดิน	7
2.4 คุณภาพน้ำใต้ดิน	7
2.5 แหล่งน้ำบาดาลในประเทศไทย	8
2.6 คุณสมบัติของน้ำ	13
2.6.1 ความเป็นกรด-เบส	13
2.6.2 ความขุ่น	16
2.6.3 ความกระด้าง	18
2.6.4 ของแข็งที่ละลายน้ำ	18
2.6.5 โลหะหนัก	19
2.6.5.1 ตะกั่ว	22
2.6.5.2 เหล็ก	24
2.6.5.3 ทองแดง	25
2.6.5.4 สังกะสี	27
2.6.5.5 ไนเตรท	28

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญ(ต่อ) หน้า

2.6.5.6 คลอไค์ 29
2.6.5.7 ซัลเฟต 31
2.6.5.8 ฟลูออไรด์ 31
2.7 การเก็บตัวอย่างน้ำและการรักษา 33

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 35
3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำและการรักษาตัวอย่าง 35
3.1.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง 35
3.1.2 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล 36
3.2 วิธีการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด -ด่าง 37
3.3 วิธีการวิเคราะห์หาค่าความขุ่น 37
3.4 วิธีการวิเคราะห์หาความกระด้าง 38
3.5 วิธีการวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด 41
3.6 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก 41
3.7 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณแอนไอออน

บทที่ 4 ผลการวิจัย 48
4.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าความเป็น กรด - ด่าง 48
4.2 ผลการวิเคราะห์ ความขุ่น 50
4.3 ผลการวิเคราะห์ความกระด้าง 52
4.4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด 54
4.5 ผลการวิเคราะห์โลหะหนัก 56
4.6 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแอนไอออน 68

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 86
5.1 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 86
5.3 ข้อเสนอแนะ 93
บรรณานุกรม 94
ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยบกับคุณภาพน้ำใต้ดิน	9
ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ที่ใช้บอกความกระด้างของน้ำ	2.2
ตารางที่ 2.3 ปริมาณโลหะที่ร่างกายทนได้โดยไม่ให้เกิดอันตราย ปริมาณที่ได้รับต่อวัน	20
ตารางที่ 2.4 ดรรชนีฟันตกกระของชุมชน	32
ตารางที่ 3.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล ในเขตอำเภอต่าง ๆ จังหวัดพิษณุโลก	35
ตารางที่ 3.2วิธีการเก็บน้ำตัวอย่างและ pretreatment techniques	36
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความเป็นกรดเบสในฤดูร้อน	48
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความเป็นกรดเบสในฤดูฝน	48
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความเป็นกรดเบสในฤดูหนาว	49
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเบสฤดูต่าง ๆ	49
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความขุ่นในฤดูร้อน	50
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความขุ่นในฤดูฝน	50
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความขุ่นในฤดูหนาว	51
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยค่าความขุ่นฤดูต่าง ๆ	51
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความกระด้างในฤดูร้อน	52
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความกระด้างในฤดูฝน	52
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความกระด้างในฤดูหนาว	53
ตารางที่ 4.12 แสงค่าเฉลี่ยความกระด้างฤดูต่าง ๆ	53
ตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูร้อน	54
ตารางที่ 4.14 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูฝน	54
ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูหนาว	55
ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณของแข็งเฉลี่ยทั้งหมดของน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอตลอดปี	55
ตารงที่ 4.17 แสดงตารางค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตะกั่ว	56
ตารางที่ 4.18 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณตะกั่วของน้ำบาดาลในฤดูร้อน	57
ตารางที่ 4.19 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณตะกั่วของน้ำบาดาลในฤดูฝน	57
ตารางที่ 4.20แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณตะกั่วของน้ำบาดาลในฤดูหนาว	58
ตารางที่ 4.21 แสดงค่าปริมาณตะกั่วทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งปี	58

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ 4.22 แสดงตารางค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานสังกะสี 59

ตารางที่ 4.23 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณสังกะสีของน้ำบาดาลในฤดูร้อน 60

ตารางที่ 4.24 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณสังกะสีของน้ำบาดาลในฤดูฝน 60

ตารางที่ 4.25 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณสังกะสีของน้ำบาดาลในฤดูหนาว 61

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าปริมาณสังกะสีทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งปี 61

ตารางที่ 4.27 แสดงตารางค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานทองแดง 62

ตารางที่ 4.28 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณทองแดงสีของน้ำบาดาลในฤดูร้อน 63

ตารางที่ 4.29 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณทองแดงของน้ำบาดาลในฤดูฝน 63

ตารางที่ 4.30 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณทองแดงของน้ำบาดาลในฤดูหนาว 64

ตารางที่ 4.31 แสดงค่าปริมาณทองแดงทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งปี 64

ตารางที่ 4.32 แสดงตารางค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเหล็ก 65

ตารางที่ 4.33 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณเหล็กของน้ำบาดาลในฤดูร้อน 66

ตารางที่ 4.34 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณเหล็กของน้ำบาดาลในฤดูฝน 66

ตารางที่ 4.35 แสดงผลการวิเคราะห์การหาปริมาณเหล็กของน้ำบาดาลในฤดูหนาว 67

ตารางที่ 4.36 แสดงค่าปริมาณเหล็กทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งปี 67

ตารางที่ 4.37 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 68

ตารางที่ 4.38 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณไนเตรทในฤดูร้อน 69

ตารางที่ 4.39 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณไนเตรทในฤดูฝน 69

ตารางที่ 4.40 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณไนเตรทในฤดูหนาว 70

ตารางที่ 4.41 แสดง ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลในฤดูร้อน 70

ตารางที่ 4.42 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลในฤดูฝน 71

ตารางที่ 4.43 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลในฤดูหนาว 71

ตารางที่ 4.44 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลทั้งปี 72

ตารางที่ 4.45 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานคลอไรด์ 72

ตารางที่ 4.46 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณคลอไรด์ในฤดูร้อน 73

ตารางที่ 4.47 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณคลอไรด์ในฤดูฝน 74

ตารางที่ 4.48 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณคลอไรด์ในฤดูหนาว 74

ตารางที่ 4.49 แสดง ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลในฤดูร้อน 75

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญตาราง(ต่อ)

75

ตารางที่ 4.50แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลในฤดูฝน 76

ตารางที่ 4.51 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลในฤดูหนาว 76

ตารางที่ 4.52 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลทั้งปี 77

ตารางที่ 4.53 แสงค่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต 78

ตารางที่ 4.54 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณซัลเฟตในฤดูร้อน 78

ตารางที่ 4.55 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณซัลเฟตในฤดูฝน 79

ตารางที่ 4.56 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณซัลเฟตในฤดูหนาว 79

ตารางที่ 4.57 แสดง ผลการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตในน้ำบาดาลในฤดูร้อน 80

ตารางที่ 4.58 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาซัลเฟตในน้ำบาดาลในฤดูฝน 80

ตารางที่ 4.59 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตในน้ำบาดาลในฤดูหนาว 81

ตารางที่ 4.60 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตในน้ำบาดาลทั้งปี 81

ตารางที่ 4.61 แสงค่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต 82

ตารางที่ 4.62 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณฟลูออไรด์ในฤดูร้อน 83

ตารางที่ 4.63 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณฟลูออไรด์ในฤดูฝน 83

ตารางที่ 4.64 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคและค่า retention timeของการหาปริมาณฟลูออไรด์ในฤดูหน13 84

ตารางที่ 4.65 แสดง ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลในฤดูร้อน 84

ตารางที่ 4.66 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลในฤดูฝน 85

ตารางที่ 4.67 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลในฤดูหนาว 85

ตารางที่ 4.68 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลทั้งปี

ตารางที่ 5.1 แสดงค่า pH ความขุ่น ความกระด้าง ปริมาณของแข็ง ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง เหล็ก ไนเตรท คลอไรด์ ฟลูออไรด์ ในน้ำบาดาลในฤดูร้อน 86

ตารางที่ 5.2 แสดงค่า pHความขุ่น ความกระด้าง ปริมาณของแข็ง ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง เหล็ก ไนเตรท คลอไรด์ ฟลูออไรด์ ในน้ำบาดาลในฤดูฝน 87

ตารางที่ 5.3 แสดงค่า pH ความขุ่น ความกระด้าง ปริมาณของแข็ง ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง เหล็ก ไนเตรท คลอไรด์ ฟลูออไรด์ ในน้ำบาดาลในฤดูหนาว 88

บรรณานุกรม 90

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงคราม PibulSongKram Rajabhat University

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องมือพีเฮชมิเตอร์	16
รูปที่ 2.2 เครื่องมือวัดความขุ่น	17
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสาร ละลายมาตรฐานตะกั่ว	56
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสาร ละลายมาตรฐาสังกะสี	59
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสาร ละลายมาตรฐานทองแดง	62
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสาร ละลายมาตรฐานเหล็ก	65
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานไนเตรท	68
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานคลอไรด์	73
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต	77
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสาร ละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ สารละลายมาตรฐานซัลเฟต	82

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

อักษรย่อและสัญลักษณ์

ml	= Mililite
ppm	= Part per Milion
Abs	= Absorbanc
G	= Gram
ND	= Non detectable
mg/l	= Milligram by liter
EDTA	= Ethylene Diamine Tetaacetic Acid
AAS	= Atomic Absorbtion Spectrophotomety
HPLC	= High Performace Liquid Chomatography

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

น้ำ เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญยิ่งต่อสิ่งมีชีวิตทั้งมวลโดยเฉพาะมนุษย์ ซึ่งถือว่าน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ขาดมิได้ มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากน้ำในหลาย ๆ ด้าน เช่น ในด้านอุปโภค บริโภค การเกษตร การคมนาคม การประมง การอุตสาหกรรม และสันทนาการ จนกล่าวได้ว่าน้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต แต่ในทางตรงกันข้ามน้ำมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคนเราได้ จากการที่น้ำเป็นของเหลวที่ไหลเปลี่ยนที่อยู่เสมอ และสามารถละลายสารต่าง ๆ ตลอดจนเป็นที่อาศัยของจุลินทรีย์ เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะก่อให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ เช่น โรคท้องร่วง โรคบิด โรคอหิวาตกโรค โรคพยาธิต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้นคุณภาพของน้ำจึงมีความสำคัญต่อการนำมาใช้เพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ เพราะคุณภาพของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ นั้น แตกต่างกัน แต่ต้องมีคุณสมบัติดีพร้อมทั้งในด้านปริมาณ และคุณภาพ

คุณภาพของน้ำ (Water Quality) เป็นคำที่มีความหมายกว้างมาก และใช้แตกต่างกันไปในแต่ละที่ นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการตรวจวิเคราะห์น้ำเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภค จากสภาพที่ประชากรโลกเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมทางด้านคุณภาพของน้ำตามธรรมชาติ ทำให้สัตว์และพืชในน้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ และนำปัญหามาสู่มนุษย์

น้ำบาดาล เป็นน้ำที่เหลือจากการดูดซึมของดินจะไหลซึมลึกลงไปอีกจนไปถูกกักอยู่ในช่องว่างของเศษหินดินทราย จนกระทั่งวัตถุเหล่านั้นอิ่มตัวด้วยน้ำ ปัจจุบันน้ำบาดาลเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ประชากรในเมืองใหญ่ ๆ ใช้บริโภค และอุปโภค ดังนั้น จึงมีการพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ต้องพิจารณาถึงคุณภาพของน้ำด้วย เพื่อที่จะนำไปใช้ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ เช่นเพื่อการบริโภค การอุตสาหกรรม หรือการเกษตรกรรม ซึ่งจะต้องการความสะอาดบริสุทธิ์ของน้ำต่างกัน โดยทั่วไปน้ำจากบรรยากาศเป็นน้ำที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ ไม่มีเชื้อโรคเจือปน แต่เมื่อตกถึงผิวดินแล้วอาจมีคุณภาพเปลี่ยนแปลงไป อาจมีแร่ธาตุหรือจุลินทรีย์ สารเจือปน ที่ซึมลงสู่ระดับน้ำใต้ดินตะกอนต่าง ๆ ที่ปนอยู่จะถูกกรองออกโดยชั้นของดินเป็นตัวกรองที่สกัดกับความขุ่นและเชื้อจุลินทรีย์ไว้ ขณะที่น้ำซึมผ่านชั้นดินลงไปประกอบกับน้ำเป็นตัวละลายที่ดีในขณะที่ซึมผ่านชั้นดินลงไปก็จะละลายเอาแร่ธาตุและสารเคมีในชั้นดินและหินปะปนลงไปด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดินและหิน และบริเวณที่น้ำไหลซึมผ่าน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร Rajabhat University

ผู้วิจัยเห็นว่าในปัจจุบัน น้ำที่ใช้ในการบริโภคและอุปโภคต้องเป็นน้ำที่สะอาด ปราศจากกลิ่น รส สีและสารพิษเจือปนและปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่เป็นพิษ ในปัจจุบันการดื่มน้ำบรรจุขวดปิดฝาสนิทเป็นที่นิยมแพร่หลาย เพราะมีความเชื่อมั่นว่าปลอดภัยจากเชื้อโรคและสารพิษและสิ่งเจือปนต่าง ๆ และมีค่ามาตรฐานเป็นไปตามสากลกำหนด

ซึ่งปัจจุบันเป็นยุคข่าวสาร การดูแลสุขภาพอนามัยของตนเองของประชาชนมากขึ้น ซึ่งประชาชนในชาวชนบทก็ได้รับอิทธิพลเมืองและนิยมบริโภคดื่มน้ำบรรจุขวดฝาปิดสนิท ทำให้ประชาชนในชนบทต้องแบกภาระค่าใช้จ่ายค่าครองชีพสูงขึ้น และมากเกินความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตตามความเป็นจริงตามอัตภาพ ในสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในเขตชนบทต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับประชาชนในการตัดสินใจเลือกบริโภคน้ำบาดาล เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายค่าครองชีพในปัจจุบันของประชาชนในชนบทลง

ในอดีตที่ผ่านมาประชนในชนบทส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝน น้ำบ่อ และน้ำประปาในหมู่บ้านซึ่งแหล่งน้ำดิบมาจากบ่อบาดาล ซึ่งในปัจจุบันประชาชนได้นำเอาเทคโนโลยีและเครื่องจักรกลมาใช้ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร โรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้น สารเคมี ยาฆ่าแมลง สัตว์และพืช ปุ๋ย ฮอร์โมนต่าง ๆเป็นจำนวนมาก หากใช้อย่างขาดความระมัดระวัง อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำ หรือถ้าแหล่งน้ำเหล่านั้นได้ถูกนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาในการอุปโภคและบริโภค น้ำที่ผลิตออกมาอาจมีคุณภาพไม่ดีพอ หรือมีสารพิษตกค้าง อาจส่งผลกระทบต่อชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืชต่าง ๆ และส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารตามวัฏจักรและส่งผลกระทบต่อมนุษย์ได้

การศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพของแหล่งน้ำดังกล่าวข้างต้นเพื่อเป็นการประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำใต้ดิน ตามอำเภอต่าง ๆในจังหวัดพิษณุโลก เพื่อเป็นข้อมูลเสนอแนะเพื่อการบำบัดปรับปรุงแก้ไขให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และประชาสัมพันธ์ถึงผลดีและโทษหรืออันตรายที่จะตามมา เพื่อใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาลในการผลิตน้ำประปาที่ดื่มได้ตลอดจนการณรงค์ ประชาสัมพันธ์ สร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพของน้ำให้กับประชาชนในท้องถิ่นได้รับทราบข้อมูลอย่างแท้จริง เพื่อเป็นการลดภาระค่าใช้จ่าย ในการซื้อน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดปิดฝาสนิทมาบริโภค (ใช้จ่ายเกินความจำเป็นตามกระแสสังคมบริโภคเพราะขาดความรู้และความเข้าใจที่แท้จริง) และชี้ถึงปัญหาสารพิษตกค้างตามแหล่งน้ำ เพื่อเป็นการกระตุ้นเตือนและป้องกันสารพิษเข้าสู่ร่างกาย และเป็นการรักษาสุขภาพอนามัย ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหากับสุขภาพอนามัยของประชาชนในอนาคตได้ และให้ประชาชนดำรงชีพด้วยความรู้ความเข้าใจตามอัตภาพอย่างแท้จริงในสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของน้ำบาดาลทางกายภาพและทางเคมี ในจังหวัดพิษณุโลก

2. เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ เพื่อนำไปเสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อการบำบัดปรับปรุงให้มีคุณภาพให้ได้มาตรฐานน้ำดื่ม หรือประชาสัมพันธ์ถึงสารพิษต่าง ๆที่ตกค้างและส่งผลกระทบต่อประชาชน สัตว์ พืช และแก้ปัญหาเรื่องน้ำดื่มในชุมชนและรณรงค์ให้ประชาชนหันมาบริโภคน้ำประปาเพื่อความประหยัดและปลอดภัยให้สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน

3.เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ประชาชนในท้องถิ่นสนใจและเห็นความสำคัญของน้ำใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและการปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์น้ำ

4. เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานเรื่องการจัดการคุณภาพน้ำ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการอุปโภค บริโภค และการป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่ปนมากับน้ำ

5.เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาเรื่องสารพิษที่เป็นอันตรายที่ละลายมากับน้ำและหาวิธีการบำบัดปรับปรุงคุณภาพน้ำ

6. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำบาดาลในแหล่งต่าง ๆกับมาตรฐานน้ำดื่มชนิดบรรจุขวดชนิดฝาปิดสนิท

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงคุณภาพของน้ำบาดาลทางกายภาพและทางเคมี ในจังหวัดพิษณุโลก

2. เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลก เพื่อนำไปเสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อการบำบัดปรับปรุงให้มีคุณภาพให้ได้มาตรฐานน้ำดื่ม หรือประชาสัมพันธ์ถึงสารพิษต่าง ๆที่ตกค้างอาจส่งผลกระทบต่อประชาชน สัตว์ พืช และแก้ปัญหาเรื่องน้ำดื่มในชุมชนและรณรงค์ให้ประชาชนหันมาบริโภคน้ำประปาเพื่อความประหยัดและปลอดภัยให้สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน

3. เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ประชาชนในท้องถิ่นสนใจและเห็นความสำคัญของน้ำใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและการปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์น้ำ

4. เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานเรื่องการจัดการคุณภาพน้ำ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการอุปโภค บริโภค และการป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่ปนมากับน้ำ

5. เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาเรื่องสารพิษที่เป็นอันตรายที่ละลายมากับน้ำและหาวิธีการบำบัดปรับปรุงคุณภาพน้ำ

6. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำบาดาลในแหล่งต่าง ๆกับมาตรฐานน้ำดื่มชนิดบรรจุขวด

7. เพื่อฝึกหัดใช้เครื่องมือตามโครงการเงินกู้ (พวส)ให้เกิดประโยชน์กับการเรียนการสอน

มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก Pibulsongkram Rajabhat University

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. พื้นที่ทำการศึกษา 9 อำเภอ ในจังหวัดพิษณุโลก ประกอบด้วยอำเภอเมือง บางระกำ บางกระทุ่ม วัดโบสถ์ พรหมพิราม วังทอง นครไทย เนินมะปราง ชาติตระการ จะเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล อำเภอละจุด รวมเป็น 9 จุด

2. ศึกษาถึงสมบัติของน้ำบาดาลดังต่อไปนี้

2.1 pH

2.2 ความขุ่น

2.3 ความกระด้าง

2.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

2.5 โลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว สังกะสี เหล็ก ทองแดง เหล็ก

2.6 ไนเตรท

2.7 คลอไรด์

2.8 ซัลเฟต

2.9 ฟลูออไรด์

3. ระยะเวลาในการทำวิจัย

ตั้งแต่เดือน มิถุนายน 2544 – มีนาคม 2545

1.5 สถานที่ทำการวิจัย

ทำการวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการเคมี อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 2

เอกสารอ้างอิง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ธนาธิป รักษ์ศิลป์ , 2541 ศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มบรรจุขวดในเขตเทศบาลเมืองเลย ซึ่งเป็นขวดขนาด 950 มิลลิลิตร จำนวน 10 ตัวอย่าง ในเขตเทศบาลเมืองเลย บาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี พบว่าน้ำตัวอย่างมีค่าความกระด้างเกินมาตรฐาน 3 ตัวอย่าง ตามลำดับ

สุรชัย อังคณาสาขัณฑ์ และคณะ ,2543 ทำการศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มในโรงเรียนมัธยมศึกษา ในเขตจังหวัดกาญจนบุรี โดยทำการศึกษาจากโรงเรียนมัธยม 26 แห่ง พบว่าคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรด เบส สี ความขุ่น ความกระด้างและปริมาณของแข็งทั้งหมด อยู่ในช่วง 6.8 - 7.9 ,0.2 - 2.18 , 8 - 448 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 48 - 598 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ปริมาณอิออนลบได้แก่ คลอไรด์ ซัลเฟต ไนไตรต์ ไนเตรท และฟลูออไรด์ พบว่าอยู่ในช่วง 4 - 70 ,0.2 - 57.8, 0.2 - 0.03, 0.2 - 2.16 , 0.2 - 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ปริมาณโลหะและโลหะหนักบางชนิดที่ทำการวิเคราะห์โดยวิธีอะตอมมิกแอพซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี พบว่าเหล็ก แมงกานีส สังกะ สี แคดเมียม โครเมียม ทะถั่ว ทองแดง แบเรียม สารหนู และปรอทมีค่า 0.005 - 0.159,0.002 - 0.128, 0.006 -1.400, 0.00 - 0.002 ,0.00 - 0.092 ,0.00 - 0.005, 0.00 - 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณปรอทมีปริมาณน้อยมากไม่สามารถตรวจพบได้ ผลจากการวิเคราะห์พบว่าคุณภาพน้ำตัวอย่างอยู่ ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขและไม่พบสารปนเปื้อน ยกเว้นสารก่ออันตรายบางตัวได้แก่ ฟลูออไรด์ และความกระด้างที่เกินมาตรฐาน

สุธน ช่วยเกิด ,2544 ศึกษาสภาพทั่วไปของน้ำบาดาลในจังหวัดสุราษฎร์ธานีจากบ่อบาดin ตัวอย่าง 550 บ่อ พบว่า โดยภาพรวมแล้ว น้ำบาดาลในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่ทำการเจาะใช้งานแล้ว เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพมาตรฐานน้ำตามเกณฑ์มาตรฐานของน้ำบาดาล พบว่ามีปัญหาอยู่ 32.30 % ปัญหามีฟลูออไรด์กระจายอยู่บางท้องที่ ความเป็นกรดต่ำกว่ามาตรฐาน ปริมาณโลหะมีมากที่พบได้แก่เหล็กส่วนปริมาณแอนไอออนที่พบมากเกินมาตรฐานได้แก่ ฟลูออไรด์ คลอไรด์ และไนเตรท ปริมาณบัคเตรีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

อัมรินทร์ อินทร์อยู่ และคณะ ,2544 หาปริมาณโลหะหนัก ของน้ำบาดาลในเขตจังหวัดนครปฐมและสมุทรสาคร โดยใช้อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตรมิเตอร์ พบว่ามีปริมาณโลหะหนักต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มน้ำบาดาล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Phibulsongkram Rajabhat University

2.2 น้ำ (Water)

น้ำเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วไม่หมดสิ้น แต่อาจเปลี่ยนแปลงไปจนเกิดปัญหาใหญ่ขึ้นได้ถ้าใช้ไม่ถูกวิธี น้ำที่มีอยู่ในโลกนี้มีประมาณ 1.35 พันลูกบาศก์กิโลเมตรหรือในจำนวนนี้ร้อยละ 97 จะอยู่ในมหาสมุทร น้ำส่วนที่เป็นแหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดินที่สามารถนำมาใช้นั้นมีเพียงร้อยละ 0.63 เท่านั้น นอกนั้นเป็นน้ำที่กลายเป็นน้ำแข็งอยู่ที่ขั้วโลก น้ำที่พบในแหล่งน้ำในธรรมชาตินั้นเป็นน้ำที่ได้จากฝนที่ตกลงมาสู่พื้นโลก ในขณะที่ดวงอาทิตย์ทำให้น้ำระเหยจากมหาสมุทรขึ้นสู่บรรยากาศประมาณวันละ 875 ลูกบาศก์กิโลเมตร ในขณะที่ฝนตกผ่านบรรยากาศของโลกนั้นจะละลายเอาก๊าซ และสารต่าง ๆ ไว้ด้วย ฉะนั้น น้ำฝนจะมีก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่เสมอ น้ำฝนที่ตกลงมาจะเป็นแหล่งน้ำผิวดินได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง บึง หนอง และแหล่งน้ำใต้ดิน

น้ำมีคุณสมบัติพิเศษมีได้ในโลกทั้งสามสถานะ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มีจุดเดือด 100 องศาเซลเซียสมีความหนาแน่นมากที่สุดที่ 4 องศาเซลเซียส และเป็นตัวทำละลายที่ดี และเป็นตัวทำความเย็นที่ดี

จากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเกี่ยวกับวัฏจักรของน้ำ เมื่อนำมาพิจารณาแล้วจะแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

2.1.1 น้ำจากบรรยากาศ (atmospheric water or meteoric water) ได้แก่ น้ำที่อยู่ในสภาพเป็นไอ เช่น หมอกและเมฆ น้ำที่อยู่ในสภาพของเหลว เช่น ฝนและน้ำค้าง และน้ำที่อยู่ในสภาพของแข็ง เช่น ลูกเห็บ และหิมะน้ำจากบรรยากาศนี้เกิดขึ้นได้ก็เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ กระแสลม อุณหภูมิ และความดันอากาศทำให้เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้น

2.1.2 น้ำผิวดิน (surface water) ได้แก่ น้ำจากบรรยากาศที่ตกสู่พื้นโลก แล้วไหลหรือถูกกักอยู่ในลำธาร แม่น้ำ หนอง ทะเลสาบ ทะเล หรือมหาสมุทร

