

## คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจสังคมและเทคโนโลยีต่าง ๆ มา กขึ้น ทำให้เกิดมลพิษเป็นปัจจัยในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ควรได้รับการพิจารณา คุณภาพ ซึ่งการพัฒนาคุณภาพโดยใช้ประสานผู้สัมผัสของคนเรออย่างเดียวไม่พอที่จะทำให้คนเรา เกิดความมั่นใจได้ เพราะสารบางชนิดที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำที่เรามีสามารถสังเกตได้ ดังนั้น สะอาด สามารถสำหรับการบริโภคต้อง ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่มีสิ่งเจือปน หรือสารมลพิษที่ เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ผู้ที่ใช้น้ำหรือผู้บริโภคจึงจะใช้ความพยายามเชิงดูดเป็นเครื่องวัดเท่านั้น ไม่ได้ ดังนั้นจึงมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพหรือมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการประกอบ การพิจารณาคุณภาพน้ำว่ามีคุณภาพเหมาะสมสมกับการอุปโภคและบริโภคหรือไม่

รายงานการวิจัยฉบับนี้ ได้รายงานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ในแม่น้ำน่าน ในเขต อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจน ค่า DO ค่า BOD โลหะหนัก เช่น ตะกั่ว หลักและปริมาณฟอสเฟต ในไตรเตตใน troponin ซึ่งเป็น ข้อมูลเบื้องต้นในการบรรจุกับตัวตัดสินใจในการเลือกน้ำสำหรับการอุปโภค บริโภค ซึ่งผู้วิจัย คิดว่าจะเป็นประโยชน์อีกขั้นยิ่งกับหน่วยงานที่จะใช้น้ำดีในการดำเนินประปาตลอดจนการ อุปโภค บริโภคและประชาชนทั่วไป

ชัยวัฒน์ สุขดี

## ประกาศคุณปการ

งานวิจัยวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแม่น้ำน่านในเขตอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลกนี้ประสบความสำเร็จลงได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ ต้องขอขอบคุณ สถาบันราชภัฏพิษณุลสสกรรม และผู้บริหารทุกหน่วยงานและสำนักงานวิจัยของสถาบัน ที่ให้การสนับสนุนเงินงบประมาณ

นับ民族 สุวดี  
ไม่แกรนวิชาเคมี  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันราชภัฏพิษณุลสสกรรม

10 กรกฎาคม 2542

รายงานการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแม่น้ำน่าน เขตอำเภอเมือง

จังหวัดพิษณุโลก

ผู้วิจัย นายชัยวัฒน์ สุทธิ

โปรแกรมวิชา เกนี

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถานที่ ราชภัฏพิษณุโลก

ปีการศึกษา 2542

### บทคัดย่อ

ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแม่น้ำน่าน โดยใช้วิธีการตรวจสอบ 7 รายการที่ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างตามมาตรฐาน โดยสุ่มเก็บตัวอย่าง 5 สถานีตลอดแม่น้ำน่าน ที่หลากหลาย ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยเก็บในถุงผ้าหุ้มช่องเดือนสิงหาคม 2541 ถึงหน้าช่วงเดือน ธันวาคม 2541 และนำ回去รักษาอุณหภูมิเดือนเมษายน 2542 ค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-เบส และค่าความชื้นอยู่ในช่วง  $28.30 - 30.70^{\circ}\text{C}$   $7.20 - 7.77$  และ  $4.94 - 6.91 \text{ NTU}$  ตามลำดับ ค่าปริมาณ DO และ BOD พนอยู่ในช่วง  $6.63 - 7.21$  และ  $1.00 - 1.70 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$  ตามลำดับ และปริมาณ ฟอสฟัตและไนโตรเจน หาโดยเก็บน้ำ (UV -Visible Spectrophotometry) พบร่วงอยู่ในช่วง  $1.61 - 3.20$  และ  $2.20 - 3.70 \text{ ส่วนในล้านส่วน}$  (พีพีเอ็ม) สำหรับปริมาณเหล็กและตะกั่วหาโดยวิธีอะตอมนิกแบบชอร์พหันสเปกโทร โฟโตเมตรี พนอยู่ในช่วง  $1.50 - 2.29$  และ  $0.01 - 0.03 \text{ ส่วนในล้านส่วน}$  (พีพีเอ็ม) ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์พบว่าค่าความชื้นและปริมาณเหล็กอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพของน้ำอื่นๆ ในแม่น้ำน่านอยู่ในเกณฑ์ปกติตามมาตรฐานน้ำในแหล่งน้ำ ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

**Research Title** The Analysis of Water Quality of Nan River at Muang District,  
Phitsanulok  
**Name** Mr. Chaiwat Sukdee  
**Department** Chemistry  
**Faculty** Science and Technology  
**Institute** Rajabhat institute Pibulsongkram  
**Year** 1999

## ABSTRACT

Water quality of Nan River were determined by 7 parameters. Three samples had been collected from 5 stations along Nan River Muang District, Phitsanulok Province during three seasons, since 1999; rainy (August), winter (December) and summer (April) seasons in 2000. Temperature, pH and turbidity were in the range of  $28.30 - 30.70^{\circ}\text{C}$ ,  $7.20 \pm 7.77$  and  $4.94 - 6.91$  NTU, respectively. DO and BOD were in the range of  $6.63 - 7.21$  and  $1.00 - 1.70$  mg/l respectively. Upon using colorimetric method, the phosphate and nitrite – nitrogen concentration were in the range of  $1.61 - 3.20$  ppm and  $2.20 - 3.70$  ppm. The determination of cation of iron and lead by an atomic absorption spectrophotometer had been showed that the cation of iron and lead in the water samples were in the range of  $1.50 - 2.29$  and  $0.10 - 0.03$  ppm respectively.

According to the water quality parameters studies. The turbidity value and cation of iron were higher than the standard level. The water quality of Nan River were met the standard requirement of the national promotion and Environmental Protection Organization the standard qualities in 1992.

สารบัญ	หน้า
คำนำ	(1)
ประกาศคุณปการ	(2)
บทคัดย่อภาษาไทย	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(4)
สารบัญ	(5)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญภาพประกอบ	(10)
รายการอักษรย่อ	(11)
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1. ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากผลการวิจัย	2
<b>บทที่ 2 บทตรวจเอกสาร</b>	<b>3</b>
2.1 การตรวจเอกสาร	3
2.2 น้ำ	6
2.3 การเก็บตัวอย่างน้ำ	7
2.4 สรุปข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ	10
2.5 อุปกรณ์และภาระน้ำหนักในการเก็บตัวอย่างน้ำ	11
2.6 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ	11
<b>บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์</b>	<b>23</b>
3.1 อุณหภูมิ (Temperature)	23
3.2 ความเป็นกรด-เบส (pH)	23
3.3 ความถ่วง (Turbidity)	27
3.4 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)	28
3.5 BOD (Biochemical Oxygen Demand)	31
3.6 อัลตราไวโอลεตและวิสิเบิลสเปกตรสโคปี (Ultraviolet and Visible Spectroscopy)	33
3.7 อะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกตรสโคปี (Atomic Absorption Spectroscopy)	40

<b>บทที่ 4 การทดสอบและบันทึกผลการทดสอบ</b>	49
4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อใช้ในการศึกษา	49
4.2 การหาค่า pH ของตัวอย่างน้ำ	50
4.3 การหาค่าอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำ	55
4.4 การหาค่าความชุ่น	59
4.5 การหาค่า DO ของน้ำโดยวิธี Azide Modification Method	64
4.6 การหาค่า BOD ของน้ำโดยวิธี Azide Modification Method	69
4.7 การหาปริมาณไนไตร์ - ในโตรเจน โดยใช้สเปกโทร โฟโตมิเตอร์	79
4.8 การหาปริมาณฟอสฟेट โดยใช้ UV- Visible Spectrophotometer	86
4.9 การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วและเหล็กในน้ำโดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometer	93
<b>บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย</b>	105
บรรณานุกรม	111
ภาคผนวก	113

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สรุปวิธีเก็บตัวอย่างที่ต้องการ	20
ตารางที่ 3.1 แสดงการละลายของออกซิเจนในน้ำภายใต้สภาวะต่าง ๆ	29
ตารางที่ 3.2 แสดงการใช้เปลาไฟที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ	44
ตารางที่ 4.1 สถานีหรือจุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่น้ำน่านในเขตอำเภอเมือง	49
ตารางที่ 4.2 แสดงค่า pH ของแม่น้ำน่านในจุดผน	51
ตารางที่ 4.3 แสดงค่า pH ของแม่น้ำน่านในกุฎุนava	52
ตารางที่ 4.4 แสดงค่า pH ของแม่น้ำน่านในกุฎร้อน	53
ตารางที่ 4.5 แสดงค่า pH เหลี่ยงของแม่น้ำน่านตลอดปี	54
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าอุณหภูมิของแม่น้ำน่านในกุฎผน	55
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอุณหภูมิของแม่น้ำน่านในกุฎุนava	56
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าอุณหภูมิของแม่น้ำน่านในกุฎร้อน	57
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าอุณหภูมิเหลี่ยงของแม่น้ำน่านตลอดปี	58
ตารางที่ 4.10 แสดงความชุ่นของแม่น้ำน่านในกุฎผน	60
ตารางที่ 4.11 แสดงความชุ่นของแม่น้ำน่านในกุฎุนava	61
ตารางที่ 4.12 แสดงความชุ่นของแม่น้ำน่านในกุฎร้อน	62
ตารางที่ 4.13 แสดงความชุ่นเฉลี่ยของแม่น้ำน่านตลอดปี	63
ตารางที่ 4.14 แสดงค่า DO ในตัวอย่างน้ำในกุฎผน	65
ตารางที่ 4.15 แสดงค่า DO ในตัวอย่างน้ำในกุฎุนava	66
ตารางที่ 4.16 แสดงค่า DO ในตัวอย่างน้ำในกุฎร้อน	67
ตารางที่ 4.17 แสดงค่า DO เหลี่ยงตัวอย่างน้ำในแม่น้ำน่านตลอดปี	68
ตารางที่ 4.18 แสดงค่า DO <sub>1</sub> และ DO <sub>2</sub> ในตัวอย่างน้ำในกุฎผน	72
ตารางที่ 4.19 แสดงค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในกุฎผน	73
ตารางที่ 4.20 แสดงค่า DO <sub>1</sub> และ DO <sub>2</sub> ในตัวอย่างน้ำในกุฎุนava	74
ตารางที่ 4.21 แสดงค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในกุฎุนava	75
ตารางที่ 4.22 แสดงค่า DO <sub>1</sub> และ DO <sub>2</sub> ในตัวอย่างน้ำในกุฎร้อน	76
ตารางที่ 4.23 แสดงค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในกุฎร้อน	77

## สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.24 แสดงค่า BODของแม่น้ำน่านตลอดปี	78
ตารางที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายน้ำตรรูปในไทรต์ – ในโตรเจนกับค่าการคุณภาพเสถียร	81
ตารางที่ 4.26 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณในไทรต์-ในโตรเจนของน้ำในฤดูฝน	82
ตารางที่ 4.27 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณในไทรต์-ในโตรเจนของน้ำในฤดูหนาว	83
ตารางที่ 4.28 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณในไทรต์-ในโตรเจนของน้ำในฤดูร้อน	84
ตารางที่ 4.29 แสดงปริมาณในไทรต์ – ในโตรเจนในแม่น้ำน่านตลอดปี	85
ตารางที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายน้ำตรรูปฟอสเฟตกับค่าการคุณภาพเสถียร	87
ตารางที่ 4.31 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณของฟอสเฟตของน้ำในฤดูฝน	89
ตารางที่ 4.32 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณของฟอสเฟตของน้ำในฤดูหนาว	90
ตารางที่ 4.33 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณของฟอสเฟตของน้ำในฤดูร้อน	91
ตารางที่ 4.34 แสดงปริมาณฟอสเฟตของน้ำในแม่น้ำน่านตลอดปี	92
ตารางที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายน้ำตรรูปตามที่ก่อให้เกิดค่าการคุณภาพเสถียร	94
ตารางที่ 4.36 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณของตะกั่วของน้ำในฤดูฝน	96
ตารางที่ 4.37 แสดงปริมาณตะกั่วในแม่น้ำน่านในฤดูฝน	96
ตารางที่ 4.38 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณของตะกั่วของน้ำในฤดูหนาว	97
ตารางที่ 4.39 แสดงปริมาณตะกั่วในแม่น้ำน่านในฤดูหนาว	97
ตารางที่ 4.40 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณของตะกั่วของน้ำในฤดูร้อน	98
ตารางที่ 4.41 แสดงปริมาณตะกั่วในแม่น้ำน่านในฤดูร้อน	98
ตารางที่ 4.42 แสดงปริมาณตะกั่วในแม่น้ำน่านตลอดปี	99
ตารางที่ 4.43 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายน้ำตรรูปเหล็กกับค่าการคุณภาพเสถียร	100
ตารางที่ 4.44 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณของเหล็กของน้ำในฤดูฝน	101
ตารางที่ 4.45 แสดงปริมาณเหล็กของแม่น้ำน่านในฤดูฝน	101
ตารางที่ 4.46 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณของเหล็กของน้ำในฤดูหนาว	102
ตารางที่ 4.47 แสดงปริมาณของเหล็กของแม่น้ำน่านในฤดูหนาว	102
ตารางที่ 4.48 แสดงค่าการคุณภาพเสถียรและปริมาณของเหล็กของน้ำในฤดูร้อน	103
ตารางที่ 4.49 แสดงปริมาณเหล็กของแม่น้ำน่านในฤดูร้อน	103

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 4.50 แสดงปริมาณเหล็กในแม่น้ำน่านตอนบน	104
ตารางที่ 5.1 แสดง อุณหภูมิ pH ความชื้น DO BOD ในไตรต์-ในโตรเจน ฟอสเฟต ตะกั่วและเหล็กในแม่น้ำน่านในจุดฝัน	105
ตารางที่ 5.2 แสดง อุณหภูมิ pH ความชื้น DO BOD ในไตรต์-ในโตรเจน ฟอสเฟต ตะกั่วและเหล็กในแม่น้ำน่านในจุดหนาวย	105
ตารางที่ 5.3 แสดง อุณหภูมิ pH ความชื้น DO BOD ในไตรต์-ในโตรเจน ฟอสเฟต ตะกั่วและเหล็กในแม่น้ำน่านในจุดร้อน	106

## สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ (water sample)	13
รูปที่ 3.1 เครื่องมือพิโอลิมิเตอร์	26
รูปที่ 3.2 เครื่องมือวัดความชุ่ม	27
ปที่ 3.3 เครื่องมือออกซิเจนไมเตอร์	30
รูปที่ 3.4 แสดงการเกิดอันตรกิริยาของสารเคมีกับการแผ่รังสี	33
รูปที่ 3.5 แสดง electronic energy levels และ transitions	34
รูปที่ 3.6 แสดงการเกิดแทรนซิชันของไมเกลคูล	35
3.7 แสดงรังสีที่ผ่านสารทดสอบในเครื่อง Spectronic	37
รูปที่ 3.8 แสดงระดับพลังงานของอะตอม โนเดียม	41
รูปที่ 3.9 แสดง transition diagram	41
รูปที่ 3.10 แสดงแผนภาพของค่าปริมาณของเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer	43
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการคุณค่ากับความเข้มข้นของสาร	45
รูปที่ 4.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วน率และถ่วงจำเพาะมาตรฐานในไตรต์-ไนโตรเจน กับค่าการคุณค่า	81
รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายนามาตรฐานฟอสเฟตกับค่า การคุณค่า	88
รูปที่ 4.3 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายนามาตรฐานตะกั่วกับค่าการคุณค่า	95
รูปที่ 4.4 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายนามาตรฐานเหล็กกับค่าการคุณค่า	100

รายการอักษรย่อ

$^{\circ}C$  = degree celsius

ppm = part per million

% = percent

mg/g = milligram per gram

NTU = Nephelometric Turbidity Unit

cm<sup>3</sup> = ลูกบาศก์เซนติเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล侈ogr  
Pibulsongkram Rajabhat University

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย

จากการพัฒนาสังคมของประเทศไทยตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจได้พัฒนาสังคมให้เจริญก้าวหน้า สังคมเมืองได้พัฒนาขึ้นอย่างมาก many ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมก็ได้พัฒนาตัวเองขึ้นมาด้วยไม่ว่าจะเป็นปัญหาน้ำเสีย อากาศเป็นพิษ ปัญหาของล้านเมือง ฯลฯ ตามนโยบายการพัฒนาประเทศชาติโดยเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจให้ก้าวหน้า สังคมไม่มีปัญหา และ สิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันนี้ได้ถูกยกเป็นปัญหาที่รุนแรงขึ้นเป็นต้องมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน จะต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายในการจัดการแก้ไข ถ้าไม่นำมาเป็นแม่น้ำสายหลัก และแม่น้ำด้วย ที่ไหลผ่านจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีความสำคัญทางประวัติ ใช้ทางด้านอุปโภคบริโภค ด้านการคุณภาพ และทางด้านการเกษตร และใช้เป็นแหล่งน้ำในการผลิตน้ำประปา ในขณะเดียวกันแม่น้ำน่านก็ยังเป็นที่รองรับน้ำทิ้งจากการถ่ายครองรวม แซ่น้ำทิ้งจากชุมชนเมือง

แม่น้ำน่านนี้เป็นแม่น้ำหรือแม่น้ำตามธรรมชาติสายหนึ่ง ที่ควรจะได้รับการศึกษาทางคุณภาพ ตลอดจนโลหะหนัก หรือสารตกค้างจากยาฆ่าแมลง ปูนที่ปนอยู่ในน้ำซึ่งจะทำให้เราทราบถึงคุณภาพ ยังประโยชน์ของการศึกษา การวิเคราะห์ ซึ่งจะนำมาซึ่งปัญหาน้ำในอนาคต เพื่อที่จะได้หาแนวทางและมาตรการบังคับรุ่งแก้ไขและวางแผนต่อไป

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้ชาวเมืองพิษณุโลก ได้รับทราบถึงข้อมูลของคุณภาพของน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตน้ำบริโภคและอุปโภค เพื่อเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า และมีคุณภาพสืบไป

#### 1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในแม่น้ำน่าน บริเวณ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อเปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพ น้ำในแม่น้ำน่านกับน้ำทั่วไป
3. เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษาค้นคว้าและวิจัย
4. เพื่อเป็นแหล่งความรู้สำหรับประชาชนในจังหวัดพิษณุโลก ตลอดจนเป็นข้อมูลในการเลือกน้ำดื่มน้ำดื่มน้ำประปา และน้ำอุปโภคต่อไป

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำในเขตอุปทานก่อเมืองจำนวน 5 จุด
2. ทำการศึกษาวิเคราะห์เกณฑ์มาตรฐานของน้ำโดยศึกษาค่า
  - 1) อุณหภูมิ (temperature)
  - 2) พีอีช (pH)
  - 3) ความขุ่น (turbidity)
  - 4) DO
  - 5) BOD
  - 6) ปริมาณ  $Pb$ ,  $Fe$ ,  $NO_3$ ,  $PO_4^{3-}$

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกแหล่งน้ำดิบในการทำน้ำประปาสำหรับ  
อุปโภคและบริโภค
2. เป็นแหล่งข้อมูลทางวิชาการแก่ชุมชนและนักศึกษา
3. เป็นงานบริการแก่ชุมชนในท้องถิ่น

## บทที่ 2

### บทตรวจเอกสาร

#### 2.1 การตรวจเอกสาร

ขัยวัฒน์ สุขดี ; 2524 การศึกษาคุณภาพทางเคมีและผลกระทบของน้ำธรรมชาติในแหล่งน้ำ  
บาล ในเมืองเชียงใหม่ ได้ศึกษาเกี่ยวกับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำธรรมชาติ ได้แก่ pH ความมีกรุง  
ความนำไฟฟ้า ความกระด้าง บีโอดี ซีโอดี พบว่ามี pH อยู่ในช่วง 5.8 - 7.6, ความนำ 4.4 - 8.2,  
ความนำไฟฟ้า 0.7 - 1.5  $\mu$  siemens ความกระด้าง 43.5 - 158.3 ppm ค่าออกซิเจนในช่วง 0.9 - 7.9  
และบีโอดี อยู่ในช่วง 9.15-84.6 และ ซีโอดี 67.7 - 387 ppm ตามลำดับ

ครรัณย์ เพ็ชร์พิรุณ ; 2529 โครงการศึกษาสภาวะแวดล้อมทางทะเลในบริเวณอ่าวระยอง  
11 สถานี ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2529 - เมษายน 2530 ได้ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อสิ่งมี  
ชีวิต ได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความนำไฟฟ้า  
ความโปร่งใส ในไตรต์ในเขตและฟอสฟे�ต พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 25 - 33%, 27.1 - 32.6  $^{\circ}\text{C}$ , 5.8 -  
8.4, 5.5 - 8.5 mg/l, 43.7 - 61.2  $\mu$  siemens, 2.0 - 18.0 m, 0.00 - 0.13  $\mu\text{mol/l}$ , 10.11 - 15.0  
 $\mu\text{mol/l}$  และ 0.01 - 2.27  $\mu\text{mol/l}$  ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ครรัณย์ เพ็ชร์พิรุณ และคณะ ; 2530 โครงการสภาวะแวดล้อมทางทะเลในบริเวณอ่าว  
ไทยฟังจะวันออก ปี 2529 - 2530 ได้ศึกษาจากบริเวณช่องแม่น้ำชลธร ถึงคลองใหญ่ จ.ตราด ทั้ง  
หมด 21 สถานี ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2529 - เมษายน 2530 รวม 4 ครั้ง โดยศึกษาปัจจัยต่อไปนี้ ได้  
แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความนำไฟฟ้า ความโปร่งใส  
ในไตรต์ ในเขตฟอสฟे�ต พบว่า มีค่าในช่วง 18 - 34%, 27.3 - 33.2  $^{\circ}\text{C}$ , 6.5 - 8.3 mg/l, 32.9 - 54.5  
 $\mu$  siemens, 4 - 12 m, 0.01-1 mol/l, 0.20 - 32.91  $\mu\text{mol/l}$  และ 0.03 - 8.42  $\mu\text{mol/l}$  ตามลำดับ ซึ่ง  
นับว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ และมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

สุทธิพงษ์ เสถียรนพเก้า ; 2535 ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและในดินตะกอนบริเวณลุ่ม  
น้ำแม่ย จังหวัดตาก ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชา  
ศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสาขาวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วย  
ศาสตราจารย์ ดร.ชลธิชา นุ่มหอม

การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและในดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำแม่ย จังหวัดตาก เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอินทรีย์ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและดูออกาด ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนพฤษภาคม 2533 ถึงเดือนกันยายน 2534 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำจำนวน 20 ลุ่มน้ำ พนว่าปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและในดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 0.84-236.10 มิลลิกรัมต่อลิตร และร้อยละ 0.10-8.40 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.76 มิลลิกรัมต่อลิตร และร้อยละ 1.52 ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวไม่สอดคล้องกับการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ได้กำหนดขึ้น เมื่อพิจารณาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและในดินตะกอนเฉลี่ยตามถูกความสามารถเรียน ลำดับจากค่าสูงสุดไปค่าต่ำสุด ได้ดังนี้ ถูร้อน ถูหานา และถูฟุน โดยมีค่าเท่ากับ 16.31 มิลลิกรัมต่อลิตรและร้อยละ 2.10, 9.66 มิลลิกรัมต่อลิตรและร้อยละ 1.41, 9.32 มิลลิกรัมต่อลิตรและร้อยละ 1.06 ตามลำดับ ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและในดินตะกอนได้แก่ ปริมาณความเร็วน้ำ กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ ประสิทธิภาพการระบายน้ำของลุ่มน้ำขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำและชนิดของเนื้อดิน

บุญเติม แซ่บ ; 2536 ปริมาณคงก้าว แคนเมียม ทองแดง และสังกะสี ในน้ำและดินตะกอนจากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่างๆ บริเวณลุ่มน้ำแม่ย จังหวัดตาก ปริญญาโทสาขาวิชาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา ประจำกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระ สันติโภ哥วงศ์

การศึกษาปริมาณของตะก้าว ทองแดง แคนเมียม และสังกะสีในน้ำและดินตะกอน จากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่างๆ จำนวน 5 ชั้น รวม 20 ลุ่มน้ำอย่าง จำกบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ย จังหวัดตาก ทำการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม 2533 มกราคม มีนาคม พฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน 2534 มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พนว่าปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ถู ก้าว และสภาพการใช้ที่ดินมีความแตกต่างกัน โดยตะก้าวในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 แคนเมียมและสังกะสีในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 และทองแดงในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 ปริมาณตะก้าวในดินตะกอนมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 ส่วนแคนเมียม ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอนมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 ถูหานามีปริมาณตะก้าวและแคนเมียมในน้ำสูงสุด ทองแดงในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในถูฟุน และสังกะสีในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในถูร้อน ปริมาณตะก้าว แคนเมียม ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอนมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในถูร้อน และสภาพการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่อื่นๆ มีปริมาณแคนเมียมและสังกะสีในน้ำและดินตะกอนสูงกว่าสภาพการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งได้ผลตรงกันข้ามกับปริมาณตะก้าวในน้ำและดินตะกอน

พัชรา วงศ์ชุมพิศ ; 2536 คุณภาพน้ำทางกายภาพที่สำคัญบางประการตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเลย จังหวัดเลย ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชา ศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสาขาวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา นิยม

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพที่สำคัญบางประการ ได้แก่ อุณหภูมิ สี ความขุ่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ความกระด้าง ของแข็งทึบหมุดในน้ำและความนำไฟฟ้าของน้ำตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเลย โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำในลุ่มน้ำจำนวน 15 ตัวอย่าง จาก 5 ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ๆ ละ 3 ตัวทุก ๆ 8 สัปดาห์ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2533 ถึงเดือนกันยายน 2534 พบว่า ค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความกระด้างในทุกชั้นคุณภาพลุ่มน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสูงสุดในแหล่งน้ำตามธรรมชาติของประเทศไทย ( $20 - 35^{\circ}\text{C}$ ,  $6 - 8$ ,  $100 - 500$  มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ ยกเว้นค่าสี ของน้ำและความนำไฟฟ้า ( $10 - 25$  หน่วย และ  $150 - 300$  ไมโครไมลอนดิเมตร) ส่วนค่าความขุ่นของน้ำมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 เท่านั้น และค่าปริมาณของเบี้ยงทึบหมุดในน้ำมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเช่นกันในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 4 ( $25 - 75$  เจทซู ละ  $100 - 500$  มิลลิกรัมต่อลิตร)

วินัย พาลีนพิศา ; 2539 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางประการระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับพื้นที่กรุงเทพฯที่หัวแม่แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดเพชรบุรี ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)สาขาวิชาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการ สาขาวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ สามัคคี บุณยะวัฒน์

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำทางประการในหัวแม่น้ำเจ้าพระยาและชัตไทร ระหว่างเดือนสิงหาคม 2537 ถึงเดือน มกราคม 2538 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ กับพื้นที่กรุงเทพฯ มีค่าเฉลี่ย อุณหภูมิ  $23.5$  และ  $22.5^{\circ}\text{C}$  ความเป็นกรดเป็นด่าง  $5.63$  และ  $6.81$  ความขุ่น  $40.33$  และ  $18.67$  มิลลิกรัมต่อลิตร สี  $8.33$  และ  $3.83$  หน่วย ความกระด้าง  $275.97$  และ  $306.1$  มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งทึบหมุดในน้ำ  $418.26$  และ  $452.19$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความนำไฟฟ้า  $600$  และ  $663$  ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร ออกซิเจนละตุนในน้ำ  $11.27$  และ  $13.6$  มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงในน้ำ  $0.005$  และ  $0.005$  มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณสังกะสีในน้ำ  $0.018$  และ  $0.021$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พอสรุปได้ว่า สถานภาพของคุณภาพน้ำในพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่กรุงเทพฯที่หัวแม่น้ำเจ้าพระยา มีคุณสมบัติที่ไม่แตกต่างกัน และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำตามแหล่งน้ำในธรรมชาติ ยกเว้นค่าความนำไฟฟ้า และความกระด้างทางเดื่อนที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

อาการณ์ ยิ่งยง ; 2539 การบำบัดโดยใช้ดินในสภาพน้ำขังลับแห้งร่วมกับพืช BOD และ COD ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์

ลิ่งแวงค์อุ่ม) สาขาวิชาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสาขาวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา : อาจารย์ไมตรี ดวงสวัสดิ์

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัด BOD และ COD ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบูรี โดยใช้คิน ในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ที่ระยะเวลาข้ามวัน 3,5 และ 7 วัน สลับแห้ง 3 วัน ใช้พืช 2 ชนิด กากกลม และขูปป่ากุย วางแผนการทดลองแบบ Split Plot Design จำนวน 3 ชั้น ทำการวิจัย ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2538 ถึง กุมภาพันธ์ 2539

ผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาข้างน้ำ มีผลต่อการบำบัด BOD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลาข้างน้ำ 5 และ 7 วัน สลับแห้ง 3 วัน สามารถบำบัด BOD ได้ดีกว่าระยะเวลาข้างน้ำ 3 วัน สลับแห้ง 3 วัน แต่ไม่มีผลต่อการบำบัด COD นอกจากนี้พบว่าการบำบัด BOD โดยใช้คินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช และคินเพียงอย่างเดียวในสภาพน้ำขังสลับแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระบบที่มีการใช้คินร่วมกับพืช สามารถบำบัด BOD ได้ดีกว่าระบบที่ใช้คินเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีผลต่อการบำบัด COD ถ้าหากน้ำมีพนบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาข้างน้ำและชนิดพืช ที่มีผลต่อการบำบัด BOD และ COD ผลการทดลองสรุปได้ว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัด BOD และ COD คือระยะเวลาข้างน้ำ 5 วัน สลับแห้ง 3 วัน และ กากกลม เป็นพืชที่เหมาะสมที่สุด

2.2 น้ำ

น้ำเป็นสารประกอบที่มีจานวนมากที่สุดของโลก และเป็นองค์ประกอบชั้นขั้นตอน 70 ในร่างกายของเรา สมบัติพิเศษหลายประการของน้ำ เช่น การเป็นสารละลายที่มีประสิทธิภาพที่สุด การดำรงอยู่ได้ทั้ง 3 สถานะ พร้อมกันในโลก ช่วยทำให้น้ำกลายเป็นแหล่งกำเนิดชีวิต เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย และโอบอุ้มมวลชีวิตบนพิภพนี้

น้ำจัดเกิดจากการของมน้ำ เป็นน้ำที่มีนุ่มย์และสัตว์อื่น ๆ อีกหลายชนิดใช้บริโภคได้ โดยน้ำจัด ทั้งที่อยู่บนผิวดินและใต้ดินมีปริมาณร้อยละ 3 ของปริมาณน้ำทั้งหมดในโลกนี้ ส่วนใหญ่ร่วงร้อยละ 75 อยู่ในรูปของน้ำแข็งขั้วโลกและธารน้ำแข็ง จนทุกวันนี้มีนุ่มย์ยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกร้อยละ 22.5 เป็นน้ำใต้ดินหรือบนดินมีการบุคคลใช้กันทั่วโลก น้ำบนผิวดิน ได้แก่ น้ำในทะเลสาบ หนองบึง และแม่น้ำลำคลอง มีเพียงร้อยละ 0.33 ของปริมาณน้ำจัดทั้งหมดเท่านั้น

ปริมาณน้ำจัดในโลกที่เรานำมาใช้สอยกัน พื้นที่น้ำใต้ดินราوا 3,740,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร ส่วนหนึ่งที่อยู่ในระดับความลึกต่างๆ กัน ตั้งแต่ 5 เมตร ถึงกิน 800 เมตร อีกส่วนหนึ่งเป็น

น้ำผิวดินราว 126,500 ลูกบาศก์กิโลเมตร แบ่งเป็นน้ำในแม่น้ำ 15,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร นอกนั้น เป็นน้ำในทะเลสาบและหนองบึง เป็นความชื้นในดินที่ดันไม่ใช้รากคุดซึมมาปูนอาหาร ได้รวมราว 69,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร เป็นไอน้ำในบรรยากาศราว 13,500 ลูกบาศก์กิโลเมตร

ส่วนต่าง ๆ ของโลกนั้นได้รับน้ำฝนไม่มีเท่ากัน จากสถิติที่บันทึกไว้ สามารถสรุป ปริมาณของน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ได้แตกต่างกัน เช่น ทวีปยุโรป พื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝน 500 - 1,000 มม./ปี แต่แอฟริกาตอนเหนือมีปริมาณน้ำฝน เพียง 0 - 250 มม./ปี การกระจายของน้ำฝนอย่างไม่สมดุล หรือจำนวนไทยว่า “ฝนตกไม่ทั่วฟ้า” นี้เป็นสาเหตุหนึ่งของความขาดแคลนน้ำในบางพื้นที่ และในขณะที่บางส่วนมีน้ำมาก บางครั้งจะเกิดอุทกภัย

ดังนั้นถ้าเรามีวิธีการใช้น้ำอย่างถูกต้อง และเหมาะสม ตลอดจนมีความร่วมมือระหว่างประเทศในการนี้แล้ว เราจะมีน้ำจัดใช้อย่างเพียงพอสำหรับทุกคน และน้ำขี้เป็นทรัพยากรธรรมชาติ ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยในด้านการคมนาคม การเกษตร การประมง และการพัฒนาอุตสาหกรรม

### 2.3 การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาต้องเป็นตัวแทนของน้ำที่ต้องการจะศึกษาหรือวิเคราะห์ เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพ ในกรณีต้องคำนึงถึงปริมาณของน้ำที่จะเก็บ เวลา ชนิด และแหล่งของน้ำที่จะเก็บ ว่าเป็นน้ำดี หรือน้ำเสีย การบรรยายถึงวิธีการเก็บตัวอย่างอย่างละเอียดเพื่อนำไปใช้กับตัวอย่างทุกชนิด และทุกที่นี่เป็นไปได้ยาก เพราะรวมแต่ต่างกันของวัตถุประสงค์ และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ จึงขอกล่าวถึงโดยทั่วๆ ไปเท่านั้น

#### 2.3.1 นิดข้อมูลตัวอย่าง

1. ตัวอย่างแยก (grab or catch samples) โดยทั่วไปหมายถึงตัวอย่างที่เก็บ ณ เวลาและสถานที่เดียว จำนวนมากวิเคราะห์เป็นตัวอย่าง ๆ ไป ตัวอย่างแยกนี้ จะเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำหนึ่น เนื่องจากเวลาและจุดที่เก็บเท่านั้น อย่างไรก็ได้ เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำมากกว่า ณ เวลาและจุดที่ทำการเก็บในกรณีนี้ ตัวอย่างแยกเพียงตัวอย่างเดียว อาจใช้เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำบางแห่งได้เลย เช่น น้ำประปา น้ำผิวดิน และน้ำบ่ออีกด้วย

ถ้าแหล่งน้ำ มีคุณภาพแปรผันตามเวลา การเก็บตัวอย่างแยกในช่วงเวลาที่เหมาะสมมาทำการวิเคราะห์จะช่วยให้ทราบถึงขอบเขต ความถี่และช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงได้ ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับความถี่ของการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น จึงอาจจะแปรผันได้ตั้งแต่ 5 นาที ถึง 1 ชั่วโมง หรือนานกว่านี้ในกรณีที่คุณภาพของแหล่งน้ำแปรผันตามระยะทางแทนที่จะแปร

ผันตามเวลา ใช้เก็บชุด (set) ของตัวอย่างจากชุดที่เหมาะสมโดยให้มีการเจาะจงเวลาอ้อยที่สุด เพื่อจะได้ข้อมูลที่มีประโยชน์มากที่สุด

ในการเก็บตัวอย่างที่เป็นสัดดัจ (sludges) และโคลนดุม (muds) จะต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมากเป็นพิเศษ เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมด

2. ตัวอย่างแบบรวม composite (composite samples) หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างแยกที่ทำการเก็บ ณ จุดเดียวกัน แต่ต่างเวลา บางครั้งใช้คำว่า time composite samples นี้ประโยชน์สำหรับการใช้งานที่ต้องการทราบความเข้มข้นเฉลี่ย เช่น ในการคำนวณความสามารถที่จะหักห้าม หรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรในโรงงานกำจัดน้ำเสีย แทนที่จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างแยกทุกตัวอย่างแล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของผล อาจทำตัวอย่างรวมของตัวอย่างแยกเหล่านี้ได้ทำการวิเคราะห์ครั้งเดียว เป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายอย่างมาก สำหรับการวิเคราะห์ที่ต้องใช้ปั๊มน้ำ ชั่วโมง เป็นมาตรฐาน แต่ถ้าต้องการผลแพะการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำทึบ อาจต้องการตัวอย่างรวมที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างรวมที่ได้ถือเป็นตัวอย่างเฉลี่ย หมายได้สภาวะดังกล่าวจะตัดปั๊มห้าเก็บกับเวลาเก็บ (detention time) ไปได้โดยที่ตัดตัวอย่าง ที่เก็บอยู่ขึ้นกับแฟกเตอร์เดียว คือ อัตราการไหล เวลานี้ (คือสมกันตามอัตราสารน้ำริมาณกาก ไอล)

ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบนา, อย่างของน้ำ น้ำเสียที่ละลายในน้ำ คลอรินตก้าง อุณหภูมิและพืช ค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างไว้ ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ตัวอย่างรวม ตัวอย่างรวมแบบ composite ใช้เฉพาะการหาค่าส่วนประกอบที่ทราบได้แน่นอนว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงภายใต้สภาวะของ การเก็บและรักษาตัวอย่างเท่านั้น ให้นำแต่ละส่วนของตัวอย่างที่ทำการเก็บโดยใช้ชุดปากกว้าง ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 35 มิลลิเมตร และจุได้อย่างน้อย 350 มิลลิลิตร เก็บแต่ละส่วนเหล่านี้ทุกชั่วโมง บางกรณีอาจใช้ทุกครึ่งชั่วโมง หรือทุก นาที และนำมาผสานกันเป็นขวดใบใหญ่ขวดเดียว เมื่อถึงสุดเวลาการเก็บตัวอย่างแล้ว ถ้าต้องการให้สารช่วยรักษา (preservatives) ให้เติมลงในขวดเริ่มต้นทุกขวดก่อนทำการเก็บ ปกติมักทำการรวมแต่ละตัวอย่างในปริมาตรที่เป็นสัดส่วนกับปริมาตรที่ให้ สำหรับน้ำโสโครก (sewage) น้ำทึบจากระบบกำจัดน้ำเสีย (effluent) และน้ำเสีย (wastes) แล้วปริมาตรสุดท้าย 2-3 ลิตรนับว่าพอเพียง ถ้าจะใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างชนิดอัตโนมัติควรเดินสารช่วยรักษาลงไปก่อน ทำความสะอาดเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างรวมทั้งขวดในแต่ละวัน เพื่อกำจัดการเจริญเติบโตทางชีวะและการเกาะของตะกอน

3. ตัวอย่างรวมแบบ integrated (integrated samples) หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างที่แยกที่เก็บจากจุดต่าง ๆ กันในเวลาเดียวกันในเวลาที่ใกล้กันที่สุด ตัวอย่างที่จำเป็นต้องเก็บโดยวิธีนี้ได้แก่ แม่น้ำ ลำธาร ช่องคุณภาพแปรผันตามความกว้างและลึก ในการประเมินค่าส่วน

ประกอบเนื่องหรือปริมาณสารทั้งหมด (total loading) ก็ต้องใช้ของผสมของตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของจุดต่าง ๆ ในส่วนตัด (cross section) ของเหล่าน้ำซึ่งเป็นสัดส่วนกับการไหล

การเตรียมตัวอย่างรวมแบบ integrated นี้ต้องการเครื่องมือพิเศษในการเก็บตัวอย่างจากจุดที่ทราบความลึกโดยไม่มีการปะปนจากน้ำเบื้องบนเลียนอกจากน้ำควรทราบเกี่ยวกับปริมาตรการเคลื่อนไหว และส่วนประกอบต่าง ๆ ของน้ำที่จะทำการเก็บก่อนด้วย จะเห็นได้ว่าการเก็บตัวอย่างรวมแบบนี้ยุ่งยากและมีขั้นตอนพิเศษกว่าแบบอื่น

### 2.3.2 ปริมาณ

ในการตรวจหาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำน้ำ โดยทั่วไปแล้วปริมาตร 2 ลิตร นับว่าเพียงพอ แต่ถ้าจะทำการหาส่วนประกอบอื่นเพิ่มเติมก็ต้องใช้ปริมาตรมากกว่านี้ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ข้อควรจำคือ อย่าพยายามใช้ตัวอย่างเดิมกัน สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีทางแบบที่เรีย แล้วด้วยการใช้กล่องจุลทรรศน์ พระวิธิที่ใช้ในการเก็บจะคงปฏิบัติต่อตัวอย่างจะแตกต่างกัน

### 2.3.3 ช่วงระยะเวลาหัวใจการเก็บและการวิเคราะห์

เป็นการยากที่จะบอกว่าช่วงเวลาใดควรจะเป็นเท่าไร เพราะช่วงเวลาจะขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่าง สารที่จะวิเคราะห์และวิธีในการเก็บรักษา อายุไวร์คาม เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำมาเดือดทำการวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเพราจะยิ่งทำให้เสื่อม化 ด้านประดิษฐ์ของตัวอย่างน้ำอาจจะเปลี่ยนไป เนื่องจากการเริ่มต้นของจุลินทรีย์ในน้ำความติดพลาดชั้นน้ำอาจลดลงได้โดยเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในที่มีค่าอุณหภูมิต่ำ ( $4^{\circ}\text{C}$ ) จนถึงเวลาที่จะวิเคราะห์ ระยะเวลาที่ยอมให้มากที่สุดที่จะเก็บตัวอย่างไว้ก่อนทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีเป็นดังนี้

น้ำสะอาด (unpolluted water)	72 ชั่วโมง
น้ำก่อนห้างสกปรก (slightly polluted water)	48 ชั่วโมง
น้ำสกปรก (polluted water)	24 ชั่วโมง

ถ้าช่วงเวลาดังกล่าวนานพอที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในความเข้มข้นหรือสภาพทางกายภาพของส่วนประกอบที่จะทำการวัด ให้ทำการเก็บรักษาตัวอย่างตามตารางที่ 2.1 อย่าลืมจดเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง เวลาที่ทำการวิเคราะห์ และสารช่วยรักษาที่ใช้

### 2.3.4 วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษา

การเก็บรักษาตัวอย่างทำได้ยาก สารช่วยรักษาเก็บอยู่ด้วยกันทุกตัวขัดขวางการหาสารบางตัว ดังนี้ ทำการวิเคราะห์ในวันถัดมาจัดว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ถ้าเป็นไปได้ควรทำการวิเคราะห์ทันที กรณีที่ไม่ทำการวิเคราะห์ทันทีควรเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$  และเติมสารเคมีในการเก็บ

รักษา ชนิดที่ไม่ขัดขวางการวิเคราะห์ และให้เติมลงในขวดตัวอย่างก่อนทำการเก็บเพื่อว่าทุก ๆ ส่วนของตัวอย่างจะถูกเก็บรักษาทันทีที่ทำการเก็บ เลือกสารช่วยรักษาให้ถูกกับสารที่จะทำการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์มีผลมากต่อการวิเคราะห์สารเกือบทุกตัว จึงไม่ควรใช้

วัตถุประสงค์ในการเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อจะลองปฏิกริยาทางชีววิทยา ชะลอการเกิดไส้โครงลิซิกของสารเคมีและสารเชิงซ้อน (complex) และเพื่อลดการระเหยตัวของส่วนประกอบของสาร วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างทำได้โดยการควบคุมพิเศษ การเติมสารเคมี การแช่เย็น และการแช่แข็ง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

#### 2.4 สรุปข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ

1. ขวดที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำควรทำด้วยพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (polyethylene) เพราะขันส่งสะدافไม่ทำปฏิกริยากับสารอื่นในน้ำ ข้อสำคัญคือถังให้สามารถก่อนใช้ คือล้างด้วยกรดไฮดรอนิก น้ำก็อกและน้ำกลั่นตามลำดับ และก่อนทำการเก็บให้ล้างด้วยน้ำตัวอย่างที่จะเก็บก่อนสัก 2-3 ครั้ง

2. เก็บตัวอย่างในขวดทึบช่อง ให้เรียบร้อย บอกชื่อผู้เก็บ เวลา สถานที่ วันที่เก็บ อุณหภูมิของน้ำ ชนิดของสารที่รักษา

3. การวัดอุณหภูมิพิเศษ แก๊สที่ละลายน้ำ เช่น  $\text{CO}_2$  และ  $\text{O}_2$  ทันทีที่เก็บ เพราะค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย

4. บางกรณีการเก็บตัวอย่างไว้มีผลต่อการวิเคราะห์มาก เช่น ไอออนบวกบางตัวจะสูญหายไปโดยการดูดซับ ((adsorption) หรือโดยการแลกเปลี่ยนของไอออน (ion exchange) กับผิวของภาชนะที่ทำด้วยแก้ว ไอออนบวกเหล่านี้ได้แก่ Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Ag และ Zn จึงควรทำการเก็บแยกต่างหากโดยใช้ขวดที่สะอาด และทำให้เป็นกรดด้วยกรดเกลือเข้มข้น หรือกรดดินประสิวเข้มข้นจนพิเศษกว่า 2 นาทีของการตกตะกอน และการดูดซับบนผิวภาชนะ

5. เมื่อไม่เนี่ยในไตรเจน ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ในน้ำถ้าพิเศษสูง ไปจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปเมอมโมเนียมในไตรเจน ( $\text{NH}_3\text{- N}$ ) ทำให้ค่าลดลง จะนั้นควรเก็บแยกขวดและปรับพิเศษให้ต่ำลง

6. น้ำทึบจากโรงงานอุตสาหกรรม ให้เก็บตัวอย่างน้ำทึบจากทุก ๆ ชุดที่ปล่อยน้ำออกมายหรือที่บุกรุમของน้ำทึบ

7. น้ำเสียจากการบ้านเรือนให้เก็บตัวอย่างน้ำจากท่อระบายน้ำ โสโคร์ก

8. น้ำทึบจากระบบกำจัดน้ำเสียให้เก็บจากชุดต่าง ๆ ตามขั้นตอน

9. น้ำประปาให้ไขทึบสักครู่ก่อนเก็บ

10. น้ำที่ควรเก็บภายหลังจากบ่อน้ำถูกดูดน้ำขึ้นจะมีระดับน้ำต่ำกว่า ควรจดอัตราเร็วของ การดูดน้ำด้วย

11. เมื่อน้ำและสาร ควรเก็บน้ำจากผิวน้ำที่กันแม่น้ำตรงไปกลางแม่น้ำแล้วนำมารวม กันเป็นตัวอย่างรวมแบบ integrated ถ้าจะเก็บเป็นตัวอย่างแยกให้เก็บจากใจกลางแม่น้ำที่จุดกึ่งกลาง ของความลึกซึ่งนับว่าเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด

12. น้ำในทะเลสาบน้ำจะมีการแปรผันในคุณภาพทั้งในแนวคื้งและแนวอน แต่ใน สภาพทั่วๆ ไปแล้ว เราไม่สนใจค่ารวมหรือเฉลี่ยของสภาพเหล่านี้ สนใจแต่การเปลี่ยนแปลงในแต่ ละจุดเท่านั้น ดังนั้นจึงควรใช้ตัวอย่างแยกมากกว่า

## 2.5 อุปกรณ์และภาระบรรจุในการเก็บตัวอย่างน้ำ

อุปกรณ์และภาระบรรจุน้ำที่น่องค์ประกอบที่มีความสำคัญอย่างยิ่งที่อาจทำให้ ตัวอย่างที่เก็บมาได้รับการปนเปื้อน อันเนื่องจากความลอกปกรของอุปกรณ์และภาระบรรจุที่ใช้ซึ่ง ต้องมีการพิจารณาเป็นกรณีพิเศษ โดยเฉพาะอย่างเชิงการวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษที่มีอยู่ในปริมาณ ต่ำ เช่น โลหะหนัก สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ รวมถึงการเลือกถุงกระสอบและภาระบรรจุ

## 2.6 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ

เครื่องมืออุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำ อาจทำด้วยพลาสติก เหล็กกล้าไร้สนิม สำหรับ การวิเคราะห์โลหะหนัก เครื่องใช้ที่ใช้การทำด้วยพลาสติก และมีส่วนประกอบของโลหะน้อยที่สุด ส่วนที่สัมผัสน้ำโดยตรงก็ไม่ควรมีน้ำโลหะ ระบบออกเก็บตัวอย่างและนำน้ำนักถ่วงควรหุ้มด้วย พลาสติก สายสลิงที่ใช้หุ้ยอนเครื่องมือดังกล่าวควรทำความสะอาดพลาสติกหรือ漉ดที่เคลือบด้วยพลาสติก เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำที่นิยมใช้ได้แก่ ชนิด Van Dorn, Niskin, Nansen ฯลฯ

สำหรับการวิเคราะห์สารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ (pesticide) เครื่องมือควร ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม และภาระบรรจุที่ใช้แตกต่างกัน โดยคำนึงถึง

- วัสดุ
- รูปทรงและขนาด
- สี
- การเตรียมภาระบรรจุก่อนใช้

วัสดุที่ใช้ทำภาระบรรจุตัวอย่างน้ำควรเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ กรด ด่าง และ น้ำมันพิษในตัวอย่างน้ำ มีความแข็งแรงทนทาน ไม่เปราะห์หรือแตกง่าย สามารถถังทำความสะอาด

ได้ง่าย มีฝาปิดสนิท โดยทั่วไปนิยมใช้ขวดแก้ว หรือพลาสติกอย่างดีที่แข็งและทนความร้อน เช่น พอลิเอทธิลีน พอลิไพรพลีน แต่สุดที่ดีที่สุด คือ ควอเตช์ (quartz) หรือ เทฟлон( teflon) แต่ราคาแพง รูปร่างและขนาดควรจะมีขนาดพอเหมาะที่จะบรรจุตัวอย่างน้ำได้พอดีเพียง สำหรับการวิเคราะห์ และไม่ใหญ่เกินไปที่จะถือหรือดึงได้สะดวก และควรเป็นรูปทรงที่ไม่มีซอกมุมที่ทำความสะอาดยาก เช่น ขวดทรงกระบอกสูงปากกว้าง เป็นต้น

สี โดยทั่วไปควรใช้สีที่ไม่มีสี นอกจากในกรณีที่ต้องการสีเข้ม เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างน้ำสูญเสียแสงแผลด นิยมใช้พลาสติกขาวบุนหรือขวดแก้วสีชา เป็นต้น

#### 2.6.1 ข้อควรพิจารณาในการเลือกภาชนะบรรจุ

การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ เช่น สารน้ำมัน (grease) น้ำมัน (oil) ควรใช้ภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแก้ว ไม่ควรใช้ภาชนะที่ทำด้วยพลาสติกเนื่องจากเกิดขบวนการคุกชันสารที่ผิวหนังของภาชนะบรรจุ ได้ง่าย สำหรับวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ มีข้อควรคำนึง ดังนี้

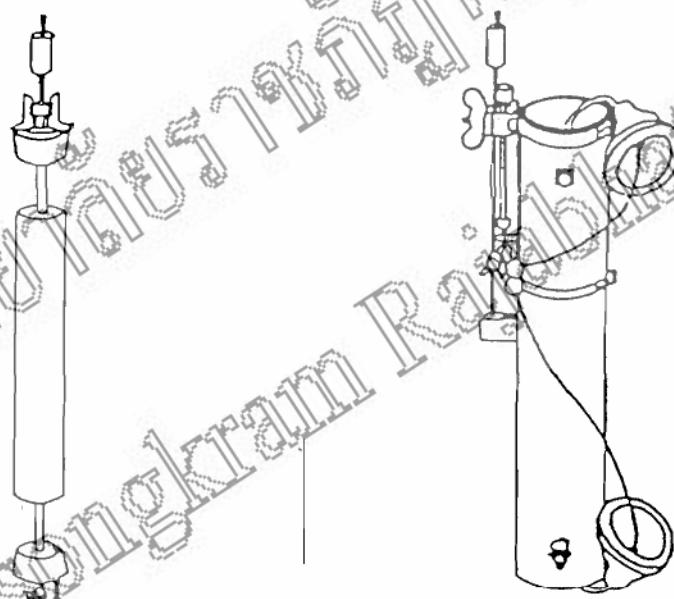
1. ขวดแก้วสีชา ขวดแก้วสีชาเป็นภาชนะบรรจุที่เหมาะสมที่สุด ในกระบวนการตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ แต่อาจแตกง่ายและมีน้ำหนักมาก ซึ่งไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย ในกรณีที่ไม่มีขวดแก้วสีชาอาจใช้ขวดแก้วใสหรือด้วยอะลูมิเนียม หรือกระดาษเพื่อกันแสง ทั้งนี้เนื่องจากแสงอาจทำให้สารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์สลายตัวได้ ขวดแก้วที่อาจชำนาญร้าวของเหลวได้ คือ ขวดสีขาวบรรจุตัวทำละลาย (solvent) เช่น อะซิโตัน (acetone) เฮกแซน (hexane) คลอรอฟอร์ม (chloroform) ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) ฯลฯ สำหรับยาจุกปิดขวดควรเป็นฝาแก้วหรือฝาพลาสติกที่เคลือบด้วยเทฟลอน หรือใช้อะลูมิเนียมที่ผ่านการล้างด้วยอะซิโตันทุบก่อนปิดฝาพลาสติก

2. ขวดพลาสติก ขวดพลาสติกไม่ควรนำมาใช้ในการบรรจุตัวอย่างที่เป็นของเหลว ประเภทการอินทรีย์ โดยเฉพาะพลาสติกชนิดพอลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (high density polyethylene, HDPE) เนื่องจากอาจเกิดการปนเปื้อนจากพอลิเอทธิลีน แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่จำเป็นอาจอนุญาตให้ใช้พลาสติกคุณภาพดี (inert or non degradable) ซึ่งผ่านการตรวจวิเคราะห์แล้วว่า ไม่มีการแปรกลบлом (interferences) ออกมาระหว่างการบรรจุตัวอย่างในระดับที่วิเคราะห์ได้ (limit of detection) ภาชนะบรรจุดังกล่าวได้แก่ พลาสติก ชนิดเทฟลอนหรือพลาสติกนากาลีน (nalgene) ชนิดพอลิไพรพลีน

3. ถุงพลาสติก ถุงพลาสติกไม่ควรนำมาบรรจุตัวอย่างโดยตรง เช่น บรรจุตัวอย่างน้ำ ถุงพลาสติกจะใช้ได้กับตัวอย่างที่เป็นของแข็งหรือกึ่งของแข็ง ซึ่งห่อคัวของอะลูมิเนียมเปลว ก่อนแล้วชั้นหนึ่ง อย่างไรก็ตามในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ และไม่สามารถบรรจุในขวดแก้ว ขวด

พลาสติกหรือห่อด้วยอะลูมิเนียมเปลว เช่น ผัก ผลไม้ อนุโภณให้ใช้ถุงพลาสติกได้ แต่ต้องเป็นถุงพลาสติกชนิดสำหรับบรรจุอาหารที่ใหม่และสะอาดเด่านั้น

4. ภาชนะโลหะ ภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะ นอกเหนือจากภาชนะเหล็กกล้าไวร์สันนิม ไม่ควรนำมาบรรจุตัวอย่างโดยตรงเนื่องจากอาจมีสารปนเปื้อนเข่นวัสดุเคลือบผิวประเภทแอลเคลอร์ (oil film lacquer) หรือเรซิน (resin) จากตะเก็บรอยต่อ



ชนิด Kemmerer

ชนิด Van Dorn

รูปที่ 2.1 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ (water sample )

การวิเคราะห์โลหะหนัก เช่น ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โกรเมี่ยน แแคดเมี่ยน ตะกั่ว อะลูมิเนียม เป็นต้น ข้อควรคำนึงในการเลือกดังนี้

1. ขวดพลาสติกเป็นภาชนะที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก ทั้งในแบ่งของสารปนเปื้อนและอาชญาการใช้งาน พลาสติกที่ใช้สำหรับการเก็บตัวอย่างโลหะ

หนักได้แก่พลาสติกชนิดโพลิฟลูอโอลิโกร์บอน พอลิเอทิลีน พอลิเมทิลเมทาไครเลต (polymethyl-metacrylates) และเทฟล่อน ปัจจุบันภาชนะพลาสติกที่นิยมใช้กันมากเป็นชนิดโพลิเอทิลีน

2. ถุงพลาสติก ถุงพลาสติกไม่ควรนำมาใช้ในการบรรจุตัวอย่างที่เป็นของเหลวโดยตรง อาจนำมาใช้ได้ตัวอย่างที่เป็นของแข็ง หรือกึ่งของแข็งได้ อย่างไรก็ตามถุงพลาสติกที่ใช้ควรเป็นถุงพลาสติกชนิดสำหรับบรรจุอาหารใหม่และสะอาดเท่านั้น

3. ขวดแก้วไม่ค่อยเหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โดยหนัก เมื่อจากมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุสูง (high ion - exchange capacity) เมื่อมีสารโดยหนักปนเปื้อนอยู่สูง นอกจากานี้ยังแตกเสียหายได้ง่าย ขวดแก้วที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โดยหนัก ได้แก่ ขวดแก้วชนิดบอร์ชิลิคอล์ดเจลธรรมชาติที่มีราคาก่อนซื้อสูง

4. ภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะไม่ควรนำมายังรักษาตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์โดยหนัก

นอกจากนี้การวิเคราะห์ห้ามปริมาณโซเดียม ซิลิก้า บอร์อน ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสมควรทำด้วยพลาสติก เช่นเดียวกัน เพื่อป้องกันการแลกเปลี่ยนไออุ่นที่ผิดของภาชนะ การวิเคราะห์ห้ามปริมาณฟลูอิโอดีท้านใช้ภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแก้ว เนื่องจากสามารถเกิดปฏิกิริยา กับแก้วได้โดยตรง