2.1.3 น้ำใต้ดิน (subsurface water) ได้แก่ น้ำจากบรรยากาศที่ตกลงมาสู่พื้นโลกแล้วซึมลงใต้ดิน ถูกกักเก็บไว้ในดินและในหิน น้ำใต้ดินส่วนที่ซึมอยู่ในดิน ในระดับความลึกเท่าที่รากของพืชจะไชลงไปถึง น้ำชนิดนี้จะเป็นประโยชน์ต่อพืช เรียกน้ำในดิน (soil water) ซึ่งอาจจะแห้งหายไปถ้าไม่มีฝนตกลงมาเพิ่มเติม หรือถูกแดดจนระเหยเป็นไอไปหมด บ่อขุดซึ่งมีน้ำใช้ในฤดูฝน แห้งในฤดูแล้ง เป็นบ่อที่ได้จากน้ำในดิน ส่วนน้ำที่เหลือจากการดูดอมของดินจะไหลซึมลึกลงไปอีก จนไปถูกกักอยู่ในช่องว่างของเศษหิน ดิน ทราย หรือหิน จนกระทั่งวัตถุเหล่านั้นอิ่มตัวด้วยน้ำ เรียก น้ำบาดาล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Phibulsongkram Rajabhat University

2.3 ลักษณะของแหล่งน้ำใต้ดิน

ชั้นดินหรือชั้นหินที่มีน้ำอิ่มตัวและมีปริมาณน้ำมากพอที่จะนำขึ้นมาใช้นิยมเรียกว่าชั้นให้น้ำ โดยชั้นให้น้ำมีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ คือ ชั้นให้น้ำแบบเปิด (unconfined aquifiers) และชั้นให้น้ำแบบปิด (confined aquifiers)

ชั้นให้น้ำแบบเปิด เป็นชั้นที่มักอยู่ใต้ผิวดินที่ระดับตื้น ระดับน้ำจะแปรเปลี่ยน ไปตามฤดูกาล เช่น ฤดูแล้งระดับน้ำจะลึก ฤดูฝนระดับน้ำจะอยู่ตื้น

ชั้นให้น้ำแบบปิด เป็นชั้นที่มักอยู่ใต้ผิวดินระดับลึกลงไปอีก โดยมีชั้นของดินหรือหินที่น้ำซึมผ่านไปได้ยาก ทำให้น้ำในชั้นบนมีความดัน มลพิษต่างๆยากที่จะลงไปปนเปื้อนน้ำในชั้นนี้ได้ แต่อาจมีพวกแร่ธาตุต่าง ๆได้ เนื่องจากน้ำในชั้นนี้อาจไหลซึมผ่านหินเกลือหรือสนินแหล่งต่าง ๆได้ ระดับน้ำบ่อบาดาลในชั้นนี้ไม่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมากนัก ชั้นให้น้ำแบบปิดนี้อาจมีหลายชั้นสลับกัน

ระดับน้ำใต้ดิน จะเห็นได้ว่าระดับน้ำใต้ดิน (water table) ซึ่งมีความหมายว่า ระดับของน้ำใต้ดินที่แกิดขึ้นเนื่องจากการสะสมของน้ำใต้ดินที่ไม่อาจซึมต่อไปได้ แต่ระดับน้ำใต้ดินนี้ไม่คงที่แน่นอน สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาลเช่น ในฤดูฝน ระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ใกล้ผิวดินมากกว่าฤดูแล้ง

2.4 คุณภาพของน้ำใต้ดิน

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตทั่วไป สำหรับมนุษย์ได้ใช้น้ำทั้งในด้านบริโภคและอุปโภค ดังนั้น คุณภาพน้ำนั้นต้องเหมาะสมในการนำมาใช้ทั้งอุปโภคบริโภค ซึ่งคุณภาพนี้จะต้องเป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการน้ำที่เป็นประโยชน์ สนองความต้องการของมนุษย์ได้นั้น จำต้องมีคุณสมบัติพร้อมในด้านปริมาณ และคุณภาพ

คุณภาพน้ำ หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้กิจกรรมเฉพาะของมนุษย์ โดยคุณภาพของน้ำจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณภาพทั้ง 3 ประการ มีรายละเอียดดังนี้

1. คุณภาพของน้ำทางฟิสิกส์ ได้แก่ น้ำที่มีสารแขวนลอย มีสี กลิ่น รส เปลี่ยนไปจากธรรมชาติ รวมทั้งเกี่ยวกับอุณหภูมิ กิ่งไม้ใบไม้ปะปน การขาดออกซิเจนในน้ำ และความกระด้าง

2. คุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ การที่น้ำมีสารเคมีปนเปื้อนมากเกินไป เช่น สารพิษ โลหะหนัก วัตถุมีพิษและ สารเคมีเป็นพิษทุกประเภท

3. คุณภาพน้ำทางชีววิทยา ได้แก่ การที่น้ำมีสิ่งเจือปนที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย ไวรัส ไส้เดือน และจุลชีวันอื่นๆ ที่เป็นพิษ (เกษม **Sun**ร์แก้ว . 2526 : 299)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

คุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญ เช่น สภาพภูมิประเทศ พืชพรรณ ลักษณะทางธรณี ดินฟ้าอากาศ รวมถึงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องกับน้ำ และพื้นที่และประเภทของชั้นดินหรือหินที่เก็บกักน้ำได้ดินอยู่ ดังนั้นขณะที่ทำการขุดสำรวจแหล่งน้ำใต้ดินจำเป็นต้องทราบว่าบ่อบาดาลลึกกี่เมตร มีความสามารถในการสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้กี่ลูกบาศก์เมตรต่อนาที และมีคุณภาพน้ำเป็นอย่างไร ถ้าคุณภาพของน้ำไม่ดีต้องบำบัดให้สะอาดเสียก่อน ซึ่งคุณภาพของน้ำใต้ดินโดยทั่วไปมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2.1

2.5 แหล่งน้ำบาดาลในประเทศไทย

แหล่งน้ำบาดาลแต่ละชนิดแต่ละแห่งแตกต่างกันทั้งในด้านโครงสร้าง คุณลักษณะในการเก็บกักน้ำอันได้แก่ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแหล่งน้ำบาดาล และปริมาณน้ำที่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้ตลอดจนคุณภาพของน้ำบาดาล ดังนั้นในการเจาะและพัฒนาน้ำบาดาลจึงจำเป็นต้องมีการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลในบริเวณที่ ที่จะพัฒนา การสำรวจน้ำบาดาลจะดำเนินการสำรวจบนผิวดินโดยใช้วิธีทางธรณีวิทยา ธรณีฟิสิกส์ อุทกวิทยา เพื่อให้ทราบถึงชนิดประเภท ความลึก ความหนา การแผ่ขยาย และโครงสร้างของชั้นหินที่เป็นแหล่งเก็บกักน้ำบาดาล และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องเพื่อกำหนดในขั้นต้นว่าท้องที่ใดมีหรือไม่มีแหล่งน้ำบาดาล ถ้ามีจะมีปริมาณมากน้อยเท่าใด คุณภาพดีเลวอย่างไร และควรเจาะลึกเท่าไร ส่วนการสำรวจใต้ดินนั้นจะดำเนินการโดยการขุดเจาะบ่อสำรวจเพื่อให้ได้รายละเอียดมากที่สุด ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ คุณภาพน้ำ และลักษณะน้ำ

ข้อมูลจากการสำรวจน้ำบาดาลทั้งบนดินและใต้ดิน เมื่อประเมินค่าจะแสดงได้โดยแผนที่ของแหล่งน้ำบาดาลหรือแผนที่ทางอุทกธรณีวิทยา ซึ่งจะใช้ประโยชน์ในการวางแผนพัฒนาน้ำบาดาลทั้งในด้านอุปโภคบริโภค เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับคุณภาพน้ำใต้ดิน

คุณภาพ	เกณฑ์ที่กำหนด
ทางกายภาพ	
ความขุ่น (NTU)	0.5
ทางเคมี	
ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	10
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	120
pH	7.5
แมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5
โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2
ไบคาร์บอเนต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	120
ซัลเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	10
ฟลูออไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.1
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.01
แคลเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	40
โซเดียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5
เหล็ก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.1
คลอไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	25
ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	10
ทางชีววิทยา	
โคลิฟอร์ม ,MPN /100 มล.	100
ไวรัส / 100 มล.	1.0

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2.5.1 แหล่งน้ำบาดาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

น้ำบาดาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักจะอยู่ในรอยแตกแยกของหินประเภทหินทรายและหินดินดานซึ่งหินดังกล่าวมีอยู่ประมาณ 80 %ของบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนที่เหลือจะเป็นหินปูนหินแปร และกรวดทรายจากที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำ หินทรายในบริเวณนี้เป็นหินทรายเม็ดละเอียด ช่องว่างระหว่างเม็ดหินมีน้อยมากหรือแทบไม่มีเลย ฉะนั้นน้ำบาดาลที่ได้จากหินทรายประเภทนี้จะได้จากรอยแตกแยกของชั้นหินเท่านั้น บ่อน้ำบาดาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีน้ำตั้งแต่ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเพียงพอสำหรับติดสูบโยกมือเพื่อการนำมาใช้อุปโภคบริโภคตามบ้านเรือน จนกระทั่งมากกว่าลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเพียงพอสำหรับสำหรับการนำมาใช้ได้เกือบทุกประเภท เช่น ใช้ในกิจการประปาเทศบาล อุตสาหกรรมหรือการเกษตรขนาดเล็กเป็นต้น แต่บ่อน้ำบาดาล ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนมากจะให้น้ำในเกณฑ์เฉลี่ย 5 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ความลึกของบ่อโดยเฉลี่ยประมาณ 50 เมตร จากระดับพื้นดิน

คุณภาพของบ่อน้ำบาดาลในบริเวณดังกล่าว มีตั้งแต่จืดสนิทไปจนถึงกร่อยและเค็ม เนื่องจากพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่รองรับไปด้วยหินเกลือ(rock salt) และยิบซั่ม (gypsum) ดังนั้นหากเจาะบ่อลึกเกินไปก็ไม่ได้ผลทั้งคุณภาพและปริมาณ บ่อน้ำบาดาลที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือหินจะให้น้ำกร่อยถึงเค็มไม่อาจใช้บริโภคได้ แต่บ่อที่ให้น้ำกร่อยนั้นอาจพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เพื่อการอุปโภคส่วนน้ำบาดาลที่ได้รับอิทธิพลจากยิบซั่มจะให้น้ำที่มีรสเค็ม ขม และกระด้างเนื่องจากเกลือซัลเฟต น้ำบาดาลบางแห่งมีรสเค็มสูงมากจนกระทั่งได้มีการขุดบ่อและสูบน้ำเกลือขึ้นมาแล้วมาการระเหย ส่วนที่เหลือจะตกผลึกเป็นเกลือ ที่ชาวบ้านเรียกเกลือสินเธาว์ แล้วนำเอาไปขายกลายเป็นอุตสาหกรรมประจำหมู่บ้านหรืออุตสาหกรรมขนาดย่อมอย่างหนึ่ง เช่นที่อำเภอบรบือจังหวัดมหาสารคาม ได้มีการสูบน้ำเกลือขึ้นมาที่ระดับความลึก 30 เมตรเป็นจำนวนมาก นำมาผลิตเป็นเกลือสินเธาว์โดยวิธีการต้มเกลือมีตะกรันเกลือเหลือจับภาชนะที่ใช้ในการต้ม ซึ่งจะต้องขูดทิ้ง ส่วนการทำนาเกลือนั้นก็มีตะกรันเหลือรวมอยู่รวมทั้งน้ำขมซึ่งเป็นเกลือพวกซัลเฟตจะต้องทิ้งไป ก็จะมีตะกรันเหลือตะกรันก็ถูกทิ้งกองอยู่ข้าง ๆ บริเวณที่ผลิต ดังนั้นเมื่อฝนตกลงมาก็จะชะพาเกลือที่เหลือและไหลไปในบริเวณใกล้เคียง ทำความเสียหายให้กับนาเกษตรกรและทำให้หนองน้ำและบ่อน้ำที่เคยจืด และราษฎรใช้ในการอุปโภคบริโภคและเกษตรกรรม แปรสภาพเป็นน้ำกร่อยไม่สามารถใช้การต่อไปได้อีก และนอกจากนี้การสูบน้ำเกลือบริเวณดังกล่าวมากๆทำให้แผ่นดินทรุดซึ่งปรากฏเป็นแนวยาว ทำความตะหนกให้กับราษฎรที่ตั้งบ้านเรือนที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งปัจจุบันรัฐบาลได้มีการระงับการผลิตนาเกลือในพื้นที่ดังกล่าวตั้งแต่ ปี 2523 เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม Rajabhat Maha Sarakham University

2.5.2 แหล่งน้ำบาดาลในภาคเหนือ

แหล่งน้ำบาดาลที่ให้น้ำมากได้แก่แหล่งน้ำบาดาลที่เป็นหินร่วนเช่น บริเวณแอ่งเชียงใหม่ ซึ่งคลุมพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน บริเวณกลางแอ่งความหนาของกรวดทรายถึง 1,000 – 3,000 เมตร กรวดทรายดังกล่าวเกิดจากการสะสมตัวกันมานานเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 20 ล้านปี ในบริเวณก้นแอ่ง ส่วนกรวดทรายในชั้นบนสุดนั้นเกิดในยุคใหม่ เนื่องจากชั้นกรวดทรายในบริเวณนี้หนาและกรวดทรายมีขนาดกลมมน จึงมีช่องระหว่างเม็ดกรวดทรายโตพอที่น้ำฝนจะไหลผ่านหรือน้ำจากแม่น้ำปิงจะไหลลงไปเก็บกักไว้ได้มาก บ่อบางแห่งสามารถสูบน้ำได้มากกว่า 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่บริเวณขอบแอ่งจะให้น้ำน้อย เนื่องจากความหนาแน่นของกรวดทรายไม่มากนัก และเม็ดกรวดทรายเกิดจากการพุพังของหินแข็งที่ล้อมรอบแอ่งจึงมีขนาดใหญ่บ้างเล็กบ้างและมีเหลี่ยมทำให้มีช่องว่างน้อย จึงไม่เก็บกักน้ำ เรียกว่าไม่ใช่แหล่งน้ำบาดาลที่ดี นอกจากแหล่งเชียงใหม่แล้วยังมีแหล่ง เชียงราย แอ่งลำปาง แอ่งพะเยา ซึ่งได้น้ำจากหินร่วนเช่นกัน แต่ปริมาณน้ำไม่มากเท่าแหล่งเชียงใหม่ เนื่องจากชั้นของกรวดทรายไม่หนาเท่าแอ่งเชียงใหม่

สำหรับบริเวณจังหวัดอุตรดิตถ์ถึงตอนเหนือของจังหวัดนครสวรรค์เป็นบริเวณที่ราบลุ่มของแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน ซึ่งตามลักษณะทางธรณีวิทยาแล้ว จัดอยู่ในแอ่งเจ้าพระยาตอนเหนือ (uper ChoPhaya basin) หินร่วนบริเวณดังกล่าวให้น้ำมาก มีความหนาเกิน 500 เมตร

สำหรับหินแข็งในภาคเหนือนั้นปกคลุมท้องที่ภาคเหนือเป็นส่วนใหญ่ เป็นพวกหินแปรและหินอัคนี ส่วนทางตะวันออกของจังหวัดน่าน และจังหวัดอุตรดิตถ์เป็นแหล่งหินทรายและหินดินดาน แต่หินเหล่านี้ไม่เก็บกักน้ำจึงให้น้ำน้อย

คุณภาพน้ำจากแหล่งดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นน้ำจืด แต่มักจะมีปริมาณเหล็กละลายอยู่สูง ดังนั้นหากจะใช้อุปโภคบริโภค จึงจำเป็นต้องหาวิธีกำจัดเหล็กออกเสียก่อน

2.5.3 แหล่งน้ำบาดาลในภาคกลาง

แหล่งน้ำบาดาลในภาคกลางที่บริเวณที่ราบลุ่มเจ้าพระยา เป็นแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ที่สุดและให้น้ำมากที่สุดของประเทศไทยบ่อน้ำบาดาลแต่ละบ่อโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณกรุงเทพมหานครสามารถสูบได้ถึง 300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

แหล่งน้ำบาดาลในที่ราบลุ่มเจ้าพระยาแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

2.5.3.1 บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนใต้ (lower Chao Phraya basin) ซึ่งคลุมท้องที่ตั้งแต่อำเภอโนนสูง จังหวัดชัยนาท ไปจนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยา ชั้นกรวดทรายปละดินเหนียวที่สะสมตัวกันอยู่ในแอ่งเจ้าพระยามีความหนามากแล้วยังมีขนาดโตและลักษณะกลมมน มีดินเหนียวแทรกอยู่น้อย จึงทำให้เก็บกักน้ำได้มาก จากข้อมูลที่สำรวจทางอุทกธรณีวิทยาสามารถแบ่งชั้นน้ำได้ถึง 8 ชั้น และชั้นให้น้ำปริมาณมาก ปัจจุบันนิยมชั้นที่ 2,3 และที่ คือตั้งแต่ระดับ 80 เมตรไปจนถึง 250 เมตร ส่วนระดับลึกๆไม่นิยมเพราะค่าใช้จ่ายในการเจาะบ่อสูงมาก ซึ่งปัจจุบันมีการเจาะบ่อและสูบน้ำใช้ในระดับลึก 550 เมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2.5.3.2 บริเวณขอบแอ่งเจ้าพระยา ทั้งทางด้านตะวันตกและตะวันออก ขอบแอ่งซึ่งคลุมพื้นที่ตั้งแต่จังหวัดอุทัยธานีด้านตะวันตกของจังหวัดสุพรรณบุรีไปจนถึงนครปฐม ส่วนขอบแอ่งด้านตะวันออกจะคลุมพื้นที่ของจังหวัดลพบุรี สระบุรี นครนายก ปราจีนบุรี จนกระทั่งถึงจังหวัดฉะเชิงเทรา ปริมาณน้ำลดหลั่นลงมา ยิ่งใกล้ขอบแอ่งซึ่งเป็นภูเขาปริมาณน้ำยิ่งลดลง เช่นบริเวณอำเภอโคกสำโรง ชัยบาดาล ได้น้ำน้อยประมาณ 5 – 8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หินส่วนใหญ่เป็นหินภูเขาไฟไม่ค่อยให้น้ำ แต่ถ้าเจาะลงไปในหินปูนจะให้น้ำมาก

2.5.4 แหล่งน้ำบาดาลในภาคตะวันตก

บริเวณภาคตะวันตกภูมิประเทศส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยภูเขาพื้นที่ส่วนใหญ่รองรับด้วยหินแปร น้ำบาดาลที่จะได้ในหินประเภทนี้จะได้ในรอยแตกของหิน ปริมาณน้ำมีไม่มากนักแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีอยู่ในภาคนี้คือบริเวณที่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำแม่กลอง ตั้งแต่อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ท่าม่วง ท่ามะกา ในระดับตื้นๆ ให้น้ำมากสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้โดยการเจาะด้วยวิธีง่าย ๆ บ่อที่เจาะราคาไม่แพงนัก ดังนั้นจึงนิยมเจาะบ่อสูบน้ำขึ้นมาใช้ทำนามาก ทำให้ชาวนาในบริเวณดังกล่าวสามารถทำนาได้ปีละ 2 ครั้งโดยอาศัยน้ำบาดาล โดยได้มีการเจาะบ่อขนาด 4 นิ้ว สูบขึ้นมาใช้ในการปลูกอ้อยในบริเวณท้องนาที่บางอำเภอของจังหวัดสุพรรณบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี และนครปฐม

ส่วนแหล่งกรวดหินทรายริมเขา ตั้งแต่บริเวณจังหวัดราชบุรีไปจนถึงจังหวัดเพชรบุรีหัวหินและประจวบคีรีขันธ์ ส่วนใหญ่ให้ปริมาณน้ำน้อย บางแห่งไม่มีแหล่งน้ำจืดมีแต่น้ำเค็ม บางแห่งเป็นเนินเขาหรือภูเขารองรับอยู่ด้วยหินแปร ให้น้ำปริมาณ 5 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง และบางแหล่งไม่ให้น้ำเลยเช่น บริเวณอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาจนบุรี

2.5.5 แหล่งน้ำบาดาลในภาคตะวันออก

ลักษณะทางธรณีและลักษณะภูมิประเทศบริเวณภาคตะวันออกเป็นหินแข็งที่ไม่พบรอยแตกร้าว จึงเป็นบริเวณที่ให้น้ำบาดาลได้ยากมาก บริเวณตั้งแต่จังหวัดชลบุรีไปจนถึงจังหวัดระยอง และจันทบุรี พื้นที่ส่วนใหญ่รองรับอยู่ด้วยหินแกรนิตซึ่งในเนื้อหินเองไม่มียกเว้น จะเจาะในส่วนที่ผุแตกร้าว ดังนั้นบ่อที่เจาะตั้งแต่จังหวัดชลบุรีไปจนถึงระยองและจันทบุรีจะได้น้ำในหินแกรนิตผุพังในอัตราประมาณ 2 – 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางบ่ออาจให้น้ำสูงถึง 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ส่วนคุณภาพน้ำมักจะกร่อย ส่วนบ่อที่เจาะในรอยร้าวของหินแกรนิตจะให้คุณภาพน้ำจืดและดี เช่น บ่อบาดาลบริเวณวิทยาลัยสงฆ์จิตตภา อำเภอบางละมุง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2.5.6 แหล่งน้ำบาดาลในภาคใต้

บริเวณที่มีแหล่งบาดาลภาคใต้ที่ให้น้ำมากที่สุดได้แก่บริเวณที่ราบริมฝั่งทะเลด้านตะวันออก คือด้านอ่าวไทยตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลาและจากปัตตานีถึงนราธิวาส บริเวณดังกล่าวมีกรวดทรายหนาไม่น้อยกว่า 200 เมตร บริเวณบางแห่งเช่นอำเภอระโนด สามารถสูบน้ำได้ถึง 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่บางแห่งเช่นอำเภอเมืองจังหวัดสงขลาไปจนถึงอำเภอจะนะ มีน้ำน้อยมากเกินไป 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ส่วนบริเวณที่อยู่ห่างฝั่งทะเลตะวันออกไป บริเวณด้านตะวันตกของภาคใต้ประกอบด้วยหินแข็งปริมาณน้ำน้อยมีไม่มาก แต่หินแปรบริเวณภาคใต้จะมีน้ำมากกว่าหินแปรบริเวณภาคอื่น ๆ เช่น บริเวณอำเภอนาบอน จังหวัดนครศรีธรรมราช บ่อน้ำบาดาลแต่ละบ่อสามารถให้น้ำได้ถึงขนาด 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงส่วนหินแปรบริเวณจังหวัดสตูล สงขลา ปัตตานี ยะลา ให้น้ำน้อยอยู่ในเกณฑ์ 5 - 6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

2.6 คุณสมบัติของน้ำ

2.6.1. ความเป็นกรด-เบส (pH)

ความเป็นกรดของน้ำ เป็นความสามารถของน้ำที่จะให้โปรตอนหรือ ทั้งนี้รวมถึงกรดอ่อนที่แตกตัวได้น้อย (weaklyionizing acids) เช่น กรดคาร์บอนิก กรดแทนนิก ตลอดจนพวกเกลือซึ่งไฮโดรไลส์ได้ เช่น เฟอร์รัสซัลเฟต อะลูมิเนียมซัลเฟต และ พวกกรดแร่ เหล่านี้ล้วนมีส่วนเพิ่มความเป็นกรดเมื่อตัวอย่างน้ำมีค่าพีเอชต่ำ ความเป็นกรดมีความสำคัญเพราะเป็นตัวที่ทำให้น้ำเกิดการกัดกร่อน และมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางเคมีและทางชีวะ หาความเป็นกรดของน้ำได้โดยการไทเทรตน้ำนั้นด้วยด่างแก่ทราบความเข้มข้นแน่นอน เช่น NaOH จนถึงพีเอชที่กำหนด ความเป็นกรดเบสของน้ำทำให้ทราบถึงคุณภาพของแหล่งน้ำ ความเป็นกรดเป็นเบสในน้ำที่สำคัญคือ

1. Carbon Dioxide Acidity —

คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำตามธรรมชาติทั่ว ๆ ไป สำหรับน้ำผิวดินจะได้รับแก๊สนี้จากบรรยากาศโดยการดูดซึม แต่ในกรณีนี้จะเป็นไปก็ต่อเมื่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำน้อยกว่าในอากาศ คาร์บอนไดออกไซด์อาจเกิดขึ้นจากการออกซิเดชันทางชีวะของสารอินทรีย์ในน้ำ โดยเฉพาะในน้ำโสโครก ในกรณีนี้ ถ้าการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นน้อย ความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำจะสูงกว่าในอากาศ ก็จะหนีสู่บรรยากาศ จะเห็นได้ว่าการดูดและคายคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างน้ำ และอากาศ จะมีอยู่ตลอดเวลาเพื่อรักษาปริมาณของมันให้คงที่ คือให้อยู่สมดุลกับน้ำ

สำหรับน้ำบาดาลและน้ำจากชั้นล่างของทะเลสาบ หรือ อ่างเก็บน้ำที่มีการแบ่งชั้นของน้ำเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (thermal stratification) จะมีคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในปริมาณสูงกว่าน้ำผิวดิน ทั้งนี้การออกซิเดชันของสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียทั้งแบบใช้ออกซิเจน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา Songkhla Rajabhat University

และไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะไม่ถูกจำกัดโดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ตอนเริ่มต้นปกติมักพบน้ำใต้ดินมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง 30 - 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อน้ำไหลผ่านชั้นของดินที่มีแคลเซียมคาร์บอเนต หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต ไม่พอที่จะสะเทินคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อให้เกิดความเป็นไบคาร์บอเนต ดังสมการ

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

ความเป็นกรดของน้ำที่เกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์เรียกว่า carbondioxide acidity ซึ่งพบว่าคาร์บอนไดออกไซด์หรือกรดคาร์บอนิกอย่างเดียวจะไม่ทำให้พีเอชของน้ำลดลงต่ำกว่า 4.5

2. ความเป็นกรดเนื่องจากกรดแร่ (Mineral Acidity)

ความเป็นกรดที่เกิดขึ้นเนื่องจากกรดแร่ที่เป็นกรดแก่ น้ำที่มีความเป็นกรดชนิดนี้จะมีพีเอชต่ำกว่า 4.5 พบในน้ำทิ้งจากโรงงานถลุงโลหะ โรงงานผลิตพวกสารอินทรีย์ แต่น้ำธรรมชาติอาจมี mineral acidity ได้ เช่น ในกรณีที่น้ำไหลผ่านเหมืองเก่า ๆ ซึ่งมักจะมีพวกกรดกำมะถัน เกลือของกรดกำมะถัน ซัลไฟด์เหล็กไพไรต์ (FeS_2) สำหรับ 2 ตัว หลังอาจถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดกำมะถัน และซัลเฟตโดยอาศัย sulfuroxidizing bacteria ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ดังสมการ

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4$$

$$FeS_2 + 3O_2 + 2H_2O \longleftrightarrow FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

เกลือของโลหะหนักโดยเฉพาะพวกที่มีเวเลนซี 3 เช่น Fe^{3+}, Al^{3+} จะถูกไฮโดรไลส์ในน้ำปล่อยพวก mineral acidity ออกมา เช่น

$$FeCl_3 + 3H_2O \longrightarrow Fe(OH)_3 + 3H^+ + 3Cl$$

ซึ่งในกรณีที่มีสารนี้จะเกิดเป็นตะกอนขึ้น เมื่อพีเอชของสารละลายเพิ่มขึ้นในปฏิกิริยาสะเทินสำหรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดที่มีกรดอินทรีย์อยู่จะทำการหาปริมาณกรดได้ดีโดยใช้ electrometric titration curve

ความเป็นกรดมีความสำคัญเพียงเล็กน้อยทางด้านสุขาภิบาลและสาธารณสุขและปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในเครื่องดื่มต่าง ๆ จัดว่าสูงกว่าที่มีอยู่ตามธรรมชาติมากแต่ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพของคนเลย น้ำที่มี Mineral acidity โดยทั่วไปจะมีรสไม่น่าบริโภคแต่ก็ยังไม่เคยมีปัญหาทางด้านสุขาภิบาล ความเป็นกรดในน้ำนั้นมีสมบัติในการกัดกร่อน ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำใช้ในการคำนวณหาปริมาณปูนขาวที่จะใช้เพื่อกำจัดความกระด้างของน้ำโดยวิธี lime soda นอกจากนี้ในการกำจัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวะจะต้องควบคุมพีเอชให้อยู่ในระหว่าง 6 - 8.5 ซึ่งเป็นพีเอชที่เหมาะสม ในการนี้ต้องใช้สารเคมีซึ่งการหาค่าคำนวณปริมาณที่จะใช้ต้องอาศัยค่าความเป็นกรดด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา Phranakhon Rajabhat University

ความเป็นด่างเป็นความสามารถของน้ำที่จะรับโปรตอนหรือเป็น quantitative capacity ของน้ำนั้นสะเทินกรดแก่จนถึงพีเอชที่ต้องการ ค่าที่วัดอาจจะแตกต่างกันไปแล้วแต่จุดยุติ (end point) พีเอช ที่ใช้ในการหาความเป็นด่างของน้ำตามธรรมชาติมักเกิดจาก

1. เกลือของกรดอ่อน (salt of weak acids) เช่นคาร์บอเนต บอเรต ฟอสเฟต ซิลิเกต ตลอดจนเกลือของกรดอินทรีย์บางตัวที่มีความทนทานต่อการออกซิเดชันทางชีวะ เช่น กรดฮิวมิค ส่วนใหญ่แล้วจะได้แก่ พวกไบคาร์บอเนตซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของ CO_2, H_2O และสารที่เป็นด่างที่มีอยู่ดังสมการ

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

2. เบสแก่และเบสอ่อน (strong and weak base) เช่น ไฮดรอกไซด์ ในบางสภาวะธรรมชาติอาจมีพวกคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์อยู่ในปริมาณสูง เช่น น้ำผิวดิน ซึ่งมีสาหร่ายมาก สาหร่ายมีการสังเคราะห์ CO_2 จากน้ำไปใช้ในการปรุงอาหาร (photosnthesis) ทำให้พีเอชของน้ำสูงขึ้นประมาณ 9 – 10 น้ำที่ใส่หม้อต้มน้ำ (boiler water) จะมีพีเอชสูง ทั้งนี้เพราะเมื่อต้มไบคาร์บอเนตที่มีอยู่ในน้ำจะถูกเปลี่ยนให้เป็นคาร์บอเนตและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคาร์บอเนตจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นไฮดรอกไซด์กับคาร์บอนไดออกไซด์ และถูกขับออกไปเมื่อน้ำเดือดเหลือไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นด่างแก่ ฉะนั้นในบางสภาวะจะทำให้พีเอชสูง

น้ำที่ผ่านกรรมวิธีทางเคมี โดยเฉพาะการทำให้หายกระด้าง (water softening) โดยใช้ไลม์โซดาแอชน้ำพวกนี้จะมีพีเอชสูง เพราะมีไฮดรอกไซด์เหลืออยู่ในน้ำ สรุปแล้วความเป็นด่างสาเหตุส่วนใหญ่มาจากองค์ประกอบของสารละลาย 3 ชนิดด้วยกัน ซึ่งจะเรียงกันไป โดยพิจารณาการที่มันทำให้น้ำมีค่าพีเอชสูงจากมากไปหาน้อย คือ

1. ไฮดรอกไซด์
2. คาร์บอเนต
3. ไบคาร์บอเนต

น้ำที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ ทางเคมีจะมีพีเอชสูงเนื่องจาก alkalinity ค่าความเป็นด่างในน้ำควรจะมีเพียงพอสำหรับการเกิดเป็นตะกอน ในน้ำประปามีปริมาณของ CO_3^{2-} OH^- และ HCO_3^- ซึ่งเป็นบ่อเกิดของความเป็นด่างของแข็งที่ละลายน้ำและแคลเซียม ทั้งนี้เพราะข้อบังคับซึ่งอนุญาตให้มีค่าของที่ละลายน้ำมิลลิกรัมต่อลิตร และพีเอช 6 - 8.5 จะต้องมีค่าความเป็นด่างอย่างต่ำ 30 mg/l ส่วนค่าด่างสูงสุดในน้ำประปาขึ้นอยู่กับปริมาณด่าง ถ้าสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตรไม่เหมาะจะทำน้ำประปา น้ำที่จะทำน้ำประปามีค่าความเป็นด่างระหว่าง 30 - 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง มีความสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำธรรมชาติ และน้ำเสียต่าง ๆ ใช้การชี้บอกถึงความเข้มข้นของ CO_3^{2-} HCO_3^- และOH^- ซึ่งเป็นองค์ประกอบของความเป็นด่างในน้ำธรรมชาติ ค่าที่วัดได้อาจรวมทั้งส่วนที่มาจากบอเรตซิลิเกต หรือฟอสเฟตที่อยู่ในกรณีที่มี alkaline earth ในความเข้มข้นสูง อาจใช้ค่าความเป็นด่างในการพิจารณาความเหมาะสมของน้ำนั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ในการชลประทาน ค่าความเป็นด่างยังใช้ในการแปลผลและควบคุมขบวนการปรับปรุงน้ำเสีย น้ำโสโครกดิบจากอาคารบ้านเรือนมีค่าความเป็นด่างสูงกว่าน้ำประปาเพียงเล็กน้อย การทำ anaerobic digest ที่เหมาะจะทำให้มีค่าความเป็นด่างในช่วง 2,000 - 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต สำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมค่าความเป็นด่างจะชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ถ้าแหล่งของตัวอย่างที่เก็บมามีระดับความเป็นด่างที่ค่อนข้างคงตัว

รูป 2.2 เครื่องมือ พีเอชมิเตอร์ (pH meter)

2.6.2 ความขุ่น (Turbidity)

คำว่าความขุ่น (turbid) หมายถึง น้ำที่มีพวกสารห้อยแขวน ซึ่งขัดขวางทางเดินของแสงที่ผ่านน้ำนั้น ความขุ่นของน้ำที่เกิดจากการที่น้ำมีสิ่งห้อยแขวนอยู่ เช่น ดินละเอียด อาจเป็นพวกสารอินทรีย์สาร อนินทรีย์ สารแพลงก์ตอน (plankton) และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ (microscopic organisms) สารพวกนี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย (scattered) และดูดซึม (absorb) ของแสง แทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารห้อยแขวนในน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ของความขุ่นอาจจะมีขนาดตั้งแต่คอลลอยด์ ซึ่งละเอียดมาก จนกระทั่งถึงทราย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสาเหตุของความขุ่นในน้ำตามทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำซึ่งค่อนข้างสงบนิ่งในขณะที่น้ำตามแม่น้ำ ซึ่งกระแสน้ำพัดแรง ความขุ่นส่วนใหญ่จะเนื่องจากสารห้อยแขวนขนาดใหญ่ สารเคมีบางอย่างก็เป็นบ่อเกิดของความขุ่น เช่น เหล็ก แมงกานีส ซึ่งพบมากในน้ำบ่อน้ำบาดาล น้ำเหล่านี้เมื่อนำมาใหม่ ๆ จะมองเห็นใส แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้สัมผัสกับอากาศจะเกิดความขุ่นขึ้น เพราะออกซิเจนจากอากาศ ไปออกซิไดส์สารเหล่านี้ให้ไปอยู่ในรูปซึ่งเป็นตะกอน เช่น เฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ $Fe(OH)_3$ เป็นตะกอนสีเหลือง หรือน้ำตาลแดง นอกจากนี้แบคทีเรีย ซึ่งอาศัยสารเคมี เช่น เหล็ก กำมะถัน และแมงกานีส เป็นแหล่งพลังงาน เมื่ออยู่ในน้ำที่มีสารเหล่านี้จะเจริญเติบโตมากมายทำให้น้ำขุ่นได้เช่นกันความขุ่นมีความสำคัญต่อการผลิตน้ำประปาในแง่ความน่าดื่มน่าใช้ อายุของเครื่องกรอง และการฆ่าเชื้อโรค

รูป 2.3 เครื่องมือ Turbidity meter

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2.6.3 ความกระด้าง (Hardness)

เป็นสภาพน้ำที่ไม่เกิดฟองกับสบู่และทำให้เกิดตะกอนเมื่อนำน้ำไปต้ม ความกระด้างของน้ำเกิดจากอิออนของโลหะแคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) แอนอิออน ที่เกี่ยวข้องกับความกระด้างของน้ำได้แก่ HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-, และ NO_3^- ความกระด้างของน้ำมีผลเสียต่อสุขภาพและมีข้อเสียในแง่ของทางเศรษฐกิจคือในการซักผ้าต้องใช้ปริมาณสบู่มากขึ้นจึงจะเกิดฟองและทำให้เกิดตะกอนในหม้อน้ำ ซึ่งทำให้ต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้น ตามปกติแสดงความกระด้างของน้ำในรูปของ $CaCO_3$

ความกระด้างของน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

ก. ความกระด้างคาร์บอเนต (Carbonate **hardness)** เป็นความกระด้างชั่วคราว มีสาเหตุจากสารพวกคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียม

ข. ความกระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนต (Non- Carbonate hardness) เป็นความกระด้างถาวรที่มีสาเหตุมาจากสารพวกซัลเฟต คลอไรด์และไนเตรตของแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำ เกณฑ์ที่ใช้บอกความกระด้างของน้ำดังแสดงในตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ที่ใช้บอกความกระด้างของน้ำมีดังนี้

ช่วงความกระด้าง (mg/l $CaCO_3$)	สภาพความกระด้าง
0 – 50	น้ำอ่อน
51 – 100	น้ำค่อนข้างอ่อน
101 – 150	น้ำกระด้างเล็กน้อย
151 – 200	น้ำกระด้างปานกลาง
201 - 300	น้ำกระด้าง
มากกว่า 300	น้ำกระด้างมาก

2.6.4 ของแข็งที่ละลายน้ำ (**Solid**)

ของแข็ง หมายถึง สารที่เจือปนอยู่ในน้ำ ที่แขวนลอยหรือละลายอยู่อาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์ ซึ่งเมื่อระเหยน้ำออกจะมีสารเจือปนเหล่านี้อยู่

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2.6.5 โลหะหนัก (Heavy metal)

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นเกินกว่า 5 กรัม/ลบ.ซม. ตัวอย่างเช่น ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท นิเกิล โครเมียม โคบอลต์ สังกะสี เหล็ก ทองแดง เป็นต้น แม้ว่าโลหะหนักหลายชนิด เช่น ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม จะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตสูงมาก แต่จากปริมาณและอัตราการหมุนเวียนปรากฏอยู่ในธรรมชาติมีโอกาสที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตน้อยมาก แต่ในระยะไม่กี่สิบปีปริมาณและการหมุนเวียนดังกล่าวได้ถูกรบกวนโดยกระบวนการทั้งด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมทำให้โลหะหนักมีการสะสมเพิ่มปริมาณมากขึ้น

โลหะหนักส่วนใหญ่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกัน แต่สมบัติทางเคมีแตกต่างกันมาก จึงมีผลทำให้ความเป็นพิษที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตแตกต่างกันออกไปเป็นหลายแบบเราจะถือว่าโลหะหนักชนิดใดเป็นสารพิษก็ต่อเมื่อมีระดับความเข้มข้นสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่ ดูตารางที่ 2.4

ระดับความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป บางชนิดมีพิษสูงมากแม้จะมีระดับความเข้มข้นต่ำมาก เช่น ปรอท แคดเมียม โลหะหนักบางชนิดแม้เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และเมตาโบลิซึมของสิ่งมีชีวิต แต่ถ้ามีระดับมากเกินไปก็สามารถเป็นอันตรายได้ เช่น ทองแดง สังกะสีความเป็นพิษของโลหะหนักเกิดจากการรบกวนเมตาโบลิซึม (Metabolism) ของเซลล์ที่สำคัญคือ การรบกวนการทำงานของเอนไซม์ โลหะหนักที่มีค่าอิเลคโตรเนกาติวิตีสูง เช่น ทองแดง ปรอท และเงินจะยึดจับกับกลุ่มอะมิโน อิมิโน และซัลฟไฮดริลของเอนไซม์ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่มีกลุ่มเหล่านี้ ความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น คุณสมบัติของโลหะหนัก ขนาด หรือปริมาณที่ได้รับ เส้นทางที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย ระยะเวลาที่ได้รับ ความแตกต่างของความต้านทานในแต่ละบุคคล อายุ และมาตราการป้องกันในการใช้สารเคมีเป็นต้น

สิ่งมีชีวิตตอบสนองต่อพิษของโลหะหนักได้หลายแบบ โดยเฉพาะมีผลที่สำคัญต่อพฤติกรรมในระดับเซลล์โดยแบ่งเป็นแบบต่าง ๆ ได้ 5 แบบ คือ

1. ทำให้เซลล์ตาย
2. เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์
3. เป็นตัวการชักนำให้เกิดมะเร็ง
4. เป็นตัวทำให้เกิดความผิดปกติแต่กำเนิด
5. ทำความเสียหายต่อโครโมโซม (Chromosome)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.3 ปริมาณโลหะที่ร่างกายทนได้โดย ไม่เกิดอันตราย ปริมาณที่ได้รับต่อวันและปริมาณที่มีบนผิวโลก

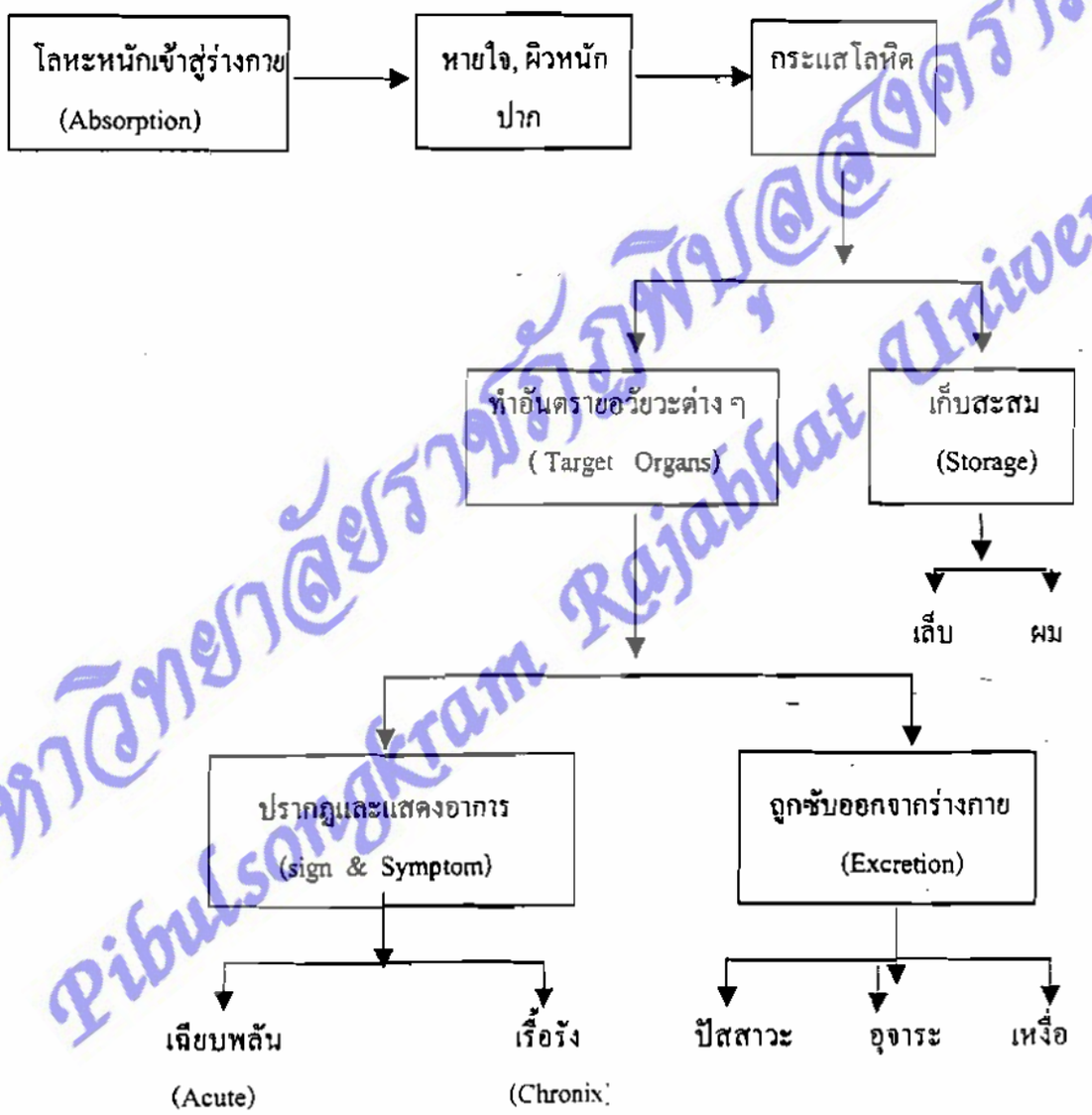
ELEMENT	HUMAN BODY BURDEN (Mg/70 kg)	DAILY TAKE (mp)	EARTHS CRUST (ppm)
Alumium	100	36.4	81,3000
Antimony	<90		0.1
Arsenic	<100		400
Barium	16	0.7	16
Bomn	<10	16	0.2
Cadmium	30	0.01 -0.02	36,300
Calcium	1,050,000	0.0184.20	1
Cesium	<0.01		200
Chromium	<6	0.06	23
Cobalt	1	0.3	45
Copper	100	3.2	1
Germanium	Trace	1.5	0.005
Gold	<1		50,000
Iron	4.100	1.5	15
Lead	120	0.3	30
Magnesium	20,000	2	20,900
Maganese	20	500	1,000
Mercury	Trace	0.02	0.5
Molybdenum	9	0.35	1
Nickel	<10	0.45	80
Niobium	100	0.06	24
Potassium	140,000		25,900
Rubidium	1,200	10	120
Selenium	15	0.06 -0.15	0.090
Silver	<1		0.1
Sodium	105,000		28,300
Strontium	140	2	450
Tellurium	600	0.6	0.002
Tin	30	17	3
Zinc	2,300	12	65
Zircronium	250	3.3	70

* data derived largely form schrocder, 1965b

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เมื่อโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายจะเข้าสู่กระแสเลือดแล้วไปยังอวัยวะต่าง ๆ ทำลายหรือสะสมในอวัยวะนั้น ขึ้นอยู่กับกลไกล ปฏิกิริยา และปริมาณที่ได้รับ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

โดยทั่วไปแล้วแหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีปริมาณของโลหะหนักอยู่น้อย โรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนักจะเป็นสาเหตุหลักที่จะทำให้ ปริมาณของโลหะหนักในน้ำสูงขึ้นซึ่งทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำ โลหะหนักจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม แมงกานีส สังกะสี ฯลฯ



รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงการเกิดอันตรายของโลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกาย

146120

2.6.5.1 ตะกั่ว (Lead : Pb)

ลักษณะและสมบัติของตะกั่ว ตะกั่วเป็นธาตุที่อยู่ในหมู่ IVB ของตารางธาตุ ใช้สัญลักษณ์ Pb เลขอะตอม 82 ความหนาแน่น 11.4 จุดหลอมเหลว 327.5 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1,725 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชั่น 0 , +2 และ +4 ตะกั่วเป็นโลหะที่มีน้ำหนัก มีเนื้ออ่อน (Soft) จึงสามารถทำให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ง่ายแต่ไม่สึกกร่อนเร็วเหมือนกับเหล็ก มีลักษณะสีขาวแกมน้ำเงิน (พรรณี เดชกำแหง . 2521 : 50)

การนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์

1. ใช้ในการสังเคราะห์สารเตตระเอทิลเลด (Tetraethyllead เขียนย่อว่า TEL) ซึ่งเป็นสารที่ใช้เติมใส่แก๊สโซลีนเพื่อเพิ่มเลขออกเทน (Octane Number) ของแก๊สโซลีน สาร TEL เองเป็นพิษอย่างแรง ดังนั้น แก๊สโซลีนที่มีการเติม TEL จึงมักเติมสี (ทั่วไปสีแดง) เพื่อเป็นการเตือนในตัว

2. ใช้ในแบตเตอรี่รถยนต์

3. ใช้งานอื่น ๆ ได้แก่ ใช้งานบัดกรี ทำโลหะเชื่อมใช้ในการทำท่อในอุตสาหกรรมเคมี เช่น อุตสาหกรรมผลิตกรดซัลฟิวริก กระสุนปืน และเคยใช้ผสมสีทาบ้าน (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์ . 2525 : 309)

การแพร่กระจายของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันปัญหาของพิษจากสารตะกั่วยังเพิ่มมากขึ้น และพบได้บ่อยขึ้น มีการพบสารตะกั่วทั้งในอากาศ ดิน น้ำ พืช และเครื่องอุปโภคบริโภคในครัวเรือน ทำให้มนุษย์มีโอกาสที่จะสัมผัสหรือรับสารตะกั่วมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันเราใช้ตะกั่วทำแบตเตอรี่รถยนต์ เคลือบสายเคเบิล เชื่อมโลหะ (ไมตรี สุทธิจิตต์ . 2531 : 75)

ตะกั่วมีพิษร้ายแรงต่อมนุษย์ และสัตว์ สามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง เช่น ทางอาหารและน้ำ ทางลมหายใจและทางผิวหนัง พิษจากตะกั่วทำให้ร่างกายมีความผิดปกติต่างๆ เช่น คลื่นไส้ อาเจียน มีอาการทางประสาทกล้ามเนื้อ นอนไม่หลับ คลุ้มคลั่ง เกิดความสับสน ปวดศีรษะ ถ้าได้รับในปริมาณมาก ๆ อาจชักตายได้ ร่างกายสามารถขับถ่ายตะกั่วออกมาได้เพียงบางส่วน ส่วนที่เหลือจะสะสมอยู่ในร่างกายที่ตับไต เลือด และเซลล์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นอันตรายได้ในภายหลัง ตะกั่วพบได้ในน้ำเสียจากโรงงานหล่อหลอมและชุบโลหะ โรงงานแบตเตอรี่ เป็นต้น นอกจากนี้ในน้ำธรรมชาติและน้ำประปาก็พบว่ามีตะกั่วแต่ปริมาณน้อย สาเหตุการปนเปื้อนของตะกั่วในแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากการปล่อยน้ำเสียจากโรงงาน จากการทำเหมืองแร่และจากน้ำฝนที่ชะล้างตะกั่วในอากาศ และพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ สำหรับน้ำประปาอาจมีตะกั่วเจือปนอยู่ได้จากน้ำดิบที่ใช้ผลิต และจากท่อจ่ายน้ำบริเวณข้อต่อที่ต้องมีการบัดกรีด้วยตะกั่ว ดังนั้น จึงกำหนดให้มีตะกั่วในน้ำประปาได้ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (มั่นสิน ตัณฑุลเวสม์ . 2538 : 274)

อันตรายจากตะกั่วที่ปรากฏในกรุงเทพฯ ที่ ต.บางกรุ อ.พระประแดง จากการสำรวจของสถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อมหาตะกั่วในน้ำบาดาลที่ใช้ดื่ม มีตะกั่ว สูงกว่าระดับปกติ 10 เท่า

อันตรายจากตะกั่วมีพิษต่อคนจะมาในรูปของ ผง ฝุ่น ควัน หรือไอระเหย ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายคนได้ 3 ทาง คือ

1. ทางผิวหนัง ตะกั่วที่ใช้ในการผสมน้ำมันเชื้อเพลิง ถ้าน้ำมันหยดลงไปบนผิวหนังของคนงาน ตะกั่วจะซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่กระแสโลหิต

2. ทางปาก ผู้ที่ต้องทำงานจับต้องตะกั่วแล้วล้างมือไม่สะอาดไปจับต้องอาหารการกิน หรือฝุ่นละอองของตะกั่วปะปนลงไปในอาหารและน้ำดื่ม

3. ทางจมูก โดยการหายใจฝุ่นละออง ควัน หรือไอระเหยของตะกั่วเข้าไป

ผู้ที่แพ้พิษของตะกั่วโดยทั่วไปอาจเกิดอาการโดยเฉียบพลัน หรือเรื้อรังก็ได้ ทำให้เกิดการปวดท้อง อาเจียน ท้องเดิน เบื่อแห้ง กระหายน้ำ ปวดศีรษะ นอนไม่หลับ น้ำหนักลด ที่เหงือกมีเส้นตะกั่วสีเทาดำ ถ้ามีตะกั่วในเลือดสูงจะทำให้มือเท้าแตก

การป้องกันและควบคุมทำได้ดังนี้ (ทวี ฤกษ์สำราญ ,2520 : 53-55)