การวิเคราะห์ห้ามปริมาณแบคทีเรียใช้ขวดที่ทำด้วยแก้วหรือพลาสติกที่มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อตรวจวิเคราะห์ทางแบคทีเรีย ให้สามารถเก็บตัวอย่างน้ำได้เพียงพอสำหรับการตรวจวิเคราะห์ในแต่ละวิธี ปกติแล้วนิยมใช้ขวดแก้วปากกว้าง ที่มีฝาจุกแก้วอุดปิดสนิท (ground glass stoppered bottles) ขวดพลาสติกที่สามารถใช้ได้ถ้าหากวัสดุที่ไม่เป็นพิษ เช่น พอลิไพริพลีน (polypropylene) และต้องทำการม่าเชื้อได้ ก่อนทำการม่าเชื้อให้ปิดปากขวดจนถึงขอบคัวของลูมิเนียลฟอยล์ หรือกระดาษหนา ๆ

#### 2.6.2 การทำความสะอาดเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำและภาชนะบรรจุ

การเตรียมเครื่องมือเก็บตัวอย่างและภาชนะบรรจุก่อนใช้ โดยทั่วไปจะต้องล้างทำความสะอาดด้วยผงซักฟอกหรือน้ำยาล้างแก้ว ล้างด้วยน้ำสะอาดและล้างด้วยน้ำกลั่นในครั้งสุดท้ายแล้วทำให้แห้งในห้องที่ปราศจากฝุ่นละอองก่อนที่จะนำไปใช้ นอกจากบางกรณีจะต้องมีกรรมวิธีพิเศษ เช่น ภาชนะที่ใช้บรรจุตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ห้ามปริมาณโลหะ สารป้องกันและฆ่าเชื้อที่ซึ่งมีพิษและสารที่ตกลงอยู่ในสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ทางด้านแบคทีเรีย ซึ่งมีพิษดังกล่าวโดยทั่วไปมีปริมาณ Sou (trace) การปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจะมีความสำคัญต่อผลการวิเคราะห์ การล้างเครื่องมือเก็บตัวอย่าง

และภาระน้ำหนัก มีขั้นตอนและวิธีการที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะที่ตกค้าง ขั้นตอนและวิธีการล้างเครื่องมือ เมื่อเก็บตัวอย่างและภาระน้ำหนักขึ้นกับลักษณะของการศึกษาและปริมาณโลหะหนักที่มีในตัวอย่าง ที่ต้องการตรวจจำแนกออกได้ 2 วิธี ๆ คือ

1) การล้างเครื่องมือเก็บตัวอย่างและภาระน้ำหนักโดยทั่วไป ให้ดำเนินการดังนี้

- ล้างด้วยผงซักฟอก
- ให้น้ำประปาไหลผ่าน
- ล้างภาระน้ำหนักด้วยกรดไฮดริก 50% ชนิดที่มีความบริสุทธิ์สูง (analytical reagent grade) ถ้าเป็นไปได้ให้เช็ดกันลื่นไว้
- ล้างด้วยน้ำกลั่นที่บริสุทธิ์หรือน้ำที่ปราศจากไอโอดีน
- ทำให้แห้งโดยวางในห้องที่สะอาด ปราศจากฝุ่นละออง

2) การล้างเครื่องมือเก็บตัวอย่างและภาระน้ำหนักเพื่อการวิจัย

(ก) เครื่องมือเก็บตัวอย่าง

1. เครื่องมือเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์โลหะหนักทั่วไป
  - ล้างด้วยผงซักฟอก
  - ล้างตามด้วยน้ำที่ปราศจากไอโอดีน (deionized water)
  - บรรจุกรดไฮดริก 0.5 โมลาร์ ทิ้งไว้ 2-3 วัน
  - ล้างด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์ แล้วห่อถุงด้วยพลาสติก

2. เครื่องมือเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์proto

ล้างด้วยผงซักฟอก

- ล้างแล้วบรรจุกรดไฮดริก 0.5 โมลาร์ ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

- ล้างแล้วบรรจุกรดไฮดริก 0.5 โมลาร์ และโพแทสเซียมไบอเรอิกซีไดชัลเฟต (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) 0.01% ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

- เติมไฮดรอกซิลเอมิน ไฮド록โซไรด์ (NH<sub>3</sub>OHCl) 12% ลงไป

- ล้างแล้วบรรจุกรดชัลฟิวริก 0.1 โมลาร์ ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

- ล้างด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์ แล้วห่อถุงด้วยพลาสติก

(II) ภาระน้ำหนัก

1. ภาระน้ำหนักพลาสติก พลาสติกเป็นภาระน้ำหนักที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่าง

แต่ในการผลิตอาจมีอนุภาคโลหะขนาดเล็กฝังตัวอยู่ในริเวณใต้ผิวหรือถูกดูดซับบนผิวนอกจากนี้ สารเคมีแต่ง (additive) ในพลาสติก ซึ่งอาจจะรบกวนผลการวิเคราะห์โดยทำปฏิกิริยากับโลหะในน้ำ ดังนั้น ภายนอกใหม่จึงควรล้างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอรอฟอร์ม และล้างตามด้วยน้ำกลัน ส่วนวิธีการล้างอนุภาคโลหะที่ปัจจุบันอยู่ใช้วิธีการของ Patterson และ Settle ดังนี้

(1) ภายนอกพลาสติกนิดเทเพล่อน

- ล้างด้วยกรดในตริกเข้มข้น
- แช่กรดในตริกเข้มข้นใน acid bath ที่  $70^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 3-5 วัน
- ล้างด้วยน้ำกลันที่บริสุทธิ์
- เปลี่ยนกรดแล้วทำซ้ำอีกครั้ง
- แช่กรดในตริกชนิดอัลตราเพียวร์ 0.1% ใน acid bath ที่  $70^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 3 วัน

เวลา 3 วัน

- ล้างด้วยน้ำกลันภายนะบรรจุที่เป็นขวดให้บรรจุกรดในตริกชนิดอัลตราเพียวร์ 0.1% แล้วห่อด้วยถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนกว่าจะใช้

(2) ภายนอกพลาสติกนิดเพล่อน

- เดินกรดเกลือในภายนะบรรจุ
- ล้างด้วยน้ำกลันที่บริสุทธิ์
- เดินกรดเกลือชนิดอัลตราเพียวร์ 1% ให้ความร้อนที่  $55^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 3 วัน

เวลา 3 วัน

- ล้างด้วยน้ำกลันที่บริสุทธิ์
- เดินกรดเกลือ นิดอัลตราเพียวร์ 1% อีก 3 วัน
- ล้างด้วยน้ำกลัน
- ภายนะบรรจุที่เป็นขวดให้บรรจุน้ำกลัน แล้วห่อด้วยถุงพลาสติก

พอลิเอทิลีนทนกว่าจะใช้

(3) ภายนอกวัชนิด ไฟเรกซ์

แก้วไฟเรกซ์ใช้สำหรับบรรจุตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ป्रอท ให้ล้างโดยวิธีของ

Bothner และ Robertson (1975) ดังนี้

- เดินสารละลายผสมระหว่างโพแทสเซียมเปอร์มัลกานาเคน 0.1% และ

โพแทสเซียมเปอร์ออกซีไนโตรซัลเฟต 0.1% ในกรดในตริก 2.5% ให้ความร้อน  $80^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา

2 ชั่วโมงแล้วทิ้งให้เย็น

- เดินไยดรอกซิกเอนีนไ索 โคลอโรด 12% จำนวน 2 ลูกบาศก์ซึ่นเมตร

- เติมสแตนนัสคลอไรด์ ( $\text{SnCl}_2$ ) 10% ลงไป 10 ลูกบาศก์ เช่นติเมตร
- ผ่านแก๊สไนโตรเจนเพื่อล้างสแตนนัสคลอไรด์ที่ทำปฏิกิริยาไม่หมด
- ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง
- เครื่องแก๊สใหม่ให้ล้างด้วยวิธีการดังกล่าว 2-3 ครั้ง ก่อนใช้

หมายเหตุ การล้างภาชนะซึ่งแนะนำให้เติมสารลงในภาชนะบรรจุแล้วนำไปให้ความร้อนใน water bath อาจจะดัดแปลงเป็นการแช่ภาชนะบรรจุลงในสารต่าง ๆ ใน acid bath แทนได้

## 2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันและสารฆ่าแมลงที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น hexane

- อะดีบิน้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น hexane
- ล้างด้วยฟองน้ำพอกชนิดที่ปราศจากการอินทรีย์หรือมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่น้อยที่นิยม เช่น alcohols

- ล้างด้วยน้ำประปา
- ล้างด้วยน้ำกลั่น
- อะดีบ hexane ชั้น pesticide grade
- ทำให้แห้งและเก็บในห้องไม่มีฝุ่น

## 3. การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรีย ขวดเก็บตัวอย่าง ขวดแก้วปากกว้าง ความจุประมาณ 125 ลูกบาศก์ เช่นติเมตรพร้อมฝาขุกแก้ว ผ่านการล้างให้สะอาด กร้ำหรืออบให้แห้ง ปิดฝาขุกให้สนิท

ใช้กระดาษอะลูมิเนียมหุ้มขุกขวดไว้ สำหรับขับเวลาปิด บรรจุลงในกระป่องโลหะเพื่อกันการปนเปื้อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 160-180°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

สำหรับตัวอย่างน้ำประปา หรือน้ำดื่ม บางชนิดที่มีคลอรินตกค้างอยู่ในตัวอย่างน้ำ จะมีผลในการทำลายแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำ จำเป็นต้องกำจัดเสียก่อน โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮโดรซัลเฟต ซึ่งมีความเข้มข้น 10% จำนวน 4 ลูกบาศก์ เช่นติเมตร ลงในขวดเปล่าก่อนนำไปอบชั่วคราว

### 2.6.3 การถอนคุณภาพตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำนั้น หากไม่ได้ทำการวิเคราะห์ทัน

ที่แล้วส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ผลกระทบจากนิคที่ไม่คงตัว มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เช่น แบคทีเรีย ความเป็นกรด-ด่าง สารประกอบในต่อเจน สารอินทรีย์ และอื่น ๆ เป็นต้น จึงได้มีการศึกษาวิธีการถอนมหรือรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เพื่อลดหรือหยุดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจำเนกออกได้ดังนี้คือ

1. การแช่เย็นที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$  หรือแช่แข็ง เช่น การตรวจหาปริมาณความเป็นกรด ความเป็นด่าง ซัลเฟต คลอไรด์ เป็นต้น ผลของการแช่เย็น ก็คือ

- ลดการทำงานของพวกจุลินทรีย์
- ลดอัตราเร็วของการกัดขบวนการทางกายภาพและเเเคมี
- ข้อดีของวิธีนี้คือ ไม่มีสารรบกวน (interference) ในการวิเคราะห์

## 2. การเติมสารเคมี

ก) เติม biocides เพื่อยับยั้งการทำงานของพวกจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ เช่น  $\text{HgCl}_2$  เติมในปริมาณ  $20-40 \text{ mg/l}$

ข) เติมกรด เช่น  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  เป็นการรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำโดยการควบคุม  $\text{pH} < 2$  เพื่อวัดถูกประสงค์ คือ

- ป้องกันการคุกซับไออกอนที่พิเศษและบรรจุและกรดตะกอน
- ยับยั้งการทำงานของพวกจุลินทรีย์ เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณ โลหะ ความคุณ  $\text{pH} < 2$  โดยการเติมกรด  $\text{HNO}_3$  (ดังตารางที่ 2.1) อาจใช้ 1.5 มิลลิลิตร กรด  $\text{HNO}_3$  เข้มข้น หรือ 3 มิลลิลิตร ของ 1+1  $\text{HNO}_3$  ต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร แต่กรณีตัวอย่างน้ำเป็นด่างมากอาจต้องใช้ถึง 5 มิลลิลิตร กรด  $\text{HNO}_3$  เข้มข้น และถ้าตัวอย่างน้ำนำไปแช่เย็นด้วย การรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำจะเก็บได้นานถึง 6 เดือน ยกเว้นในกรณีของ  $\text{Hg}$  ระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้นกว่า โลหะอื่น

3. การเคมีเฉพาะข้อมูล สารเคมีอื่น ๆ เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณใช้ยาในตัวรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำได้โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้  $\text{pH}$  อยู่ในช่วง 10-11 การวิเคราะห์หา  $\text{Hg}$  nokta กรดจุลินทรีย์โดยการเติมกรดแล้ว อาจรักษาคุณภาพได้โดยการเติม 2 มิลลิลิตร 20% (น.น. โดยปริมาตร) ของโพแทสเซียมไฮโคลรีเมต ในตัวทำละลาย 1+1 กรด  $\text{HNO}_3$  ต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร หรือเติม 1 มิลลิลิตร กรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  เข้มข้น และ 1 มิลลิลิตร 5% (น.น. โดยปริมาตร) ของโพแทสเซียมไฮโคลรีเมต ต่อตัวอย่างน้ำ 100 ua.

การเก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำจะพำนัชพำนัช ฯ นั้น กระทำได้ยากและถึงแม้จะมีการเติมสารเคมีลงไว้ในตัวอย่างสำหรับรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำเป็นกลุ่มแล้ว ก็ยังอาจมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ได้ หากตัวอย่างน้ำนั้นมีสารแขวนลอยหรือความชื้นอยู่ด้วย

นอกจากนี้ระยะเวลาในการเก็บรักษาคุณภาพต้องอย่างน้ำหลังจากเดินสารเคมี เพื่อรักษาคุณภาพมีความสำคัญเช่นเดียวกัน เนื่องจากในช่วงที่เก็บรักษาคุณภาพน้ำนั้น อาจเกิดขบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้ส่วนประกอบหรือมวลสารต่าง ๆ ในน้ำเปลี่ยนแปลง ขบวนการดังกล่าว ได้แก่

(1.) ขบวนการทางชีววิทยา

- ปฏิกิริยาเคมีแทนอลิซึมของจุลินทรีย์ในน้ำ

(2.) ขบวนการทางเคมี

- การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน :  $\text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + e^-$
- การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีผลให้ pH ค่าความเป็นกรดค้างที่เปลี่ยนแปลง
- การเกิดขบวนการ depolymerization

(3.) ขบวนการทางกายภาพ

- การคุกซึมของพากคอลออล์ด
- การคุกซับสารที่พิวพาชันบรรจุ ตะกอนดินที่มีอยู่ในน้ำ
  - การรวมตัวเป็นตะกอนของพากคอลออล์ด สามารถแยกด้วยดั้งน้ำ ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เพื่อให้ผลการตรวจวิเคราะห์ที่ได้ไม่คลาดเคลื่อนจากการเมื่นจริง ควรทำการวิเคราะห์ทันที โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามเวลา เช่น อุณหภูมิ pH ค่าความนำไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับมลพิษบางชนิดในน้ำ เป็นสารที่ไม่คงตัว มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จำเป็นต้องใช้วิธีการถอนคุณภาพที่เหมาะสม ซึ่งต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาควบคู่ไปด้วย หากเก็บตัวอย่างไวนานเกินไปจะทำให้เกิดการสลายตัวของมลพิษบางชนิด เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 สรุปวิธีเก็บตัวอย่างที่ต้องการ

Determination	Container <sup>+</sup>	Minimum Sample Size( ml)	Storage and/or Preservation
Acidity	P, G(B)	100	24 hr; refrigerate
Alkalinity	P, G(B)	200	24 hr; refrigerate
BOD	P, G	1,000	6 hr; refrigerate
Boron	P	100	-
Carbon, organic, total	G(brown)	100	Analyze as soon as possible refrigerate or add HCl to pH $\leq 2$
Carbon dioxide	P, G	100	Analyze immediately
COD	P, G	100	Analyze as soon as possible add $H_2SO_4$ to pH $\leq 2$
Chlorine dioxine	P, G	500	Analyze immediately
Chlorine, residual	P, G	500	Analyze immediately 500 30 days in dark; freeze 500 -
Cyanide	P, G	500	24 hr; add NaOH to pH 12: refrigerate
Fluoride	P	300	-
	Calibrated	1,000	Add HCl to pH $\leq 2$
Iodine		500	Analyze immediately
Metals		-	For dissolved metals separate By filtration immediately add 5 ml conc $HNO_3/1$

คูนย์วิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิมุสังเคราะห์

21

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

Determination	Container <sup>†</sup>	Minimum Sample Size( ml)	Storage and/or Preservation
Nitrate	P, G	100	Analyze as soon as possible; Add 0.8 ml conc $H_2SO_4/l$ ; Refrigerate
Nitrite	P, G	100	Analyze as soon as possible; add 40 mg $HgCl_2/l$ and refrigerate On freeze at $-20^{\circ}C$
Organic	P, G	500	Analyze as soon as possible; Refrigerate or add 0.8 ml conc $H_2SO_4/l$
Odor	G	500	Analyze as soon as possible; Refrigerate
Oxygen, dissolved	G, BOD bottle	300	Analyze immediately
Ozone	G	1,000	Analyze immediately
Pesticides (organic)	G (S)	-	-
pH	P, G(B)	-	-
Phenol	G	500	24 hr; add $H_3PO_4$ to pH $\leq 4.0$ and 1 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O/l$ ; Refrigerate
Phosphate	G (A)	100	For dissolved phosphates Separate by filtration Immediately ; freeze at $\leq -10^{\circ}C$ And/ or add 40 mg $HgCl_2/l$
Residue	P, G(B)	-	-
Salinity	G, was seal	240	Analyze immediately or use wax

๖๖.๔๙๓  
๖๑๖๐

150896

## ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

Determination	Container	Minimum Sample Size( ml)	Storage and/or Preservation
Sulfate	P, G	-	Refrigerate
Sulfide	P, G	100	Add 4 drops 2N zinc acetate 100 ml
Sulfite	P, G	-	Analyze immediately
Taste	G	500	Analyze as soon as possible ; Refrigerate
Temperature		-	Analyze immediately
Turbidity	P, G	-	Analyze same day ; store in dark For up to 24 hr
Silica	P	-	-

+ see text for additional details; for determinations not listed, no special requirements have been set: use glass or plastic containers, preferably refrigerate during storage, and analyze as soon as possible.

+p = plastic (polyethylene or equivalent); G = glass, G(A) or P(A) = rinsed with 1+1 HNO<sub>3</sub>; G(B) = glass, borosilicate; G(S) = glass, rinsed with organic solvents.

( ที่ 1 : Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 14<sup>th</sup> Edition, 1975, p.42.)

### บทที่ 3

## ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์

สมบัติของน้ำในการศึกษาทางเคมีมีหลายอย่าง ได้แก่ อุณหภูมิ พิอช ความชื้น ค่า DO BOD และ

### 3.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ หมายถึง ระดับความร้อน อุณหภูมิของน้ำทึบเทปัลออกซิเจนสูงเมื่อน้ำสำหรับสารละน้ำลดต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทึบทางตรงและทางอ้อม โดยที่สิ่งมีชีวิตในน้ำอาจถึงตายได้ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำทึบสูงเกินไป และยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย ตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรมอนให้อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อย出來สำหรับจะได้ไม่เกิน  $40^{\circ}\text{C}$

### 3.2 ความเป็นกรด-鹼 (pH)

ความเป็นกรดของน้ำ เป็นความสามารถของน้ำที่จะให้ไฮดรอนหรือ ทั้งนี้รวมถึงกรดอ่อนที่แตกตัวได้น้อย (weakly ionizing acids) เช่น กรดคาร์บอนิก กรดแทนนิก คลอจันพอกเลือช์ ไอโอดีโน(acid) เช่น เฟอร์รัสซัลเฟต อะกูมิเนียมซัลเฟต และ พากกรดแร่ เหล่านี้ล้วนมีส่วนเพิ่มความเป็นกรดเมื่อตัวอย่างน้ำมีค่าพิอชต่ำ ความเป็นกรดมีความสำคัญ เพราะเป็นตัวที่ทำให้น้ำ เกิดการกัดกร่อน และมีอิทธิพลต่อการรับsun การทางเคมีและทางชีวะ การหาความเป็นกรดของน้ำได้โดยการให้เกรดน้ำน้ำด้วยค่าคงที่นก และทราบความเข้มข้นแน่นอน เช่น NaOH จนถึงพิอชที่กำหนด ซึ่งความเป็นกรดเบส ของน้ำทำให้เราทราบถึงคุณภาพของแหล่งน้ำ ความเป็นกรดเป็นเบสในน้ำที่สำคัญคือ

#### 1. Carbon Dioxide Acidity

การบ่อนไฮเดรต เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำตามธรรมชาติทั่ว ๆ ไป สำหรับน้ำผิดน้ำจะได้รับแก๊สจากบรรยากาศโดยการคุณซึ่น แต่ในกรณีจะเป็นไปก็ต่อเมื่อปริมาณการบ่อนไฮเดรตในน้ำน้อยกว่าในอากาศ การบ่อนไฮเดรตอาจเกิดขึ้นจากการ

ออกซิเดชันทางชีวะของสารอินทรีย์ในน้ำ โดยเฉพาะในน้ำโสโครก ในกรณีนี้ ถ้าการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นน้อย ความดันของการรับอนไดออกไซด์ในน้ำจะสูงกว่าในอากาศ ที่จะหนีสู่บรรยากาศ จะเห็นได้ว่าการดูดและหายสารบ่อนไดออกไซด์ระหว่างน้ำ และอากาศ จะมีอยู่ตลอดเวลาเพื่อรักษาปริมาณของมันให้คงที่ คือให้อยู่สมดุลกันน้ำ

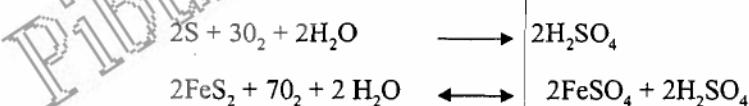
สำหรับน้ำบาดาลและน้ำจากชั้นล่างของทะเลสาบ หรือ อ่างเก็บน้ำที่มีการแบ่งชั้นของ (*stratification*) จะมีการบ่อนไดออกไซด์อยู่ในปริมาณสูงกว่าน้ำผิวดิน ทั้งนี้การออกซิเดชันของสารอินทรีย์ โดยแบบที่เรียกว่าแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน ตั้งนั้นความเข้มข้นของสารบ่อนไดออกไซด์จะไม่ถูกจำกัดโดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ตอนเริ่มต้นปกติมักพบมันได้ดีมีปริมาณการบ่อนไดออกไซด์สูง 30 - 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อมีน้ำไหลผ่านชั้นของคินท์มีเกลเชิยมคาร์บอนเนต หรือแมกนีเซียมคาร์บอนเนต ไม่พอที่จะสะเทินการบ่อนไดออกไซด์ เพื่อให้เกิดความเป็นไปตามการบ่อนเนต ดังสมการ



ความเป็นกรดของน้ำที่เกิดจากบ่อนไดออกไซด์เรียกว่า *carbon dioxide acidity* ซึ่งพบว่าการบ่อนไดออกไซด์หรือการบ่อนอนิกอญ่าดีယางไม่ทำให้พิ效ของน้ำลดลงต่ำกว่า 4.5

## 2. Mineral Acidity

ความเป็นกรดที่เกิดขึ้นเนื่องจากกรดแร่ที่เป็นกรดแก่ น้ำที่มีความเป็นกรดชนิดนี้จะมีพิ效ต่ำกว่า 4.5 พนในน้ำทึ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานผลิตพลาสติกอินทรีย์ แต่น้ำธรรมชาติอาจมี *mineral acidity* ได้ เช่น ในกรณีที่น้ำไหลผ่านเหมืองเก่า ๆ ซึ่งมักจะมีพิกรดกำมะถัน เกลือของกรดกำมะถัน ชั้นไฟฟลูไฮดีฟไรต์ ( $\text{FeS}_2$ ) สำหรับ 2 ตัว หลังจากถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดกำมะถัน และชั้นเพตโดยอาจเป็น *sulfuroxidizing bacteria* ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ดังสมการ



เกลือของโลหะหนักโดยเฉพาะพลาสติกที่มีเวลนซี 3 เช่น  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  จะถูกไฮดรолายส์ในน้ำปล่อยพิกรด *mineral acidity* ออกมา เช่น



ซึ่งในกรณีที่มีสารนี้จะเกิดเป็นตะกอนขึ้น เมื่อพิ效ของสารละลายเพิ่มขึ้นในปฏิกิริยาสะเทินสำหรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดที่มีกรดอินทรีย์อยู่จะทำการหาปริมาณกรดได้โดยใช้ *electrometric titration curve*

ความเป็นกรดมีความสำคัญเพียงเดือน้อยทางด้านสุขภาพนิเวศและสาระณสุขและปริมาณของการบ่อนไดออกไซด์ในเครื่องดื่มต่าง ๆ จัดว่าสูงกว่าที่มีอัตราธรรมชาติมากแต่ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพของคนเลย น้ำที่มี Mineral Acidity โดยทั่วไปจะมีรีดส์ไม่น่าบริโภคแต่ก็ยังไม่เคยมีปัญหาทางด้านสุขภาพนิเวศ ความเป็นกรดในน้ำมีสมบัติในการกัดกร่อนค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำใช้ในการคำนวณหาปริมาณปูนขาวที่จะใช้เพื่อกำจัดความด่างของน้ำโดยวิธี lime soda นอกจากนี้ในการกำจัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวะจะต้องควบคุมพิเศษให้อยู่ในระหว่าง 6 - 8.5 ซึ่งเป็นพิเศษที่เหมาะสม ในการนี้ต้องใช้สารเคมีซึ่งการหักค่าน้ำมีปริมาณที่จะใช้ต้องอาศัยค่าความเป็นกรดด้วย

ความเป็นค่าเป็นความสามารถของน้ำที่จะรับโปรดอนหรือเป็น quantitative capacity ของน้ำนี้จะแสดงถึงพิเศษที่ต้องการ ค่าที่วัด出來จากค่าที่ต้องการจะเป็นไปแล้วแต่จุดยุติ (end point) พิเศษ ที่ใช้ในการหาความเป็นค่าของน้ำตามธรรมชาตินั้นก็จะเป็น

1. เกลือของกรดอ่อน (salt of weak acids) เช่น คาร์บอเนต บอร์ต ฟอสฟอต ชาลกิด ตลอดจนเกลือของกรดอ่อนที่บางค่าที่มีความหนาแน่นต่อการออกซิเดชันทางชีวะ เช่น ไครด์อ่อน ส่วนใหญ่แล้วจะได้แก่ พอกไม้carbaminotrich ก็จะมาจากปฏิกิริยาของ  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  และสารที่เป็นค่าที่มีอยู่ตั้งแต่การ



2. เมสแก่และเบสอ่อน (strong and weak base) เช่น ไฮดรอกไซด์ในบางสถานะธรรมชาติอาจมีพาการบ่อนเนตและไฮดรอกไซด์อ่อนในปริมาณสูง เช่น น้ำผิวดิน ซึ่งมีสาหร่ายมากสาหร่ายมีการสังเคราะห์  $\text{CO}_2$  จากน้ำไปใช้ในการปูนอาหาร (photosynthesis) ทำให้พิเศษของน้ำสูงขึ้นประมาณ 9 - 10 น้ำที่ใช้หัวต้มน้ำ (boiler water) จะมีพิเศษสูง ทั้งนี้เพราะเมื่อต้มในกระบวนการที่มีอยู่ในน้ำจะถูกเปลี่ยนให้เป็นการบ่อนเนตและการบ่อนไดออกไซด์ ซึ่งการบ่อนเนตจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นไฮดรอกไซด์กับการบ่อนไดออกไซด์ และถูกขับออกไปเมื่อน้ำเดือดเหลือไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นค่าคงแก่ ฉะนั้นในบางสถานะจะทำให้พิเศษสูง

น้ำที่ผ่านกรรมวิธีทางเคมี โดยเฉพาะการทำให้หายกระด้าง (water softening) โดยใช้ไลม์โซดาและน้ำพากนีจะมีพิเศษสูง เพราะมีไฮดรอกไซด์เหลืออยู่ในน้ำ สรุปแล้วค่าเป็นค่าสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการประกูลของสารละลายน 3 ชนิดคือหิน ซึ่งจะเรียงกันไป โดยพิจารณาการที่มันทำให้น้ำมีค่าพิเศษสูงจากมากไปหาน้อย คือ