1. จากผลการค้นคว้าพบว่าร่างกายช่วยขับถ่ายตะกั่วออกมาทางอุจจาระถึง 90%

2. คนที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อเลิกงานแล้วต้องเปลี่ยนเสื้อผ้า อาบน้ำชำระร่างmu สระผมให้สะอาด และล้างมือให้สะอาดก่อนรับประทานอาหารทุกครั้ง

3. ขณะปฏิบัติงานต้องมีผ้าปิดจมูก และการระบายอากาศในโรงงานต้องดี โดยการติดตั้งเครื่องดูดอากาศ

4. โรงงานอุตสาหกรรมจะต้องสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย และมีการควบคุมน้ำทิ้ง มิให้มีสารตะกั่วเจือปน

5. หลีกเลี่ยงการใช้ภาชนะที่ทำด้วยตะกั่ว

6. น้ำทิ้งจากโรงงานไม่ควรมีตะกั่วมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

สารอินทรียเกิดขึ้นมากและการท เมมออกซเจนรนา แสดง วแบนดมาว anaerobic

2. บ่อน้ำบางแห่งที่มีคุณภาพน้ำดีมักมีเหล็กอยู่ในปริมาณต่ำแต่หลายปีต่อมาพบว่าคุณภาพเลวลง ทั้งนี้เนื่องจากมีการทิ้ง Oraganic waste ลงในดินรอบ ๆ หรือใกล้บ่อ ซึ่งทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนในน้ำ

3. ปัญหาของเหล็กในอ่างเก็บน้ำเกี่ยวข้องกับการแบ่งชั้นของน้ำ เนื่องจากการแตกต่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม PibulSongKram Rajabhat University

2.6.5.2 เหล็ก (Iron : Fe)

เหล็ก เป็นธาตุที่อยู่ในหมู่ IVB ใช้สัญลักษณ์ Fe มีเลขอะตอม 26 จุดหลอมเหลว 1539 องศาเซลเซียสจุดเดือด 2887 องศาเซลเซียส มีเลขออกซิเดชัน +3 , +2 และ –3 แคตไอออนหมู่นี้จะตกตะกอนเป็นซัลไฟด์ และไฮดรอกไซด์ในสารละลายที่เป็นด่าง

ในน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในน้ำใต้ดินจะพบเหล็กอยู่เสมอ เหล็กถือว่าเป็นธาตุที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่เป็นสารที่ก่อปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำประปา เช่น ทำให้น้ำมีสีแดงขุ่น และมีกลิ่น ทำให้เกิดคราบสนิมขึ้นกับเครื่องสุขภัณฑ์หรือทำให้เสื้อผ้าเปื้อน ปกติแล้วเหล็กในดินอยู่ในรูปไม่ละลายน้ำ แต่เนื่องจากดินมีแบคทีเรียซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ คาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อละลายน้ำจะให้กรดคาร์บอนิก ซึ่งเป็นกรดอ่อน ดังนั้นเมื่อน้ำเหล่านี้ไหลผ่านดินที่มีเหล็ก ก็ทำให้เกิดปฏิกิริยากับ แร่ธาตุเหล่านี้ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ อย่างไรก็ตามปฏิกิริยานี้ไม่เกิดขึ้นถ้าในดินยังมีออกซิเจนอยู่ แต่ถ้าเมื่อใดที่เปลี่ยนไปเป็นสภาวะที่ขาดออกซิเจน (anaerobic condition) ซึ่งเหล็กอยู่ในรูป Fe_2O_3 (ไม่ละลายน้ำ) และ $FeCO_3$ (ละลายน้ำได้น้อย) ก็จะถูกให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ Fe^{2+} ซึ่งละลายน้ำได้ดังสมการ

$$FeCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Fe^{2+} + 2HCO_3^-$$

ถ้าเพิ่งนำน้ำบาดาลขึ้นจากใต้ดินน้ำจะใสเพราะเหล็กละลายอยู่ในรูปของเหล็กซัลเฟอรัส แต่เมื่อน้ำบาดาลนั้นสัมผัสกับออกซิเจนที่ได้จากอากาศน้ำจะขุ่น ทั้งนี้ เพราะเหล็กเฟรัสจะถูกออกซิไดส์กลายเป็นเหล็ก เฟอริค (Fe^{3+}) ซึ่งไม่ละลายน้ำ เช่น เฟอริคไฮดรอกไซด์ เป็นต้น น้ำผิวดินมักมีเหล็กละลายอยู่น้อยกว่าน้ำบาดาล เหล็กที่พบในน้ำผิวดินอาจเป็น เหล็กอินทรีย์ ซึ่งเป็นสารประกอบของเหล็กที่อยู่รวมกับสารอินทรีย์ ซึ่งเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืชในน้ำ

ส่วนใหญ่แล้วเหล็กจะเข้ามาสู่น้ำประปาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เนื่องจากปฏิกิริยาทาง ชีววิทยา ข้อสนับสนุนคือ

1. น้ำบาดาลที่มีเหล็กอยู่ในปริมาณสูงมักจะขาดออกซิเจน และมีคาร์บอนไดออกไซด์มาก น้ำเหล่านี้จะพบเหล็กอยู่ในรูป Fe^{2+} การที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงแสดงว่ามีการออกซิเดชันของสารอินทรีย์เกิดขึ้นมากและการที่ไม่มีออกซิเจนในน้ำ แสดงว่าเป็นสภาวะ anaerobic

2. บ่อน้ำบางแห่งที่มีคุณภาพน้ำดีมักมีเหล็กอยู่ในปริมาณต่ำแต่หลายปีต่อมาพบว่าคุณภาพเสื่อมลง ทั้งนี้เนื่องจากมีการทิ้ง Orgganic waste ลงในดินรอบ ๆ หรือใกล้บ่อ ซึ่งทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนในน้ำ

3. ปัญหาของเหล็กในอ่างเก็บน้ำเกี่ยวข้องกับการแบ่งชั้นของน้ำ เนื่องจากการแตกต่างของอุณหภูมิพบว่าจะเกิดในชั้น Hypolimnion ที่มีสภาวะ anaerobic เท่านั้น เพราะเหล็กจากดิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ข้างใต้อ่างเก็บน้ำจะถูกปล่อยเข้ามาในชั้นนี้ เมื่อเกิดการหมุนเวียนรวมตัวของน้ำทำให้เกิดเกี่ยวกับปริมาณที่สูงของธาตุทั้งสองในน้ำที่จะนำมาทำประปานั่นคือภายใต้สภาวะ anaerobic เหล็กในรูปที่ไม่ละลายน้ำจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำบาดาลนี้สูง

การที่น้ำดื่มมีปริมาณของเหล็กจะไม่มีอันตราย แต่น้ำเหล่านี้เมื่อถูกกับอากาศออกซิเจนจะไปออกซิไดซ์เหล็กให้กลับมาอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้น้ำขุ่น และมีสีเกิดความไม่น่าดื่มขึ้น นอกจากนี้เหล็กยังเป็นแหล่งอาหารให้กับแบคทีเรียที่เรียกว่า Iron Bacteria อีกด้วย การเติบโตของแบคทีเรียดังกล่าวทำให้น้ำประปามีกลิ่น และรสเป็นที่น่ารังเกียจ ดังนั้น มาตรฐานน้ำดื่มไม่ควรมีเหล็กเกินกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อนุโลมให้มีได้ถึง 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแม้ว่าเหล็กจะเป็นธาตุอาหารของมนุษย์เพราะช่วยทำให้เม็ดเลือดมีสีแดง แต่ถ้าร่างกายได้รับเหล็กมากเกินไป และไม่สามารถขับถ่ายเหล็กออกมาได้หมด เหล็กจะถูกสะสมไว้ที่ตับ ทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับตับได้

2.6.5.3 ทองแดง (Copper : Cu)

ลักษณะและสมบัติของทองแดง ทองแดงเป็นธาตุที่อยู่ในหมู่ IB mud 4 ของตารางธาตุ มวลอะตอม 63.54 เลขอะตอม 29 ความหนาแน่น 8.96 จุดหลอมเหลว 1,083 องศาเซลเซียส จุดเดือด 2,595 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชัน +1 และ +2 จากคุณสมบัติอ่อน ตัดง่าย นำไฟฟ้าได้ดี จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า ทองแดงบริสุทธิ์มีสีแดง มีความแวววาว มีความเหนียวและเหนียว สามารถดึงเป็นเส้น และถ้าเป็นแผ่นบางๆ มีสมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อนดีเยี่ยม (เป็นที่สองรองจากโลหะเงิน)

ทองแดงในธรรมชาติ โลหะทองแดงในรูปธาตุอิสระมีในธรรมชาติ และในหลาย ๆ แห่งของโลกเรา เคยมีในปริมาณสูง แต่ปัจจุบันทองแดงในแหล่งเหล่านี้ได้ถูกขุดนำมาใช้ประโยชน์เกือบหมดแล้ว ที่เหลืออยู่มีเพียงไม่กี่แห่ง และแห่งหนึ่งที่ยังมีปริมาณสูงพอในเชิงพาณิชย์อยู่ที่รัฐมิชิแกน สหรัฐอเมริกา ส่วนทองแดงในรูปสารประกอบ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่รวมกับเหล็ก กำมะถัน คาร์บอนและออกซิเจนมีกระจายทั่วไปตามที่ต่าง ๆ ของโลกเรา (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2525 : 144)

การนำทองแดงมาใช้ประโยชน์ จากคุณสมบัติของทองแดงสามารถตีแผ่เป็นแผ่นบาง ๆ ได้ง่าย ทำให้เป็นรูปต่าง ๆ หรือทำให้เป็นเส้นลวดเล็ก ๆ ได้ และยังไม่สึกกร่อนเร็วในอากาศ จึงนำทองแดงมาใช้ประโยชน์ในการทำถ้วย เหยือกน้ำ แจกัน และภาชนะในการหุงต้ม เพราะนำความร้อนได้ดี และใช้ทำสายไฟฟ้า สายโทรศัพท์ มอเตอร์ไฟฟ้า และเครื่องรับวิทยุ โทรทัศน์ ซึ่งมีลวดทองแดงเป็นส่วนประกอบ เพราะทองแดงนำไฟฟ้าได้ดี (คณะอาจารย์ภาควิชาเคมี. 2521 : 200) ทำเหรียญ ทำหลังคา ทำโลหะผสม เช่น บรอนซ์และ ทองเหลือง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี@สงคราม Phetchaburi Rajabhat University

การแพร่กระจายของทองแดงในสิ่งแวดล้อม ทองแดงในแร่มีการละลายน้อยมาก การมีปริมาณของโลหะทองแดงในน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมักมาจากการผุกร่อนของผลิตภัณฑ์ที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ เช่น จากทองแดง จากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม ฮาเวอร์ท และสเปรจ ได้กล่าวถึงทองแดงที่เกิดจากการ ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม มักเนื่องมาจากการใช้ยากำจัดศัตรูพืช ยาฆ่าเชื้อรา และจุลินทรีย์ และจะมีผลต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำเป็นส่วนใหญ่ ได้มีการศึกษากันมากเกี่ยวกับระดับทองแดงในแหล่งน้ำต่าง ๆ ดังรายงานของ ไอเซม เบิร์ก และทอปปิง (Eisem Berg and **Topping.** 1980 : 649 - 671) ซึ่งพบว่าในหอยนางรม หอยกาบ และปู ในอ่าวเชลบิค (Chesapeake) มีระดับทองแดงโดยเฉลี่ย 2.6 , 5.3 และ 5.9 ppb ตามลำดับ ทองแดงจะจับตัวกับสารประกอบอินทรีย์กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อน นอกจากนี้พบว่า อุณหภูมิ ความกระด้างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ ตลอดจนความเป็นกรดด่างของน้ำมีผลต่อการสะสมทองแดงทั้งสิ้น

ความเป็นพิษของทองแดง ทองแดง เป็นโลหะที่ร่างกายเราต้องการในปริมาณเล็กน้อย เช่น จำเป็นสำหรับกระบวนการเผาผลาญอาหาร ผู้ใหญ่ต้องการทองแดง 2 มิลลิกรัมต่อวัน และร่างกายคนเรามีทองแดงอยู่ 100 - 150 มิลลิกรัม ซึ่งทองแดงจำนวนนี้มีความเข้มข้นสูงสุดที่ตับและกระดูก โลหิตของเราก็มีทองแดงอยู่ด้วย เป็นที่ทราบกันว่าการสร้างฮีโมโกลบินต้องอาศัยทองแดง ถึงแม้ฮีโมโกลบินจะไม่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้การสังเคราะห์เอนไซม์หลายชนิดต้องอาศัยทองแดงด้วย และทองแดงเป็นธาตุจำเป็นสำหรับพืชด้วย เช่น จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ และเอนไซม์ของพืช

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าทองแดงในปริมาณเล็กน้อยไม่เพียงแต่ไม่เป็นพิษ ยังเป็นสิ่งที่ร่างกายเราต้องการ แต่ถ้ามีในปริมาณสูงก็จะให้โทษ และพิษได้ เมื่อระดับทองแดงในร่างกายสูงขึ้นจะเป็นตัวเร่งให้เกิดโรคแข็งตัวของหลอดโลหิต (Atehrosclerosis) และหากร่างกายได้รับ Copper Sulfate ในปริมาณมากจะทำให้เกิดการอาเจียน บางครั้งจะมีสีเขียวปนออกมากับอาเจียน ความดันโลหิตต่ำ ดีซ่าน หมดสติ (Hammound and Beliles. 1980 : 409-467) เมื่อทองแดงสูงกว่าปกติในตับ จะทำให้เกิดโรคที่เรียกว่า Wil son's Disease หรือเรียกว่า Hepatolenticular Degeneration จะมีอาการสั่นและเกร็ง คลุ้มคลั่ง อาจเป็นโรคตับแข็งโดยกระทันหัน เมตาโบลิซึมของทองแดงในร่างกายผิดปกติและกรดอะมิโนถูกขับออกมาเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ทองแดงที่พบอาจมาจากการผุกร่อนหรือสลายตัวของท่อทองแดงในน้ำดิบและน้ำประปา ไม่ควรมีทองแดงสูงกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในกรณีจำเป็นยอมให้มีได้สูงถึง 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

การป้องกันและควบคุมได้ดังนี้ (ทวี ฤกษ์สำราญ . 2520 : 66)

1. ป้องกันไม่ให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ระเหยผ่านออกมาทางท่อทองแดง
2. ห้ามใช้ภาชนะที่ทำด้วยทองแดงสำหรับเตรียม หรือเก็บอาหารที่เป็นกรดหรือของเหลว
3. องค์การอนามัยกำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมควรมีทองแดง ไม่เกิน 2 มิลิกรัมต่อลิตร

2.6.5.4 สังกะสี (Zinc : Zn)

ลักษณะและสมบัติของสังกะสี สังกะสีจัดเป็นโลหะ เป็นธาตุแรกของหมู่ B เลขอะตอม 30 จุดหลอมเหลว 419.5 องศาเซลเซียส จุดเดือด 907 องศาเซลเซียส ค้นพบปี ค.ศ.1746 โดย Andreas sigismud Marrggraf ชาวเยอรมัน สังกะสีมีลักษณะเป็นโลหะสีขาวแกมน้ำเงิน(Bluish White) (พรรณี เดชกำแหง. 2521 : 25)

สังกะสีในธรรมชาติ สังกะสีไม่พบอยู่ในรูปของธาตุอิสระ เปลือกโลกของเราประกอบด้วยสังกะสี ประมาณ 120 กรัม / ตัน และโดยทั่วไปอยู่ในรูปของซัลไฟด์ (ZnS) เรียกว่า Spalerite Zinc Blende และมักอยู่ปะปนกับซัลไฟด์ของโลหะอื่น ๆ เช่น เหล็ก ตะกั่ว แคดเมี่ยม และทองแดง (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์ . 2525 : 670)

การนำสังกะสีมาใช้ประโยชน์ สังกะสีเป็นโลหะที่มีความต้านทานการเกิดสนิมและสึกกร่อนได้ดี จึงใช้เคลือบผิวเหล็กกล้าซึ่งมีวิธีการที่เรียกว่า Calvanizing นอกจากนี้ใช้ทำแผ่น (Zinc Plates) ของหม้อแบตเตอรี่ชนิดแห้ง (Dry Cell) ใช้ทำเครื่องใช้ในบ้าน และส่วนประกอบของรถยนต์ ใช้ผสมในการทำโลหะผสม เช่น ทองเหลือง บรอนซ์

การแพร่กระจายของสังกะสี สังกะสีสามารถแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ แหล่งน้ำ ซึ่งเนื่องจากน้ำทิ้งจากโรงงานถลุงแร่สังกะสี และจากการใช้ยาปราบศัตรูพืชทางการเกษตร เป็นต้น (พฤกษวรรษ เจตนจันทร์. 2532 : 22)

ความเป็นพิษของสังกะสี สังกะสีจัดเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเอนไซม์ เช่น Carbonic Anhydrase Alcohol และ Lactic Acid Dehydrogenase และอีกหลายชนิดของ Paptidase เอ็นไซม์เหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ส่วนสังกะสีเองมีความสำคัญต่อ Activity ของเอ็นไซม์ดังกล่าว จึงทำให้สังกะสีเป็น Essential Nutrient สำหรับคนด้วย สังกะสีเป็นธาตุที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของกระดูก นอกจากนั้นยังช่วยรักษาสมดุลของโมเลกุลอินซูลินในเบต้าเซลล์ (β - cell) ของตับอ่อนด้วย สังกะสีในรูปธาตุไม่ปรากฏเป็นพิษ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

แต่สารประกอบหลายชนิดอาจเป็นพิษ แต่จัดอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เพราะสามารถถูกขจัดออกจากร่างกายรวดเร็ว สังกะสีในรูปผลอาจติดไฟโดยตนเอง และเกิดการระเบิดได้ ถ้าตรวจพบสังกะสีในปัสสาวะมักแสดงว่าเกิดความผิดปกติของร่างกาย มักจะเป็นอาการโรคไตอักเสบ โรคตับแข็ง และโรค Pophyria

การป้องกันและควบคุมได้ดังนี้

1. ไม่ใช้ภาชนะที่ทำด้วยสังกะสีใส่เครื่องดื่มและอาหาร
2. ห้ามดื่มน้ำ ที่ใส่ภาชนะทำด้วยสังกะสี
3. ในน้ำดื่มไม่ควรมีสังกะสีเกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.6.5.5 ไนเตรท (Nitrate)

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย ดังนั้นในการกำจัดน้ำเสียโดยวิธีการทางชีววิทยาจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อมีปริมาณไนโตรเจนที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ไนโตรเจนอาจดำรงอยู่ในน้ำได้ 4 แบบ คือ

ก. ไนโตรเจนอินทรีย์ (Organic nitrogen) เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของโปรตีน กรดอมิโนและยูเรีย

ข. แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen) เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียม เช่น $(NH_4)_2CO_3$, $(NH_4)_2SO_4$ หรืออยู่ในรูปของแอมโมเนียอิสระ

ค. ไนไตรต์ไนโตรเจน (Nitrite nitrogen) เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของ NO_2^- ซึ่งไม่ค่อยเสถียร

a. ไนเตรตไนโตรเจน (Nitrate nitrogen) เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขั้นสุดท้ายของไนโตรเจน ซึ่งจะอยู่ในรูปของ NO_3^-

ออกซิเดชันโดยแบคทีเรียเปลี่ยนไนโตรเจนอินทรีย์เป็นแอมโมเนียไนโตรเจนต่อไปเป็นไนไตรต์ไนโตรเจนในที่สุดเป็นไนเตรตไนโตรเจนดังนี้

ไนโตรเจนอินทรีย์ + O_2 ----------> แอมโมเนียไนโตรเจน

แอมโมเนียไนโตรเจน + O_2 ----------> ไนไตรต์ไนโตรเจน

ไนไตรต์ไนโตรเจน + O_2 ----------> ไนเตรตไนโตรเจน

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเรียกว่า ไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ปฏิกิริยานี้อาจผันกลับได้ถ้ามีปริมาณออกซิเจนในน้ำน้อย ปริมาณออกซิเจนในสารประกอบไนเตรตจะถูกนำมาใช้ในการเกิดปฏิกิริยานี้ ซึ่งเรียกว่า **ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrigication)** ดังนี้

NO_3^- ----------> NO_2^- ----------> NH_3 ----------> N_2

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

น้ำธรรมชาติที่มีปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียไนโตรเจนที่สูงมาก แต่มีไนไตรต์ไนโตรเจนและไนเตรตไนโตรเจนในปริมาณน้อยจัดเป็นน้ำที่มีคุณภาพไม่ดีไม่ปลอดภัยต่อการอุปโภคบริโภค เพราะแสดงว่าน้ำนั้นเกิดมลพิษมาก่อนแล้ว แต่ถ้าน้ำนั้นมีไนเตรตไนโตรเจนเพียงเล็กน้อยและไม่มีไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียไนโตรเจนเลยจัดเป็นน้ำที่มีคุณภาพดี เพราะได้เกิดไนตริฟิเคชัน (Nitrification) มาแล้ว

2.6.5.6คลอไรด์ (Chloride)

คลอไรด์พบอยู่ในน้ำตามธรรมชาติทั่ว ๆ ไปด้วยความเข้มข้นต่างๆกันปริมาณของคลอไรด์เป็น สัดส่วนกับปริมาณของเกลือแร่ที่พบ น้ำตามภูเขาและที่สูง ๆ มักจะมีปริมาณคลอไรด์น้อย ในขณะที่น้ำตาม แม่น้ำและน้ำใต้ดินมีปริมาณคลอไรด์มาก สำหรับน้ำในทะเลและมหาสมุทรจะมีคลอไรด์อยู่ในปริมาณที่สูงมาก

น้ำตามธรรมชาติได้รับคลอไรด์เพิ่มได้หลายทาง เนื่องจากความสามารถในการละลายน้ำทำให้สามารถละลายคลอไรด์จากชั้นดินต่าง ๆ ละอองน้ำจากมหาสมุทรถูกพัดเข้ามาสู่แผ่นดินในสภาพของหยดน้ำเล็ก ๆ ซึ่งมีเกลือปะปนอยู่ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณคลอไรด์บนพื้นดินเพิ่ม

น้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณใกล้ ๆ กับทะเลหรือมหาสมุทรจะมีแรงดันของน้ำเท่ากับน้ำทะเล ถ้ามีการดูดเอาน้ำใต้ดินมาใช้ในปริมาณมากเกินไปแล้วจะทำให้เกิดความแตกต่างของ hydrostatic head ทำให้น้ำทะเลมีความดันมากกว่าก็จะไหลขึ้นเข้าสู่น้ำจืด

สิ่งขับถ่ายของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ ปัสสาวะ จะมีคลอไรด์อยู่ในปริมาณเท่ากันกับคลอไรด์ที่บริโภคเข้าไปกับอาหารและน้ำ จะทำให้ปริมาณคลอไรด์ในสิ่งปฏิกูลซึ่งการระบายทิ้งลงในแม่น้ำลำธารมีปริมาณคลอไรด์สูงขึ้นด้วย

คลอไรด์ในปริมาณที่เหมาะสม (reasonable concentration) ไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ พบว่าถ้าคลอไรด์มีอยู่ในความเข้มข้นที่สูงกว่า 250 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้น้ำนั้นมีรสเค็ม ซึ่งด้วยเหตุนี้ U.S. Public Health Service จึงได้กำหนดไว้ว่าน้ำประปาจะต้องมีคลอไรด์ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในบางกรณีน้ำอาจมีคลอไรด์สูงเกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่มีรสเค็มเลยก็ได้ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำนั้นมีโซเดียมน้อย แต่มีแคลเซียมและแมกนีเซียมมาก ซึ่งเป็นอันตรายต่อพืชและเป็นผลเสียต่อท่อน้ำ

การวิเคราะห์คลอไรด์ในน้ำใช้วิธี Argentometric titration (Mohr Method) วิธีนี้ใช้ $AgNO_3$ เป็นตัว titrat และใช้ K_2CrO_4 เป็นอินดิเคเตอร์ ความเข้มข้นของ $AgNO_3$ ทำปฏิกิริยากับคลอไรด์

สารละลาย $AgNO_3$ ที่จะต้องใช้นำมา Standardize ด้วยสารละลายมาตรฐาน NaCl ซึ่งเตรียมจาก เกลือแกงที่บริสุทธิ์ในการไทเทรตคลอไรด์อิออนจะตกลงมาเป็นตะกอนสีขาวของ AgCl ดังสมการ ..

$$Ag^+ + Cl^- \rightleftharpoons AgCl \quad (Ksp = 3 \times 10^{-10})$$

End point ของมันไม่สามารถวัดได้ด้วยตา ดังนั้น จึงต้องใช้อินดิเคเตอร์เป็นตัวช่วยบอก ในที่นี้ใช้ K_2CrO_4

โครเมตอิออนจะทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์ โดยให้สีแดงของ Ag_2CrO_4 ซึ่งเป็นตะกอน และ Solubility ของ Ag_2CrO_4 จะต้องมากกว่า AgCl เพื่อว่า Cl ทั้งหมดจะได้ตกตะกอนที่ปริมาณที่มองเห็นได้ของ Ag_2CrO_4 จะเกิดขึ้น นั่นหมายความว่า effective solubility product (Ksp) ของ Ag_2CrO_4 จะมากกว่าของ AgCl เล็กน้อย เนื่องจากอินดิเคเตอร์ชนิดนี้ต้องการปริมาณน้ำยาเคมีที่ใช้ในการไตเตรตจำนวนมากเกินพอ เพื่อที่จะให้เกิดตกตะกอนที่มีสี ซึ่งตาสามารถมองเห็นได้ เราจึงต้องหาค่าที่เกินพอนี้ ซึ่งเรียกว่า indicator error หรือ blank ซึ่งต้องทำกับการไทเทรตแทบทุกอย่าง และเอาไปลบออกจากค่าที่ได้จากการไทเทรตตัวอย่าง เพื่อทราบปริมาณของ $AgNO_3$ ที่ทำปฏิกิริยากับคลอไรด์จริง ๆ

ในขณะที่ถึง end paint นั้น คลอไรด์ในน้ำจะหมดไปเมื่อหยด $AgNO_3$ ลงมาอีก Ag^+ จะทำปฏิกิริยากับ Cro_4^{2-} ทำให้เกิดตะกอนสีน้ำตาลแดงของ Ag_2CrO_4 ดังสมการ

$$2\ Ag^+ + CrO_4^{2-} \rightleftharpoons Ag_2CrO_4$$

ซึ่งจะเป็นเครื่องแสดงให้เห็นว่าในขณะนั้นคลอไรด์ในน้ำได้กลายเป็นตะกอน AgCl หมดแล้ว