### 1. ไฮดรอกไซด์

### 2. คาร์บอเนต

### 3. ไบคาร์บอเนต

น้ำที่มีความเป็นค่าจดูงจะมีรสไม่น่าดื่มน้ำเกิดขึ้นกับน้ำประปาทำให้ ประชาชัชนั้นไปใช้น้ำอื่น ซึ่งอาจจะไม่ปลอดภัยแทน น้ำที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ ทางเคมีจะมีพิเศษสูงเมื่อจะต่อกัน *alkalinity* ที่ความเป็นค่าในน้ำท่วงจะมีเพียงพอสำหรับการเก็บ ถือว่า กระบวนการการตัดออกอนไม่สูงมากเท่าไหร่ phisiological distress ในคน ภูมิแพ้ที่ในการพิจารณาทำต่อสูตรสูง ตุดเป็นผลที่ ในน้ำประปาขึ้นอยู่กับปริมาณ  $\text{CO}_2^-$ ,  $\text{OH}^-$  และ  $\text{HCO}_3^-$  ซึ่งเป็นบ่อเกิดของความเป็นค่าของเม็ดหินที่ต้องเผาตัวให้หาย去  $\text{CO}_2^-$ ,  $\text{OH}^-$  และ  $\text{HCO}_3^-$  ทั้งนี้เพราจะขึ้นบังคับซึ่งอนุญาตให้มีค่าเพิ่มอีก 6 - 8.5 และต้องมี ที่ความเป็นค่าอย่างต่ำ 30 mg/l ตัวค่าค่าค่าจดูงตุดในน้ำประปาขึ้นอยู่กับปริมาณค่าของหินที่ต้องเผาตัว 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่เหมือนจะทำให้ประปา น้ำที่จะทำให้น้ำประปามีที่ความเป็นค่าอย่างต่ำ 30 - 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นค่า มีความสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำประปา และน้ำเสื้อ ต่างๆ ใช้การขึ้นอยู่ของความเป็นค่าของ  $\text{CO}_2^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  และ  $\text{OH}^-$  ในการตัดออกของความเป็นค่าในน้ำประปามากที่สุด ท่าที่วัดได้จากรวมทั้งส่วนที่ต้องเผาตัวให้หาย去 หรือฟื้นฟูที่อยู่ในกระบวนการที่มี *alkaline earth* ในความเป็นค่าของหินที่ต้องเผาตัวให้หาย去 การพิจารณาความเหมาะสมของหินที่ต้องเผาตัว นั้นในการขอดูท่าน ที่ความเป็นค่าของหินที่ต้องเผาตัวให้หาย去 และความคุณของหินที่ต้องเผาตัว น้ำที่ต้องเผาตัวให้หาย去ความเป็นค่าของหินที่ต้องเผาตัวให้หาย去 การทำ anaerobic digestion ของหินที่ต้องเผาตัวให้หาย去ความเป็นค่าในช่วง 2,000 - 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปแบบเดียวคงจะดีกว่า ในการรับน้ำที่มาจากโรงงานทุกสาหร่ายน้ำที่ความเป็นค่าจะดีขึ้นให้เห็นถึงการตัดออกของหินที่ต้องเผาตัวให้หาย去 สำหรับน้ำที่ต้องเผาตัวให้หาย去ความเป็นค่าที่ค่อนข้างคงดี



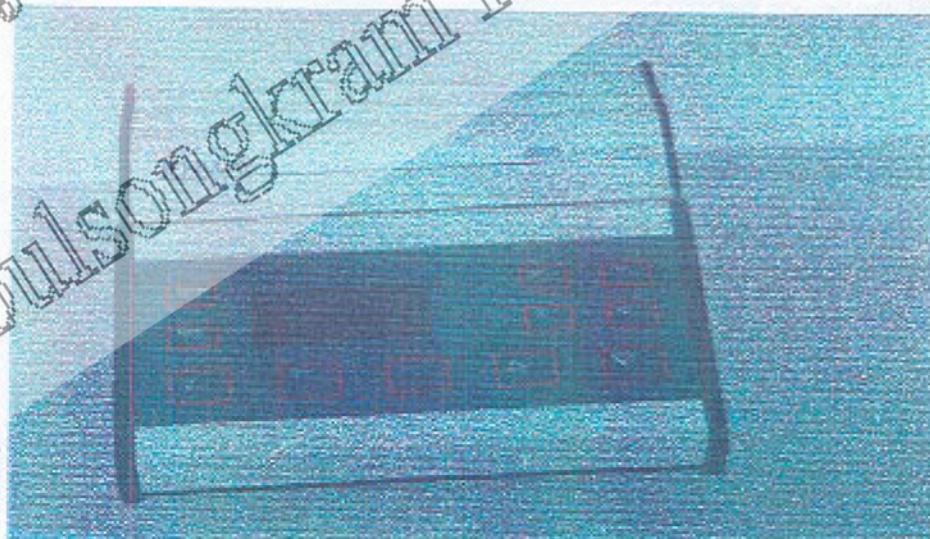
รูปที่ 3.1 เครื่องมือพิเศษมีเดอร์

### 3.3 ភាគមុខ (Turbidity)

ค่าว่าความชุ่ม (*water*) หมายถึง น้ำที่มีพิเศษการหักเหของแสง ซึ่งขึ้นกับความทางเดินของแสงที่ผ่านน้ำนั้น ความชุ่มนี้ของน้ำที่เกิดจากการที่มีเม็ดสีหักเหของอุ่น ตันสะเก็ต อาจเป็นพิเศษการอินทรี สารอนินทรี สารแพลงก์ตอน (*plankton*) และตัวน้ำชีวิตเล็ก ๆ (*microscopic organisms*) สารพิเศษนี้จะทำให้เกิดการกระแทกกระจาย (*scattered*) และดูดซึม (*absorb*) ของแสง แทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปในอีกด้าน

สารห้องแขวนในน้ำ ซึ่งเป็นสารเคมีให้กุญแจความรุนแรงจะมีชนิดตัวเดียวกันทั้งหมด ซึ่งจะเรียกว่า จันกระทั้งดึงหอยตาม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารเคมีของความรุนแรงในน้ำดูดซึ่งผลิตภัณฑ์ อ่างเก็บน้ำซึ่งห่อหน้าห้องซับน้ำในขณะที่ได้ตามเมื่อน้ำ ซึ่งกระบวนการน้ำพื้นที่แรง จันกระทั้งหอยจะเนื่องจากสารหักเหของวนบนนาคให้กุญแจ เสาร์เคลมีบางอย่างที่เป็นมือเก็ทชาของครอบครัว ที่นี่ หลัก แมลงกานีส ซึ่งพบมากในน้ำบ่อ น้ำท่อคายน้ำ น้ำหล่อไม่มีก้นสำหรับน้ำที่มีน้ำทิ้ง แล้วเมื่อตั้งที่ไว้ให้ลับผ้าถักากาหะจะเกิดความรุนแรงขึ้น เพราะจะดึงดูดในน้ำที่มีน้ำทิ้ง ทำให้ตัวสารเหล่านี้ให้ไปอยู่ในน้ำ เป็นตะกอน เช่น ไฮดรัสโซเดียม (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ที่มีไปอยู่ในรูปของไฮดริกโซเดียม(OH), เป็นตะกอนตัวเดียว หรือน้ำดูดซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการหักหิน ซึ่งอาจหักหินและแมลงกานีส เป็นตัวเดียวเช่นเดียวกัน เมื่อถูกในน้ำที่มีสารเหล่านี้จะทำให้เกิดการหายใจที่ให้น้ำรุนได้บ่อย กัน

ความต้องการความงามคือกิจกรรมที่ต้องการผลิตเรื่องประดิษฐ์ ความงามน่าดึงดูด (aesthetic) อาชญากรรมที่ต้องการกรอง (filterability) และการอนุรักษ์ไว้ (preservation)



รูปที่ 3.2 เกรียงมีดวัดความชื้น

### 3.4 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)

ออกซิเจนนับว่าเป็นแก๊สที่มีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตของคน สัตว์ และพืช เพราะต้องถูกนำมาใช้ในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน ขบวนการต่าง ๆ ที่ต้องการออกซิเจนเรียกว่า aerobic process แก๊สต่าง ๆ ในบรรยากาศจะได้มากน้อยต่างกันแล้ว แต่ละชนิดของแก๊ส สำหรับในโตรเจนและออกซิเจนเป็นแก๊สที่ละลายน้ำได้น้อยมาก และเนื่องจากไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ ดังนั้นการละลายจึงขึ้นอยู่กับความดันบรรยากาศ (partial pressure) ความเค็ม (salinity) และอุณหภูมิ

ค่าการละลาย (solubility) ของออกซิเจนในน้ำจะอยู่ในช่วง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตรที่  $0^{\circ}\text{C}$  และ 7 มิลลิกรัมต่อลิตรที่  $35^{\circ}\text{C}$  ภายใต้ความดันบรรยากาศ 1 บาร์ หากซึ่งจะเห็นว่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความจริงข้อนี้สำคัญมาก เพราะอัตราของการออกซิเดชันทางชีวะจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยลง ความจริงข้อนี้จะเห็นได้ชัดในต่างประเทศ หรือแม้แต่ในประเทศไทยเอง คือในฤดูร้อนปริมาณออกซิเจน (DO) จะหายไปมากกว่าในฤดูหนาว เพราะว่าอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการเน่าเหม็นขึ้นในแม่น้ำ ลำคลอง เมื่อจากออกซิเจนไม่พอสำหรับการทำให้เกิด aerobic process เป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในเรื่องนี้

low solubility ของออกซิเจนเป็นผลต่อร่องรอยที่จำกัดความสามารถในการที่จะฟอกผ้าของน้ำ ให้บริสุทธิ์ของน้ำธรรมชาติ จึงจำเป็นที่จะต้องกำจัดสารสกปรกในน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยลงแม่น้ำ ลำคลอง ปริมาณของออกซิเจนในน้ำจะมากหรือน้อยกว่าปริมาณที่อิ่มตัวขึ้นอยู่กับสภาพของน้ำ เช่นถ้ามีการสั่งเคราะห์ลงมากจะมีปริมาณออกซิเจนในน้ำสูง มีการละลายดีขึ้น แต่ถ้ามีการสถาปัตยกรรมทางชีวภาพที่ทำให้ออกซิเจนในน้ำถูกนำไปด้วยน้ำ ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดลง นอกจากนี้ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ การออกซิไดส์ของโลหะต่าง ๆ เช่น  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{S}^{2-}$  ในน้ำเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง

การละลายของออกซิเจนในน้ำที่มีเกลือแร่จะน้อยกว่าในน้ำสะอาด ดังนั้น ณ อุณหภูมิจุดหนึ่งการละลายของออกซิเจนในน้ำจัดจะค่อย ๆ ลดลง เมื่อน้ำน้ำเข้าใกล้ทะเลมาก ๆ ที่คือ การละลายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับทั้งอุณหภูมิและปริมาณคลอริดในน้ำ (คลอริดในน้ำทะเลเฉลี่ยประมาณ 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) และในท่านองเดียวทันในน้ำเสีย ค่าอิ่มตัวของออกซิเจนที่ละลายจะน้อยกว่าในน้ำสะอาด

ตารางที่ 3.1 แสดงการละลายน้ำของออกซิเจนในน้ำภายใต้สภาวะต่างๆ

อุณหภูมิ °C	ปริมาณการละลายน้ำของออกซิเจนในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	Chlorinity : 0	5	15	25
0	14.621	13.728	12.097	10.657
5	12.770	12.024	10.656	9.441
10	11.288	10.656	9.493	8.545
15	10.084	9.541	8.540	7.642
20	9.092	8.621	7.749	6.964
25	8.263	7.850	7.083	6.390
30	7.559	7.194	6.513	5.896
35	6.950	6.624	6.017	5.464
40	6.412	6.121	5.576	5.078
45	5.927	5.665	5.174	4.724
50	5.477	5.242	4.799	4.392

$$\text{Salinity} = 1.80655 \times \text{Chlorinity}$$

จากตารางนี้รูปแบบ salinity และ อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยลง

(ที่มา: คู่มือตรวจนิวเคลียร์คุณภาพน้ำทางน้ำมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2537 )

#### ความสำคัญของ DO

1. DO ในน้ำเป็นตัวชี้วัดคุณภาพทางชีวะที่เกิดขึ้น จะเกิดโดยจุลินทรี aerobic หรือ anaerobic organism ประเภท aerobic organism ใช้ออกซิเจนอิสระเพื่อออกซิไคน์สารอินทรี และสารอินทรีเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีอันตราย ในขณะที่ anaerobic organism ทำให้เกิดออกซิเดชันโดยการรีดิวช์เกลืออินทรีบางตัว เช่น  $\text{SO}_4^{2-}$  เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นเหม็นฉุนทรีย์ ทึ้งสองชนิดพบทั่วไปในธรรมชาติ จึงจำเป็นที่จะต้องรักษาสภาพที่พูดกับ aerobic organism ชอบไว้ (คือมีออกซิเจน) มีขณะนี้ anaerobic organism จะเข้ามาแทนที่ การหาค่า DO เพื่อที่จะรักษาสภาพ aerobic condition ในน้ำธรรมชาติ ซึ่งสามารถรับสิ่งสกปรกจากแหล่งต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้ในการรักษาสภาพที่เหมาะสมในกระบวนการ aerobic treatment process ด้วย

2. ค่า DO มีความสำคัญในการที่จะรักษาสภาพของน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ ก็อ้างว่า DO ปริมาณพอเหมาะสม เช่น ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้น

3. ค่า DO เป็นพื้นฐานของค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) เพื่อ  
หาค่าสัดความสกปรกของน้ำเสีย แตะต้องการของชีวิตชั้นทางชีวะ ซึ่งวัดได้โดยการหาค่า  
DO ที่เหลือ ณ เกลาต่าง ๆ

4. ค่า DO เป็นแฟกเตอร์สำคัญในการควบคุมการกักครองของเหล็ก โดยเฉพาะใน  
ท่อน้ำประปาและในหม้อต้มน้ำ โดยเฉพาะในหม้อน้ำไม่ทราบมี DO เหลือ แต่ถ้าความดันค่าน้ำกว่า 250  
ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว (psi) นิ DO ให้ 0.015 พิพิธึน

5. ค่า DO ช่วยในการควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาใน aerobic treatment process  
เพื่อให้เหมาะสมกับขั้นตอนที่จะรักษาสภาวะ aerobic ไว้ได้ดีที่สุด ถือเป็นมาตรฐานมากที่สุด



รูปที่ 3.3 เครื่องมือ đoออกซิเจนในน้ำ

### 3.5 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายในระยะเวลาที่มีออกซิเจน จากกระบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และแบ่งตัวต่อไป ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิไดส์สารอาหารเหล่านี้อาจเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือแอมโมเนียม ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร

การใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียในการย่อยสารอินทรีย์แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ซึ่งอาจจัดได้ด้วย BOD curve

ระยะที่ 1 เป็นการออกซิไดส์ของสารประกอบคาร์บอน



ค่าของออกซิเจนในตัวอย่างที่ลดลงเนื่องจากแบคทีเรียใช้ไปคือค่า BOD ที่หาได้

ระยะที่ 2 เป็นการออกซิไดส์ของ  $\text{NH}_3$   $\xrightarrow{\text{autotrophic bacteria}}$   $\text{NO}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^-$  ตามลำดับโดยพวณ autotrophic bacteria ซึ่งมีชื่อว่า nitrifying bacteria ซึ่งมีอยู่น้อยใน raw sewage การแบ่งตัวของมันที่  $20^\circ\text{C}$  ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่สามารถหา BOD น้อยมาก ดังนั้นปริมาณอัตราค่า BOD ที่แบคทีเรียพวนที่ใช้ในช่วงระยะ 5 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการหาค่า BOD จึงน้อยมาก หลังจาก 10 วัน แบคทีเรียเหล่านี้จะใช้น้ำมากพอที่จะใช้ออกซิเจนในการออกซิไดส์ของ  $\text{NH}_3$  ซึ่งจะสังเกตได้จากปริมาณของไนโตรตในตัวอย่างซึ่งจะเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

ค่า BOD จะบอกถึงกำลังความสกปรกของน้ำเสียต่าง ๆ ในเทอมของออกซิเจน ซึ่งต้องการใช้มีอ่อนน้ำเสียน้ำดูดซึ่งมีน้ำดำคลองซึ่งมีสภาพที่มีออกซิเจนอยู่ การหาค่า BOD ยังมีความสำคัญในการควบคุมการทำงานศักยภาพของบำบัด แม่น้ำต่าง ๆ เพราะค่า BOD จะบอกถึงความสกปรกของแหล่งน้ำนั้นได้ทันที นอกจากนี้ยังใช้ในการออกแบบในการกำจัดน้ำเสียด้วย

การหา BOD เป็น bioassay procedure ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวัดค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้เพื่อย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายในน้ำเสียภายในตัวอย่างที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์เป็นปริมาณวิเคราะห์ จึงต้องทำให้แฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายคงที่นั่นคือ ค่า BOD มาตรฐานจะใช้ incubate ที่อุณหภูมิ  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 5 วัน สาเหตุที่ใช้อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวที่ เพราะที่  $20^\circ\text{C}$  เป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับน้ำทั่วไป และ nitrifying bacteria เจริญเติบโตได้ช้าที่อุณหภูมนี้ ส่วนการเลือกใช้เวลาที่ incubate 5 วัน ก็เพราะถ้าเวลาน้อยกว่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปจะน้อยมากและเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้  $\text{O}_2$  ในระยะที่ 2 ดังกล่าวข้างต้น ประการสุดท้าย ถ้าเวลา incubate นานเกินไปอาจไม่ทันกับการที่จะปล่อยน้ำเสียต่าง ๆ ลงแม่น้ำลำคลอง นักเงินสัญลักษณ์ของค่า BOD ที่ใช้เวลา incubate 5 วัน ว่า BOD,

ในการหาค่า BOD ของน้ำควรคำนึงถึงแฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่จะทำให้ค่า BOD ที่ได้มีค่าແน้นอนเชื่อถือได้ โดยยึดหลักทั่วไปดังนี้

1. ใช้อุณหภูมิ  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$  ใน การ incubate เป็นเวลา 5 วัน

2. ไม่ควรให้ตัวอย่างสัมผัสกับอากาศและแสงสว่างเพื่อป้องกันการเติบโตของเชื้อราและ การสังเคราะห์แสง (โดย incubate ในดู้มีด จุกขวดปิดให้แน่นและใช้น้ำกลันหล่อบนจุกขวดเสมอ)

3. น้ำบางชนิดมีความสกปรกมากจะต้องทำให้เจือจางก่อน มิฉะนั้นออกซิเจนในน้ำอาจไม่พอต่อช่วงของการทดลอง (ออกซิเจนเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้น้อยกว่า ประมาณ 9 มิลลิกรัมต่อลิตรที่  $20^{\circ}\text{C}$ ) ปกติสำหรับ raw sewage ใช้ 1 - 5% การทำเจือจาง ตัวน้ำธรรมชาติ ทั่ว ๆ ไป ใช้ 25 - 100% การทำเจือจาง ด้วยน้ำสำหรับใช้เจือจาง ซึ่งจะช่วยลดอัตราหายหลัง นอกจากนี้จะต้องให้ปริมาณของออกซิเจนคงอยู่ในน้ำอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และเหลือออกซิเจน 1 มิลลิกรัมต่อลิตรของแต่ละตัวอย่าง

4. น้ำสำหรับใช้เจือจางควรปราศจากสารอ่อนไหว ไปหยุดยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เช่น ทองแดง คลอริน นอกจากนี้ควรมีพิเออร์ฟามาสีคือ 7 และประกอบด้วย ธาตุอาหารที่จำเป็น ตลอดจนสารอื่น ๆ ที่แนบท้ายต้องการ เช่น ฟอสฟอรัส ในโตรเจน เหล็ก เมลามีน และแมกนีเซียม ข้อสำคัญจะต้องอ้อมตัวด้วยออกซิเจน

5. การเติมเชื้อ (seeding) เมื่อจากในน้ำตัวอย่างบางชนิดมีแบคทีเรียที่จะย่อยสารอาหารไม่เพียงพอ ดังนั้น จึงต้องเติมแบคทีเรียชนิดต่างๆ จำนวนมากในน้ำเสียจากการบ้านเรือน ลงไประดับ เริบกแบคทีเรียที่เติมลงไปในน้ำเชื้อ (seed)

6. เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำสำหรับใช้เจือจางไม่มีสารหรือสิ่งที่จะไปหยุดยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทุกครั้งที่หัวครรภ์มีตัวอย่างที่มาตรฐาน เช่น ใช้กลูโคส หรือกรดกลูตامิกทำควบคู่ไปกับตัวอย่างน้ำด้วย ประยุกต์ใช้จ่าย BOD

1. เพื่อกำจัด sewage และ industrial waste ในเหตุของออกซิเจนที่ต้องการเพื่อใช้ในกระบวนการออกซิไดส์สารอินทรีย์

2. ใช้หาปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเพื่อนำไปหาอัตราการออกซิไดส์ที่เกิดหรือเพื่อหาอัตราที่ BOD จะถูกใช้ไป

3. ใช้ในการควบคุมความสกปรกของลำธาร แม่น้ำ ว่าควรจะกำจัดสารอินทรีย์ที่จะทิ้งลงน้ำแค่ไหน เพื่อที่จะให้มีระดับของออกซิเจนในน้ำเหลืออยู่ตามต้องการ

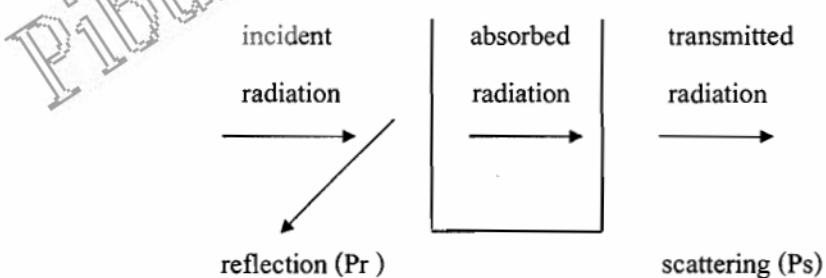
4. ใช้วัดความสามารถของแหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติ
5. ใช้ตรวจคุณภาพของ effluent ที่ปล่อยทิ้งลงน้ำ
6. ใช้หาประสิทธิภาพของโรงกำจัดน้ำโสโครก

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี (BOD) เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียในเทอมของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสถาบายน้ำได้ภายในตัวเอง การหาบีโอดีเป็นกระบวนการทดสอบทางชีววิทยา เพื่อหาปริมาณค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อที่จะให้การวัดจะเที่ยงตรง ปริมาณวิเคราะห์จึงต้องทำให้แฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสถาบายน้ำนั้นคลื่นคลอนบีโอดีมาตรฐานต้อง incubate ที่อุณหภูมิ  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 5 วัน

### 3.6 อัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโคปี (Ultraviolet and Visible Spectroscopy)

การดูดกลืนแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิล ช่วงอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190 - 800 นาโนเมตร (nm) ของสารเคมีนั้น ส่วนใหญ่ได้แก่พลาสติก อินทรีย์(organic compound) หรือสารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) หรือ สารอนินทรีย์ (inorganic compound) ทั้งที่มีสีและไม่มีสี สมบัติของสารดังกล่าวจะได้นำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งปริมาณและคุณภาพของวัสดุ เช่น สารเคมีที่ให้ความดูดซึ้งเมฆข้าและสภาพไว (sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์อยู่ในรูปของธาตุหรือโมเลกุลเด็กได้ แต่ในการนี้ที่จะนำไปใช้พิสูจน์ว่าสารตัวอย่างนั้นเป็นอะไร มีโครงสร้างเป็นอย่างไร อาจจะต้องใช้เทคนิคบ่ายอื่นเข้าช่วยด้วย เพื่อให้เกิดความสนใจ เช่น ใช้เทคนิคทาง IR หรือ NMR Spectroscopy เป็นต้น

โดยทั่วไป เทคนิควิเคราะห์นี้บางครั้งนิยมเรียกว่า ยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมตรี แต่ถ้าสารที่ทำการวิเคราะห์มีสีหรือทำให้เกิดสี สารที่มีสีนั้นจะดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิล อาจเรียกว่า คัลโคโรเมトリ (colorimetry )

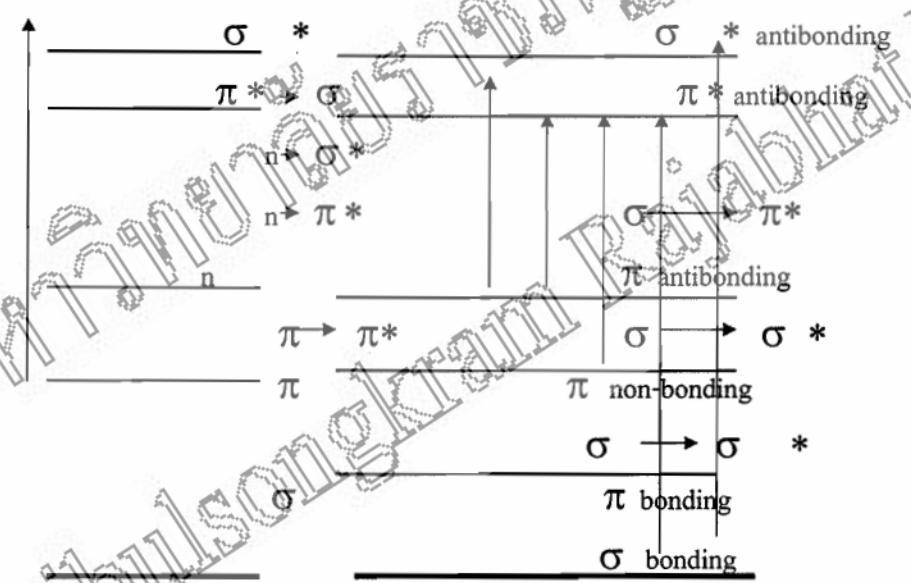


รูปที่ 3.4 แสดงการเกิดขั้นตอนการทำงานของสารเคมีกับการแผ่รังสี

เมื่อให้ลำแสงที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องกัน (continuous beam of radiation) ผ่านเข้าไปในวัสดุจะพบว่าแสงบางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนกระเจิง และบางส่วนทะลุออกໄປ ดังแสดงในรูป 3.4 ถ้าให้แสงที่ทะลุออกໄປนั้นผ่านเข้าเครื่องกระจายแสง (ปริซึมหรือเกรตติง) จะเห็นว่าスペกตรัมหายไปส่วนหนึ่งส่วนที่หายไปนี้เรียกว่า สเปกตรัมดูดกลืนแสง(absorption spectrum) พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปนั้นจะทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้น (ground state) ไปยังสถานะกระตื้น (excited state) ดังรูปที่ 3.5

### 3.6.2 สาเหตุของการดูดกลืนแสงในช่วงบูร์ - วีสิเบิล (UV-VIS Absorption)

เมื่อแสงที่อยู่ในช่วงบูร์ - วีสิเบิล ผ่านเข้าไปในโมเลกุลของสาร สารนั้นจะดูดกลืนแสง เคพะบางช่วงทำให้เกิดมีการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน (electronic transition) ซึ่งโดยมากจะใช้พลังงานประมาณ 30-150 kcal / mol และอิเล็กตรอนที่เข้าข้องคืออิเล็กตรอนที่อยู่ในนอกสุดหรืออิเล็กตรอนที่เกิดพันธะแล้ว หรืออิเล็กตรอนที่เข้าไม่เกิดพันธะ (non-bonding electron) ซึ่งแต่ละชนิดจะมีพลังงานสูงขึ้นนี้เรียกว่า antibonding orbitals ดังแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดง electronic energy levels และ transitions

การดูดกลืนแสงของโมเลกุลของสารนั้นมักจะเกิดขึ้นในช่วงความยาวคลื่นที่กว้างและยุ่งยากกว่าการดูดกลืนแสงของอะตอมของธาตุต่าง ๆ เนื่องจากอะตอมไม่มี vibrational และ rotational energy level แต่ของโมเลกุลยังประกอบด้วย energy levels เหล่านี้ด้วย ดังนั้น

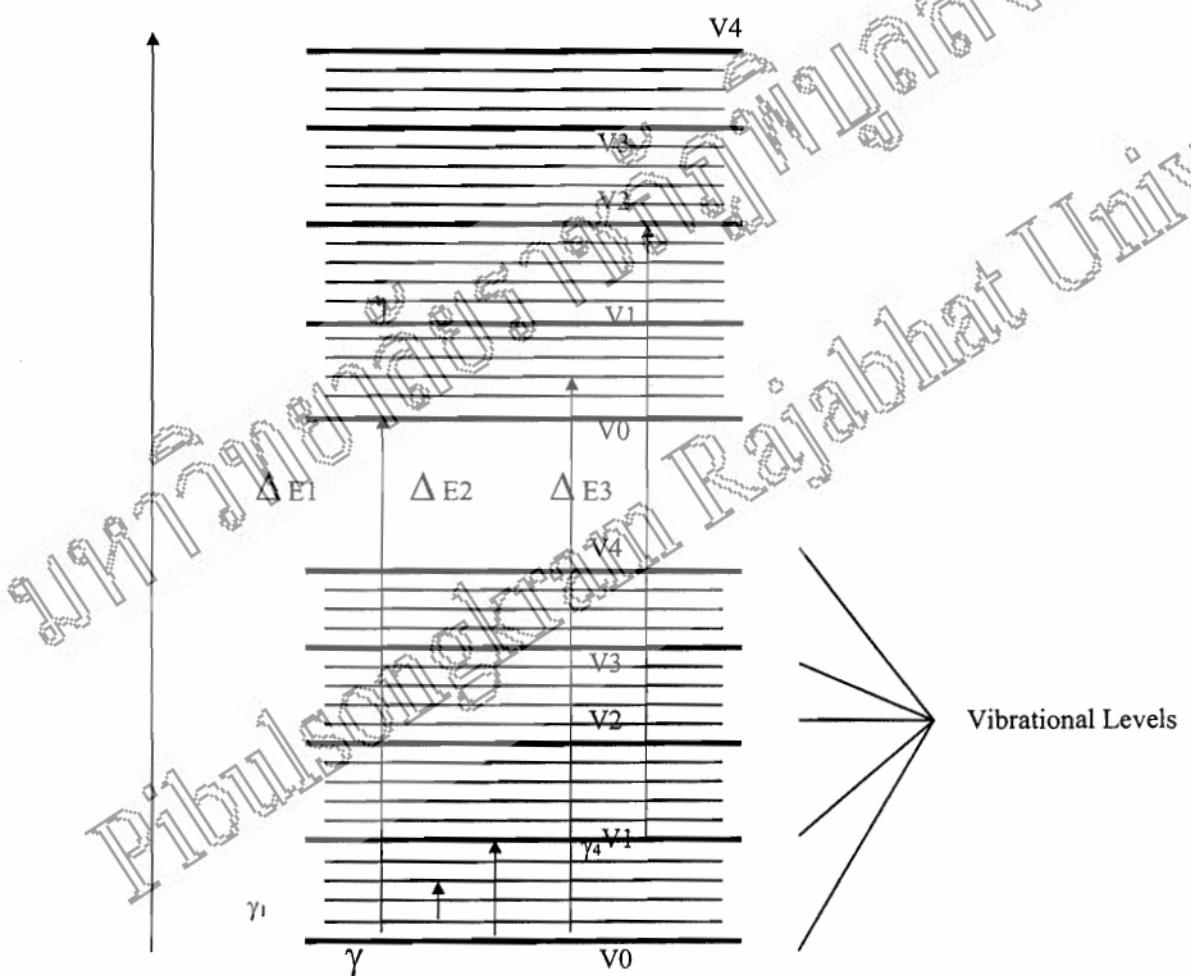
$$E_{\text{total}} = E_{\text{ef}} + E_{\text{rot}} + E_{\text{vib}}$$