2.6.5.7 ซัลเฟต (Sulfate)

ซัลเฟตพบมากในธรรมชาติ และพบในน้ำตามธรรมชาติ เช่น น้ำบาดาล น้ำบ่อตื้น มีปริมาณน้อยถึงมาก นอกจากนี้ยังพบจากของเสียจากเหมืองแร่ และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้มีซัลเฟตจำนวนมาก เนื่องจากการออกซิเดชันของแร่ไพไรต์ ผู้บริโภคที่ดื่มน้ำที่มีซัลเฟตปริมาณมากจะก่อให้เกิดการระบายท้องขึ้นได้ ในทางอุตสาหกรรมซัลเฟตก็มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวที่ทำให้เกิดตะกรันในหม้อน้ำ ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น และการกัดกร่อนในท่อน้ำเสีย ปัญหาดังกล่าวเกิดจากปฏิกิริยารีดักชันของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน

ซัลเฟต เป็นอิออนประจุลบ (anion) ที่สำคัญในน้ำ ซัลเฟตในน้ำจะอยู่ในช่วง 5 - 50 mg / l แต่ก็จะมีความเข้มข้นสูงมากในแหล่งน้ำที่มีความเค็ม (Saline lake) ซัลเฟตอาจเป็นแหล่งให้ออกซิเจนสำหรับปฏิกิริยาทางชีวเคมีโดย anaerobic bacteria ซึ่งซัลเฟตจะถูกรีดิวส์ให้เป็นซัลไฟด์ และเมื่อทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนจะเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้นส่วนมากซัลเฟตจะถูกพืชน้ำชั้นสูงนำไปใช้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

$$SO_4^{2-} + \text{organic mater} \xrightarrow[\text{bacteria}]{\text{anaerobic}} S^{2-} + H_2O + CO_2 \text{ (ณ ระดับ pH > 8.0)}$$

$$S^{2-} + 2H^+ \xrightarrow[\text{bacteria}]{} H_2S \text{ (ก๊าซไข่เน่า) (ณ ระดับ pH < 9.0)}$$

$$H_2S + 2O_2 \longrightarrow H_2SO_4$$

2.6.5.8 ฟลูออไรด์

ในธรรมชาติจะพบเกลือของฟลูออไรด์ในรูปที่ละลายน้ำได้และไม่ละลายน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าฟลูออร์ไรด์สามารถรวมตัวกับสารอื่นในรูปของสารประกอบอย่างง่ายและสารประกอบเชิงซ้อน

ความสำคัญของฟลูออไรด์และสารประกอบมีความสำคัญต่อมนุษย์อย่างยิ่ง ในวงการแพทย์เริ่มสนใจในราวปี 1901 เมื่อมีรายงานจากประเทศอิตาลี เกี่ยวกับการเกิดฟันตกกระของชาวบ้าน ซึ่งอาศัยแถบภูเขาไฟ พบว่าชาวบ้านมีฟันตกกระคือ มีรอยด่างสีขาว สีน้ำตาล ไปจนกระทั่งดำ และความแข็งของฟันดีมาก อีกหลายปีต่อมาราว 1916 นักวิจัยชาวอเมริกาได้ทำการศึกษาและรายงานผลการศึกษา ของประชากรที่มีฟันตกกระในลักษณะที่คล้ายคลึงกับการรายงานจากประเทศอิตาลีและพบว่าคนไข้เหล่านี้พบมากในหมู่ประชากรที่อาศัยอยู่ในเถบซึ่งน้ำดื่มมีปริมาณฟลูออไรด์สูงกว่าที่อื่น ๆ ในราวปี 1933 ดีนและคณะได้สำรวจสภาพฟันตกกระในชุมชนและเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง โดยทำการตรวจสอบโดยวิธีหาค่า "ดรรชนีฟันตกกระของชุมชน" โดยให้ความจำกัดความดังแสดงในตาราง 2.4

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.4 ดรรชนีฟันตกกระของชุมชน

สภาพฟัน	ลักษณะของการตกกระที่ฟัน	ความผิดปกติ
ปกติ	ไม่มีฟลูออโรซีส	0
เริ่มมีปัญหา	มีจุดขาวกระจาย 2-3 แห่ง	0.5
น้อยมาก	มีฝ้าขาวกระจายเป็นแห่ง ๆรวมแล้วไม่เกิน 25 %ของผิวันทั้งหมด	1.0
น้อย	บริเวณฝ้าขาวขุ่นเพิ่มมากกว่า 25 %แต่เกิน 50%และอาจมีสีน้ำตาลเจือปนที่ฟันหน้า	2.0
ปานกลาง	ผิวฟันทั้งหมดมีฝ้าขุ่นหรือมีสีน้ำตาลเป็นแห่ง ๆและมักมีผิวสีเคลือบฟันเป็นแอ่ง เล็ก ๆ	3.0
รุนแรง	ผิวฟันทั้งหมดเสียหายมาก พื้นผิวขรุขระ มีสีน้ำตาลแก่หรือสีดำ	4.0

ดรรชนีฟันตกกระของชุมชน = ผลรวมของความผิดปกติ / จำนวนประชากรสำรวจ

จากการศึกษาประเมินผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างระดับฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม ดรรชนีฟันตกกระชุมชนและอัตราการเกิดฟันผุเฉลี่ยแล้วพบว่าระดับของฟลูออร์ไรด์ในน้ำดื่มประมาณ 1 ส่วนในล้านส่วนจะให้ประโยชน์ด้านการป้องกันฟันผุได้ดีที่สุด

จากข้อมูลต่างๆเหล่านี้จึงเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางและองค์การอนามัยโลกสนับสนุนว่าการป้องกันฟันผุได้ดีที่สุดเท่าที่ทำได้ในปัจจุบันคือการเติมฟลูออไรด์ในน้ำดื่มให้มีระดับประมาณ 1 ส่วนในล้านส่วนซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงไร ซึ่งมีผลต่อระบบของฟันเป็นอย่างมาก กล่าวคือถ้ามีปริมาณน้อย ๆ ฟลูออไรด์จะช่วยป้องกันฟันผุได้เป็นอย่างดี แต่ถ้าพบว่าปริมาณฟลูออไรด์สูงมากจะมีผลรบกวนการเกิดเคลือบฟันและจากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟลูออไรด์ที่มากเกินความจำเป็น ทำให้เกิดอาการฟันตกกระนี้เอง การค้นพบปริมาณฟลูออไรด์นี้มีผลดีและเสีย ข้อเสียการที่ฟลูออไรด์ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบการรวมตัวของเคลือแร่ เช่น การตกกระของฟันหรือการที่มันทำหน้าที่เป็นตัวทำให้ลดการเคลื่อนย้ายอิออนจากกระดูก ด้วยเหตุนี้ ตัวมันเองเป็นตัวชอบเข้าไปจับอิออนที่ชอบเข้าไปจับรวมในโครงกระดูกตามคุณสมบัติประจำตัวทางเคมีของมันเมื่อรวมตัวกับแคลเซียมฟอสเฟสแล้วเกิดเป็นสารประกอบที่ละลายยาก ดังนั้นผลที่ตามมาที่เห็นได้ชัดเจน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

คือเกิดเป็นตะกอนแคลเซียมที่กระดูกและเนื้อเยื่อต่าง ๆได้ อันยังผลทางด้านสรีรวิทยาและพยาธิ แต่อย่างไรก็ตามผลทางพยาธิเป็นที่แน่ชัดในเนื้อเยื่ออื่น ๆนอกจากกระดูกไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด

2.7 การเก็บน้ำตัวอย่างและรักษาตัวอย่าง

2.7.1 การเก็บตัวอย่าง (Sampling)

การเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีนั้น ถือเป็นกระบวนการที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง เพราะน้ำตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์ จะต้องเป็นตัวแทนทั้งหมดที่ต้องศึกษาเพื่อทราบถึงคุณภาพน้ำนั้น ๆ สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือปริมาณของน้ำที่เก็บ เวลา แหล่งที่เก็บ ภาชนะที่บรรจุ เมื่อเก็บน้ำตัวอย่างแล้วควรทำการวิเคราะห์ให้เร็วที่สุด เพราะส่วนประกอบของน้ำอาจเปลี่ยนไป เนื่องจากการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งความผิดพลาดข้อนี้อาจทำให้ลดน้อยลงได้ โดยเก็บตัวอย่างไว้ในที่มืดและที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) จนถึงเวลาที่วิเคราะห์ตามปกติแล้วข้อบกพร่องของผลการวิเคราะห์ต่าง ๆไม่ได้เกิดจากความผิดพลาดของเทคนิคที่ใช้แต่อาจเกิดจากการเก็บตัวอย่างน้ำที่ไม่เพียงพอ เพื่อที่จะให้ตัวอย่างน้ำที่เก็บ เป็นตัวแทนของน้ำทั้งหมดที่ศึกษาจริง ๆ ตัวอย่างน้ำที่เก็บแบบตัวอย่างแยกสุ่มตัก (Grab sample) ก็ได้ แล้วแต่ชนิดของน้ำ และดุลยพินิจของผู้เก็บ แต่ข้อสำคัญก็ให้ได้น้ำที่เป็นตัวแทนของน้ำนั้นจริง ๆ สำหรับงานวิจัยได้เก็บตัวอย่างน้ำแบบแยกสุ่มตัก

ภาชนะที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ ควรทำด้วยวัสดุที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับสารเคมี เช่น แก้วไพเร็กซ์ (pyrex) พลาสติกโพลิเอธิลีน (Polyethylene)หรือพวกยางแข็ง เป็นต้น แต่นิยมใช้คือพวกที่ทำด้วยพลาสติก เพราะเบา ราคาถูก ขนส่งสะดวก ก่อนใช้ควรล้างให้สะอาดด้วยน้ำยาเคมีทำความสะอาด (cleanning solution) เตรียมได้โดยเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 35 มิลลิลิตร ลงในไดโครเมตที่อิ่มตัว ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร สำหรับขวดพลาสติกอาจล้างด้วยกรดเกลือเข้มข้นแทน หลังจากทำความสะอาดด้วยกรดแล้วล้างออกด้วยน้ำประปาแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีกหลาย ๆครั้งจนสะอาด

ปริมาณของน้ำตัวอย่างที่เก็บมาควรต้องมากพอสำหรับการวิเคราะห์ทั้งกายภาพและทางเคมีประมาณ 2 ลิตรและไม่ควรใช้สารในขวดเดียวกันในการวิเคราะห์หลาย ๆอย่าง เพราะการเก็บรักษาอาจแตกต่างกัน

2.7.2 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาได้อาจเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บไว้นาน ๆ เนื่องจากอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพและทางเคมีซึ่งแล้วแต่ชนิดของตัวอย่างน้ำ บางครั้งยังขึ้นกับความเป็นกรดและด่างที่เปลี่ยนแปลงไป อุณหภูมิ หรือเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนไป ความชื้นที่หายไปหรือรับเข้ามา การดูดคาร์บอนไดออกไซด์เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ไม่แน่นอนไม่มีกฎไม่มีเกณฑ์ นักวิเคราะห์เป็นผู้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตัดสินใจในการรักษา หรือดำเนินตามเงื่อนไขและวิธีการซึ่งกำหนด โดย EPA การเก็บตัวอย่างน้ำ โดยการควบคุม pH การเติมสารเคมี การแช่แข็ง และการแช่เย็น

ดังนั้น ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เพื่อให้ผลการตรวจวิเคราะห์ที่ได้ไม่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ควรทำการวิเคราะห์ทันที โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามเวลา เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด - ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับมลพิษสารบางชนิดในน้ำเป็นสารที่ไม่คงตัว มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จำเป็นต้องมีวิธีการถนอมคุณภาพที่เหมาะสม ซึ่งต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการเก็บรักษา หากนานเกินไปจะทำให้เกิดการสลายตัวของมลพิษของสารบางชนิด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1การเก็บตัวอย่างน้ำและการเก็บรักษาตัวอย่าง

3.1.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับการบริโภคในเขตอำเภอต่าง ๆในจังหวัดพิษณุโลก อำเภอละ 1 จุด โดยใช้ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลจากทรัพยากรธรณีจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 3 ครั้ง ตามฤดูกาล จำนวน 9 จุด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงจุดเก็บน้ำบาดาลในอำเภอต่าง ๆ ในจังหวัดพิษณุโลก

รหัสสถานี	บริเวณหรือสถานที่เก็บตัวอย่าง
UW1	อำเภอเมือง
UW2	อำเภอวังทอง
UW3	อำเภอนครไทย
UW4	อำเภอชาติตระการ
UW5	อำเภอเนินมะปรางค์
UW6	อำเภอบางระกำ
UW7	อำเภอบางกระทุ่ม
UW8	อำเภอวัดโบสถ์
UW9	อำเภอพรมพิราม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3.1.2 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

การเก็บน้ำและรักษาน้ำตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ตลอดจนภาชนะที่ใช้เก็บ การรักษาความสะอาดและการเก็บรักษา ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างไว้ได้โดยค่าต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงให้น้อยที่สุด โดยดำเนินการตามวิธีการซึ่งกำหนดโดย EPA การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำทำได้โดยการควบคุม พีเอช การเติมสารเคมี การแช่เย็น และการแช่แข็ง สำหรับการเก็บรักษาตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ได้แสดงในตารางที่ 3. 2

ตารางที่ 3.2วิธีการเก็บน้ำตัวอย่างและpretreatment techniquesในภาคสนาม

ปริมาณ (ml)	Pretreatment	Prior to analysis of
2000	None	pH, Turbidity,Conductivity, TDS,Total hardness, Cl
1000	HNO_3	Fe,Ca,Cu,Pb,Cd,
500	None	F, SO_4^{-2}
500	Ice box	NO_3^-,NO_2^-

รหัสน้ำตัวอย่าง

สถานที่เก็บน้ำตัวอย่าง

วันที่เก็บน้ำตัวอย่าง.....เวลา.....

ชื่อผู้เก็บ.....

ตัวอย่างฉลากติดข้างภาชนะเก็บน้ำตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3.2 วิธีการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. พีเอชมิเตอร์ (pH meter)
2. บีกเกอร์ (Beaker)
3. ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)

3.2.2 สารเคมี

1. สารละลายบัฟเฟอร์ 4.01
2. สารละลายบัฟเฟอร์ 7.0

3.2.3 วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างแท่งอิเล็กโทรดให้สะอาดใช้กระดาษทิชชูซับน้ำให้แห้ง
2. ปรับเครื่องมือให้ได้ค่ามาตรฐานตามคำแนะนำในคู่มือของเครื่องมือ นั้น ๆ ด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่า pH ใกล้เคียงกับค่าของน้ำตัวอย่างที่วัด (pH 4 และ pH 7)
3. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างอิเล็กโทรดอีกครั้ง ซับน้ำให้แห้ง
4. วัดค่าความเป็นกรด – ด่าง ของตัวอย่างน้ำ (น้ำตัวอย่างที่จะนำมาหาค่าต้องมีอุณหภูมิใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิของสารละลายมาตรฐานในข้อ 2.)

3.3 วิธีการวิเคราะห์หาค่าความขุ่น

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดความขุ่นแบบเนฟีโลมิเตอร์
2. หลอดวัดตัวอย่างน้ำ (Sample tube)

3.3.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่นที่ใสไม่มีความขุ่น
2. สารละลายสต๊อคความขุ่นมาตรฐาน 4,000 เอ็นทียู
   - 2.1 ละลาย Hydrazine Sulfate (N_2H_4 H_2SO_4) 2.500 กรัมในน้ำกลั่น 200 มล.
   - 2.2 ละลาย Hexamethylenetetramine 25.00 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มล.
   - 2.3 นำสารละลายข้อ 2.1 และ 2.2 มาผสมกันและเติมน้ำกลั่นจนได้ 500 มล. นำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ช.ม. (สามารถเก็บได้ 6-12 เดือน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3. สามารถเตรียมสารละลายมาตรฐานความขุ่นต่างๆ ได้โดยนำสารละลายสต๊อคความขุ่น 4,000 NTU มาเจือจางดังนี้

ความขุ่น (NTU)	ปริมาตรของสารละลายสต๊อคที่เจือจางให้เป็น 100 มล.
1000	25
500	12.5
100	2.5
50	1.25
ความขุ่น (NTU)	ปริมาตรของสารละลายสต๊อคที่เจือจางให้เป็น 1000 มล.
10	2.5
5	1.25
1	0.25

3.3.3 วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องวัดความขุ่นและเตรียมเครื่องตามคู่มือการใช้ และวัดความขุ่นของน้ำตัวอย่างตามวิธีของเครื่องนั้น ๆ
2. น้ำตัวอย่างต้องเขย่าให้เข้ากันดีก่อนเทใส่หลอดวัดตัวอย่างเพื่อนำไปวัดความขุ่น
3. เครื่องวัดความขุ่นบางรุ่นจะมีสารละลายมาตรฐานความขุ่นมาแล้ว ต้องมีการตรวจเช็คว่าเสื่อมคุณภาพหรือไม่ โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่เตรียมขึ้น
4. ถ้าตัวอย่างน้ำมีความขุ่นเกินที่เครื่องจะวัดได้ให้เจือจางตัวอย่างน้ำลงก่อน

3.4 วิธีการวิเคราะห์หาความกระด้าง

3.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด
2. บิวเรตต์ (Buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. ปิเปต (Pipet) ขนาด 10,25 มิลลิลิตร
5. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100,250,500,1000 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

6. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50, 75, 125, 500,1000 มิลลิตร
7. หลอดหยด (Dropper)
8. ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)

3.4.2 สารเคมี

1. EDTA
2. แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium cabonate, $CaCO_3$)
3. แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium Chloride, NH_4Cl)
4. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide , NH_4OH)
5. ไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Hydrochloric acid, conc HCl)
6. อิริโอโครมแบลคทีอินดิเคเตอร์ (Eriochromeblack T Indicator)

3.4.3 การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายบัฟเฟอร์

ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium Chloride, NH_4Cl) i6.9 กรัม ในแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (NH_4OH, conc) 143 มล. เติมแมกนีเซียมของอีดีทีเอ 1.25 กรัมแล้วเจือจางให้เป็น 250 มล. ด้วยน้ำกลั่น

2. Complexing Agents

น้ำส่วนใหญ่ไม่จำเป็นต้องใช้ Complexing Agents แต่ถ้าน้ำนั้นมีสิ่งรบกวนการวิเคราะห์จำเป็นต้องใช้ Complexing Agents เพื่อทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ที่จุดยุติได้อย่างชัดเจน Complexing Agents ที่ใช้มีดังนี้

2.1 อินฮิบิเตอร์ I (Inhibitor I)

ถ้าตัวอย่างน้ำเป็นกรดควรปรับพีเอชให้เป็น 6 หรือสูงกว่าด้วยสารละลายบัฟเฟอร์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล ก่อนเติมโซเดียมไซยาไนด์ (NaCN) 250 มก. ลงไปในสารละลายตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ให้เพียงพอที่จะปรับพีเอชให้เป็น 10.0 ± 0.1

2.2 อินฮิบิเตอร์ II (Inhibitor II)

ละลายโซเดียมซัลไฟด์โมโนไฮเดรต (Sodium Sulfide Monohydrate, $Na_2S.9H_2O$) 5.0 กรัม หรือ $Na_2S.5\ H_2O$ 3.7 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มล. ปิดขวดให้แน่นด้วยจุกยางเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการออกซิเดชันเนื่องจากออกซิเจนในอากาศ Inhibitor II จะทำให้โลหะหนักซึ่งขัดขวางวิเคราะห์ตกเป็นตะกอนซัลไฟด์ ปริมาณของอินฮิบิเตอร์ II ที่ควรใช้คือ 1 มล.

3. อิริโอโครม แบลค ที อินดิเคเตอร์ (Eriochromeblack T Indicator)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ผสมอิริโอโครม แบลค ที 0.5 กรัม และโซเดียมคลอไรด์ 100 กรัม ให้เข้ากัน (ชนิดเป็นผงแห้งจะเก็บไว้ใช้ได้นาน)

4. สารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต

ชั่งแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งได้อบแห้งแล้วจำนวน 1.00กรัม ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 500 มล. วางกรวยไว้ที่คอขวดค่อย ๆ เติมกรดไฮโดรคลอริก (1+1) ทีละน้อยจนกระทั่งแคลเซียมคาร์บอเนตละลายหมด เติมน้ำกลั่น 200 มล. ต้มให้เดือดประมาณ 2-3นาทีเพื่อไล่แกสคาร์บอนไดออกไซด์ ทิ้งให้เย็น เติมเมทธิลเรดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ปรับให้เป็นสีส้มกลาง ๆ ด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 3 นอร์มัล หรือกรดไฮโดรคลอริก (1+1) ถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1ลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

สารละลายมาตรฐานนี้ 1.00 มล. สมมูลกับ 1.00มก. แคลเซียมคาร์บอเนต

5. สารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ 0.01 โมลาร์

ละลายผงอีดีทีเอไดโซเดียมซอลท์ (EDTA Disodium Salt) 3.723 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร แล้วเทียบความเข้มข้นของสารละลายอีดีทีเอ ให้ได้ 1.00 มล. = 1.00 มก. แคลเซียมคาร์บอเนต. วิธีเทียบความเข้มข้นที่แน่นอน กระทำโดยปิเปตสารละลายแคลเซียมคาร์บอร์เนตมา 25.0 มล. เติมน้ำกลั่นให้เป็น 50 มล.แล้วทำเหมือนวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ถ้าสารละลายอีดีทีเอ 1.00 มล. = 1.00 มก. แคลเซียมคาร์บอร์เนตจะใช้อีดีทีเอ 25.0 มล. พอดี ควรเก็บสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่เตรียมในขวดโพลีเอทิลีนหรือขวดแก้วบอโรซิลิเกต

3.4.4 วิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำมา 25 มล.ใส่ใน Erlenmeyer flask 250 มล. เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร ประมาณ 50 มล.
2. เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 1-2 มล. (โดยปกติมักใช้สารละลายบัฟเฟอร์ 1 มล.) เพื่อปรับให้พีเอช ของตัวอย่างน้ำเป็น 10.0 $\pm$ 0.1
3. เติมอิริโอโครม แบลค ที อินดิเคเตอร์ (ประมาณ 0.2 กรัม) สารตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดง
4. ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ 0.01 โมลาร์ โดยค่อย ๆ เติมอย่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ช้า ๆ สีจะค่อย ๆเปลี่ยนจากสีม่วงแดง เป็นสีม่วงและจะค่อย ๆเข้มขึ้นซึ่งแสดงว่าใกล้ถึงจุดยุติ จึงค่อย ๆ เติมทีละหยดจนถึงจุดยุติ สีสารละลายตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน (ถ้าการเปลี่ยนสีที่จุดยุติเห็นไม่ชัดแสดงว่าจะต้องเติม Complexing Agents หรือไม่ก็แสดงว่า อินดิเคเตอร์เสื่อมคุณภาพ)

3.5 วิธีการวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด

3.5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยระเหย (Evaporating dish) ซึ่งมีความจุ 100 มล.
2. เครื่องอังน้ำ (Water bath)
3. โถทำแห้ง (Dessiccator)
4. ตู้อบ (Oven)
5. เครื่องชั่งละเอียด

3.5.2 วิธีการวิเคราะห์

1. นำถ้วยระเหยไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชม. ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถทำแห้ง
2. เมื่อจะใช้ นำถ้วยระเหยมาชั่งน้ำหนัก
3. เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันอย่างดี ปิเปตตัวอย่างน้ำใส่ในถ้วยระเหย ปริมาตร 200มล. นำไประเหยแห้งบนเครื่องอังน้ำ ที่ปรับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
4. นำเข้าอบในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิ ไว้ที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชม.
5. นำออกจากตู้อบ ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่งน้ำหนัก

3.6 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำ

3.6.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

I. อะตอมมิคแอบซอร์ฟชันสเปกโทรโฟโตเมทรี (Atomic Absorption Spectrophotometer)

2. Hollow Cathode Lead ผลิตโดยบริษัท Varian Techtron PTY LTD. ประเทศออสเตรเลีย

3. Hollow Cathode Iron ผลิตโดยบริษัท Varian Techtron PTY LTD. ประเทศออสเตรเลีย

5. Hollow Cathode Copper ผลิตโดยบริษัท Varian Techtron PTY LTD. ประเทศออสเตรเลีย

6. Hollow Cathode Zinc ผลิตโดยบริษัท Varian Techtron PTY LTD. ประเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

อุอสเตรเลีย

7. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50,100,250 มิลลิลิตร
8. แท่งแก้ว (Stirrer)
9. ปีเปต (Pepet) ขนาด 1,2,5,10,20,25,100 มิลลิลิตร
10. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100,250,50มิลลิลิตร
11. ช้อนตักสารเคมี (Spatula)
12. หลอดหยด (Dropper)
13. กระดาษกรอง (Whatman No.1)
14. ขวดพลาสติก โพลีเอทธิลีน (Polyethylene bottle)
15. เตาไฟฟ้า (Hot plate)

3.6.2 สารเคมี

1. กรดไนตริก เข้มข้น (Nitric acid, conc.HNO_3)
2. Lead nitrate stock standard solution 1000 mg/l
3. Iron nitrate stock standard solution 1000 mg/l
4. Copper nitrate stock standard solution 1000 mg/l
5. Zinc nitrate stock standard solution 1000 mg/l

3.6.3 การเตรียมสารละลาย

1. การเตรียมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1%

ปีเปตสารละลายกรดไนตริกเข้มข้นมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตรจะได้สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1%

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐานเพื่อทำ Standard Curve

ตะกั่ว (Pb)

ปีเปตสารละลายมาตรฐานของตะกั่ว 1000 ppm มา 5,15,30 และ 60 ไมโครลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน(Milli-Q) จนครบปริมาตร จะได้สารละลายมาตรฐานตะกั่วเข้มข้น 0.2,0.6,1.5 และ 2.4 ppm ตามลำดับ

เหล็ก (Fe)

ปีเปตสารละลายมาตรฐานของเหล็ก1000 ppm มา 7.5,17.5,32.5,75.0 ไมโครลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน(Milli-Q) จนครบปริมาตร จะได้สารละลายมาตรฐานเหล็กเข้มข้น 0.3,0.7,1.3 และ 3.0 ppm ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ทองแดง (Cu)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานของทองแดง 1000 ppm มา 6.25,12.5,25.0 และ 50 .0 ไมโครลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน(Milli-Q)จนครบปริมาตร จะได้สารละลายมาตรฐานทองแดงเข้มข้น 0.25,0.5,1.00 และ 2.00 ppm ตามลำดับ

สังกะสี (Zn)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานของสังกะสี1000 ppm มา 12.0,25.0,75.0 และ 125.0 ไมโครลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน(Milli-Q)จนครบปริมาตร จะได้สารละลายมาตรฐานสังกะสีเข้มข้น 0.5 , 1.0, 3.0 และ 5.0 ppm ตามลำดับ

3.6.4 วิธีการวิเคราะห์

1.ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำในขวดพลาสติก โพลิเอทธิลีน หรือขวดแก้วบอโรซิลิเกต หลังจากเก็บควรทำให้น้ำตัวอย่างเป็นกรดทันที โดยการเติมกรดไนตริกเข้มข้น 1.5 มิลลิลิตรต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร (ให้มีพีเอชน้อยกว่า 2) แล้วเก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การเก็บน้ำตัวอย่างสำหรับทำการวิเคราะห์

ทำการ Samping น้ำตัวอย่างโดยการ ผสมตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และจากนั้นนำมาใส่บีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนบน Hot plate จนเหลือปริมาตรประมาณ 10-20 มิลลิลิตร และสารละลายมีสี ใส ไม่มีตะกอน ถ้าสารละลายไม่ใสเติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไปอีก ห้ามไม่ให้สารละลายตัวอย่างแห้ง ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 ปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกให้ครบ 25 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดพลาสติก จากนั้นนำไปหาปริมาณโลหะหนักเทียบกับกราฟมาตรฐาน โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectophotometer

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3.7 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณแอนไอออน

3.7.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง HPLC ของบริษัท Shimazu รุ่น

   System Controller : SCL – 10 AVP

   Liquid Chromatograph : LC - 10 AD VP

   Column OVEM : CTO –10 AVP

   Conductivity Detector : CDD – 6A

2. เครื่องดูดสูญญากาศ (Vacoum pump)
3. Untrasonic cleaning Bath Model No. T 760 DH
4. เครื่องชั่งความละเอียด (Analytical balance)
5. เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
6. ไมโครปิเปต (Micropipet) ขนาด 100-1000 ml
7. บีกเกอร์ (Beaker)
8. แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)
9. ช้อนตักสาร (Spatula)
10. ขวดวัดปริมาตร (Erlenmeyer flask)
11. หลอดหยด (Medicine dropper)

3.7.2 สารเคมี

1. Phthalic ($C_6H_4(COOH)_2$) ; (Benzol – 1,2- dicarbonsaure) (Analytical grade)
2. Calcium hydroxide,$Ca(OH)_2$: Analytical grade
3. น้ำปราศจากไอออน (Dejonized water)
4. สารละลายมาตรฐานแอนไอออนมีดังนี้

- Fluoride stock standard solution	1000 mg/l
- Chloride stock standard solution	1000 mg/l
- Sulfate stock standard solution	1000 mg/l
- Nitrate stock standard solution	1000 mg/l

3.7.3 การเตรียม Mobile Phase

Anion ; 4mM phtalic acid with pH 4.2 $Ca(OH)_2$

เตรียมโดยชั่งกรด phtalic มา 0.332 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 500 ml แล้วนำไปทำให้มี pH 4.2 โดยใส่ $Ca(OH)_2$ จากนั้น นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง 0.45 ไมครอน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3.7.4 วิธีการวิเคราะห์

1. ควบคุมสภาวะของเครื่อง HPLC ดังนี้

Instrument	shimadzu 10 aVP
Column	Anion
Mobile phase	Anion ; 4mM phtalic acid with pH 4.2 Ca(OH)2
Flow rate	1.0 ml/min
Pressure maximum	200
Detector	CDD detector
Inject volume	20 µl
End time	30 min

2. การเตรียมสารละลายเพื่อทำกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐานของ Anion ได้แก่ F^-,Cl^-,NO_3^-และ SO_4^{2-} โดยทำเป็นmixstandrad (ความเข้มข้นเท่ากับ 10,30,70 และ 100 ppm ตามลำดับ) ปริมาตร 25 ml เตรียมได้โดยนำสารละลายมาตรฐานของ Anion ความเข้มข้น 100 ppm มาจำนวน 0.25 ,0.75, 1.25 ,1.75 และ 2.5 ml ตามลำดับ แล้วนำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มี ปริมาตรครบ 25ml

3. การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างน้ำบาดาลที่เก็บมาแต่ละจุด กรองด้วยกระดาษกรอง 0.45 ไมครอน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลจากการที่ได้จากการวิเคราะห์หาคือปริมาณค่าที่ได้เช่น pH ค่าการดูดกลืนแสง และปริมาตรต่าง ๆเป็นต้น เมื่อได้ข้อมูลเหล่านี้แล้วต้องรู้จักการนำเสนอข้อมูลเพื่อการรายงานโดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

1.เนื่องจากในการรายงานการวิเคราะห์ข้อมูลทุกครั้งจะต้องทำการทดลองมากกว่า 1 ครั้ง (ตามปกติจะทำการทดลอง 2-5 ครั้ง)เพื่อการรายงานผลการทดลองจะต้องใช้ค่าเฉลี่ย (arithmetic mean)และก่อนหาค่าเฉลี่ยควรมีการตรวจสอบค่าที่ผิดปกติที่มากหรือน้อยเกินไปว่าควรนำมาหาค่าเฉลี่ยหรือไม่

2.การบันทึกผลการทดลองและการคำนวณต้องคำนึงถึงตัวเลขนัยสำคัญ(significant figure)พร้อมทั้งต้องแสดงว่าการทดลองมีความถูกต้องหรือความผิดพลาดอย่างไรและถ้าทำการทดลองหmu ๆครั้งควรแสดงค่าที่แน่นอน(precision)หรือ reproducibility ของวิธีการทดลองเป็นอย่างไร

3.8.1 ค่า Mean

ผลที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาหาค่าต่อไปนี้

$$\overline{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

X = ผลที่ได้จากการทดลอง

X = ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้งหมด

N = จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

3.8.2 ค่า T -Test

ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร ในการทดสอบนี้ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยของลักษณะที่น่าสนใจศึกษาของข้อมูลสองชุดที่มีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยสุ่มตัวอย่างเป็นอิสระและไม่ทราบค่าแปรปรวนใช้ Statistics compare means >independent sample test. ……..

มีตัวแปรที่ใช้ในสมการต่าง ๆ ดังนี้

μ เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้แทนค่าเฉลี่ยของลักษณะที่สนใจศึกษาของประชากร

C แทนค่าความเชื่อมั่นที่ตั้งเป็นสมมติฐาน

N แทนขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

X แทนค่าเฉลี่ยของลักษณะที่สนใจศึกษาจากตัวอย่างที่เลือกจากประชากร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

σ แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างของลักษณะที่สนใจศึกษา

α แทนระดับนัยสำคัญของการทดสอบสมมติฐาน

ถ้าประชากรแรกมีการแจกแจงปกติที่ค่าเฉลี่ย μ_1 และความแปรปรวน σ_1^2 ประชากรที่สองมีการแจกแจงที่มีค่าเฉลี่ย μ_2 และความแปรปรวน σ_2^2 เลือกตัวอย่างประชากรแรกและประชากรสองจำนวน N1 และ N2 ให้ X1 และ X2 แทนค่าเฉลี่ยของลักษณะที่น่าสนใจศึกษาจากตัวอย่างที่เลือกมาจากประชากรหนึ่งและประชากรสอง

ถ้าให้ C แทนผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของลักษณะที่สนใจศึกษาของประชากรทั้งสองที่ได้ทดสอบคาดว่าควรเป็นหรือเป็นความเชื่อของผู้ทดสอบ โดยมีขั้นตอนทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรดังนี้

1) กำหนดสมมติฐานเพื่อการทดสอบ ซึ่งใช้ทดสอบสมมติฐาน

$$H_0 = \mu_1 - \mu_2 = C$$

$$H_a = \mu_1 - \mu_2 \neq C$$

2) กำหนดสถิติเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

จากข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ไม่ทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือความแปรปรวนของประชากรทั้งสองต้องประมาณค่าด้วยความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากตัวอย่างที่เลือกมาจากแต่ละประชากร คือ S_1 และ S_2^2

$$t = \frac{(X1-X2)(\mu1-\mu2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N} + \frac{S_2^2}{N}}}$$

3) กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ สมมติฐานให้กับ α แล้วหาค่าวิกฤตเปรียบเทียบค่า Z หรือ t ที่ได้จากข้อ 2)กับค่าวิกฤตนี้เพื่อสรุปผลการทดสอบสมมติฐานโดยใช้

$$H_0 = \mu_1 - \mu_2 = C$$

$$H_a = \mu1 - \mu \neq C$$

ปฏิเสธ H_0 หรือยอมรับ H_0 ถ้าค่าสถิติเพื่อการทดสอบ Z หรือ t ที่คำนวณ ได้จากข้อมูลน้อยกว่าหรือมากกว่าค่าวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญ α

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด - เบส

ตารางที่ 4.1 แสดงการหาค่าพีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่า pH			ค่า pH เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
UW1	6.80	7.00	7.00	6.93
UW2	7.50	7.60	7.70	7.60
UW3	5.40	5.70	5.60	5.57
UW4	6.10	6.20	6.20	6.17
UW5	6.10	6.50	6.50	6.37
UW6	6.30	6.50	6.50	6.43
UW7	6.30	6.60	6.60	6.50
UW8	6.10	6.10	6.10	6.10
UW9	6.90	7.00	7.00	6.97

ตารางที่ 4.2 แสดงการหาค่าพีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่า pH			ค่า pH เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
UW1	7.14	7.12	7.19	7.15
UW2	7.80	7.81	7.82	7.81
UW3	6.78	6.80	6.80	6.79
UW4	6.43	6.45	6.45	6.44
UW5	6.58	6.58	6.58	6.58
UW6	6.45	6.45	6.45	6.45
UW7	6.62	6.62	6.62	6.62
UW8	7.26	7.29	7.30	7.28
UW9	6.50	6.53	6.50	6.51

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูหนาว 2544

อำเภอ ที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่า pH			ค่า pH เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
UW1	7.26	7.17	7.09	7.17
UW2	7.50	7.56	7.50	7.52
UW3	7.10	7.12	7.10	7.10
UW4	6.38	6.38	6.38	6.38
UW5	6.52	6.59	6.53	6.55
UW6	6.56	6.65	6.62	6.61
UW7	6.80	6.74	6.84	6.79
UW8	6.09	6.16	6.11	6.12
UW9	7.40	7.41	7.40	7.40

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าพีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอ ที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่า pH		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	6.93b	7.15c	7.17c
UW2	7.60c	7.81c	7.52c
UW3	5.57a	6.79b	7.10c
UW4	6.17a	6.44b	6.38b
UW5	6.37b	6.58b	6.55b
UW6	6.43b	6.45a	6.61b
UW7	6.50b	6.62b	6.79b
UW8	6.10a	7.28c	6.12a
UW9	6.97b	6.51a	7.40c

ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4.2 ผลการวิเคราะห์หาค่าความขุ่น

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความขุ่นของตัวอย่างน้ำบาดาล ทั้ง 9 อำเภอในฤดูร้อน 2544

อำเภอ ที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าความขุ่น			ค่า ความขุ่น เฉลี่ย NTU
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
UW1	7.26	7.17	7.09	7.17
UW2	7.30	7.37	7.50	7.39
UW3	6.36	6.44	6.31	6.37
UW4	6.38	6.28	6.27	6.31
UW5	6.52	6.59	6.53	6.55
UW6	6.56	6.65	6.62	6.61
UW7	6.80	6.74	6.84	6.79
UW8	6.09	6.16	6.11	6.12
UW9	6.40	6.44	6.37	6.40

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความขุ่นของตัวอย่างน้ำบาดาล ทั้ง 9 อำเภอในฤดูฝน 2544

อำเภอ ที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่า ความขุ่น			ค่า ความขุ่นเฉลี่ย NTU
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
UW1	7.26	7.27	7.20	7.27
UW2	7.40	7.47	7.40	7.42
UW3	6.60	6.60	6.60	6.60
UW4	6.48	6.48	6.47	6.48
UW5	6.60	6.63	6.60	6.61
UW6	6.66	6.65	6.66	6.66
UW7	6.70	6.74	6.74	6.73
UW8	6.30	6.30	6.30	6.30
UW9	6.60	6.64	6.66	6.64

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความขุ่นของตัวอย่างน้ำบาดาล ทั้ง 9 อำเภอในฤดูหนาว 2544

อำเภอ ที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่า ความขุ่น (NTU)			ค่า ความขุ่นเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
UW1	7.15	7.14	7.13	7.14
UW2	7.28	7.29	7.27	7.28
UW3	6.26	6.24	6.22	6.24
UW4	6.18	6.18	6.18	6.18
UW5	6.75	6.74	6.74	6.75
UW6	6.80	6.82	6.81	6.81
UW7	6.90	6.91	6.92	6.91
UW8	6.19	6.16	6.20	6.16
UW9	6.76	6.77	6.78	6.75

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความขุ่นของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอ ที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าความขุ่น(NTU)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	7.17c	7.27c	7.14c
UW2	7.39c	7.42c	7.28c
UW3	6.37b	6.60b	6.24a
UW4	6.31b	6.48b	6.18a
UW5	6.55b	6.61a	6.75b
UW6	6.61b	6.66b	6.81b
UW7	6.79b	6.73b	6.91c
UW8	6.12a	6.30b	6.16a
UW9	6.40a	6.64b	6.75b

ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษายังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4.3 ผลการวิเคราะห์หาความกระด้าง

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความกระด้างของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ความกระด้างเฉลี่ย (mg / l)
	ปริมาตรของ EDTA (ml)	ความกระด้าง (mg / l)	ปริมาตรของ EDTA (ml)	ความกระด้าง (mg / l)	ปริมาตรของ EDTA (ml)	ความกระด้าง (mg / l)	
UW1	1.10	44.00	1.20	48.00	1.20	48.00	46.67
UW2	0.60	24.00	0.70	28.00	0.70	28.00	26.67
UW3	0.90	36.00	0.90	36.00	0.90	36.00	36.00
UW4	2.80	112.00	2.30	92.00	2.90	116.00	106.67
UW5	0.80	32.00	1.00	40.00	0.80	32.00	34.67
UW6	1.20	48.00	1.2	48.00	0.80	32.00	42.67
UW7	0.80	32.00	1.10	44.00	1.10	44.00	40.00
UW8	1.80	72.00	1.60	64.00	1.80	72.00	69.33
UW9	1.50	60.00	1.50	60.00	1.30	52.00	57.33

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความกระด้างของตัวอย่างน้ำบาดาล ทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูฝน 2544.

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ความกระด้างเฉลี่ย (mg / l)
	ปริมาตรของ EDTA (ml)	ความกระด้าง (mg / l)	ปริมาตรของ EDTA (ml)	ความกระด้าง (mg / l)	ปริมาตรของ EDTA (ml)	ความกระด้าง (mg / l)	
UW1	1.70	68.00	1.30	52.00	1.40	56.00	58.67
UW2	0.60	24.00	0.60	24.00	0.60	24.00	24.00
UW3	1.40	56.00	0.90	36.00	0.90	36.00	42.67
UW4	2.30	92.00	2.00	80.00	3.10	124.00	98.67
UW5	0.80	32.00	0.90	36.00	0.70	28.00	32.00
UW6	1.20	48.00	1.00	40.00	1.10	44.00	42.00
UW7	1.00	40.00	1.10	44.00	1.10	44.00	42.67
UW8	2.00	80.00	1.70	66.00	2.10	84.00	77.33
UW9	1.70	68.00	1.70	68.00	1.50	60.00	65.33

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความกระด้างของตัวอย่างน้ำบาดาล ทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูฝน

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ความกระด้างเฉลี่ย (mg / l)
	ปริมาตรของ EDTA (ml)	ความกระด้าง (mg / l)	ปริมาตรของ EDTA (ml)	ความกระด้าง (mg / l)	ปริมาตรของ EDTA (ml)	ความกระด้าง (mg / l)	
UW1	1.20	48.00	1.30	52.00	1.10	44.00	48.00
UW2	0.60	24.00	0.50	20.00	0.80	32.00	25.33
UW3	0.70	28.00	0.80	37.00	0.70	28.00	29.33
UW4	2.40	96.00	2.30	92.00	2.10	84.00	90.67
UW5	0.80	32.00	0.60	24.00	0.70	28.00	28.00
UW6	1.00	40.00	1.00	40.00	1.00	40.00	40.00
UW7	1.20	48.00	1.60	24.00	1.00	40.00	37.33
UW8	1.70	68.00	1.70	68.00	1.90	76.00	70.67
UW9	1.00	40.00	2.00	80.00	1.20	48.00	56.00

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความกระด้างของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่า ความกระด้าง (mg/l)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	46.67b	58.67b	48.00b
UW2	26.67a	24.00a	25.33a
UW3	36.00a	42.67b	29.33a
UW4	106.67c	98.67c	90.67c
UW5	34.67a	32.00a	28.00a
UW6	42.67b	42.00b	40.00b
UW7	40.00b	42.67b	37.33b
UW8	69.33b	77.33c	70.67c
UW9	57.33b	65.33a	56.00b

ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4.4 ผลการวิเคราะห์หาของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด

ตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วยก่อนระเหย (g)				น้ำหนักถ้วยหลังระเหย (g)				ปริมาณของแข็งทั้งหมด (mg / l)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
UW1	39.45	42.49	32.55	38.16	39.46	42.50	32.56	38.17	404.00
UW2	38.20	38.62	31.97	36.27	38.22	38.65	31.99	36.29	864.00
UW3	39.69	48.34	33.29	40.44	39.71	48.36	33.32	40.46	956.00
UW4	38.92	30.87	30.99	33.59	38.94	30.89	31.01	33.61	736.00
UW5	38.08	54.65	36.09	42.94	38.10	54.67	36.11	42.96	840.00
UW6	42.96	36.24	41.55	40.26	43.01	36.26	41.56	40.28	696.00
UW7	47.46	44.55	31.14	41.05	47.47	44.56	31.15	41.06	524.00
UW8	48.46	32.13	31.92	37.50	48.48	32.14	31.93	37.52	596.00
UW9	31.65	77.75	81.84	63.74	31.67	77.77	81.87	63.77	1044.00

ตารางที่ 4.14 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูฝนปี 2544

อำเภอที่เก็บน้ำด้วอย่าง	น้ำหนักถ้วยก่อนระเหย (g)				น้ำหนักถ้วยหลังระเหย (g)				ปริมาณของแข็งทั้งหมด (mg / l)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
UW1	38.56	37.25	37.28	37.72	38.25	37.25	37.28	37.73	150.00
UW2	35.90	41.38	38.29	38.52	41.38	41.28	38.29	38.53	200.00
UW3	38.48	46.39	43.68	42.85	46.39	46.39	43.69	42.85	205.00
UW4	43.86	45.51	41.64	43.67	41.65	41.65	43.67	43.68	440.00
UW5	33.77	35.73	44.34	37.95	35.74	35.74	44.34	37.95	195.00
UW6	39.32	36.75	41.64	39.33	36.75	36.75	41.01	39.03	280.00
UW7	37.73	46.68	37.86	40.76	46.68	46.68	37.86	40.76	175.00
UW8	35.07	41.70	38.99	38.59	41.71	41.71	38.99	38.59	180.00
UW9	33.51	44.25	40.09	39.29	44.25	44.25	40.00	39.29	687.00

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูหนาวปี 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วยก่อนระเหย (g)				น้ำหนักถ้วยหลังระเหย (g)				ปริมาณของแข็งทั้งหมด (mg / l)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
UW1	35.88	57.06	42.13	45.02	35.89	54.06	42.13	45.03	150.00
UW2	58.83	39.33	38.66	45.06	58.83	39.33	38.66	45.61	660.10
UW3	46.69	46.39	44.35	45.81	46.69	46.39	44.35	45.81	730.00
UW4	36.75	60.79	59.32	52.29	36.75	60.80	59.32	52.29	110.00
UW5	41.64	35.08	43.68	40.14	41.64	35.09	43.68	40.14	440.00
UW6	35.75	33.77	41.09	36.84	35.75	33.77	41.02	36.85	950.00
UW7	39.01	41.72	40.10	40.11	39.01	41.72	40.11	40.28	330.00
UW8	39.01	41.72	40.10	40.11	39.02	41.72	40.11	40.28	330.00
UW9	33.50	45.51	44.26	41.09	33.51	45.51	44.26	41.09	158.00

ตารางที่ 4.16แสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (mg/l)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	404.00b	150.00a	150.00a
UW2	864.00c	200.00a	660.10b
UW3	956.00c	200.50a	730.00c
UW4	736.00c	440.00b	110.00a
UW5	840.00c	190.50a	440.00b
UW6	696.00b	280.00a	350.00b
UW7	524.00b	170.50a	330.00b
UW8	596.00b	180.00a	330.00b
UW9	1044.00c	680.70b	158.00a

ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

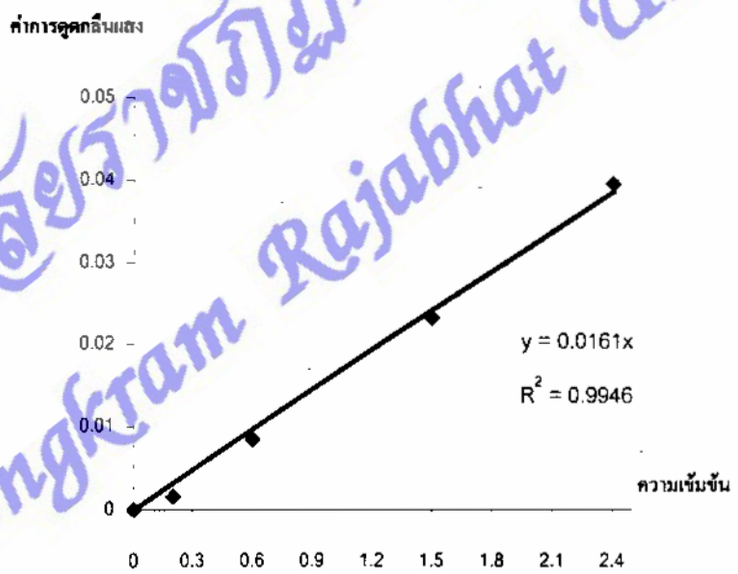
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4.6 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่มีความเข้มข้น 0.2 –2.4 ppm

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานตะกั่ว (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)
0.00	0.0000
0.20	0.0016
0.60	0.0073
1.50	0.0210
2.40	0.0409

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานตะกั่ว



มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่วที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณตะกั่วในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.0379	0.0670	0.0372	0.0047	0.0084	0.0047	0.0059
UW2	0.0101	0.0575	0.0413	0.0013	0.0072	0.0052	Nd
UW3	0.0392	0.1258	0.1995	0.0049	0.0157	0.0249	0.0152
UW4	0.1197	0.1177	0.0690	0.0150	0.0147	0.0086	0.0128
UW5	0.0230	0.0825	0.0467	0.0029	0.0103	0.0058	0.0063
UW6	0.0731	0.0271	0.0778	0.0091	0.0034	0.0097	0.0074
UW7	0.0528	0.0717	0.0582	0.0066	0.0090	0.0073	0.0076
UW8	0.3598	0.1941	0.3267	0.0450	0.0243	0.0408	0.0367
UW9	0.0156	0.0697	0.0859	0.0019	0.0087	0.0107	0.0071

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่วที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณตะกั่วในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.044	0.010	0.160	0.005	0.001	0.002	0.002
UW2	0.035	0.041	0.006	0.004	0.005	0.008	0.006
UW3	0.092	0.105	0.112	0.011	0.013	0.014	0.012
UW4	0.064	0.103	0.100	0.008	0.012	0.012	0.011
UW5	0.051	0.148	0.154	0.006	0.019	0.008	0.006
UW6	0.129	0.059	0.041	0.016	0.007	0.005	0.009
UW7	0.075	0.041	0.146	0.009	0.005	0.018	0.019
UW8	0.248	0.310	0.392	0.031	0.038	0.049	0.039
UW9	0.044	0.029	0.149	0.005	0.003	0.018	0.009

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอฤดูหนาว 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่วที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณตะกั่วในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.037	0.013	0.023	0.004	0.001	0.002	0.003
UW2	0.020	0.033	0.009	0.003	0.004	0.001	0.002
UW3	0.064	0.063	0.015	0.081	0.079	0.029	0.011
UW4	0.058	0.070	0.084	0.085	0.073	0.075	0.008
UW5	0.049	0.039	0.038	0.062	0.049	0.048	0.005
UW6	0.017	0.016	0.085	0.022	0.007	0.010	0.006
UW7	0.049	0.039	0.045	0.008	0.007	0.006	0.005
UW8	0.201	0.185	0.226	0.006	0.023	0.028	0.007
UW9	0.017	0.016	0.018	0.002	0.008	0.002	0.005

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าปริมาณของตะกั่วทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (mg/l)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	0.0059a	0.089c	0.003a
UW2	0.004a	0.006a	0.002a
UW3	0.0152c	0.012b	0.011b
UW4	0.0128c	0.011b	0.008a
UW5	0.0063a	0.006a	0.005a
UW6	0.0074a	0.009a	0.006a
UW7	0.0076a	0.019b	0.005a
UW8	0.0367b	0.030b	0.007a
UW9	0.0071a	0.009a	0.005a