$E_{\text{ef}}$  = electronic energy ของโมเลกุล

$E_{\text{rot}}$  = rotational energy ของโมเลกุล

$E_{\text{vib}}$  = vibration energy ของโมเลกุล

$E_{\text{ef}}$  จะมีค่ามากกว่า  $E_{\text{rot}}$  และ  $E_{\text{vib}}$  ดังนั้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง electronic energy levels มากจะมีการเปลี่ยนแปลง vibration energy และ rotational energy ควบคู่กันเป็นคู่ๆ เสมอ แต่เนื่องจาก energy level เหล่านี้ อยู่ใกล้กันมาก ทำให้  $E_{\text{ef}}$  absorption spectra มีรูปแบบ sharp lines ดังรูป



รูปที่ 3.6 แสดงการเกิดแทรนซิชันของโมเลกุล

a เกิด electronic transitions

b และ c เกิด rotation และ vibrational และ vibrational transitions

สารอินทรีได้มี unsaturated functional group สามารถดูดกลืนแสงในช่วงยูวี-วีสี เปิด ได้ซึ่งแสดงลักษณะสมบัติของมัน นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Witt ได้เรียกชื่อกรุ๊ปเหล่านี้ว่า โครโนฟอร์ (chromophore) ตั้งแต่ปี ค.ศ.1879

โครโนฟอร์อย่างง่าย มีด้วยกัน 3 แบบคือ

1. โครโนฟอร์ที่มี multiple bond ระหว่าง 2 อะตอมของธาตุ โดยที่ไม่มี lone pair electrons เช่น สารประกอบที่มีกรุ๊ป  $\text{C}=\text{C}$

2. โครโนฟอร์ที่มี multiple bond ระหว่าง 2 อะตอมของธาตุ โดยที่ต้องมี lone pair หนึ่งมี lone pair of electrons เช่น สารประกอบที่มีกรุ๊ป  $\text{C}=\text{C}$ :

3. โครโนฟอร์ที่มี benzene ring ได้แก่ สารประกอบ aromatic ไออกอิยาบอนซึ่งจะให้ absorption spectra ถึง 3 bands อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงพลังงาน



ผลของตัวทำละลายต่อการดูดกลืนของแสง (solvent effects)

เมื่อนำโครโนฟอร์ที่มีข้าว เช่น สารอินทรีที่มีหมู่การ์บอโนบิโนลิได้ไปละลายในตัวทำละลายที่มีข้าว (polar solvent) ปรากฏว่าการเกิดอันตรรษียานั้นระหว่างสารทั้งสอง ตัวทำละลายจะเข้าไปกระตุ้น การเกิดอันตรรษียานั้นทำให้เกิด  $n \rightarrow \pi^*$  แทรนซิชันต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ถ้าทำให้เกิด  $\pi \rightarrow \pi^*$  ใช้พลังงานน้อยลง ดังนั้น ถ้าจะทำให้เกิด  $\pi \rightarrow \pi^*$  และ  $n \rightarrow \pi^*$  ของโครโนฟอร์ที่มีข้าวใช้พลังงานเข้ามาใกล้เคียงกัน ให้ใช้วิธีเพิ่มโพลาริตี ของตัวทำละลายให้มากขึ้น เช่นตัวอย่างจากปฏิกิริยา solvent shift ของการเกิดแทรนซิชัน  $n \rightarrow \pi^*$  ไปในทางลดพลังงานในการศึกษา UV-spectrum ของ n-nitroso-dimethylamine สำหรับตัวทำละลายต่าง ๆ ที่ใช้เรียงลำดับการลดพลังงานในการเกิดแทรนซิชัน  $n \rightarrow \pi^*$  ได้ดังนี้ cyclohexane > dioxane > ethanol > water สำหรับตัวทำละลายที่เป็นไออกอิยาบอน ผลกระทบที่เกี่ยวกับ  $\lambda_{\min}$  และ  $\lambda_{\max}$  มีน้อยมากตามธรรมชาตแล้วสามารถตัดทิ้งได้

ผลของการสเตรอิริกต่อการดูดกลืนแสง (steric effects)

ในบางกรณีผลของการสเตรอิริกอาจทำให้เกิดอันตรรษียางอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น หรือลดลงได้ ยังผลให้เกิดอันตรรษียากลืน กรณี conjugation  $\pi$  orbitals ต่อกันมาก ๆ จะช่วยทำให้  $\pi$  cloud เกิด delocalization เพื่อให้เกิด resonance interaction มากที่สุด สารประกอบที่มีกรุ๊ปใหญ่ ๆ ต่ออยู่จะทำให้เกิดความยุ่งยากใน coplanarity ของ  $\pi$  system แล้วจะทำให้  $\lambda_{\max}$  เคลื่อนที่ทางความยาวคลื่นที่สั้นกว่า และค่า  $\epsilon_{\min}$  จะลดลง เช่น diphenyl มีค่า  $\lambda_{\max}$  ที่ 246 nm และค่า  $\epsilon_{\max} = 20,000$  ซึ่งเป็น coplanar ring จะมีค่า molar absorptivity สูงกว่าอนุพันธ์ของ

มันคือ 0, 0 -dialkyl diphenyl ใช้ไม่เกิน planar ring มีค่า  $\lambda_{max}$  ที่ 250 nm และให้  $\lambda_{max}$  nm ที่ 250 nm และ  $\varepsilon_{min}$  มีค่า  $2,000 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

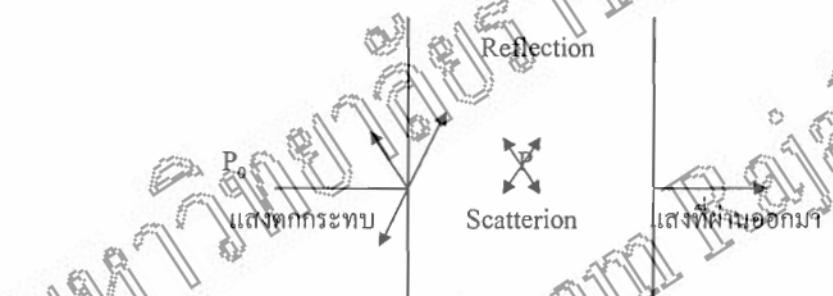
### 3.6.3 การใช้เครื่อง Spectronic สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมีโดยเครื่อง spectronic เมื่อแสงซึ่งเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) หรือ (electromagnetic spectra) ผ่านเข้าไปในสารหรือตัวกลาง (medium) จะเกิดปรากฏการณ์ดังนี้

- แสงอาจเดินทางทะลุออกไปได้บ้าง และมีสารบางส่วนที่ถูกดูดกลืน (absorbed) จึงทำให้พลังงาน (radian energy) ของแสงนั้นลดลงบางส่วน

- ทิศทางของแสงอาจเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากเกิดการสะท้อนกลบ (reflection) หรือการกระเจิง (scattering)

- พลังงานของแสงอาจถูกดูดกลืนไว้ทั้งหมดหรือบางส่วน การดูดกลืนนี้รวมไปถึงการถ่ายเทพลังงานสู่สารหรือตัวกลาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของสาร



รูปที่ 3.7 แสดงรูปที่ผ่านสารทดสอบในเครื่อง Spectronic

ถ้าให้  $P_0$  แทน radiant energy ที่แสงมีอยู่ก่อนถูกดูดกลืน (absorbed)

$P$  แทน radiant energy ที่เหลือจากการถูกดูดกลืนไปแล้วโดยตัวกลางหรือภาชนะ radiant power ดังกล่าวคือ  $P$  เป็นปริมาณ (quantity) ที่สามารถวัดได้ หรือ detect ได้โดยการใช้ photocell หรือ phototube

b แทน ความขาวของระบบที่แสงผ่านในระบบหรือเป็นความหมายของสารละลาย

อัตราส่วนของ  $P$  (unabsorbed) ที่ผ่านออกมานอกตัวอย่าง (sample) ต่อ  $P_0$

ที่ตัดกระบท คือค่า transmittance (T) ซึ่งไม่ใช่ transmittancy หรือ transmission ตามปกติโดยทั่วไป

$$\text{ดังนั้น } P/P_0 = T$$

และค่า logarithmฐาน 10 ของส่วนกลับค่า transmittance นิยมเรียกว่าค่า A หรือ absorbance หรือ A ซึ่งไม่ใช่ optical density หรือ absorbancy หรือ extinction ตามปกติ

$$\text{ดังนั้น } \log 1/T = A$$

$$\text{หรือ } \log P_0/P = A$$

### 3.6.4 กฎต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ทางเคมีโดยวิธี Photometry

#### 1. Bouguer's law หรือ Lambert's law

กฎนี้มีความโดยสรุปว่า เมื่อแสงที่มีความเข้มข้นและความค่าหนึ่งผ่านเข้าไปในตัวกลางหรือ ตัวอย่างในแนวตั้งๆ กذا พลังงานที่ลดลงต่อระยะทางที่แสงผ่านตัวกลางหรือตัวอย่างนั้น จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ radiant power ปัจจุบันนี้ เมื่อแสงผ่านสารละลาย แสงที่ถูกดูดกลืนไว้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาของสารละลายนั้น

ถ้า  $b$  หมายความ thickness of solution

$$\frac{-dP}{db} = KP$$

$$\int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = \int_0^b Kdb$$

$$\ln \frac{P}{P_0} = Kb$$

#### 2. Beer law หรือ Bernhard law

กฎนี้มีความโดยสรุปว่า Radiant power ที่แสงผ่านในสารตัวกลางหรือสารตัวอย่างจะมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของสารตัวกลางหรือสารตัวอย่างนั้น อาจกล่าวอีกในหนึ่งว่า แสงที่ถูกดูดกลืนไว้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\log \frac{P_0}{P} = Kc$$

เมื่อ c แทน ความเข้มข้นของสารละลายน้ำ

และเมื่อร่วมกับทั้งสองนี้เข้าด้วยกันตามหลักของ variation จะได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\log P_0/P &= Kbc \\ &= abc \quad (a = \text{absorptivity}) \\ &= A \quad (A = \text{absorbance}) \\ &= \log 1/T\end{aligned}$$

การวิเคราะห์นิ้อจวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 2 แบบ ดังนี้

1. วัดเป็นค่า % Transmittance หรือ %T

2. เป็นค่า Absorbance หรือ A

ค่าทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\frac{P}{P_0} = T$$

$$\frac{100 P}{P_0} = \%T$$

$$\log \frac{100 P}{P_0} = \log \%T$$

$$\frac{2 + \log P}{P_0} = \log \%T$$

$$2 - A = \log \%T$$

$$A = 2 - \log \%T$$

ดังนั้นค่า absorbance จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 2 โดยทั่วไปแล้วในเครื่องมือที่ใช้การดูดกลืนแสงจะสามารถถ่านค่าได้ทั้ง 2 แบบ

สารต่างๆ จะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงพลังงานหรือระดับพลังงานในไมโครกลหวีอะตอมของสาร สารบางอย่างอาจดูดกลืนพลังงานความยาวคลื่นค่าหนึ่งได้ดี ขณะที่สารอีกชนิดหนึ่งสามารถดูดกลืนได้ดีในอีกความยาวคลื่นหนึ่ง อาศัยหลักการนี้ทำให้สามารถที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารได้ในการ

วัดจะต้องหาค่าความยาวคลื่นที่สารที่ต้องการทดสอบมีการดูดกลืนตื้อสุด แสดงถึงคุณสมบัติของสารนั้นว่ามีการดูดกลืนแสงดีที่สุดเมื่อนำสารที่ต้องการทดสอบ (ต้องทำให้สารอยู่ในรูปของสารละลายจึงจะสามารถหาค่าการดูดกลืนได้) มาทดสอบเครื่องจะแสดงค่า A หรือ %T ตามที่ต้องการบอกให้ทราบถึงความสามารถในการดูดกลืนของสาร ค่าที่ได้ควรที่จะหักค่าการดูดกลืนของสารอื่นดังนี้จึงทราบค่ามาตรฐาน blank (ในการทดลองนี้ใช้น้ำกัลล์เป็น blank ) เพื่อหักเอาค่าการดูดกลืนของสารอื่นออกไป

### 3.6.5 การวิเคราะห์หาสารเชิงปริมาณ

การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมเป็นการหาเชิงคุณภาพเพื่อการหาสารในเชิงปริมาณต้องทำ standard curve ซึ่งทำได้โดยการสร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนต่อค่า A หรือ % T ซึ่ง จะได้กราฟที่เป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง เมื่อนำสารที่ต้องการทราบค่าความเข้มข้นมาวิเคราะห์และวัดค่าการดูดกลืน A หรือ %T (ค่าที่ได้มีการเกิน กราฟของสารมาตรฐาน ถ้าเกินจะลดปริมาณของสารที่สกัดลง)แล้วนำค่าที่ได้มามาเขียนบนในกราฟสารละลายน้ำมาตรฐานค่าสารที่จะทราบปริมาณของสารที่ทดสอบตามปริมาณการอ่านที่ทำได แล้วนำไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นต่อไป

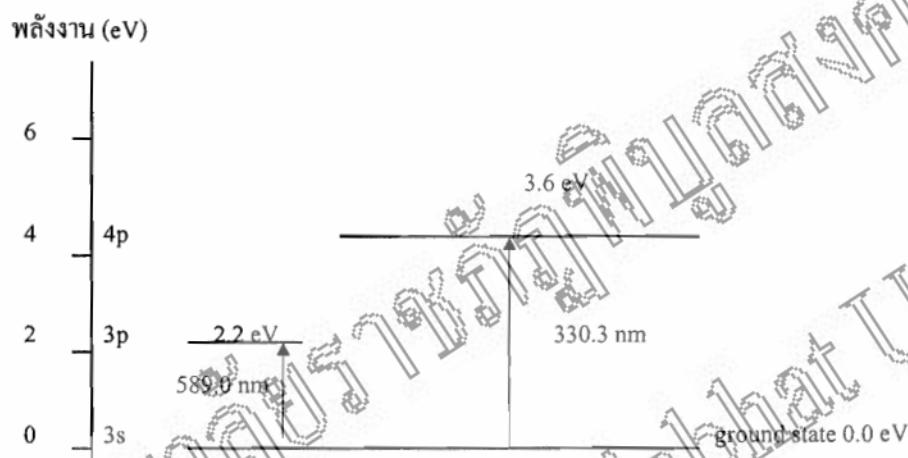
## 3.7 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโพรสโกป ( Atomic Absorption Spectroscopy, AAS)

เทคนิคทาง AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาคุณภาพของสารที่ต้องการที่สามารถทำได้ทั้งทางเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้รับความนิยมมากวิธีนี้พิพาระเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่นยำ มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ หลอดหัวเผา ประภากับกันค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่สูงมาก และเทคนิคในขั้นนี้สูงมาก เพราะสามารถวิเคราะห์ธาตุต่างๆ ได้สูงถึง 67 ธาตุ ซึ่งนับได้ว่ามากพอควร สำหรับเครื่องมือเพียงอย่างเดียวที่ทำการทำงานเป็นไปอย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพ

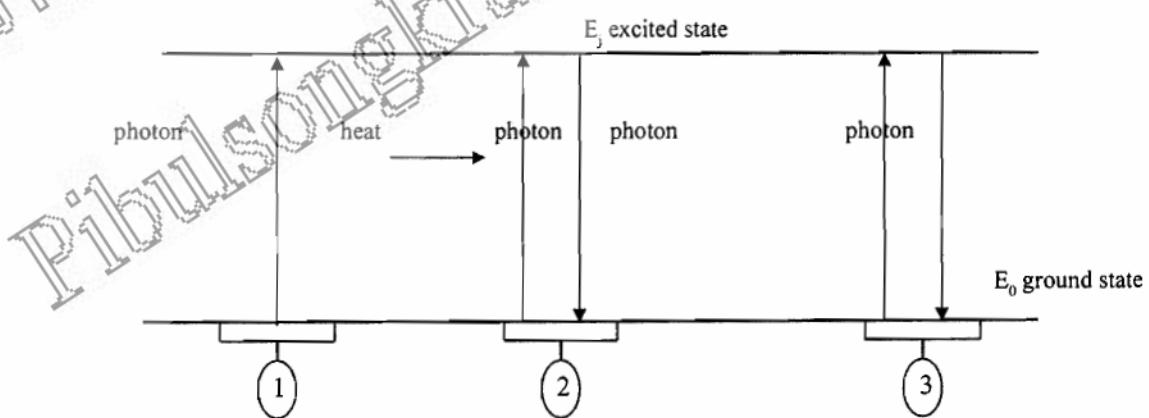
### 3.7.1 หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชัน ( Principle of Atomic Absorption )

อะตอมมิกแอบซอร์พชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น อันหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 589 นาโนเมตร เพราะแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของโซเดียมอะตอมเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ดังแสดงในรูป 3.8 ซึ่งเห็นว่า

ความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็น spectroscopic line ของอะตอมมิกสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีนั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไปซึ่งอาจจะเข้าไปอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้าเป็นต้น ทำให้เกิดการแตกตัว (dissociation) หรือการเปลี่ยนเป็นไอ (vaporization) หรือ อาจแตกตัวเป็นอะตอม หรือทำให้อะตอมคงอยู่ในสถานะกระตุ้น หรือถลายเป็นไออ่อนก็ได้



รูปที่ 3.8 แสดงระดับพลังงานของอะตอมโซเดียม  $_{11}\text{Na}^{23}$  ( $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$ )



รูปที่ 3.9 แสดง transition diagram

1. อะตอมมิกแอนซอร์พชัน
2. อะตอมมิกอิมิสชัน
3. อะตอมมิกฟลูออเรสเซนซ์

การเกิดอะตอมมิกแอบซอร์พชันและฟลูอิโอเรสเซนซ์นั้นลักษณะดังแสดงดังรูปที่

3.6 ซึ่งเป็นการเกิดเหตุนิริหันจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก (first excited state) มืออยู่ด้วยกัน 3 แบบคือ

แบบที่ 1 เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรกโดยการคูลอกลีนพลังงานจากไฟฟ่อนเป็นอะตอมมิกแอบซอร์พชัน

แบบที่ 2 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากความร้อน ทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้นในระดับแรก แล้วปล่อยพลังงานออกมามีอคัลบส์สถานะพื้นจะให้ไฟฟ่อนออกมารายกว่าอะตอมมิกอิมิสชัน

แบบที่ 3 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากไฟฟ่อนที่มาจากสเปกตรัมทำให้เปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้นเมื่อถูกดับมาตรฐานพื้นฐานไฟฟ่อนออกมารายกว่าเป็นการเกิดอะตอมมิกฟลูอิโอเรสเซนซ์

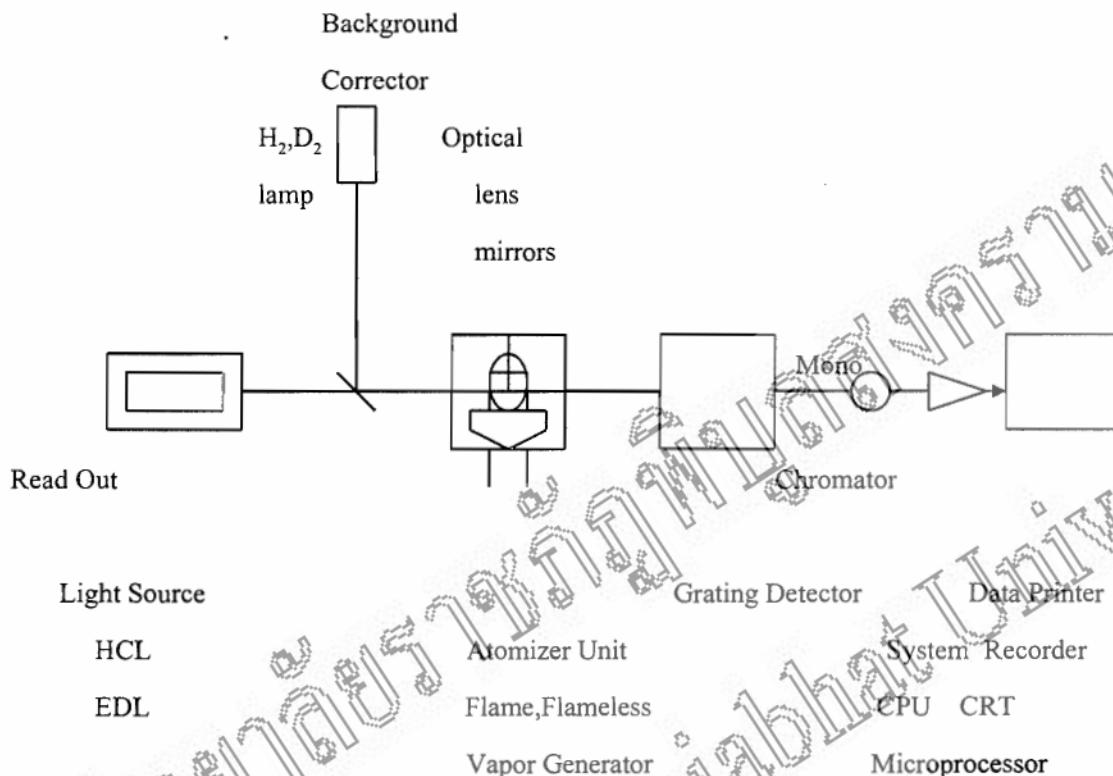
### 3.7.2 เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

1. ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการห้ามไว้ทำการทำให้ตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสม

2. ใช้ Flameless Technique หรือ Non-flame Atomization Technique ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการห้ามไว้โดยตัวอย่างให้สถาบัตัวเป็นอะตอมโดยด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถดึงโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผาที่มีความต่าง ๆ กันและใช้เวลาที่ต่างกัน

3. ใช้ Hydride Generation Technique เพื่อจัดการมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนเป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิคและ 2 ไม่ได้แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกันของออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้คงอยู่เป็นสารที่เป็นไอได้ง่าย ๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไครด์ แล้วให้ไฮไครด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโคลเจน

4. ใช้ Cloud Vapor Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้หมายความว่าที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนเป็นไอได้ง่าย ๆ ซึ่งได้แก่การวิเคราะห์protoที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ



รูปที่ 3.10 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3.7.3 องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องอะตอมมิกแอนซอร์พชันสเปกโตร โฟโตมิเตอร์

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source)
2. ท่อนที่ทำให้ธาตุลายเป็นอะตอมเสรี (atomizer)
3. เมื่อในโคมเมเตอร์ (monochromator) ซึ่งใช้แยกแสงให้ได้ความขาวคลื่นของแสงที่ต้องการ
4. คีเทกเตอร์ (detector)
5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล (data system and read-out unit)

เครื่อง AAS แสดงด้วยแผนภาพดังรูปที่ 3.10 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเครื่องญี่วี-วิสิ เปิลสเปกโธร โฟโต้มิเตอร์นาก ที่แตกต่างกันเฉพาะส่วนที่ 1 และ 2 เท่านั้น นอกนั้นจะเหมือนกัน

ตารางที่ 3.2 แสดงการใช้เปลวไฟที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ

Li 670.8 1.2	Be 234.9 1+.3																			
Na 589.0 589.6 1.2	Mg 285.2 1+																			
K 766.5 1.2	Ca 422.7 1	Sc 391.2 3	Tl 364.3 3	V 318.4 3	Cr 357.9 1+	Mn 279.5 1.2	Fe 248.3 1+	Co 240.7 1	Ni 232.0 1.2	Cu 324.8 1.2	Zn 213.9 2	Ga 287.4 1	Ge 265.2 3	As 193.7 1	Se 196.0 1					
Rb 780.0 1.2	Sr 460.7 1+	Y 407.7 3	Zr 360.1 3	Nb 405.9 3	Mo 313.3 1+		Ru 349.9 1	Ru 343.5 1.2	Pd 244.8 1.2	Ag 328.1 2	Cd 228.8 2	In 303.9 1.2	Sn 286.3 1.2	Sb 217.6 1.2	Te 214.3 1					
Cs 852.1 1	Ba 553.6 1+.3	La 392.8 3	Hf 307.2 3	Ta 271.5 3	W 400.8 3	Rf 316.0 3		Ir 264.0 1	Pt 265.9 1.2	Au 242.8 1+.2	Hg 185.0 0.1.2	Tl 377.6 1.2	Pb 253.7 1.2	Bi 217.6 1.2						
							Pr 495.1 3	Nd 463.4 3		Sm 429.7 3	Eu 459.4 3	Gd 368.4 3	Tb 432.6 3	Dy 421.2 3	Ho 410.3 3	Er 402.9 3	Tm 410.6 3	Yb 398.8 3	Lu 331.2 3	
							U 351.4 3													

- ตัวเลขที่อยู่ใต้สัญลักษณ์ของธาตุ แสดงถึงความยาวคลื่น(nm) ที่ใช้วัดการดูดกลืน
- ตัวเลขอยู่ทางล่างค่า บ่งชี้ค่าของเปลวไฟที่ใช้ในการวิเคราะห์

1 = air- acetylene

1+ = fuel-rich air-acetylene

2 = air-propane or air-natural gas

3 = nitrous oxide -acetylene

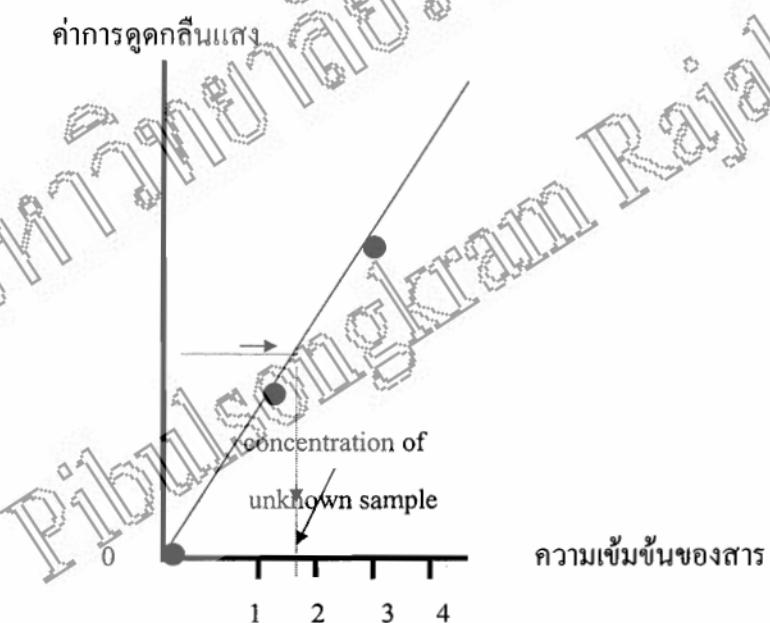
(ที่มา : เม่น อมรศิทธิ์และคณะ “Principle and Techniques of Instrumental Analysis” p.337

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534 )

### 3.7.4 การทำปริมาณวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS (Quantitative Analysis) สามารถทำได้หลายวิธี

#### 1. Calibration Method

ในการนี้ตัวอย่างไม่ค่อยมีสิ่งรบกวนและตัวอย่างเจือจาง อาจจะทำการวิเคราะห์ได้ง่าย โดยเทียบกับสารมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอนแล้ว วิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยปรับลักษณะที่ได้จาก blank ให้เป็นศูนย์ แล้วจึงวัดค่าแอบนชอร์แบบซึ่งสารละลายมาตรฐานนี้ควรเหมือนต่างกัน (4 - 5 ความเข้มข้น) เมื่อใช้ flameless atomization technique อาจวัด peak area หรือความสูงของพีค (peak height) แล้วนำผลมาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลาย จะได้ calibration curve ซึ่งอาจเป็นเส้นตรง ใช้ least squares fit และถ้าเป็นเส้นโค้ง อาจใช้เครื่องลากเป็นเส้นโค้งให้ได้ พร้อมคำนวณหาค่าความเข้มข้นได้ด้วยจากค่าที่วัดได้ของตัวอย่างซึ่งสุ่มๆ กัน ลักษณะ curve ดังรูปที่แสดง