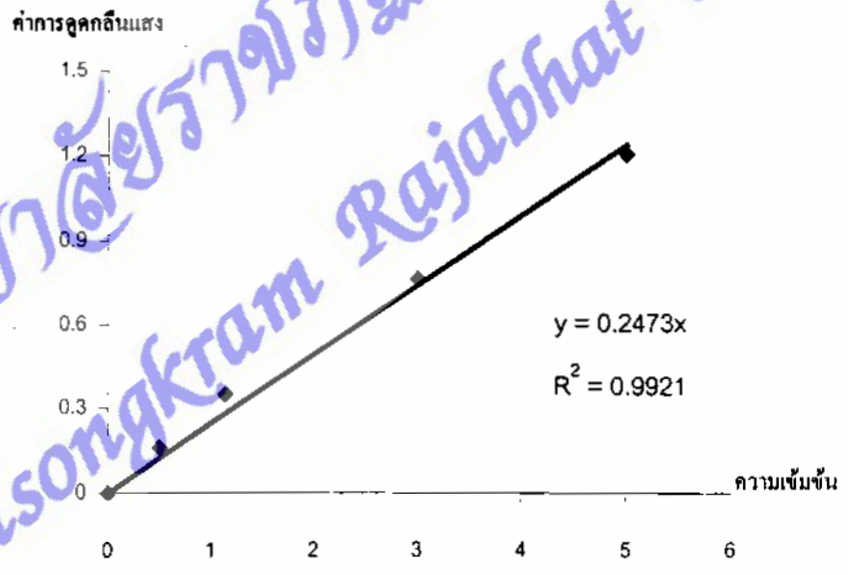
ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานสังกะสีที่มีความเข้มข้น 0.5 – 5.0 ppm

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานสังกะสี (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)
0.00	0.0000
0.50	0.2216
1.00	0.4084
3.00	0.8796
5.00	1.2041

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานสังกะสี



มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.23 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูร้อน2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณสังกะสีที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณสังกะสีในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.855	0.828	0.777	0.106	0.103	0.097	0.102
UW2	0.259	0.115	0.291	0.032	0.014	0.036	0.027
UW3	1.286	1.399	1.500	0.160	0.175	0.187	0.174
UW4	2.894	3.050	2.998	0.361	0.381	0.374	0.372
UW5	2.900	2.930	0.640	0.362	0.366	0.080	0.364
UW6	1.483	1.466	1.374	0.085	0.183	0.171	0.180
UW7	1.155	1.251	1.373	0.144	0.156	0.171	0.157
UW8	3.741	3.767	3.733	0.467	0.471	0.466	0.468
UW9	0.640	0.713	0.431	0.080	0.089	0.054	0.074

ตารางที่ 4.24 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณสังกะสีที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณสังกะสีในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.042	0.055	0.090	0.053	0.069	0.013	Nd
UW2	0.044	0.035	0.039	0.056	0.044	0.049	Nd
UW3	0.112	0.985	3.203	0.014	0.123	0.400	0.179
UW4	5.649	5.609	5.629	0.706	0.701	0.703	0.703
UW5	4.967	5.067	4.915	0.620	0.633	0.614	0.622
UW6	4.446	4.442	4.296	0.556	0.554	0.537	0.549
UW7	0.434	0.614	0.531	0.054	0.076	0.007	0.065
UW8	6.711	6.664	6.557	0.838	0.833	0.819	0.830
UW9	0.042	0.050	0.090	0.050	0.060	0.013	Nd

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.25 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูหนาว2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณสังกะสีที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณสังกะสีในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.475	0.359	0.155	0.059	0.044	0.019	0.041
UW2	0.105	0.138	0.103	0.013	0.017	0.012	0.015
UW3	0.297	0.105	0.636	0.037	0.013	0.079	0.043
UW4	5.402	5.592	5.491	0.675	0.699	0.645	0.686
UW5	5.287	5.327	5.165	0.660	0.665	0.645	0.657
UW6	2.852	2.624	2.263	0.356	0.328	0.282	0.322
UW7	0.597	0.351	0.083	0.074	0.043	0.010	0.042
UW8	5.969	5.962	5.900	0.7462	0.7453	0.737	0.743
UW9	0.5957	0.3512	0.083	0.0745	0.0439	0.010	0.042

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าปริมาณของสังกะสีทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าปริมาณของสังกะสีทั้งหมด (mg/l)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	0.102b	Nd	0.041a
UW2	0.027a	Nd	0.015a
UW3	0.174b	0.179ab	0.043a
UW4	0.372b	0.703c	0.686c
UW5	0.364b	0.622c	0.657c
UW6	0.180ab	0.549c	0.322b
UW7	0.157ab	0.065a	0.042a
UW8	0.468b	0.830c	0.743c
UW9	0.074a	Nd	0.042a

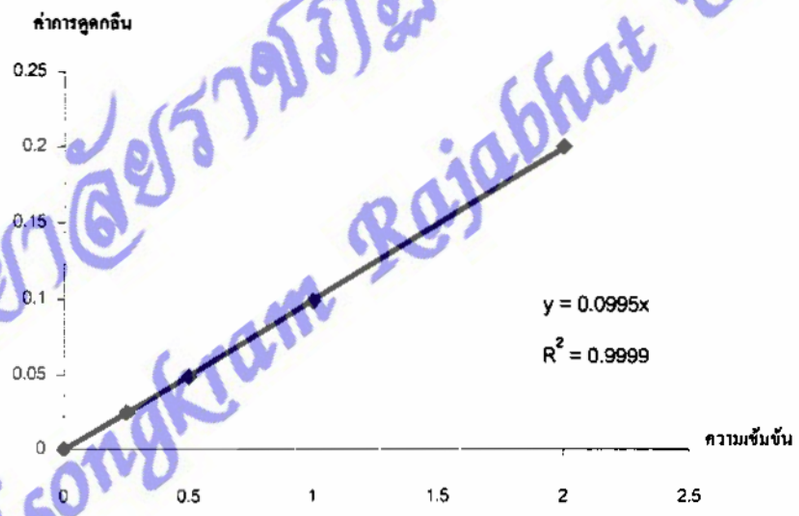
ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานทองแดงที่มีความเข้มข้น 0.25 – 2.0 ppm

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานทองแดง (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)
0.00	0.0000
0.25	0.0232
0.50	0.0490
1.00	0.0985
2.00	0.1997

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานทองแดง



มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.28 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณทองแดงที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณทองแดงในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.045	0.044	0.060	0.005	0.005	0.007	0.006
UW2	0.124	0.048	0.046	0.015	0.006	0.005	0.009
UW3	0.210	0.162	0.117	0.026	0.020	0.014	0.020
UW4	0.064	0.061	0.072	0.008	0.007	0.009	0.008
UW5	0.115	0.109	0.087	0.014	0.013	0.011	0.013
UW6	0.102	0.079	0.097	0.012	0.009	0.012	0.011
UW7	0.040	0.056	0.038	0.005	0.007	0.004	0.005
UW8	0.123	0.119	0.152	0.0154	0.014	0.019	0.016
UW9	0.085	0.094	0.100	0.010	0.011	0.012	0.011

ตารางที่ 4.29 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณทองแดงที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณทองแดงในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.013	0.010	0.008	0.017	0.013	0.011	0.0014
UW2	0.018	0.012	0.007	0.002	0.002	0.001	0.0016
UW3	0.135	0.072	0.090	0.016	0.009	0.011	0.0120
UW4	0.018	0.005	0.001	0.002	0.001	0.001	0.0015
UW5	0.071	0.055	0.055	0.008	0.007	0.007	0.0080
UW6	0.014	0.010	0.021	0.002	0.002	0.003	0.0020
UW7	0.015	0.008	0.009	0.002	0.001	0.001	0.0014
UW8	0.075	0.069	0.073	0.009	0.009	0.009	0.0090
UW9	0.023	0.017	0.009	0.016	0.009	0.011	0.013

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.30 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณทองแดงที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณทองแดงในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.024	0.015	0.013	0.003	0.002	0.001	0.002
UW2	0.015	0.037	0.024	0.001	0.004	0.003	0.003
UW3	0.192	0.168	0.158	0.024	0.021	0.019	0.021
UW4	0.08	0.027	0.023	0.001	0.003	0.002	0.002
UW5	0.163	0.092	0.101	0.020	0.011	0.012	0.014
UW6	0.016	0.012	0.072	0.002	0.001	0.009	0.004
UW7	0.014	0.014	0.011	0.001	0.001	0.001	0.002
UW8	0.074	0.201	0.185	0.009	0.025	0.023	0.001
UW9	0.005	0.016	0.014	0.007	0.021	0.018	0.007

ตารางที่ 4.31แสดงค่าปริมาณของทองแดงทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าปริมาณของทองแดงทั้งหมด (mg/l)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	0.006a	0.0014c	0.002a
UW2	0.009a	0.0016a	0.003a
UW3	0.020c	0.0120b	0.021c
UW4	0.008a	0.0015a	0.002a
UW5	0.013b	0.008a	0.014c
UW6	0.011b	0.002a	0.004a
UW7	0.005a	0.0014a	0.002a
UW8	0.016c	0.009a	0.001a
UW9	0.011b	0.013c	0.007a

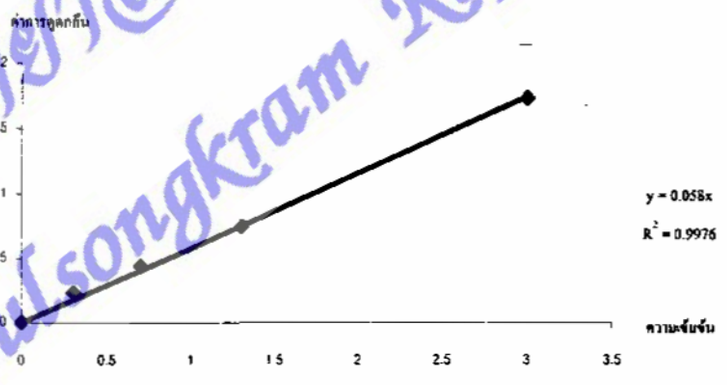
ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเหล็กที่มีความเข้มข้น 0.3 – 3.00 ppm

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็ก (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)
0.00	0.0000
0.30	0.0230
0.70	0.0525
1.30	0.0879
3.00	0.1730

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็ก



มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.33 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณเหล็กที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณเหล็กในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.329	0.309	0.293	0.041	0.038	0.036	0.038
UW2	3.339	2.796	3.595	0.417	0.349	0.449	0.405
UW3	15.86	15.72	15.50	1.983	1.965	1.937	1.962
UW4	20.69	19.72	21.15	2.586	2.465	2.644	2.565
UW5	19.95	7.221	18.85	2.494	0.902	2.357	1.918
UW6	18.04	17.83	18.07	2.256	2.229	2.259	2.248
UW7	3.534	3.688	4.267	0.441	0.461	0.532	0.478
UW8	20.68	20.53	20.44	2.585	2.566	2.555	2.569
UW9	3.072	2.444	0.261	0.384	0.305	0.032	0.240

ตารางที่ 4.34 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณเหล็กที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณเหล็กในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	2.924	2.939	2.568	0.365	0.367	0.321	0.351
UW2	4.672	3.904	4.272	0.584	0.488	0.534	0.535
UW3	16.11	16.24	9.801	2.014	2.030	1.225	1.756
UW4	16.08	16.54	16.32	2.010	2.068	2.040	2.039
UW5	9.756	9.455	4.583	1.219	1.181	0.572	0.991
UW6	15.87	16.26	15.60	1.984	2.033	1.950	1.989
UW7	6.378	5.898	6.172	0.797	0.737	0.771	0.768
UW8	16.22	16.40	16.64	2.028	2.050	2.080	2.052
UW9	0.093	0.056	0.002	0.011	0.007	0.007	0.006

มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.35 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 ฤดูหนาว 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณเหล็กที่อ่านได้จากเครื่อง (ppm)			ปริมาณเหล็กในน้ำบาดาล (mg / l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.561	0.663	0.698	0.070	0.633	0.087	0.078
UW2	2.265	2.075	2.076	0.283	0.207	0.259	0.267
UW3	17.99	17.97	17.73	2.249	2.213	2.217	2.237
UW4	20.25	20.68	20.75	2.531	2.068	2.594	2.570
UW5	10.87	10.59	12.50	1.350	10.59	1.560	1.415
UW6	2.726	2.075	2.076	0.283	2.075	0.259	0.267
UW7	2.265	2.075	2.390	0.340	2.701	0.291	0.301
UW8	0.561	0.633	0.698	0.070	0.633	0.087	0.078
UW9	0.269	0.375	0.324	0.337	0.046	0.040	0.040

ตารางที่ 4.36แสดงค่าปริมาณของเหล็กทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าปริมาณของเหล็กทั้งหมด (mg/l)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	0.038a	0.351a	0.078a
UW2	0.405b	0.535b	0.267a
UW3	1.962c	1.756c	2.237c
UW4	2.565c	2.039c	2.570c
UW5	1.918c	0.991a	1.415b
UW6	2.248c	1.989c	0.267a
UW7	0.478b	0.768b	0.301a
UW8	2.569c	2.052c	0.078a
UW9	0.240a	0.006a	0.040a

ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

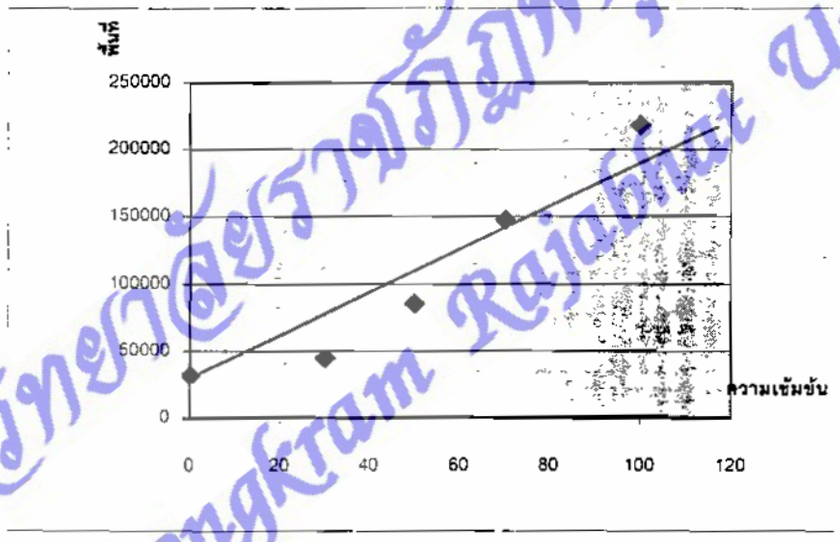
4.7 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแอนไอออน

การทำกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานแต่ละชนิด

ตารางที่ 4.37 ค่าพื้นที่ใต้พีค (Peak area) ของสารละลายมาตรฐานไนเตรท

ความเข้มข้นของไนเตรท (ppm)	Retention time (t_r) (นาที)*	Peak area*
10	5.231	31579
30	5.221	48012
50	5.237	85359
70	5.259	147515
100	5.289	218217

* เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ครั้ง



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานไนเตรท

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.38 ค่าพื้นที่ใต้พีค และ Retention time ของการหาปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	5.89	4.95	5.89	5.58	6333	6160	1102	4090
UW2	5.87	5.87	5.87	5.87	12204	9906	1270	4821
UW3	5.88	5.87	5.60	5.78	9821	1108	9923	7330
UW4	N.D.	5.90	5.16	5.53	N.D.	662	1821	9139
UW5	5.64	5.64	4.58	5.28	8800	7409	1643	9117
UW6	5.62	5.62	5.62	5.62	1692	3441	4858	8408
UW7	5.62	5.62	5.62	5.62	2164	6196	4352	1073
UW8	5.89	5.89	5.93	5.90	2223	778	2830	7531
UW9	5.61	6.00	N.D.	5.81	1614	11870	N.D.	6742

ตารางที่ 4.39 ค่าพื้นที่ใต้พีค และ Retention time ของการหาปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	5.56	5.56	5.50	5.56	2165	8290	5443	5299
UW2	5.55	5.55	5.55	5.55	7243	1191	9189	9450
UW3	5.59	5.57	5.57	5.58	6505	8906	6601	7338
UW4	5.59	5.55	5.59	5.58	4403	5484	1738	2229
UW5	5.58	5.58	5.58	5.58	1003	9152	8308	9165
UW6	5.56	5.56	5.56	5.56	8495	4895	4726	6038
UW7	5.61	5.61	5.61	5.61	1975	1146	1147	4231
UW8	5.55	5.55	5.55	5.55	2909	3692	2229	1167
UW9	5.58	5.57	5.57	5.58	1037	7203	1126	9617

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.40 ค่าพื้นที่ใต้พีค และ Retention timeของการหาปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูหนาว 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW2	6.605	6.603	6.596	6.601	1886	1734	1259	1626.33
UW3	6.625	6.634	6.591	6.616	1415	1079	2298	9081
UW4	5.50	6.645	6.072	6.072	4900	5654	N.D.	5277
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW9	6.792	4.731	4.713	5.412	4853	3726	1127	3235

ตารางที่ 4.41 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณไนเตรท (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	1.301	1.309	1.215	1.275
UW2	2.207	2.529	2.253	2.329
UW3	4.154	36.65	3.198	3.672
UW4	4.538	4.944	4.952	4.811
UW5	7.000	6.430	6.540	6.650
UW6	4.348	4.686	4.843	4.620
UW7	2.970	3.635	3.250	3.285
UW8	2.608	3.116	3.210	2.978
UW9	3.210	3.188	3.210	3.202

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.42 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณไนเตรท (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	1.201	1.206	1.315	1.274
UW2	2.007	2.029	2.053	2.029
UW3	4.054	3.565	3.098	3.572
UW4	4.238	4.644	4.652	4.511
UW5	7.000	6.300	6.540	6.500
UW6	4.048	4.686	4.543	4.420
UW7	2.970	3.335	3.250	3.185
UW8	2.308	3.016	3.010	2.678
UW9	3.010	3.088	3.210	3.102

ตารางที่ 4.43 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูหนาว 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณไนเตรท (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW2	1.295	1.303	1.330	1.309
UW3	6.160	8.025	7.272	7.151
UW4	1.312	1.729	N.D.	1.521
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW9	1.286	1.262	1.260	1.269

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.44 แสดงค่าปริมาณของไนเตรททั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอ ที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าปริมาณของไนเตรทสีทั้งหมด (mg/l)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	1.275a	1.274a	N.D.
UW2	2.329ab	2.029ab	1.309a
UW3	3.672b	3.572b	8.970c
UW4	4.811b	4.511b	1.521a
UW5	6.650c	6.50c	N.D.
UW6	4.620b	4.420b	N.D.
UW7	3.285ab	3.185ab	N.D.
UW8	2.978ab	2.678ab	N.D.
UW9	3.202ab	3.102ab	3.908ab

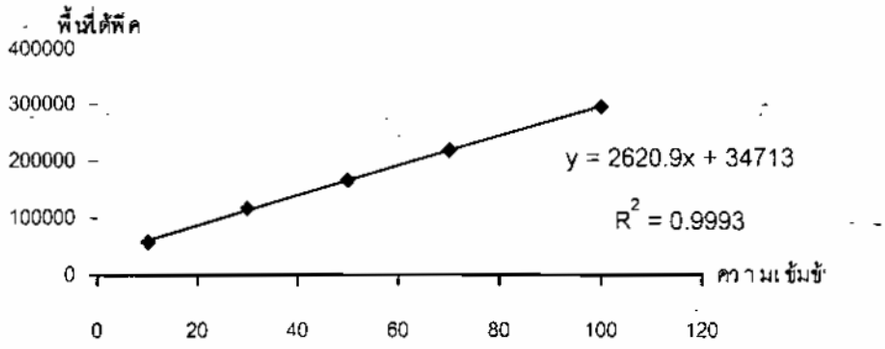
ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.45 ค่าพื้นที่ใต้พีค (Peak area) ของสารละลายมาตรฐานคลอไรด์

ความเข้มข้นของคลอไรด์ (ppm)	Retention time (t_r) (นาที)*	Peak area*
10	3.227	23466
30	3.278	90032
50	3.313	150815
70	3.346	224354
100	3.384	308625

*** เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ครั้ง**

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานคลอไรด์

ตารางที่ 4.46 ค่าพื้นที่ใต้พีค และ Retention time ของการหาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง อำเภอในฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	3.59	3.59	3.59	3.59	2013	3221	3840	3025
UW2	3.58	3.58	3.58	3.58	4936	3449	1595	3327
UW3	3.59	3.59	4.07	3.75	961	4686	8142	4596
UW4	3.55	3.55	3.55	3.55	2680	5790	1960	9363
UW5	3.44	3.44	3.44	3.44	5744	3219	5901	4954
UW6	3.50	3.50	3.50	3.50	1073	1074	1174	1107
UW7	3.50	3.50	3.50	3.50	2998	2944	2353	2765
UW8	3.54	3.50	3.50	3.516	3073	1771	4579	1236
UW9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.47 ค่าพื้นที่ใต้พีค และ Retention timeของการหาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	3.41	3.42	3.41	3.40	26420	12391	42519	27110
UW2	3.40	3.40	3.40	3.40	22561	35990	42831	33794
UW3	3.43	3.43	3.42	3.43	17130	16206	5245	12860.33
UW4	3.43	3.44	3.44	3.44	63547	5857	18765	29389.67
UW5	3.42	3.41	3.41	3.41	81598	21963	19713	41091.33
UW6	3.43	3.43	3.43	3.43	45817	48391	34063	42757
UW7	3.43	3.43	3.43	3.43	5730	6301	4649	5560
UW8	3.50	3.50	3.50	3.50	4406	16096	10053	10185
UW9	3.42	3.41	3.41	3.41	19309	19111	22938	20452.67

ตารางที่ 4.48 ค่าพื้นที่ใต้พีค และ Retention time ของการหาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูหนาว 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	2.97	2.97	2.97	2.97	1849	6852	6205	4969
UW2	4.85	3.91	3.62	4.13	2659	3967	2639	1499
UW3	3.50	3.45	2.98	3.31	4089	7732	13730	8517
UW4	4.89	3.08	3.08	3.68	5272	3666	5084	3148
UW5	2.79	2.79	2.96	2.85	9415	8606	7667	8562
UW6	2.87	2.87	2.87	2.87	5633	4153	2194	3993
UW7	3.00	3.00	3.00	3.00	5739	3305	1427	7773
UW8	2.97	2.96	2.96	2.96	2158	8674	1361	8148
UW9	2.86	2.86	2.867	2.86	7603	2449	1684	3912

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.49 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอใน ฤดูร้อน2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณคลอไรด์ (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	1.74	19.5	1.40	1.41
UW2	5.59	6.08	6.15	5.94
UW3	4.57	4.63	4.82	4.67
UW4	11.22	11.03	10.76	11.33
UW5	8.67	8.96	9.27	8.96
UW6	27.72	27.7	31.57	29.01
UW7	3.805	3.09	4.26	3.692
UW8	11.51	12.56	11.49	11.85
UW9	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ 4.50 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอใน ฤดูฝน2544

ตำบลที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณคลอไรด์ (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	4.63	4.870	4.090	4.530
UW2	11.56	10.10	10.48	10.68
UW3	6.700	7.060	6.243	6.670
UW4	11.58	10.84	11.47	11.29
UW5	11.00	11.00	11.09	11.03
UW6	24.23	25.21	24.24	24.57
UW7	2.870	2.952	2.449	2.770
UW8	ND	ND	ND	ND
UW9	ND	ND	ND	ND

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.51 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูหนาว2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณคลอไรด์ (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	1.718	1.690	1.643	1.700
UW2	5.560	5.490	5.423	5.420
UW3	4.578	4.294	4.006	4.280
UW4	11.42	11.35	11.050	11.460
UW5	8.650	8.961	8.319	8.640
UW6	27.25	27.04	28.87	27.72
UW7	3.105	3.893	3.798	3.600
UW8	12.87	12.42	12.30	12.63
UW9	ND	ND	ND	ND

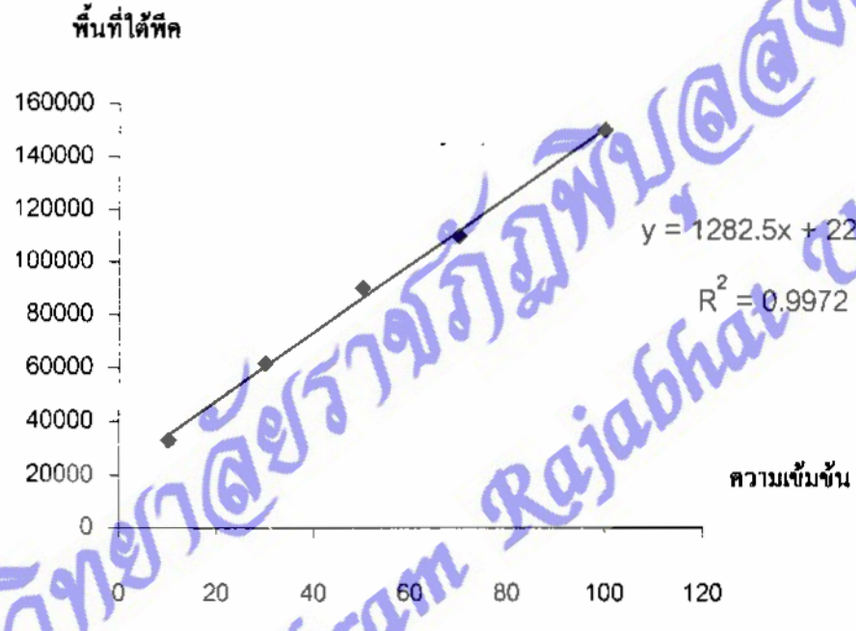
ตารางที่ 4.52 แสดงค่าปริมาณของครอไรด์ทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าปริมาณของครอไรด์ทั้งหมด (mg/l)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	1.41a	4.50a	1.70a
UW2	5.94a	10.68b	5.42a
UW3	4.67a	6.67a	4.28a
UW4	11.33b	11.29b	11.46b
UW5	8.96a	11.03b	8.64a
UW6	29.01c	24.57c	27.72c
UW7	3.692a	2.770a	3.60a
UW8	11.85b	ND	12.63b
UW9	ND	ND	ND

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.53 ค่าพื้นที่ใต้พีค (Peak area) ของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต

ความเข้มข้นของซัลเฟต (ppm)	Retention time (t_r) (นาที)*	Peak area*
10	8.217	24121
30	8.219	68185
50	8.226	94615
70	8.238	122235
100	8.253	147926



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐาน ซัลเฟต

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.54 ค่าพื้นที่ใต้พีค และ Retention time ของการหาปริมาณซัลเฟตในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ฤดูร้อน 2544

ตำบลที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

ตารางที่ 4.55 ค่าพื้นที่ใต้พีค และ Retention time ของการหาปริมาณซัลเฟตในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW3	9.715	9.715	9.717	9.715	3528	6068	3070	3889
UW4	9.779	N.D.	9.771	9.775	1902	N.D.	1367	1019
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	9.848	9.678	9.794	9.7733	1752	5643	455	7874
UW8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.56 ค่าพื้นที่ใต้พีค และ Retention timeของการหาปริมาณซัลเฟตในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอใน ฤดูหนาว 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	N.D	9.16	9.00	9.08	N.D.	16997	6578	11787.5
UW2	9.96	9.49	N.D.	9.72	611	266	N.D.	438.50
UW3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D	N.D
UW4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D.
UW8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

ตารางที่ 4.57 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอใน ฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณซัลเฟต (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.58 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอใน ฤดูฝน 2544

ตำบลที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณซัลเฟต (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW3	10.17	29.98	6.612	12.99
UW4	131.0	N.D.	6.666	62.16
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	3.66	12.93	6.976	11.19
UW8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

ตารางที่ 4.59 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูหนาว 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณซัลเฟต (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	N.D.	4.078	12.20	8.140
UW2	16.85	17.12	16.54.	16.98
UW3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.60 แสดงค่าปริมาณของซัลเฟตทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอ ที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าปริมาณของซัลเฟตทั้งหมด (mg/l)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	N.D.	N.D.	8.140a
UW2	N.D.	N.D.	16.98ab
UW3	N.D.	12.99ab	N.D.
UW4	N.D.	62.16c	N.D.
UW5	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	N.D.	11.19a	N.D.
UW8	N.D.	N.D.	N.D.
UW9	N.D.	N.D.	N.D.