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าการดูดกลืนของแสงกับความเข้มข้นของสาร

สิ่งที่สำคัญจะต้องไม่ลืมว่า calibration curve ที่ได้ใช้ได้เฉพาะการวิเคราะห์แต่ละครั้งเท่านั้น เมื่อจะวิเคราะห์ใหม่จะต้องทำใหม่ ทั้งนี้ เพราะ parameters ต่างๆ ที่ใช้อาจเปลี่ยนแปลงได้

## 2. ใช้ Factor Method

วิธีนี้จะใช้ได้มีเมื่อ calibration curve เป็นเส้นตรง ซึ่งทำให้วิธีนี้ทำได้ง่ายขึ้น โดยนำสารละลายตัวอย่าง มา 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ( $X$  และ  $Y$ ) และปริมาตรเป็น  $V_z$  นำส่วน  $X$  มาเติมสารละลายมาตรฐาน ลงในปริมาตร  $V_s$  แล้วนำสารละลายทั้งสองส่วนไปวัดค่าแอนซอร์เบนซ์ได้เป็น  $A_x$  และ  $A_y$  ตามลำดับ ถ้า

$$Cu = \frac{A_y}{A_x} V_s C_s$$

$$(A_x - A_y) V_z$$

เพื่อให้ผลการวิเคราะห์โดยวิธีนี้ดีที่สุด ควรจะต่าง ที่หัวระดับต้องค่อนข้างถูก คือ

1. calibration curve จะต้องเป็นเส้นตรง
2. ค่าแอนซอร์เบนซ์ที่วัด ได้คือค่า  $A_x$  ควรจะต้องเป็นประมาณ 2 เท่าของ  $A_y$
3.  $V_s$  ควรน้อยกว่า  $V_z$  เมื่อจะเพื่อมีให้เกิดการเจือจางของสารละลายตัวอย่างมาก เกินไปน่องจากการเติมสารมาตรฐาน
4. ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน  $C_s$  ควรจะต้องมากกว่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง  $C_u$  มาก ๆ

## 3. ใช้ Standard Addition Method

จะเห็นว่าการทำการวิเคราะห์เพื่อพื้น calibration curve ในการวิเคราะห์ สารนั้น สัญญาณที่วัด ได้ไม่ใช่เป็นแต่เพียงส่วนที่ทำการวิเคราะห์เท่านั้น แต่มันรวมถึงสัญญาณที่วัดได้จากสารอื่น ๆ ที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่าง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อน ได้ดังนี้ ใน การแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับ matrix effects และ interference จึงควรทำ standard addition method ซึ่งทำได้โดยแบ่งสารละลายตัวอย่างออกเป็น 4 - 5 ส่วน นำแต่ละส่วนมาเติมสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันลงไป ( $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, \dots$ ) จำนวนปริมาตรเท่ากัน ส่วนสารละลายสุดท้าย นำมาเติมเฉพาะตัวทำละลายให้มีปริมาตรเท่ากัน นำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าแอนซอร์เบนซ์ แล้วนำมาเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำมาตรฐานที่เติมลงไป ด้วย least-square fit ดังรูป 3.11 ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างหาได้จาก extrapolating ไปตัดแกนความเข้มข้น

การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะเห็นว่าสารละลายทั้งหมดทุกขวดมีลักษณะเหมือนกันค่าความผิดพลาดจึงหักล้างกันหมดไป และการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้สามารถหาได้ว่าสารตัวอย่างมี matrix effects มากน้อยเพียงใด ได้ด้วย โดยเทียบค่าของ slope ของ curve ทั้งสอง (เส้นที่เป็น standard

addition method (เพ้นประเป็นของ standard solution) ซึ่งไม่มี interferences ถ้าหั้งสองเพ้นมีค่า slope เท่ากัน แสดงว่าสารละลายทั้งสองชุดนั้นไม่มี interferences

#### 4. ใช้วิธีเจือจาง (Dilution Method)

วิธีนี้จะใช้ได้กับการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มี interference โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการปฏิการเกิด enhancement คือค่าแบบชอร์แบบซึ่งวัดได้มากกว่าค่าปกติ เนื่องจากเกิดไอลอยอในเชื้อ วิธีนี้สามารถทำได้โดยการเติมสารละลายที่ประกอบด้วยธาตุที่ไอลอยอในซึ่งได้ย่างลงไปในสารละลายน้ำ อย่างและสารละลายมาตรฐานมากเกินพอด้วยปริมาตรจำกัดไม่ควรเติมมากจนเกินไปให้สารละลายเจือจางมากจนวัดค่าไม่ได้

#### 5. ใช้วิธีการ Internal Standard Method

วิธีการวิเคราะห์นี้อาศัยหลักการเติมสารมาตรฐาน (reference element) ซึ่งเป็นคุณลักษณะกับสารที่ทำการวิเคราะห์ลงไปในตัวอย่าง และ blank หลังการวัดคุณลักษณะแบบซึ่งแล้วหาอัตราส่วนของแบบชอร์แบบซึ่งระหว่างสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน ( $Au / As$ ) จากนั้นนำไปเขียนกราฟกับความเข้มข้นของธาตุที่ทำการวิเคราะห์จะได้ calibration curve เพื่อใช้หาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างต่อไปสำหรับวิธีนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อ

1. ตัวอย่างจะต้องมีธาตุที่ใช้เป็นมาตรฐาน(reference element)

2. ต้องตัวอย่างและสารมาตรฐานจะต้องมีลักษณะและคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกัน  
เทคนิคนี้อาจค่อนข้างลำบากในการทำ เพราะสามารถทำได้ย่างถ้าเป็นเครื่อง atomic absorption spectrophotometer มี 2 channel

#### 3.7.5 ประโยชน์ของ AAS ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทางเคมี (Applications of AAS)

เนื่องจากเทคนิคทาง AAS นั้นเป็นที่นิยมกันมากในการวิเคราะห์ธาตุในแทนทุกชนิดของตัวอย่าง ไม่ว่าจะเป็นของแข็งหรือ ของเหลว หรือแก๊ส ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการเกษตร (Agricultural and Biochemistry) เช่น การวิเคราะห์ดิน พืชและปุ๋ย เป็นต้น

2. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการแพทย์และทางชีวเคมี (Clinical and Biochemistry)

เช่น การหาปริมาณของธาตุ Ca Cu Pb Na K Fe Zn As และอื่น ๆ ในเลือด ปัสสาวะ และเนื้อเยื่อ

3. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการหาโลหะกรรม(Metallurgy) เช่นการตรวจวิเคราะห์โลหะผสมต่าง ๆ หากปริมาณสารเจือปนต่าง ๆ ในโลหะบริสุทธิ์

4. ใช้ในงานวิเคราะห์พากน้ำมัน และเพื่อการปิโตรเลียม ( Oil and Petroleum ) เช่น การหาองค์ประกอบที่เป็นโลหะของน้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันเครื่อง น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเชื้อเพลิง

5. ใช้ในงานวิเคราะห์พากแร่และวัสดุต่าง ๆ ( Mineral and Materials )

6. ใช้ในการวิเคราะห์น้ำจากแหล่งต่าง ๆ เช่นน้ำบาดาล น้ำเสีย น้ำทิ้ง น้ำแร่ จากแหล่งธรรมชาติ

7. ใช้ในงานวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม

8. ใช้ในงานวิเคราะห์ทางอาหารและยา

9. ใช้ในการวิเคราะห์หาสารอื่น ๆ

## บทที่ 4

### การทดลองและบันทึกผลการทดลอง

#### 4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อใช้ในการศึกษา

##### 4.1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำและการรักษาตัวอย่าง

###### 1. บริเวณสถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ

น้ำที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้เป็นน้ำจากแม่น้ำน่านที่ไหลผ่านบริเวณอำเภอเมือง โภชนาค จังหวัดพิษณุโลก โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยมีการเก็บตัวอย่างน้ำครึ่งถ้วนก่อนเริ่มภาคฤดูฝน (เดือนสิงหาคม 2541) ฤดูหนาว (ธันวาคม 2541) และฤดูร้อน (เดือนเมษายน 2542) ดังนี้

ตารางที่ 4.1 สถานีหรือจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่มีหาน้ำในเขตฯ อำเภอเมือง

รหัสสถานี	บริเวณหรือสถานที่เก็บตัวอย่าง
NR1	สะพานแสงดาว
NR2	สะพานเรศวร
NR3	สะพานอุณากรุง
NR4	สะพานวัดพันปี
NR5	สะพานวัดจุพามณี

2. การตื้นรักษาตัวอย่าง ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น น้ำในแม่น้ำ น่าน จะต้องเก็บรักษาหัวอุดน้ำรักษากลางให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ parameter ต่าง ๆ ตาม ตารางที่ 2.1 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจับ (grab sampling) แล้วเก็บในขวดบรรจุในขวดน้ำ พีวีซี ชนิด ไส้เดตต์ครั้งมีน้ำมากกว่า 5 ลิตร และนำไปวิเคราะห์ไปหาค่าต่าง ๆ โดยกำหนด

รหัสตัวอย่างน้ำ.....  
สถานที่เก็บตัวอย่าง.....  
วันที่เก็บ..... เวลา.....  
ชื่อผู้เก็บ.....

## 4.2 การหาค่า pH ของด้วยอย่างน้ำ

### 4.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. มาตรวัดความเป็นกรด - 鹼 (pH meter) model 602 พลิตโดย Extech

International Boston, U.S.A.

2. บีกเกอร์ (Beaker)

3. สารละลายน้ำฟีฟอร์ pH 4.0,7.0

### 4.2.2 วิธีการทดลอง

1. ใช้น้ำกลั่นฉีดถังข้าไฟฟ้า (electrode) ให้สะอาด ใช้กระดาษซับชื้นน้ำให้แห้ง

2. ปรับเครื่องมือให้ได้ค่ามาตรฐานตามค่าแนะนำในคู่มือของเครื่องนั้น ๆ ด้วย

สารละลายน้ำมาตรฐานที่มีค่า pH ใกล้เคียงกับค่าของด้วยอย่างน้ำทั่วไป (pH4 และ pH7)

3. ใช้น้ำกลั่นฉีดถังข้าไฟฟ้าอีกครั้งซึ่งน้ำให้แห้ง

4. วัดค่า pH ของด้วยอย่างน้ำ (ต้องหาง่ายที่จะนำมาหาค่า pH ต้องมีอนุหุณีใกล้เคียง

หรือเท่ากับอุณหภูมิของสารละลายน้ำร้อน (ข้อ 2)

5. เมื่ออ่านค่าที่ได้จากข้อ 4 นำมานับทีกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า pH ของแม่น้ำในฤดูฝน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิขณะทำการวัด pH ( °C)	ค่า pH	ค่า pH เฉลี่ย
NR1	29.75	7.70	7.71
	29.85	7.72	
	29.80	7.71	
NR2	29.82	7.70	7.70
	29.83	7.70	
	29.84	7.70	
NR3	29.70	7.70	7.71
	29.82	7.71	
	29.72	7.72	
NR4	29.30	7.66	7.62
	30.00	7.60	
	30.10	7.60	
NR5	29.80	7.66	7.62
	30.00	7.60	
	30.10	7.60	

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า pH ของแม่น้ำน่านในฤดูหนาว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิขณะทำการวัด pH (°C)	ค่า pH	ค่า pH เฉลี่ย
NR1	28.70	7.31	7.30
	28.80	7.29	
	28.90	7.30	
NR2	28.80	7.19	7.20
	28.80	7.19	
	28.80	7.22	
NR3	28.20	7.20	7.20
	28.10	7.20	
	28.30	7.20	
NR4	28.70	7.30	7.31
	28.80	7.31	
	28.70	7.32	
NR5	28.30	7.20	7.21
	28.30	7.21	
	28.30	7.22	

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า pH ของแม่น้ำในฤดูร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิขณะทำการวัด pH (°C)	ค่า pH	ค่า pH เคลี่ย
NR1	30.00	7.63	
	30.00	7.65	
	30.00	7.64	7.64
NR2	30.50	7.76	
	30.50	7.76	7.77
	30.50	7.79	
NR3	30.70	7.76	
	30.70	7.76	7.76
	30.70	7.76	
NR4	30.50	7.75	
	30.60	7.76	7.75
	30.60	7.74	
NR5	30.10	7.62	
	30.00	7.60	7.61
	30.10	7.61	

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า pH เฉลี่ยของแม่น้ำน่านตอนปี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	pH ฤดูฝน	pH ฤดูหนาว	pH ฤดูร้อน
NR1	7.71	7.30	7.64
NR2	7.70	7.20	7.77
NR3	7.71	7.20	7.76
NR4	7.62	7.31	7.75
NR5	7.62	7.21	7.61

### 4.3 การหาค่าอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำ

#### 4.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. บีกเกอร์

2. เทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านอุณหภูมิได้ในช่วง 0 -100 องศาเซลเซียส Model 903

ผลิตโดย GLI International ,The E.E.C.

#### 4.3.2 วิธีทำการทดลอง

1. นำตัวอย่างน้ำเทใส่ลงในบีกเกอร์ 200 cm<sup>3</sup> (วัดในขณะเก็บตัวอย่าง)

2. จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในสารตัวอย่างน้ำ 3 นาที

3. อ่านอุณหภูมิที่คงที่จากเทอร์โมมิเตอร์

4. บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าอุณหภูมิของแม่น้ำน่านในฤดูฝน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิขณะทำการวัด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
NR1	29.75	29.80
	29.85	
	29.80	
NR2	29.82	29.83
	29.83	
	29.84	
NR3	29.70	29.74
	29.82	
	29.70	
NR4	29.82	29.84
	29.86	
	29.84	
NR5	29.80	29.97
	30.00	
	30.10	

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอุณหภูมิของแม่น้ำในฤดูหนาว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )	อุณหภูมิเฉลี่ย ( $^{\circ}\text{C}$ )
NR1	28.70	28.80
	28.80	
	28.90	
NR2	28.80	28.80
	28.80	
	28.80	
NR3	28.70	28.72
	28.76	
	28.70	
NR4	28.80	28.81
	28.83	
	28.80	
NR5	28.30	28.30
	28.30	
	28.30	

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าอุณหภูมิของแม่น้ำน่านในฤดูร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
NR1	30.00 30.00 30.00	30.00
NR2	30.48 30.52 30.50	30.50
NR3	30.72 30.70 30.68	30.70
NR4	30.68 30.68 30.68	30.68
NR5	30.10 30.00 30.10	30.07

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแม่น้ำน่านตลอดปี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤดูฝน (°C)	ฤดูหนาว (°C)	ฤดูร้อน (°C)
NR1	29.80	28.80	30.00
NR2	29.83	28.80	30.50
NR3	29.74	28.72	30.70
NR4	29.84	28.81	30.68
NR5	29.97	28.30	30.07

#### 4.4 การหาค่าความชุ่น

##### 4.4.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. บีกเกอร์
2. มาตรความชุ่น (turbidimeter)
3. สารละลายนามาตรฐานความชุ่น 10, 100, 1000 NTU

##### 4.4.2 วิธีการทดลองและผลการทดลอง

1. เปิดสวิตซ์ทำการปรับเครื่องด้วยสารละลายนามาตรฐานความชุ่น (standard turbidity) ใช้ค่าความชุ่นมาตรฐาน 0.61, 10, 100 และ 1000 NTU โดยเลือกใช้ถุงห่วงดักที่ใกล้เคียงกับสภาพความชุ่นของ น้ำตัวอย่าง
2. ใส่ตัวอย่างน้ำที่ต้องการวัด จำนวน 25 มิลลิลิตร ระวังอย่าให้มีฟองอากาศในหลอดวัดตัวอย่าง (sample cell) แล้วใส่ในช่องวัสดุปิดด้วย light shield
3. เปิดสวิตซ์ หมุนปุ่ม range select วัดค่าความชุ่น จะได้ค่าที่ต้องการ
4. อ่านค่าที่ได้แล้วบันทึกผลการทดลอง

หมายเหตุ รายงานหน่วยเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

ตารางที่ 4.10 แสดงความชุ่นของแม่น้ำในฤดูฝน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าความชุ่น (NTU)	ค่าความชุ่น เคลี่ย (NTU)
NR1	6.76	6.83
	6.80	
	6.93	
NR2	6.19	6.24
	6.25	
	6.28	
NR3	6.20	6.23
	6.24	
	6.25	
NR4	6.42	6.43
	6.43	
	6.44	
NR5	6.91	6.91
	6.91	
	6.91	

ตารางที่ 4.11 แสดงความชุ่นของแม่น้ำในฤดูหนาว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าความชุ่น (NTU)	ค่าความชุ่นเฉลี่ย (NTU)
NR1	5.76	
	5.80	
	5.93	5.83
NR2	5.19	
	5.25	
	5.28	5.24
NR3	5.20	
	5.24	
	5.25	5.23
NR4	5.11	
	5.13	
	5.15	5.13
NR5	4.91	
	4.91	
	5.01	4.94

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความชุ่นของแม่น้ำในฤดูร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าความชุ่น (NTU)	ค่าความชุ่นเฉลี่ย(NTU)
NR1	5.76	5.82
	5.80	
	5.93	
NR2	5.19	5.24
	5.25	
	5.28	
NR3	5.20	5.23
	5.24	
	5.25	
NR4	5.17	5.18
	5.18	
	5.19	
NR5	5.10	5.11
	5.10	
	5.13	

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความชุ่นเฉลี่ย (NTU) ของแม่น้ำนานาคลอดปี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
NR1	6.83	5.83	5.83
NR2	6.24	5.24	5.24
NR3	6.23	5.23	5.23
NR4	6.43	5.13	5.18
NR5	6.91	4.94	5.11

## 4.5 การหาค่า DO ของน้ำ โดยวิธี Azide Modification Method

### 4.5.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร
2. ขวดวัตปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 200 มิลลิลิตร
3. บิวเรตต์ (burette)
4. ขวดเออร์เลนเมเยอร์ (erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
5. โพแทสเซียมไออกไซด์ (KI)
6. น้ำกลั่น
7. กรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ )
8. น้ำแข็ง
9. สารมาตรฐานไบโออกไซเดต ( $KH(IO_4)_3$ )
10. โพแทสเซียมฟลูออไรด์ไดไฮเดรต ( $KF \cdot 2H_2O$ )
11. โซเดียมไทโอลัลไฟต์ ( $Na_2S_2O_3$ )
12. แมงกานีสชัลไฟต์ ( $MnSO_4$ )
13. โซเดียมไออกไซด์ ( $NaOH$ )

### 4.5.2 วิธีการทดสอบ

การหาค่าออกซิเจนละลายน้ำจากตัวอย่างน้ำซึ่งก้นไว้ในขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร ทำได้ดังนี้

1. เติมสารละลายน้ำกรานีสชัลไฟต์ 1 มิลลิลิตรและอัลคาไลน์ไอกไซด์โซเดียม 1 มิลลิลิตร ลงในขวดบีโอดีที่ใส่ตัวอย่างน้ำโดยให้ปลายปีเปตอญู่เห็นอผิวตัวอย่างน้ำเล็กน้อย ปิดจุกขวด ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ ผสมให้เข้ากันโดยกว่าขวดขึ้นลง 15 ครั้ง

2. ตักห้องไว้ให้ตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใสของขวด

3. เติมกรดซัลฟิวริกขึ้น 1 มิลลิลิตร ปิดจุกขวดก่อนตะกอน (*oxidised floc*) จะถูกดูดจากขวดเบื้องลับไปกลับมาประมาณ 15 ครั้ง

4. ถ้าใช้ขวดบีโอดีที่มีความจุ 300 มิลลิลิตร ตวงตัวอย่างน้ำจากขวดในข้อ 3 ปริมาตร 201 มิลลิลิตร เพื่อนำไปไทเกรต (ปริมาตรตัวอย่างน้ำมีค่าเท่ากับปริมาตรตัวอย่างน้ำเริ่มต้น 200 มิลลิลิตร) เนื่องจากมีการสูญเสียตัวอย่างน้ำจากขวดบีโอดีโดยการแทนที่ของสารละลายน้ำที่เติมลงไปทั้งสิ้น 2 มิลลิลิตร ดังนั้นปริมาตรตัวอย่างซึ่งใช้ในการไทเกรตจึงควรเท่ากัน

$$\underline{200 \times 300} = 201 \text{ มิลลิลิตร}$$

$$(300 - 2)$$

5. ไทเกรตกับสารละลามาตรฐานโซเดียมไทโอลซัลเฟต 0.025 นอร์มัล จนกระทั่งสารละลามีสีเหลืองอ่อนเดินน้ำเป็น 1 มิลลิลิตร จะได้สารละลามีน้ำเงินเข้ม ไทเกรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป อ่านปริมาตรของสารละลามโซเดียมไทโอลซัลเฟตที่ใช้สำหรับการไทเกรตตัวอย่างน้ำ 201 มิลลิลิตร สารละลามมาตรฐานโซเดียมไทโอลซัลเฟต 1 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับออกซิเจนละลาม 1 มิลลิกรัม ต่อลิตร (mg/l หรือ ppm)

6. บันทึกผลการทดลองในตาราง 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงค่า DO ในตัวอย่างน้ำในถุงฟัน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาตรสารละลาม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ DO (mg/l) เฉลี่ย
NR1	7.20 7.23 7.20	7.21
NR2	7.00 7.00 7.00	7.00
NR3	7.10 7.10 7.10	7.10
NR4	7.10 7.12 7.11	7.11
NR5	6.90 6.90 6.90	6.90

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าค่า DO ในตัวอย่างน้ำในคุณภาพ

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาตรสารละลายน้ำ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ DO ( mg/l ) เคลื่อนย
NR1	6.60	6.65
	6.58	
	6.78	
NR2	6.60	6.63
	6.62	
	6.68	
NR3	6.85	6.83
	6.80	
	6.85	
NR4	6.70	6.73
	6.75	
	6.75	
NR5	6.89	6.88
	6.88	
	6.87	

ตารางที่ 4.16 แสดงค่า DO ในตัวอย่างน้ำในอุตุร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาตรสารละลายน้ำ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ DO ( mg / l ) เฉลี่ย
NR1	6.66	6.67
	6.66	
	6.69	
NR2	6.70	6.73
	6.80	
	6.70	
NR3	6.75	6.66
	6.67	
	6.76	
NR4	6.80	6.80
	6.80	
	6.80	
NR5	6.90	6.90
	6.90	
	6.90	

ตารางที่ 4.17 แสดงค่า DOเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำในแม่น้ำน่านตลอดปี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณ DO ฤดูฝน ( mg/l )	ปริมาณ DO ฤดูหนาว ( mg/l )	ปริมาณ DO ฤดูร้อน ( mg/l )
NR1	7.21	6.65	6.67
NR2	7.00	6.63	6.73
NR3	7.40	6.83	6.66
NR4	7.11	6.73	6.80
NR5	6.90	6.88	6.90

#### 4.6 การหาค่า BOD ของน้ำโดยวิธี Azide Modification Method

##### 4.6.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร
2. ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 200 มิลลิลิตร
3. บิวเรตต์ (burette)
4. ขวดเออร์เลนเมเยอร์ (erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
5. โพแทสเซียมไออกไซด์ (KI)
6. น้ำกลั่น
7. กรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ )
8. น้ำเปล่า
9. สารมาตรฐานไนโอลอคต (KH $(IO_3)_2$ )
10. โพแทสเซียมฟลูออไรด์ไฮเครต (KF.2H $_2O$ )
11. โซเดียมไทโอซัลเฟต ( $Na_2S_2O_3$ )
12. แมงกานีซัลเฟต ( $MnSO_4$ )
13. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

##### 4.6.2 การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดอินคิวบิเต (incubation bottles) หรือขวดบีโอดี (ซึ่งมักเป็นถุงแก้วปิด ชนิด กอนที่จะนำขวดบีโอดีมาใช้จะต้องนำขวดมาล้างให้สะอาดปราศจากสารอินทรีย์ ต่าง ๆ การล้างควรล้างด้วยสารละลายของกรดซัลฟิวริกแบบน้ำหนึ่งหalf ผสมกับสารโพแทสเซียมไดโครเมต(cleaning solution) หลังจากนั้นนำขวดมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด ครั้งสุดท้ายล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งหนึ่งแล้วทำให้แห้ง)

2. คุชชัน (incubator) ซึ่งสามารถควบคุมและปรับอุณหภูมิได้เองโดยอัตโนมัติ  $20 \pm 1^{\circ}C$  และต้องเป็นคุชชันสามารถป้องกันไม่ให้แสงผ่านเข้าไปได้

3. อุปกรณ์เครื่องแก๊สต่าง ๆ เช่น บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดเออร์เลนเมเยอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร กระบวนการ 1,000 มิลลิลิตร

4. น้ำกลั่นจะต้องมีคุณภาพคิมบริเมทริกของทองแดง (copper) น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร และต้องปราศจากคลอริน (chlorine) ความเป็นด่างเนื่องจากไฮดรอกไซด์ (caustic alkalinity) สารอินทรีย์และกรด

5. สารละลายฟอสฟे�ตท้าฟเฟอร์ (phosphate solution) ละลายโพแทสเซียมไดไฮดรอเจนฟอสฟे�ต ( $KH_2PO_4$ ) 33.4 กรัม แอมโมเนียมคลอไรด์ ( $NH_4Cl$ ) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปให้เขือขาง เป็น 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะมีค่าพีไอเท่ากับ 7.2

6. สารละลายน้ำซัลเฟต (magnesium sulfate solution) ละลายแมgnีเซียมซัลเฟต เอปตาไฮเครต ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

7. สารละลายน้ำคลอไรด์ (calcium chloride solution) ละลายแคลเซียมคลอไรด์ ไดไฮเครต ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) 36.4 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

8. สารละลายน้ำไอร์โอน (III) คลอไรด์ ละลายไอร์โอน (III) คลอไรด์ไฮดรอกไซเดต ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) 0.25 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

9. สารละลายน้ำกรดฟีวิริก 1 N ( เปเปอร์สารละลายน้ำกรดฟีวิริกเข้มข้น 2.8 มิลลิลิตร ละลายในกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร)

10. สารละลายน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N ( ละลายน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจาง เป็น 100 มิลลิลิตร)

11. สารละลายน้ำโซเดียมซัลไฟต์ (sodium sulphite solution) 0.025 นอร์มอล ละลายน้ำโซเดียมซัลไฟต์ ( $Na_2SO_3$ ) 1.575 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร (สารระดับน้ำมือชี้ตัวต้องเตรียมในวันที่จะใช้เท่านั้น )

#### 4.6.3 วิธีการทดสอบ

##### 1. การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ (Pre-treatment)

1) ในการณ์ที่ตัวอย่างน้ำไม่เป็นคตงจะต้องทำให้เป็นกลาง โดยเติมกรดฟีวิริก 1 N หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N เพื่อปรับ pH ตัวอย่างน้ำให้มี pH อยู่ระหว่าง 6.5-7.5

2) ในการณ์ที่ตัวอย่างน้ำมีคลอรินตกค้าง (residual chlorine) จะต้องกำจัดออกก่อน โดยปกติคลอรินตกค้างจะคตงเองเมื่อตัวอย่างน้ำทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมงแต่ในตัวอย่างน้ำซึ่งมีคลอรินตกค้างปริมาณมาก จะต้องกำจัดโดยการเติมสารละลายน้ำโซเดียมซัลไฟต์ ซึ่งจะทราบปริมาณว่าต้องเติมไนโตรเจนไฮดราซีน (โซเดียมดัตตัวอย่างน้ำมาในปริมาณที่เหมาะสม (ระหว่าง 100-1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร) เติมกรดฟีวิริก 1+50 (กรด 1 มิลลิลิตร + น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร) 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายน้ำโพแทสเซียมไออกไซด์ 10 มิลลิลิตร (สารละลายน้ำโพแทสเซียมไออกไซด์ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปเทรต ด้วยสารละลายน้ำโซเดียมซัลไฟต์ 0.025 นอร์มอล โดยเติมน้ำแป้ง (starch) เป็นอินดิเคเตอร์จะทราบปริมาณของโซเดียมซัลไฟต์ที่เติมลงไปในตัวอย่างน้ำ หลังจากเติมสารละลายน้ำโซเดียมซัลไฟต์ตามปริมาณที่คำนวณได้ลงในตัวอย่างแล้วกวนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10-20 นาที

##### 2. การวิเคราะห์ Direct Method

ใช้ในกรณีตัวอย่างน้ำมีค่าบีโอดีน้อยกว่า 7 มิลลิกรัม/ลิตร ได้แก่ น้ำประเทท  
แม่น้ำ คลอง บึง หนอง ฯลฯ แต่ถ้าตัวอย่างน้ำดังกล่าวปนเปื้อนสูง สาปรก สีดำคล้ำ ให้วิเคราะห์โดยวิธี  
ที่ 2 เลือกทำ dilution 10-100 %

1) นำตัวอย่างน้ำที่ปรับปรุงแล้วตามข้อ 1 ประมาณ 1 ลิตร มา  
ปรับอุณหภูมิให้ได้ประมาณ  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

2) เติมอากาศให้มีออกซิเจนละลายน้อยตัว (ใช้เวลาประมาณ 10-  
15 นาที)

3) รินตัวอย่างน้ำลงใส่ขวดบีโอดีนเต็ม 3 ขวดปิด塞ให้สนิทคุ้  
ให้แน่ใจว่า มีน้ำหล่อที่ปากขวด นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลายน้ำอีกสองขวด นำไปอินคิว  
เมทที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 5 วัน

4) หลังจาก 5 วันแล้ว นำตัวอย่างน้ำมาหาค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เหลืออยู่

5) การคำนวณค่าบีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร) =  $\text{DO}_0 - \text{DO}_5 = \text{BOD}$

เมื่อ  $\text{DO}_0$  = ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ไกเหรอวันแรก

$\text{DO}_5$  = ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ไกเหรอวันที่ 5

ตารางที่ 4.18 แสดงค่า DO<sub>1</sub> และ DO<sub>5</sub> ในตัวอย่างน้ำในถุงผน

สถานที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	การหาค่า DO <sub>1</sub>		การหาค่า DO <sub>5</sub>	
	ปริมาตรสารละลายน้ำ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ DO <sub>1</sub> ( $\text{mg/l}$ )	ปริมาตรสารละลายน้ำ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ DO <sub>5</sub> ( $\text{mg/l}$ )
NR1	6.20		5.10	
	6.23	6.21	5.12	5.11
	6.20		5.11	
NR2	6.00		5.00	
	6.00	6.00	5.00	5.00
	6.00		5.00	
NR3	6.10		5.10	
	6.10	6.10	5.10	5.10
	6.10		5.10	
NR4	6.00		5.00	
	6.00	6.00	5.00	5.00
	6.00		5.00	
NR5	5.90		4.90	
	5.90	5.90	4.90	4.90
	5.90		4.90	

ตารางที่ 4.19 แสดงค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในถุงฝน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณ BOD (mg/l)
NR1	1.10
NR2	1.00
NR3	1.00
NR4	1.00
NR5	1.00

ตารางที่ 4.20 แสดงค่า DO<sub>1</sub> และ DO<sub>5</sub> ในตัวอย่างน้ำในถุงหูว�

สถานที่เก็บ ตัวอย่างน้ำ	การหาค่า DO <sub>1</sub>		การหาค่า DO <sub>5</sub>	
	ปริมาตรสารละลายน้ำ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (\text{cm}^3)$	ปริมาณ DO <sub>1</sub> (mg/l)	ปริมาตรสารละลายน้ำ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (\text{cm}^3)$	ปริมาณ DO <sub>5</sub> (mg/l)
NR1	5.25 5.27 5.28	5.25	3.80 3.90 4.00	3.90
NR2	5.40 5.40 5.40	5.40	4.10 4.20 4.30	4.20
NR3	5.50 5.50 5.50	5.50	4.20 4.20 4.20	4.20
NR4	5.55 5.54 5.53	5.54	4.00 4.00 4.00	4.00
NR5	5.40 5.40 5.40	5.40	4.10 4.10 4.10	4.10

ตารางที่ 4.21 แสดงค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในฤดูหนาว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณ BOD ( mg/l )
NR1	1.35
NR2	1.20
NR3	1.30
NR4	1.54
NR5	1.30

ตารางที่ 4.22 แสดง ค่า DO<sub>1</sub> และ DO<sub>2</sub> ในตัวอย่างน้ำในชุมชน

สถานที่เก็บตัว อย่างน้ำ	การหาค่า DO <sub>1</sub>		การหาค่า DO <sub>2</sub>	
	ปริมาตรสารละลายน้ำ Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (cm <sup>3</sup> )	ปริมาณ DO, (mg/l)	ปริมาตรสารละลายน้ำ Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (cm <sup>3</sup> )	ปริมาณ DO, (mg/l)
NR1	4.82		3.30	
	4.80	4.80	3.30	3.30
	4.78		3.30	
NR2	5.00		3.30	
	5.00	5.00	3.30	3.30
	5.00		3.30	
NR3	5.30		3.78	
	5.30	5.30	3.81	3.80
	5.30		3.81	
NR4	5.20		3.80	
	5.21	5.21	3.80	3.80
	5.22		3.80	
NR5	5.10		3.80	
	5.10	5.10	3.78	3.80
	5.10		3.82	

ตารางที่ 4.23 แสดงค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในฤดูร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณ BOD (mg/l)
NR1	1.50
NR2	1.70
NR3	1.50
NR4	1.41
NR5	1.30

ตาราง 4.24 แสดงค่า BOD ของแม่น้ำน่านตลอดปี (mg/l)

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
NR1	1.10	1.35	1.50
NR2	1.00	1.20	1.70
NR3	1.00	1.30	1.50
NR4	1.00	1.54	1.41
NR5	1.00	1.30	1.30

#### 4.7 การหาปริมาณไนโตรเจน โดยใช้ สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ในสารคละ化合จะเกิด  $\text{HNO}_2$  ทำปฏิกิริยากับสาร sulphanilamide ได้ผลผลิตคือ diazonium compound ซึ่งทำปฏิกิริยากับ N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride จะเกิด Azocompound ซึ่งให้สีที่มีความเข้มข้นสูง ถ้ามี  $\text{NO}_2^-$  อxyด้วยสีดังกล่าวจะถูกทำลาย ดังนั้นจึงไม่เห็นสีดังกล่าว และในตัวอย่างแทนจะไม่มี  $\text{NO}_2^-$  เหลืออยู่เดิม ammonium sulphamate เพื่อทำลาย  $\text{NO}_2^-$  ก่อนที่จะเติมน-(1-naphthyl) ethylenediamine di hydrochloride ต้องทำ reagent blank โดยเติมด้วย ammonium sulphamate ลงในตัวอย่างน้ำก่อนที่จะเติม reagent อีก ๑ ลงไป เพื่อทำลาย  $\text{NO}_2^-$  ก่อนที่จะมีสีเกิดขึ้น

##### 4.7.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร และขนาดเซลล์ 1 มิลลิเมตร หรือมากกว่า

##### 4.7.2 สารเคมีที่ใช้และวิธีเตรียม

###### 1. สารละลาย buffer solution

ใช้ ammonium chloride ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )	100 กรัม
sodium tetraborate	20 กรัม
EDTA (disodium dihydrate)	1 กรัม

###### 2. สารละลาย sulphanilamide solution

คือ ๗รินกรด HCl ๕๘๖ บันชัน 100 มิลลิลิตร ลงในบิกเกอร์ ที่มีน้ำถักลั่น 300

มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ชั่ง sulphanilamide ๕ กรัม แล้วนำมาระละลายในสารละลายกรด HCl แล้วเติมน้ำถักลั่นได้ครบปริมาตร 500 มิลลิลิตร

###### 3. N-1-(naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride (NNED)

ใช้ NNED 0.5 กรัม ละลายในน้ำถักลั่นจนได้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร จะได้สารคละยาสีฟันพูหรือไม่มีสี เก็บสารละลายในขวดสีน้ำตาล ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู หรือสีน้ำตาลเข้มต้องเตรียมใหม่

###### 4. nitrite standard ( $\text{NO}_2\text{-N}$ )

14 sodium nitrite ( $\text{NaNO}_2$ ) ที่อนแห้ง 0.4926 กรัม ละลายในน้ำถักลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1000 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะมีความเข้มข้นเท่ากับ 100 ppm หรือ 1 มิลลิกรัม ของสารละลายเท่ากับ 100 ไมโครกรัมของ  $\text{NO}_2\text{-N}$

#### 4.7.3 การทำกราฟมาตรฐาน

1. ดูดสารละลายน้ำ NO<sub>2</sub>-N มาตรฐาน 100 ppm จำนวน 0.01, 0.025, 0.1, 0.25 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร สารละลายน้ำที่ได้จะมีความเข้มข้น 10, 25, 50, 100 และ 250 ppb NO<sub>2</sub>-N ตามลำดับ

2. แบ่งสารละลายน้ำมาตรฐานความเข้มข้นอย่างละ 50 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นอย่างเดียว 50 มิลลิลิตร เพื่อทำเป็น blank เปรียบเทียบ ใส่ลงในขวดแก้วมีจุก ความจุประมาณ 80-100 มิลลิลิตร 6 ขวด

3. เติม buffer solution ลงไปตัวอย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้สมกัน เติม sulphaniamide solution ลงไปตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้สมกัน และตั้งทึ้งไว้ 5 นาที เติม NNED solution ลงไปตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้สมกัน หลังจากนั้นตั้งทึ้งไว้ 1 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่องสเปกโกรไฟโนมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 543 nm ใช้ cell ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร บันทึกค่า absorbance ที่วัดได้หลังจากนั้นนำค่า absorbance ที่ลบค่า blank แล้วมา plot กับค่าความเข้มข้นในแต่ละระดับ ถ้าเกิดตรงที่ผ่านจุดในแนวเดียวกันมากที่สุด เส้นตรงนี้จะใช้เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความเข้มข้นของไนโตรต์ ต่อไป

#### 4.7.4 วิธีการทดลอง

1. กรองตัวอย่างน้ำค่าวัสดุภาระ

2. ดูดตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว 50 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เพื่อทำเป็น blank เปรียบเทียบ ใส่ขวดแก้วมีจุก ขนาด 80-100 มิลลิลิตร

3. เติม buffer solution ลงไปตัวอย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้สมกัน

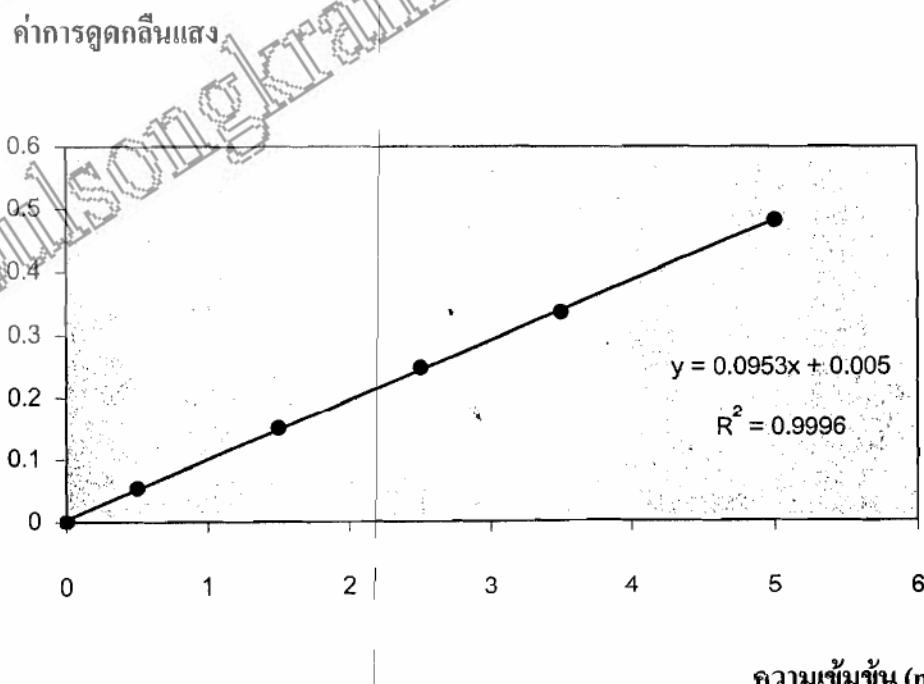
4. เติม sulphaniamide solution ลงไปตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้สมกันและตั้งทึ้งไว้ 5 นาที

5. เติม NNED solution ลงไปตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้สมกัน หลังจากนั้นตั้งทึ้งไว้อีกหนึ่งนาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่องสเปกโกรไฟโนมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 543 nm ใช้ cell ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร บันทึกค่า absorbance ที่วัดได้หลังจากนั้นนำค่า absorbance ที่ลบออกแล้ว ไปหาความเข้มข้นจากการกราฟมาตรฐานที่ทำไว้และในการหาปริมาณฟอสเฟต์ที่ใช้วิธีการเดียวกัน

ตารางที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายน้ำตราชูนในไครต์-ไนโตรเจน กับค่าการคูดกลีนແဆ

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตราชูน ในไครต์-ไนโตรเจน (ppm)	ค่าการคูดกลีนແဆ
0.00	0.000
0.50	0.055
1.50	0.151
2.50	0.247
3.50	0.335
5.00	0.481

รูปที่ 4.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายน้ำตราชูนในไครต์-ไนโตรเจนกับค่าการคูดกลีนແဆ



ตารางที่ 4.26 แสดงค่าการคูดกลืนแสงและปริมาณของไนโตรเจนของน้ำใน  
อุตุฟน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการคูดกลืนแสง	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณไนโตรเจน -ในไนโตรเจน (ppm)
NR1	0.246 0.247 0.248	0.247	2.50
NR2	0.210 0.210 0.210	0.210	2.20
NR3	0.256 0.257 0.255	0.256	2.60
NR4	0.247 0.244 0.244	0.245	2.50
NR5	0.256 0.256 0.256	0.256	2.60

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าการคูดกลืนแสงและปริมาณไนโตรต์ – ไนโตรเจนของน้ำใน  
สุกหnar

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการคูดกลืนแสง	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณไนโตรต์ – ไนโตรเจน (ppm)
NR1	0.281 0.280 0.279	0.280	3.00
NR2	0.290 0.292 0.292	0.291	3.10
NR3	0.322 0.318 0.320	0.320	3.31
NR4	0.330 0.331 0.331	0.331	3.41
NR5	0.292 0.290 0.293	0.292	3.13

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าการคูดกลีนແສงและปริมาณไนโตรต์ - ไนโตรเจนของน้ำในฤดูร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการคูดกลีนແສง	ค่า เหลี่ยม	ปริมาณไนโตรต์ - ไนโตรเจน (ppm)
NR1	0.322 0.322 0.320	0.321	3.31
NR2	0.351 0.353 0.354	0.353	3.60
NR3	0.340 0.342 0.345	0.342	3.50
NR4	0.341 0.344 0.342	0.342	3.50
NR5	0.360 0.362 0.361	0.361	3.70

ตารางที่ 4.29 แสดงปริมาณไนโตรเจน (ppm) ในแม่น้ำน่านตลอดปี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤกษ์ฝน	ฤกษ์หนาว	ฤกษ์ร้อน
NR1	2.50	3.00	3.31
NR2	2.20	3.10	3.60
NR3	2.60	3.81	3.50
NR4	2.50	3.41	3.50
NR5	2.60	3.13	3.70

## 4.8 การหาปริมาณฟอสเฟตโดยใช้ UV- Visible Spectrophotometer

### 4.8.1 เครื่องมือ

スペクโตรโฟโตเมตร์ ความยาวคลื่น 885 นาโนเมตร ขนาดเซลล์ 1 เซนติเมตร

### 4.8.2 สารเคมีที่ใช้ และวิธีการเตรียมสารละลาย

#### 1.acid molybdate antimony

ใช้น้ำกลั่น (deionize water) 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรเดิน ammonium paramolybdate  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  7.5 กรัม แล้วใส่ antimony potassium tartrate 0.114 กรัมและเดินกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  conc) 88 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมสารทั้งหมดตามลำดับ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บในขวดทึบแสง

#### 2.L-ascorbic acid solution

ใช้ L -ascorbic acid 5.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionize water ) จนได้ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายนี้เมื่อเตรียมแล้วต้องใช้ภาชนะเวลา 24 ชั่วโมง หากแห้งเย็นสามารถเก็บไว้ได้นาน เป็นเวลา 2-3 วัน

#### 3.mixed molybdate

ใช้ acid molybdate antimony 4 ส่วน ผสมกับ ascorbic acid solution 1 ส่วน สารละลายนี้ใช้ได้ภายใน 24 ชั่วโมง

#### 4.phosphate standard

potassium dihydrogen phosphate ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 0.2197 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionize water) 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่นที่อ่อนตัวด้วย chloroform จนได้ปริมาตร กรุบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ได้สารที่มีความเข้มข้น คือ

$$1 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตรของสารละลายน้ำยามาตรฐาน} = 50 \text{ มิลลิกรัมของฟอสเฟต} (\text{PO}_4^{3-})$$

### 4.8.3 การทำกราฟมาตรฐานสำหรับฟอสเฟต

1. ตอกสารละลายน้ำยามาตรฐานของฟอสเฟต 0.01,0.05,0.1,0.2 ,0.3, และ 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่น (deionize water) จนได้ปริมาตร กรอบ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายน้ำยาฟอสเฟตที่ได้มีความเข้มข้นฟอสเฟต ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) เท่ากับ 5 ,25, 100, 150 และ 250 ส่วน ในพันล้านส่วน (ppb) ตามลำดับ

2. ดูดสารละลายน้ำตรฐานความเข้มข้นละ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร และน้ำกลั่นอ่างเดียว 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อใช้เป็น blank ขนาด 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. เติม mixed molybdate ที่เตรียมใหม่ ๆ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในแต่ละความเข้มข้นตั้งทึ้งไว้ 5 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาโดยสารละลายน้ำเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงิน นำไปวัดค่า absorbance ของแต่ละค่าความเข้มข้น แล้ว plot ค่า absorbance ที่ได้ ( หลังจากหักค่า absorbance ของน้ำกลั่นหรือ blank แล้ว ) กับค่าความเข้มข้นในแต่ละระดับบนกระดาษกราฟ ลากเส้นตรงผ่านจุดที่อยู่ในแนวเดียวกันมากที่สุด เพื่อใช้เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาความเข้มข้นของฟอสเฟตในน้ำต่อไป โดยสามารถใช้ได้ดีกว่าจะเปลี่ยนสารละลายน้ำใหม่

#### วิธีการทดลอง

I. ดูดน้ำกลั่นเพื่อทำ blank และตัวอย่างน้ำ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงใน flask ขนาด 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. เติม mixed molybdate ตัวอย่างละ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วตั้งทึ้งไว้ 5 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ แล้วนำไปหักค่าดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่อง สุปกไทร โฟโตเมเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 885 nm ใช้ cell กว้างขนาด 1 เซนติเมตร ต่อจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่วัดโดยหักค่า blank ออกร แล้วนำไปหาความเข้มข้นจาก standard curve ที่ทำไว้

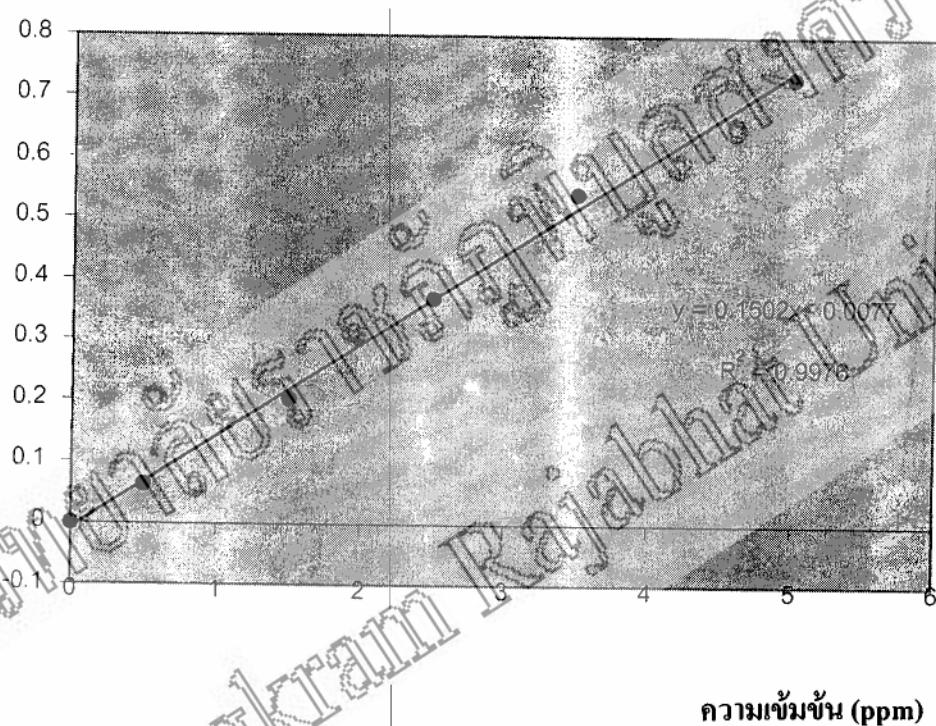
ตารางที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายน้ำฟอสเฟตกับ

#### ค่าการดูดกลืนแสง

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำฟอสเฟต (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0.00	0.000
0.50	0.063
1.50	0.202
2.50	0.368
3.50	0.541
5.00	0.732

รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายน้ำมาตรฐาน  
ทดสอบกับค่าการคูดกลืนแสง

ค่าการคูดกลืนแสง



ตารางที่ 4.31 แสดงค่าการคูดกลืนแสงและปริมาณของฟอสเฟตของน้ำในกุ忿

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการคูดกลืนแสง	ค่าการคูดกลืนแสงเฉลี่ย	ปริมาณ (ppm)
NR1	0.283		
	0.285		
	0.284	0.284	1.89
NR2	0.245		
	0.247		
	0.246	0.246	1.61
NR3	0.250		
	0.252		
	0.251	0.251	1.67
NR4	0.297		
	0.299		
	0.298	0.298	2.04
NR5	0.382		
	0.380		
	0.381	0.381	2.61

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าการคุณลักษณะและปริมาณของพ่อสีฟอกของน้ำในฤดูหนาว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการคุณลักษณะ	ค่าการคุณลักษณะเฉลี่ย	ปริมาณ (ppm)
NR1	0.365	0.364	2.54
	0.362		
	0.365		
NR2	0.342	0.341	2.44
	0.341		
	0.340		
NR3	0.236	0.235	2.05
	0.235		
	0.234		
NR4	0.374	0.376	2.58
	0.378		
	0.376		
NR5	0.322	0.321	2.28
	0.321		
	0.320		

ตารางที่ 4.33 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของฟอสเฟตของน้ำในถ้ำร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	din-รดูดกลืน แสง	ค่าการดูดกลืนแสง เฉลี่ย	ความเข้มข้น (ppm)
NR1	0.412	0.412	2.89
	0.411		
	0.413		
NR2	0.432	0.432	3.00
	0.434		
	0.430		
NR3	0.401	0.401	2.84
	0.400		
	0.402		
NR4	0.391	0.391	2.81
	0.392		
	0.390		
NR5	0.502	0.501	3.20
	0.500		
	0.501		

ตารางที่ 4.34 แสดงปริมาณฟอสฟे�ต ( ppm ) ของน้ำในแม่น้ำน่านตอนดีปี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤทธิ์ฟัน	ฤทธิ์หน้า	ฤทธิ์ออกซอน
NR1	1.89	2.54	2.89
NR2	1.61	2.44	3.00
NR3	1.67	2.05	2.84
NR4	2.04	2.58	2.81
NR5	2.61	2.28	3.20

## 4.9 การวิเคราะห์ท่าปริมาณ ตะกั่วและเหล็กในน้ำ โดยวิธี Atomic Absorption Speetrophotorneter

### 4.9.1 เครื่องมือ

1. เครื่อง atomic absorption spectrophotometer Model GBC 933, Australia
2. air-acetylene burner head
3. hollow - cathode lamps

### 4.9.2 สารเคมี และอุปกรณ์

1. lead (II) nitrate (A.R .grade)
2. nitric acid ( conc )
3. สารละลายนามาตรฐานเหล็ก
4. สารละลายนามาตรฐานตะกั่ว
5. ปีเปตต์
6. แท่งคนสาร
7. ชุดกรองสารละลายน้ำ
8. ขวดพลาสติก
9. บีกเกอร์
10. น้ำกั่นประจุลบ (deionize distill water)

### 4.9.3 วิธีการทดลอง

#### 1. เตรียมสารละลายน้ำ

1) เตรียมสารละลายน้ำมุตติก โดยการผสมกรดไฮดรอกซิลิกในตริกเข้มข้นกับน้ำในอัตราส่วน

$1:100$  ( $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}$ )

2) เตรียมสารละลายน้ำกรดในตริก  $0.1 \text{ M}$  (เตรียมจากการตรวจสอบในตริกเข้มข้น  $6.3 \text{ cm}^3$  แล้วเติมน้ำให้ครบ  $1000 \text{ cm}^3$ )

3) เตรียมสารละลายน้ำตะกั่ว ละลายน้ำตะกั่ว  $0.1923$  กรัม ลงใน  $\text{HNO}_3$  conc  $10 \text{ cm}^3$  ทำให้เป็น  $1 \text{ ลิตร}$  ด้วยน้ำกลั่น ( $1 \text{ cm}^3 = 100 \text{ ไมโครกรัม}$ )

4) เตรียมสารละลายน้ำเหล็ก ละลายน้ำเหล็ก  $0.100$  กรัม ในกรดเกลือ  $\text{HCl}$   $10 \text{ cm}^3$  และ conc  $\text{HNO}_3 3 \text{ cm}^3$  แล้วทำให้มีปริมาตรเป็น  $1 \text{ ลิตร}$  ด้วยน้ำกลั่น ( $1 \text{ cm}^3 = 100 \text{ ไมโครกรัม}$ )

5) สารละลายนามาตรฐานตะกั่ว  $10 \text{ ppm}, 20 \text{ ppm}, 100 \text{ ppm}$

6) สารละลายนามาตรฐานเหล็ก  $10 \text{ ppm}, 20 \text{ ppm}, 100 \text{ ppm}$

## 2. การสกัด (extraction) สารตะกั่วในน้ำ

ปีเปตต์กรดไนตริก ( $0.1\text{ M}$ )  $50\text{ cm}^3$  แล้วทำให้ร้อน จนมีอุณหภูมิ  $70^\circ\text{C}$  แล้วเท กรดไนตริกดังกล่าว ลงในตัวอย่างน้ำที่เก็บมา  $25\text{ cm}^3$  แล้วเขย่าประมาณ 30 นาที เทสารละลายลงในขวด พลาสติก และนำตัวอย่างน้ำมากรอง จนได้สารละลายใส่จึงนำสารดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์

## 3. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ หาปริมาณตะกั่วโดยวิธี standard addition

1. ปีเปตสารละลายตะกั่วครั้งละ  $5\text{ cm}^3$  ใส่ขวดคัปปริมาตร VUIR  $25\text{ cm}^3$  6 ใบ แล้ว ปีเปต สารละลาย มาตรฐาน  $20\text{ ppm}$  ที่เตรียมไว้  $0.00, 0.05, 1.00, 2.00, 3.00\text{ cm}^3$  ลงในขวดคัปปริมาตร แล้วเดินกรดไนตริก  $1:100$  จนมีปริมาตร  $25.00\text{ cm}^3$  จากนั้น นำไปหาปริมาณตะกั่วโดยวิธี atomic absorption spectrophotometer

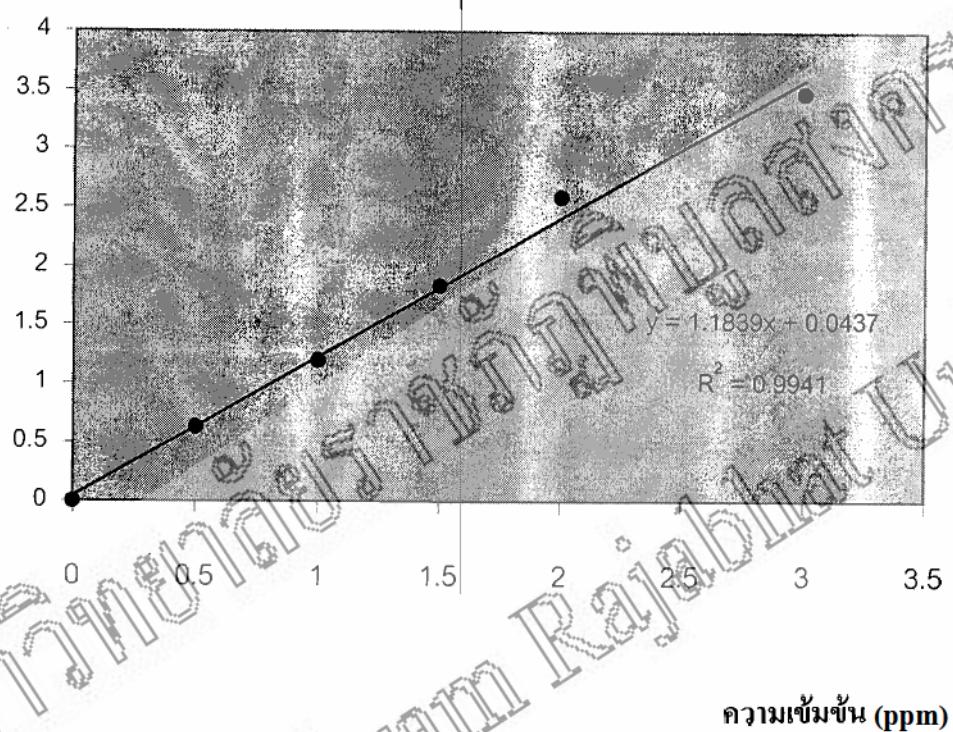
2. สำหรับการหาปริมาณเหล็กทำได้โดยใช้วิธีเดียวกันกับการหาปริมาณตะกั่วในน้ำ

ตารางที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายนมาตรฐานตะกั่ว กับค่าการดูดกลืนแสง