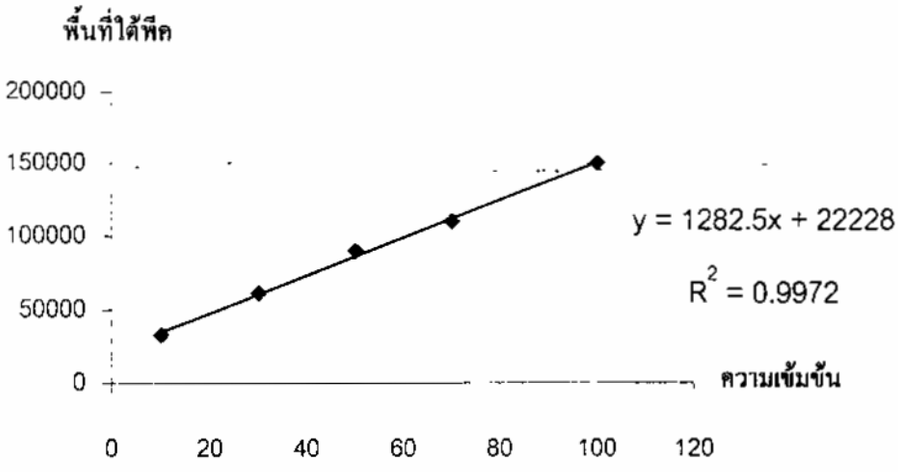
ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.61 ค่าพื้นที่ใต้พีค (Peak area) ของสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์

ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ (ppm)	Retention time (t) (นาที)*	Peak area*
10	2.303	11948
30	2.348	55710
50	2.382	97371
70	2.412	142145
100	2.438	202419

- เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ครั้ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์

ตารางที่ 4.62 ค่าพื้นที่ใต้พีคและ Retention time ของการหาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอในฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	2.54	2.54	2.54	2.54	1454	1605	1096	1385
UW2	3.00	N.D.	2.87	2.93	3653	N.D.	1665	2659
UW3	2.62	2.75	2.28	2.55	10591	2685	4185	1387
UW4	3.17	3.03	3.05	3.08	30151	2383	4185	3194
UW5	2.66	N.D.	2.87	2.77	2728	N.D.	2519	2623
UW6	2.45	2.45	2.61	2.52	2124	9551	1726	1601
UW7	2.77	2.62	2.79	2.71	2914	1200	1862	1992
UW8	2.73	N.D.	2.66	2.70	1417	N.D.	1054	1236
UW9	2.79	2.87	N.D.	2.83	7187	2142	N.D.	1430

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.63 ค่าพื้นที่ใต้พีค และ Retention time ของการหาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) - (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW2	N.D.	2.75	2.66	2.70	N.D.	17710	15516	16613
UW3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW4	2.458	2.58	2.583	2.541	35384	5697	13350	8143
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	2.66	N.D.	2.45	2.56	12658	N.D.	7115	9886
UW7	2.66	2.87	2.50	2.68	3208	2870	1423	2500
UW8	2.70	2.66	2.58	2.65	7686	7584	4860	8856
UW9	ND	ND	N.D.	ND	ND	ND	N.D.	ND

ตารางที่ 4.64 ค่าพื้นที่ใต้พีคและ Retention timeของการหาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ใน ฤดูหนาว 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	Retention time (t_r) (นาที)				Peak area			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	ND	ND	N.D.	ND	ND	ND	N.D.	ND
UW2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
UW3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW4	2.32	2.32	2.61	2.46	5524	5524	5913	5718
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW8	2.53	2.32	2.30	2.38	3326	2355	2470	2717
UW9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.65 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอใน ฤดูร้อน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณฟลูออไรด์ (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	0.511	0.523	0.517	0.551
UW2	0.756	0.712	0.789	0.725
UW3	0.739	0.798	0.708	0.748
UW4	0.388	0.324	0.362	0.358
UW5	0.221	0.210	0.202	0.214
UW6	0.124	0.198	0.154	0.158
UW7	0.330	0.357	0.376	0.354
UW8	0.532	0.510	0.541	0.518
UW9	ND	ND	N.D.	ND

ตารางที่ 4.66 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอใน ฤดูฝน 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณฟลูออไรด์ (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	N.D.	N.D	N D	N D.
UW2	N.D.	N.D	N D	N D
UW3	N.D.	N.D.	N.D.	N D
UW4	0.400	0.431	0.408	0.413
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	ND	N.D.	ND	ND
UW7	0.264	0.284	0.267	0.271
UW8	0.506	0.514	0.510	0.519
UW9	ND	ND	ND	ND

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.67 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอใน ฤดูหนาว 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ปริมาณฟลูออไรด์ (mg/l)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
UW1	ND	ND	N.D.	ND
UW2	ND	ND	ND	ND
UW3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW4	0.400	0.413	0.408	0.413
UW5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
UW7	ND.	N.D.	N.D.	N.D.
UW8	0.475	0.413	0.407	0.492
UW9	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ 4.68 แสดงค่าปริมาณของฟลูออไรด์ทั้งหมดของตัวอย่างน้ำบาดาลทั้ง 9 อำเภอ ในปี 2544

อำเภอที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ค่าปริมาณของฟลูออไรด์ทั้งหมด (mg/l)		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
UW1	0.551c	N D.	ND
UW2	0.725c	N D	ND
UW3	0.748c	N D	N.D.
UW4	0.358b	0.413c	0.413c
UW5	0.214a	N.D.	N.D.
UW6	0.158a	ND	N.D.
UW7	0.354b	0.271a	N.D.
UW8	0.518c	0.519c	0.492c
UW9	ND	ND	ND

ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 5

สรุปและวิจารผลการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำบาดาล ในเขต จังหวัดพิษณุโลก 9 อำเภอ 9 แหล่ง ในช่วงระยะเวลา 1 ปี ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 5.1 แสดง ค่า pH ความขุ่น ความกระด้าง ปริมาณของแข็ง ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง เหล็ก ไนเตรท ครอไรด์ ซัลเฟต ฟลูออร์ไรด์ ในน้ำบาดาลในฤดูฝน

สถานที่เก็บตัวอย่าง (อำเภอ)	pH	ความขุ่น (NTU)	ความกระด้าง (mg/l)	ปริมาณของแข็ง	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	NO_3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO_4 (mg/l)	F (mg/l)
เมือง	6.93b	7.17c	46.76b	404.0b	0.0059a	0.102b	0.006a	0.04a	1.27a	1.70a	ND	0.551b
บางระกำ	7.60c	7.39c	26.76a	864.0b	Nd	0.027a	0.009a	0.40b	2.32b	5.94b	ND	0.725c
บางกระทุ่ม	5.57a	6.37b	36.00a	956.0c	0.0152b	0.174b	0.020c	1.96c	3.67b	4.67b	ND	0.748c
วัดโบสถ์	6.17a	6.31b	106.67c	736.0c	0.0128b	0.372b	0.008a	2.56c	4.81c	11.33c	ND	0.358b
พรหมพิราม	6.37b	6.55b	34.67a	840.0c	0.0063a	0.364b	0.013b	1.91c	6.65c	8.96bc	ND	0.214a
วังทอง	6.34b	6.61b	42.67b	696.0c	0.0074a	0.180b	0.011b	2.24c	4.62c	29.01c	ND	0.158a
นครไทย	6.50b	6.79b	40.00b	524.0b	0.0076a	0.157b	0.005a	0.47b	3.28b	3.69a	ND	0.354b
เนินมะปราง	6.10a	6.12a	69.00b	596.0b	0.0367bc	0.468c	0.016c	2.56c	2.97a	11.85c	ND	0.518c
ชาติตระการ	6.97b	6.40b	57.30b	1046.0c	0.0071a	0.074a	0.011b	0.24a	3.20b	2.54a	ND	ND

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 5.2 แสดง ค่า pH ความขุ่น ความกระด้าง ปริมาณของแข็ง ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง เหล็ก ไนเตรท คลอไรด์ ซัลเฟต ฟลูออร์ไรด์ ในน้ำบาดาลในฤดูฝน

สถานที่เก็บตัวอย่าง (อำเภอ)	pH	ความขุ่น (NTU)	ความกระด้าง (mg/l)	ปริมาณของแข็ง	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^- (mg/l)	F^- (mg/l)
เมือง	7.15c	7.27c	58.76b	150.0a	0.002a	ND	0.0014a	0.351a	1.27a	4.50ab	ND	N D
บางระกำ	7.81c	7.42c	24.00a	200.0a	0.006a	ND	0.0016a	0.535b	2.02b	1.68a	ND	ND
บางกระทุ่ม	6.79b	6.60b	42.76c	805.0a	0.012b	0.179b	0.012b	1.750c	3.57b	6.67b	12.99a	ND
วัดโบสถ์	6.44b	6.48b	98.67c	440.0a	0.011b	0.703c	0.015a	2.039c	4.51c	11.29c	62.16b	0.413c
พรหมพิราม	6.58b	6.61b	32.00a	195.0a	0.006a	0.622c	0.008a	0.099a	6.50c	11.03c	ND	ND
วังทอง	6.45b	6.66b	42.00b	280.0a	0.009a	0.549c	0.002a	1.980bc	4.42c	24.57c	ND	ND
นครไทย	6.62b	6.73b	42.67b	175.0a	0.019b	0.065a	0.014a	0.760b	3.18b	2.77a	11.19a	0.271a
เนินมะปราง	7.28c	6.30b	44.00b	180.0a	0.030c	0.830c	0.009a	2.050c	2.67a	ND	ND	0.519c
ชาติตระการ	6.15b	6.64b	65.33a	687.0a	0.009a	ND	0.013c	0.006a	3.72b	ND	ND	ND

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 5.3 แสดง ค่า pH ความขุ่น ความกระด้าง ปริมาณของแข็ง ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง เหล็ก ไนเตรท ครอไรด์ ซัลเฟต ฟลูออไรด์ ในน้ำบาดาลในฤดูหนาว

สถานที่เก็บตัวอย่าง (อำเภอ)	pH	ความขุ่น (NTU)	ความกระด้าง (mg/l)	ปริมาณของแข็ง	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^- (mg/l)	F^- (mg/l)
เมือง	7.17c	7.14c	48.00a	150.0a	0.003a	0.041a	0.002a	0.078a	ND	1.70a	8.14a	ND
บางระกำ	7.52c	7.28c	25.33a	660.0b	0.002a	0.015a	0.003a	0.267a	1.309a	5.42b	16.90a	ND
บางกระทุ่ม	7.10c	6.24a	29.33a	730.0b	0.011c	0.043a	0.021c	2.23c	7.15c	4.28b	ND	ND
วัดโบสถ์	6.38b	6.18a	90.76c	110.0b	0.008a	0.688c	0.002a	2.57c	1.52a	11.40c	ND	0.413c
พรหมพิราม	6.55b	6.75b	28.00a	440.0a	0.005a	0.657c	0.014c	1.41b	ND	8.65b	ND	ND
วังทอง	6.16b	6.81b	40.00a	350.0b	0.006a	0.322b	0.004a	0.267a	ND	27.72c	ND	ND
นครไทย	6.79b	6.91c	37.33a	330.0b	0.005a	0.042a	0.002a	0.301a	ND	36.0c	ND	ND
เนินมะปราง	6.12b	6.16a	70.76c	330.0a	0.007a	0.743c	0.001a	0.078a	ND	12.36c	ND	0.492c
ชาติตระการ	7.40c	6.75b	56.00b	158.0b	0.005a	0.042a	0.007a	0.040a	3.98b	ND	ND	ND

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ผลจากการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลกได้ผลสรุปโดยทั่วไปดังนี้

pH	**5.57 - 7.81**		
ความขุ่น	**6.12 - 7.42**	**NTU**	
ความกระด้าง	**25.33 - 98.72**	**ppm**	
ปริมาณของแข็ง	**110.00 -1,046**	**ppm**	
Pb	**0.00 - 0.009**	**มิลลิกรัม / ลิตร**	
Zn	**0.01 - 0.830**	**มิลลิกรัม / ลิตร**	
Cu	**0.00 - 0.020**	**มิลลิกรัม / ลิตร**	
Fe	**0.04 - 2.050**	**มิลลิกรัม / ลิตร**	
NO_3^-	**0.00 - 6.500**	**มิลลิกรัม / ลิตร**	
Cl	**1.68 - 29.010**	**มิลลิกรัม / ลิตร**	
SO_4^-	**0.00 - 62.160**	**มิลลิกรัม / ลิตร**	
F	**0.00 - 7.750**	**มิลลิกรัม / ลิตร**	

1. ค่าความเป็นกรดและเบส (pH) จากการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลก พบว่ามีค่า pH อยู่ในช่วง 5.57 – 7.81 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติของน้ำทั่วไป และพบว่าปริมาณ pH มากที่สุดในฤดูฝน pH 7.81 ที่อำเภอบางระกำ และต่ำสุดในฤดูหนาว pH 5.57 ที่อำเภอบางกระทุ่ม **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมี pH 6.5 - 8.5 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

จากค่า pH ของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลกสามารถนำไปใช้อุปโภคบริโภคได้ ค่า pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเล็กน้อยเพราะการละลายของสารเคมีในต้นน้ำบางตัวอาจละลายได้เมื่อน้ำเป็นตัวทำละลายแร่ธาตุในดินได้ดี

2. ความขุ่นจากการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในเขตจังหวัดพิษณุโลกมีความขุ่น 6.12 – 7.42 NTU จากการศึกษาพบว่าปริมาณความขุ่นมากที่สุดในฤดูฝน 7.42 NTU ที่อำเภอบางกระทุ่ม 6.40 NTU และต่ำสุดในฤดูร้อนที่สะพานพันปี 5.11 NTU **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมีความขุ่นไม่เกิน 5 NTU สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

จากการศึกษาพบว่าค่าความขุ่นส่วนใหญ่เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งความขุ่นของน้ำแปรตามฤดูกาล อาจเกิดจากปริมาณการพังทะลายของดิน ความขุ่นของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลกไม่เหมาะแก่การบริโภคและอุปโภคในทันที ควรที่จะนำน้ำดังกล่าวไปผ่านกระบวนการบำบัดก่อน เช่นการกรอง หรือการตกตะกอนก่อนนำมาใช้จึงจะปลอดภัยกว่า

3. **ค่าความกระด้าง** จากการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลกพบว่ามีค่าความกระด้างอยู่ในช่วง 25.33 – 98.72 ppm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติของน้ำทั่วไป และพบว่าค่าความกระด้างมากที่สุดในฤดูฝน ที่อำเภอวัดโบสถ์ มีความกระด้าง 98.72 ppm และมีค่าความกระด้างต่ำสุดในฤดูฝน 24.40 ที่อำเภอบางระกำ **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมีค่าความกระด้างไม่เกิน 75 ppm สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

ค่าความกระด้างของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลกสามารถนำไปใช้อุปโภคบริโภคได้ในบางท้องที่ ค่าความกระด้าง ของน้ำเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเล็กน้อยเพราะการละลายของสารเคมีในต้นน้ำบางตัวอาจละลายได้ เมื่อน้ำเป็นตัวทำละลายแร่ธาตุในดินได้ดี

4. **ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด** จากการศึกษาพบคุณภาพของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลกพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดอยู่ในช่วง 110 -1,046 มิลลิกรัมต่อลิตรจากการศึกษาพบว่ามีค่าสูงสุดในฤดูร้อนมีค่า 1,046 มิลลิกรัมต่อลิตรที่อำเภอชาติตระการและมีค่าต่ำสุดในฤดูฝนมีค่า 110 มิลลิกรัมต่อลิตรที่อำเภอวัดโบสถ์ **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

จากการศึกษาพบว่าบางท้องที่มีค่าปริมาณของแข็งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดก่อนนำน้ำไปบริโภคควรทำการบำบัดก่อน

5. **ปริมาณสังกะสี** จากการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลกพบว่าปริมาณสังกะสี อยู่ในช่วง 0.000 - 0.830 มิลลิกรัมต่อลิตรจากการศึกษาพบว่ามีค่าสูงสุดในฤดูฝนมีค่า 0.830 มิลลิกรัมต่อลิตรที่อำเภอเนินมะปรางและมีค่าต่ำสุดในฤดูฝนมีค่า 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตรที่อำเภอเมือง **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมีค่าปริมาณของสังกะสีไม่เกิน 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณสังกะสีน้อยมากและอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ

6. ปริมาณทองแดง ในการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลกพบว่ามีปริมาณทองแดง อยู่ในช่วง 0.001 – 0.021 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่ามีค่าสูงสุด 0.021 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูหนาวที่อำเภอบางกระทุ่ม และมีค่าต่ำสุด 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูหนาว ที่อำเภอเนินมะปราง **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมีค่าปริมาณทองแดงไม่เกิน 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณทองแดงน้อยมาก และอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ

7. ปริมาณเหล็ก ในการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลก พบว่ามีปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.006 – 2.56 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่ามีค่าสูงสุด 2.56 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูร้อนที่อำเภอเนินมะปรางและมีค่าต่ำสุด 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูฝนอำเภอเนินมะปราง **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมีค่าปริมาณเหล็ก ไม่เกิน 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณเหล็กและอยู่ในเกณฑ์ระดับสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อาจเกิดจากการพังทะลายของดินบริเวณแหล่งน้ำดังกล่าวอาจมีแร่เหล็กปนอยู่ ควรทำการบำบัดน้ำก่อนนำไปบริโภค

8. ปริมาณไนเตรท ในการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลกพบว่ามีปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 0.000 – 6.50 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่ามีค่าสูงสุด 6.50 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูฝนที่อำเภอพรหมพิรามและมีค่าต่ำสุด 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูฝน ที่อำเภอเมือง **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมีค่าปริมาณไนเตรทไม่เกิน 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณไนเตรทและอยู่ในเกณฑ์ระดับเกณฑ์ที่กำหนดเป็นบางแห่ง ควรทำการบำบัดก่อนนำไปบริโภค

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

9. ปริมาณครอไรด์ ในการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลจังหวัดพิษณุโลก พบว่ามีปริมาณครอไรด์ อยู่ในช่วง 1.68 - 29.01 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่ามีค่าสูงสุด 29.01 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูร้อนที่อำเภอวังทองและมีค่าต่ำสุด 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูฝนและหนาวที่อำเภอชาติตระการ **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมีค่าปริมาณไนเตรท ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณครอไรด์และอยู่ในเกณฑ์ปกติ

10.ปริมาณซัลเฟตรวม ในการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลกพบว่ามีปริมาณซัลเฟตอยู่ในช่วง 0.00 - 16.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีค่าสูงสุด 16.90 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูหนาวที่อำภอบางระกำและต่ำ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมีค่าปริมาณไนเตรท ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณซัลเฟตรวมอยู่ในเกณฑ์ปกติ

11.ปริมาณฟลูออร์ไรด์ ในการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลก พบว่ามีปริมาณฟลูออร์ไรด์อยู่ในช่วง 0.00 - 0.775 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่ามีค่าสูงสุด 0.775 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูฝนที่อำเภอบางระกำ และมีค่าต่ำสุด 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูหนาวที่หลายอำเภอยกเว้น วัดโบสถ์ และเนินมะปราง **(เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคชนิดฝาปิดสนิท น้ำดื่มควรมีค่าปริมาณฟลูออร์ไรด์ ไม่เกิน 0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2540)**

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณฟลูออร์ไรด์และอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำและอยู่ในเกณฑ์เกณฑ์ที่กำหนด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บรรณานุกรม

1. ชัยวัฒน์ สุขดี .**การศึกษาคุณภาพทางเคมีและมลภาวะของน้ำในเขตเทศบาลเชียงใหม่.** เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2524.

2. ธงชัยพรรณสวัสดิ์และคณะ.**วิเคราะห์น้ำเสีย.**กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์ ,2540.

3. บุญพฤกษ์ จาฏามระ . **เคมีบรรยาย. พิมพ์ครั้งที่ 5 .**กรุงเทพมหานคร :อักษรเจริญทัศน์, 2535.

4. บุญเติม แซ่บึ้ง . **วิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมี่ยม ทองแดง และสังกะสีในดิน**ตะกอน**ลุ่มน้ำเมย จังหวัดตาก.** กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2536.

5. สุทธิพงศ์ เสถียรนพเก้า .**ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอน**บริเวณลุ่มน้ำเมยจังหวัดตาก. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2536.

7. พัชรา วงค์ชุมพิศ . **คุณภาพน้ำทางกายภาพที่สำคัญบางประการลุ่มแม่น้ำเมย** . กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2536.

8.พลยุธ ศุขสมิติ , **การวิเคราะห์ปริมาณ**ฟลูออไรด์ในน้ำแร่บรรจุขวดที่วางขายและน้ำพุร้อนที่ใช้ดื่ม **ในภาคเหนือ,** ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2536.

10. สมาคมสิ่งแวดล้อมไทยแห่งประเทศไทย .**การควบคุมน้ำบริโภค .กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์** เรือนแก้วการพิมพ์ ,2540.

11. สุกัญญา อรุณส่ง , **การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลเพื่อการวิเคราะห์วิจัย, ข่าวสารการธรณี,** 38 (4) เมษายน 2536,28.

12. อนามัย,กรม, กระทรวงสาธารณสุข .**การควบคุมน้ำบริโภค. กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์** ธรรมศาสตร์ , 2535.

13. อนามัย,กรม,กระทรวงสาธารณสุข. **คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี.** กรุงเทพมหานคร , โรงพิมพ์ธรรมศาสตร์ , 2537.

14. อรอนงค์ ปัญโญ . **เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเคมีด้วยเครื่องมือวิเคราะห์** . เชียงใหม่ :มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ,2539.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

15.APHA,AWWA andWPCF,1992,Standard Method of Examination for Water and Waste Water,18 APHA ,Inc...,New york 18 th,M.A. America public Health Association,Washington D.C.

16.American Public Healt Association. **Standard Methods for the Examination of Waste-water.** Newyork, 1985.

17. R.D.Bran. **Introdruction to Instrument Analysis.** Newyork : MC Graw-Hill Book,1987.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางกายภาพ

1	2*	3*
รายการ	**เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด (maximum acceptable Concentration)**	**เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุด (maximum allowable Concentration)**
สี (Colour)หน่วยปลาตินัม-โคบอลต์	5	15
รส (teste)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
กลิ่น (odour)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
ความขุ่น (turbidity)หน่วยซิลิกา	5	20
ความเป็นกรดด่าง (pH range)	6.5 -8.5	ไม่เกิน 9.2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางเคมี

1	2*	3 *
รายการ	**เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด** (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)	**เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุด** (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)
ปริมาณสารทั้งหมด (total Solids)	500	1500
เหล็ก (Fe)	0.5	1.0
มังกานีส (Mn)	0.3	0.5
ทองแดง (Cu)	1.0	1.5

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

1	2	3 *
รายการ	**เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุดมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิลิตร**	**เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิลิตร**
สังกะสี (Zn)	5.0	15
คัลเซียม (Ca)	75	200
มักนีเซียม (Mg)	50	150
ซัลเฟต (SO_4)	200	250***
คลอไรด์ (Cl)	250	600
ฟลูออไรด์(F)	0.7	1.0
ไนเตรท (NO_3)	45	45
อัลคิลเบนซิลซัลโฟเนต (ABS)	0.5	1.0
ฟีโนลิกซับสแตนซ์ (Phenol substantance as phenol)	100	0.002

ตารางที่ 3 สารที่เป็นพิษ

รายการ	**เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร**
ปรอท (Hg)	0.001
ตะกั่ว (Pb)	0.05
อาร์เซนิก (As)	0.05
เซเลเนียม (Se)	0.01
โครเมียม (Cr)	0.05
ไซอะไนด์ (CN)	0.2
แคดเมียม (Cd)	0.001
แบเรียม (Ba)	1.0

หมายเหตุ * เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดตามสดมภ์ที่ 3 นั้นเป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้ สำหรับน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราวและน้ำนั้นมีคุณลักษณะอยู่ในระหว่างเกณฑ์ของสดมภ์ที่ 2กับสดมภ์ที่ 3 นั้นไม่ใช่น้ำที่ให้เครื่องหมายมาตรฐานได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

หากคัลเซียมมีปริมาณสูงกว่าที่กำหนดและมักเนเซียม มีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนดในมาตรฐานให้พิจารณาคัลเซียม และมักเนเซียม ในเทอมของความกระด้างทั้งหมดเมื่อคำนวณเป็นคัลเซียมคาร์บอเนต มีปริมาณต่ำกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรให้ถือว่าน้ำนั้นเป็นไปตามมาตรฐาน

การแบ่งระดับความกระด้างของน้ำดังต่อไปนี้

0 - 75 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เรียกว่า น้ำอ่อน

75 -150 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เรียกว่า น้ำกระด้างปานกลาง

150 -300 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เรียกว่า น้ำกระด้าง

300 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เรียกว่า น้ำกระด้างมาก

** หากซัลเฟต มีปริมาณถึง 250 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร มักเนเซียมต้องมีปริมาณไม่เกิน 80 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University