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำมาตรฐานตะกั่ว (ppm)	Absorbance
0.00	0.000
0.50	0.633
1.00	1.196
1.50	1.835
2.00	2.590
3.00	3.480

รูปที่ 4.3 กราฟนำเสนอแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายน้ำตราชูานตะกั่ว กับค่าการดูดกลืนแสง

ค่าการดูดกลืนแสง



ตารางที่ 4.36 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของตะกั่วของน้ำในถุงฟัน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
NR1	0.014	0.01
NR2	0.014	0.01
NR3	0.025	0.02
NR4	0.025	0.02
NR5	0.025	0.02

ตารางที่ 4.37 แสดงปริมาณตะกั่วในแม่น้ำน้ำมันถุงฟัน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
NR1	0.01
NR2	0.01
NR3	0.02
NR4	0.02
NR5	0.02

ตารางที่ 4.38 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของตะกั่วของน้ำในอุตุหน้าว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
NR1	0.030	0.02
NR2	0.032	0.03
NR3	0.028	0.02
NR4	0.029	0.03
NR5	0.023	0.02

ตารางที่ 4.39 แสดงปริมาณตะกั่วในเมม่น้ำน่านในอุตุหน้าว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
NR1	0.02
NR2	0.03
NR3	0.02
NR4	0.03
NR5	0.02

ตารางที่ 4.40 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของตะกั่วของน้ำในอุตุร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
NR1	0.022	0.02
NR2	0.023	0.02
NR3	0.031	0.03
NR4	0.036	0.03
NR5	0.031	0.03

ตารางที่ 4.41 แสดงปริมาณตะกั่วในแม่น้ำน่านในอุตุร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
NR1	0.02
NR2	0.02
NR3	0.03
NR4	0.03
NR5	0.03

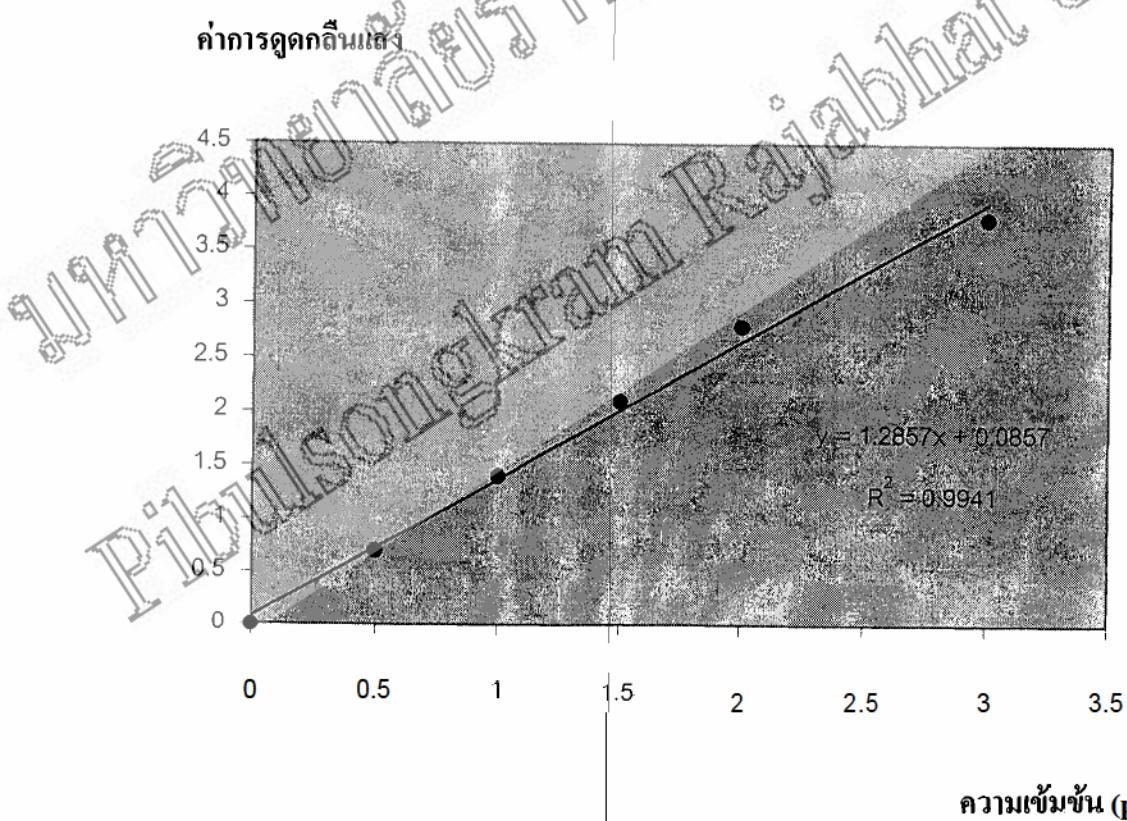
ตารางที่ 4.42 แสดงปริมาณตะกั่ว (ppm) ในเม็ดหินกรวดโดย

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤทธิ์ฟัน	ฤทธิ์ขาว	ฤทธิ์อ่อน
NR1	0.01	0.02	0.02
NR2	0.01	0.03	0.02
NR3	0.02	0.02	0.03
NR4	0.02	0.03	0.03
NR5	0.02	0.02	0.03

ตารางที่ 4.43 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายนามาตรฐานเหล็กกับค่าการดูดกลืนแสง

ปริมาณตัวอย่างในสารละลายน้ำ (ppm)	Absorbance
0.00	0.000
0.50	0.700
1.00	1.400
1.50	2.100
2.00	2.800
3.00	3.800

รูปที่ 4.4 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายนามาตรฐานเหล็กกับค่าการดูดกลืนแสง



ตารางที่ 4.44 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของเหล็กของน้ำในตุ่นฝน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณเหล็ก (ppm)
NR1	2.604	2.02
NR2	2.719	2.16
NR3	2.882	2.26
NR4	2.901	2.29
NR5	2.902	2.29

ตารางที่ 4.45 แสดงปริมาณเหล็กของแม่น้ำในตุ่นฝน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณเหล็ก (ppm)
NR1	2.02
NR2	2.16
NR3	2.26
NR4	2.29
NR5	2.29

ตารางที่ 4.46 แสดงค่าการคูดกลืนแสงและปริมาณของเหล็กของน้ำในอุดหนา

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการคูดกลืนแสง	ปริมาณเหล็ก (ppm)
NR1	2.062	1.55
NR2	2.058	1.50
NR3	2.062	1.55
NR4	2.068	1.60
NR5	2.062	1.55

ตารางที่ 4.47 แสดงปริมาณของเหล็กของแม่น้ำในอุดหนา

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณเหล็ก (ppm)
NR1	1.55
NR2	1.50
NR3	1.55
NR4	1.60
NR5	1.55

ตารางที่ 4.48 แสดงค่าการคูดกลืนแสงและปริมาณของเหล็กของน้ำในอุตุร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการคูดกลืนแสง	ปริมาณเหล็ก (ppm)
NR1	2.713	2.15
NR2	2.714	2.15
NR3	2.813	2.21
NR4	2.780	2.20
NR5	2.766	2.19

ตารางที่ 4.49 แสดงปริมาณเหล็กของแม่น้ำในอุตุร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณเหล็ก (ppm)
NR1	2.15
NR2	2.15
NR3	2.21
NR4	2.20
NR5	2.19

ตารางที่ 4.50 แสดงปริมาณเหล็ก ( ppm) ในเม่น้ำนานตลอดปี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
NR1	2.02	1.55	2.15
NR2	2.16	1.50	2.15
NR3	2.26	1.55	2.21
NR4	2.29	1.60	2.20
NR5	2.29	1.55	2.19

## บทที่ 5

### สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในแม่น้ำน่าน ในเขตอุบลราชธานี จังหวัดพิษณุโลก 5 แหล่ง ในช่วงระยะเวลา 1 ปี ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 5.1 แสดงอุณหภูมิ pH ความชุ่น DO BOD ในไตรต์-ในโตรเจน พอสเฟต ตะกั่วและเหล็ก ในแม่น้ำ น่านในฤดูฝน

สถานที่เก็บ ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	ความชุ่น (NTU)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	$\text{NO}_2^-$ -N (mg/l)	$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	Pb (mg/l)	Fe (mg/l)
สะพาน แสงดาว	29.80	7.71	6.83	7.21	1.10	2.50	1.89	0.01	2.02
สะพาน นเรศวร	29.83	7.70	6.24	7.00	1.00	2.20	1.61	0.01	2.16
สะพาน เอกาทศรด	29.74	7.71	6.23	7.10	1.00	2.60	1.67	0.02	2.26
สะพาน วัดพันปี	29.84	7.62	6.43	7.11	1.00	2.50	2.04	0.02	2.29
สะพาน วัดจุฬามณี	29.97	7.62	6.91	6.90	1.00	2.60	2.61	0.02	2.29

ตารางที่ 5.2 แสดง อุณหภูมิ pH ความชุ่น DO BOD ในไตรต์-ในโตรเจน พอสเฟต ตะกั่วและเหล็กในแม่น้ำ น่านในฤดูหนาว

สถานที่ เก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	ความชุ่น (NTU)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	$\text{NO}_2^-$ -N (mg/l)	$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	Pb (mg/l)	Fe (mg/l)
สะพาน แสงดาว	28.80	7.30	5.83	6.65	1.35	3.00	2.54	0.02	1.55
สะพาน นเรศวร	28.80	7.20	5.24	6.63	1.20	3.10	2.44	0.03	1.50
สะพาน เอกาทศรด	28.72	7.20	5.23	6.83	1.30	3.31	2.05	0.02	1.55
สะพาน วัดพันปี	28.81	7.31	5.13	6.73	1.54	3.41	2.58	0.03	1.60
สะพาน วัดจุฬามณี	28.30	7.21	4.94	6.88	1.30	3.13	2.28	0.02	1.55

ตารางที่ 5.3 แสดง อุณหภูมิ pH ความชุ่น DO BOD ในไตรเตต-ไนโตรเจน พอสฟेट ตะกั่วและเหล็ก ในแม่น้ำน่านในดูคร้อน

สถานที่ เก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	ความชุ่น (NTU)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Pb (mg/l)	Fe (mg/l)
สะพาน แสงดาว	30.00	7.64	5.83	6.67	1.50	3.31	2.89	0.02	2.15
สะพาน นเรศวร	30.50	7.77	5.24	6.73	1.70	3.60	3.00	0.02	2.15
สะพาน เอกาทศร	30.70	7.76	5.23	6.66	1.50	3.50	2.84	0.03	2.21
สะพาน วัดพันปี	30.68	7.75	5.18	6.80	1.41	3.50	2.81	0.03	2.20
สะพาน วัดจุฬามณี	30.07	7.61	5.11	6.90	1.30	3.70	3.20	0.03	2.19

ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในแม่น้ำน่านได้ผลสรุปโดยทั่วไปดังนี้

อุณหภูมิ	28.30 - 30.70	องศาเซลเซียส (°C)
pH	7.20 - 7.77	
ความชุ่น	4.94 - 6.91	NTU
DO	6.63 - 7.21	มิลลิกรัม / ลิตร
BOD	1.00 - 1.70	มิลลิกรัม / ลิตร
NO <sub>2</sub> -N	2.20 - 3.70	มิลลิกรัม / ลิตร
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1.61 - 3.20	มิลลิกรัม I ลิตร
Pb	0.01 - 0.03	มิลลิกรัม I ลิตร
Fe	1.50 - 2.29	มิลลิกรัม 1 ลิตร

อุณหภูมิ จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28.30 - 30.70 องศาเซลเซียสซึ่ง จากการวิเคราะห์พบว่า อุณหภูมิของน้ำเปรียบเท่ากับ ดังเช่น ดูหน้าในช่วงอุณหภูมิต่ำสุด ที่ สะพานวัดจุฬามณีที่ อุณหภูมิ 28.30 องศาเซลเซียสและสูงสุดในดูคร้อนที่ สะพานเอกาทศร 30.70 องศาเซลเซียส (จากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ในแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ของน้ำไม่ สูงกว่า อุณหภูมิธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส) คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537)

จากการวิเคราะห์พบว่าอุณหภูมิของน้ำอยู่ในเกณฑ์ปกติซึ่งไม่มีผลกระทบกับสิ่งมีชีวิต และการละลายของออกซิเจนในน้ำ

ค่าความเป็นกรดและเบส ( pH ) จากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในแม่น้ำน่านพบว่ามีค่า pH อยู่ในช่วง 7.20 - 7.77 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติของน้ำทั่วไป และพบว่าปริมาณ pH มากที่สุดในฤดูร้อน pH 7.77 ที่สะพานนเรศวร และต่ำสุดในฤดูหนาว pH 7.20 ที่สะพานนเรศวร สะพานเอกสารรถ (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มน้ำของอนามัยโลก ปี 2527 และเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร 2531 น้ำดื่มควรมี pH (6.5 - 8.5) คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537) จากค่า pH ของน้ำในแม่น้ำน่านสามารถนำไปใช้อุปโภคบริโภคได้ ค่า pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เล็กน้อยเพราการละลายของสารเคมีในดินน้ำบางตัวอาจลดลงได้ เมื่อน้ำบันตุ่นทำละลายเร็วๆ ในดินได้ดี

ความชุ่มจากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมีความชุ่ม 4.94 - 6.91 NTU จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณความชุ่มมากที่สุดในฤดูฝนที่สะพานวัดอุพารามมีค่า 6.91 NTU และต่ำสุดในฤดูหนาวที่สะพานวัดอุพารามมี 4.94 NTU (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มน้ำของอนามัยโลก ปี 2527 และเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร 2531 น้ำดื่มควรมีความชุ่มไม่เกิน 5 NTU คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537)

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความชุ่มน้ำส่วนใหญ่เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และจากการวิเคราะห์ผลข้างเคียงพบว่าแม่น้ำน่านเกิดจากต้นน้ำที่มีคิดตะกอนค่อนข้างมากและไหลมาจากการต้นกำเนิดของน้ำที่เกิดการผุกร่อนของดินและการพังทะลายของดิน ก่อขึ้นข้างสูง ในการแก้ไขและป้องกัน ควรทำการปลูกพืชเพื่อการป้องกันการพังทะลายของชั้นดินและดินบริเวณริมฝั่งแม่น้ำ ที่เป็นสาเหตุการเพิ่มความชุ่มน้ำ ซึ่งความชุ่มของน้ำแปรตามฤดูกาล อาจเกิดจากปริมาณการพังทะลายของดิน ความชุ่มน้ำของน้ำในแม่น้ำน่านไม่เหมาะสมแก่การบริโภคและอุปโภคในทันที ควรที่จะนำน้ำดังกล่าวไปผ่านกระบวนการบำบัดก่อน เช่นการกรอง หรือการตกรตะกอนก่อนนำมาใช้จึงจะปลอดภัยกว่า

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ออกซิเจนมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำมาก ออกซิเจนเป็นตัวควบคุมการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ ไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ที่ต้องการออกซิเจนในการหายใจ และยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำอีกด้วย ปริมาณการละลายของออกซิเจนในห้วงเวลาใดเวลาหนึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ ความดันอากาศ และความเดื๋ม ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะ

เพิ่มน้ำมีอุณหภูมิของน้ำลดลง

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้พบว่า มีปริมาณ 6.63-7.21 มิลลิกรัมต่อ  
ลิตร DO มากที่สุดในถุงฟันที่อุณหภูมิ 29.80 องศาเซลเซียส พบร่วมค่า DO 7.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่  
สะพานแสงดาว และปริมาณ DO น้อยที่สุดในถุงหน้าที่อุณหภูมิ 28.80 องศาเซลเซียสมีค่า DO  
6.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่สะพานเรศวร (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มของอนามัยโลก ปี 2527 และ<sup>1</sup>  
เกณฑ์คุณภาพน้ำบ่อบึงริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่ว  
ราชอาณาจักร 2531 น้ำดื่มรวมมีค่า DO มากกว่า 4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ  
ทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537)

จากการวิเคราะห์พบว่าค่า DO ของน้ำอยู่ในระดับปกติโดยทั่วไป ซึ่งจากมาตรฐานค่า DO  
มากกว่า 6.00 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำไม่ต้องผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้น เพราะมีค่ามากกว่า DO  
4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามน้ำดื่มน้ำดื่มน้ำดื่มจะนำไปใช้ต้องผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นก่อน

BOD เป็นปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้โดยแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่  
ย่อยสลายได้ ภายใต้ภาวะที่มีออกซิเจน ในการวิเคราะห์ครั้งนี้พบว่ามีค่า 1.00 – 1.70 มิลลิกรัมต่อลิตร  
ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำพบว่ามีค่าสูงสุดในถุงร้อนที่สะพานเรศวร มีค่า 1.7 มิลลิกรัมต่อ  
ลิตร และต่ำสุดในถุงฟันที่ สะพานนเรศวร สะพานเอกาทศรัตน์ สะพานวัดพันปี สะพานวัดจุฬามณี  
1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ( จากมาตรฐานคุณภาพของน้ำตามผู้ดินรวมไว้เท่า 15.00 มิลลิกรัมต่อลิตร  
คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537)

จากค่าที่ได้คุณภาพของน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี เพราะมีค่า BOD ไม่สูงเกินกว่าค่าที่กำหนด

ปริมาณไนโตรต์-ไนโตรเจน ในครัวเรือนค่า BOD ไม่สูงเกินกว่าค่าที่กำหนด  
ปริมาณไนโตรต์-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 2.20 - 3.70 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ครั้งนี้พบว่ามี  
ปริมาณสูงสุด 3.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ในถุงร้อนที่สะพานวัดจุฬามณี และมีค่าต่ำสุด 2.20 มิลลิกรัมต่อ  
ลิตร ในถุงฟันที่สะพานนเรศวร (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มของอนามัยโลก ปี 2527 และเกณฑ์คุณ  
ภาพน้ำบ่อบึงริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณา  
จักร 2531 น้ำดื่มรวมมีปริมาณไนโตรต์-ไนโตรเจน ไม่เกิน 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เกณฑ์มาตรฐาน  
ระดับคุณภาพมาตรฐานคุณภาพน้ำในประเทศไทย กองการจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ  
กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม 2538 )

จากค่าที่ได้ปริมาณไนโตรต์ – ไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์ปกติ ไนโตรต์- ไนโตรเจนจากสิ่ง  
มีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ที่อยู่ในน้ำ ได้เสียชีวิตลง และไนโตรต์ยังเป็นสื่อกองกลางสภาวะวัฏจักร  
ในโตรเจน ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาทั้งที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนและในโตรเจนยังเป็นชาติอาหาร  
สำหรับพืชนำ

**ปริมาณฟอสเฟตรวม** ในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำพบว่ามีปริมาณ ฟอสเฟตอยู่ในช่วง 1.61 - 3.20 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่ามีค่าสูงสุด 3.20 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูร้อน ที่สะพานวัดจุพามณี และต่ำสุดในฤดูฝนที่สะพานนเรศวร มีค่า 1.61 มิลลิกรัมต่อลิตร(ซึ่งจากเกณฑ์มาตรฐานไม่ได้กำหนดไว้ แต่ไม่ควรมีมากจนเกินไป)

ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดเกิดจากฟอสเฟตจากน้ำทึ้งจากอาการบ้านเรือนหรือการขุดล่างเป็นส่วนใหญ่ ผงซักฟอกและสารซักล้างต่างๆมีปริมาณฟอสเฟตที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งจะเป็นปัจจัยในการหลอกของน้ำและการบดบังแสงสว่างลงสู่ในแม่น้ำ ทำให้ส่องผลกระทบต่อสิ่งที่มีชีวิตที่อยู่ในน้ำหรือเมื่อพืชเหล่านี้ตายลง ก็จะถูกย่อยโดยเชื้อราและทำให้น้ำเสียได้ซึ่งจากเกณฑ์มาตรฐานไม่ได้กำหนดไว้ แต่ไม่ควรมีมากจนเกินไป

**ปริมาณตะกั่ว** ในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำพบว่ามีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตรจากการวิเคราะห์พบว่ามีค่าสูงสุดในฤดูหนาวมี 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ สะพานนเรศวร สะพานวัดพันปี และในฤดูร้อนที่สะพานเอกาคครถ สะพานวัดพันปี สะพานวัดจุพามณี และมีค่าต่ำสุดในฤดูฝนมีค่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรที่สะพานแสงคำและสะพานนเรศวร (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มน้ำของอนามัยโลก ปี 2527 และเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร 2531 น้ำดื่มน้ำมีปริมาณตะกั่วไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537) จากการวิเคราะห์ในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณตะกั่วน้อยมาก และอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ ซึ่งเป็นข้อดีของแม่น้ำน่านที่ไม่มีโรงงาหนอดสาหกรรมตั้งอยู่ในแหล่งดั้งกล่าว จึงไม่พบปริมาณตะกั่ว และคุณภาพน้ำข้างสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ลำดับหนึ่ง

**ปริมาณเหล็ก** ในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำพบว่ามีปริมาณเหล็ก อยู่ในช่วง 1.50 – 2.29 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์พบว่ามีค่าสูงสุด 2.29 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูฝนที่สะพานวัดจุพามณี และมีค่าต่ำสุด 1.50 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูหนาวที่สะพานนเรศวร (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มน้ำของอนามัยโลก ปี 2527 และเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร 2531 น้ำดื่มน้ำมีปริมาณเหล็ก 0.30 มิลลิกรัม/ลิตร คุณภาพวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537)

จากการวิเคราะห์ในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณเหล็กสูงกว่าที่กำหนดและอยู่ในเกณฑ์สูง ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางคุณภาพพบว่ามีปริมาณเหล็กสูงพอประมาณอาจเกิดจากแร่เหล็กที่ปะปนอยู่ในดินที่เกิดจากการกัดเซาะและการพังทลายของดินไหลลงสู่แม่น้ำน่าน แต่มีคุณภาพดีที่สามารถนำไปใช้ในการอุปโภคและต้องนำไปทำการบำบัดขั้นต้นก่อนนำไปใช้

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ทำให้เราทราบถึงคุณภาพของแม่น้ำน่านในเขตอำเภอเมือง ซึ่งเราสามารถนำข้อมูลไปเสนอให้กับประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแม่น้ำน่าน ใน การดูแลรักษาคุณภาพของแม่น้ำน่าน เพื่อเป็นการส่งเสริมคุณภาพ และความจำเป็นในการดูแลรักษา เพื่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิษณุโลก  
Pibulsongkram Rajabhat University

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

**ข้อวัฒน์ สุขดี . การศึกษาคุณภาพทางเคมีและมลภาวะของน้ำธรรมชาติในเขตเทศบาลเชียงใหม่.**

เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2524.

**ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ. วิเคราะห์น้ำเสีย■ กรุงเทพมหานคร , สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย : เรื่องแก้วการพิมพ์ , 2540.**

**บุญเติม แซ่ปัง . วิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ท้องแดง และสังกะสีในดินตะกอน  
อุ่มน้ำเมย จังหวัดตาก. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2536.**

**บุญพฤกษ์ จาญาณาระ . เคมิบรรยาย. พิมพ์ครั้งที่ 5 .กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์อักษรเจริญทัญญานี ,  
2535.**

**พัชรา วงศ์ชุมพิศ . คุณภาพน้ำทางกายภาพที่สำคัญบางประการอุ่มน้ำแม่น้ำเลย . กรุงเทพมหานคร :  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2536.**

**สมาคมสิ่งแวดล้อมไทยเพื่อประเทศไทย . การควบคุมน้ำริโภค. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์  
เรื่องแก้วการพิมพ์ , 2540.**

**สุทธิพงศ์ เตศีรันพเก้า . ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอนบริเวณอุ่มน้ำเมยจังหวัดตาก.  
กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2536.**

**อนามัย กรม, กระทรวงสาธารณสุข. การควบคุมน้ำริโภค. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์  
ธรรมศาสตร์ , 2540.**

**\_\_\_\_\_. คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ธรรมศาสตร์ ,  
2537.**

**\_\_\_\_\_. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ . กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์  
ธรรมศาสตร์ , 2540**

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

**อาจารณ์ อิงบง . การนำน้ำดี BOD และ COD ในน้ำเสียของชุมชนเมืองเพชรบูรี โดยใช้ดินแห้งสลับ  
ร่วมกับพืช. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2536.**

ภาษาอังกฤษ

American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Waste –water.

New York :1985.

R.D.Bran. **Introduction to Instrument Analysis**: New York :Mc Graw – Hill BooK. Co.,1987.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University

## ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล侈ogr  
Pibulsongkram Rajabhat University

# ภาคผนวก

## วิธีการคำนวณและรายงานผลสี่ได้จากการวิเคราะห์

### The Evaluation of the Reliability of Analytical Data

ผลการที่ได้จากการวิเคราะห์หาคือ ปริมาณค่าที่วัด ได้ เช่น น้ำหนัก ปริมาตร ความเข้มข้น ค่าการนำไฟฟ้า อุณหภูมิ pH ค่าการดูดกลืนแสง เป็นต้น เมื่อได้ข้อมูลเหล่านี้ จากการทดลองแล้วต้อง รู้จักวิธีการนำเสนอข้อมูลเหล่านี้เพื่อการรายงาน โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. เมื่อจากในการวิเคราะห์ข้อมูลทุกรายการที่ต้องทำการทดลองมากกว่า 1 ครั้ง (ปกติจะทำ 2-5 ครั้ง) การรายงานผลการทดลองจะใช้ค่าเฉลี่ย (arithmetic mean) และก่อนที่จะนำค่าแต่ละค่ามาหาค่าเฉลี่ยควรมีการทดสอบค่าที่มีค่าปกติที่มากหรือน้อยเกินไปว่าควรนำมาหาค่าเฉลี่ยด้วยหรือไม่

2. การบันทึกผลการทดลองและการคำนวณจะต้องคำนึงถึงตัวเลขนัยสำคัญ (significant figure) หรืออนันต์ที่ต้องแสดงว่าการทดลองมีความถูกต้อง (accuracy) หรือความผิดพลาด (error) อย่างไร และถ้าทำการทดลองซ้ำหลายครั้งควรตรวจสอบค่าข้อใดค่าใดที่แน่นอน (precision) หรือ reproducibility ของวิธีการทดลองเป็นอย่างไร

3. ผลจากการศึกษาที่คำนวณได้แล้วสามารถขึ้นต้น สามารถใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปอีก เพื่อให้ทราบผลที่ได้ร่วมกับความถูกต้องแก้ไขและตอบในระดับมั่นใจเท่าไร

#### ค่า Mean

ผลที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

X = ผลที่ได้จากการทดลอง

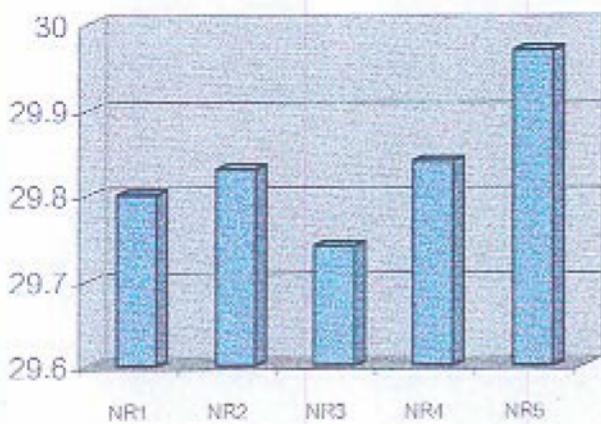
$\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้งหมด

N = จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

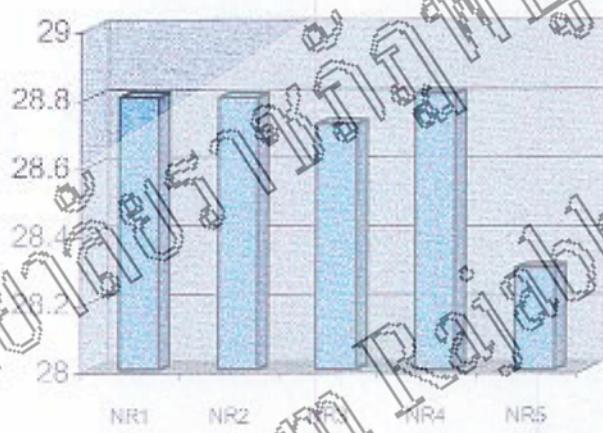
กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของหน่วยงาน



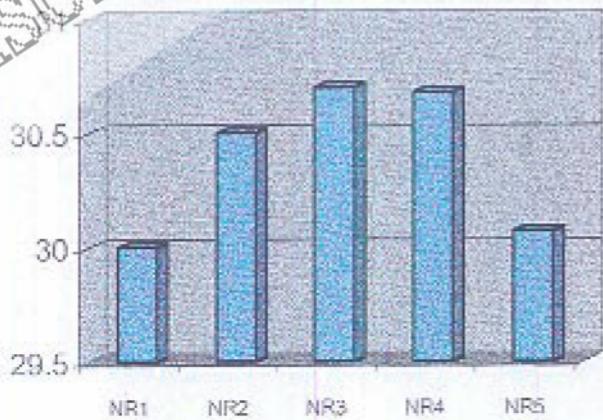
ตารางที่แสดงค่าอุณหภูมิเมื่อน้ำร้อนถูกใส่ (องศาเซลเซียส)



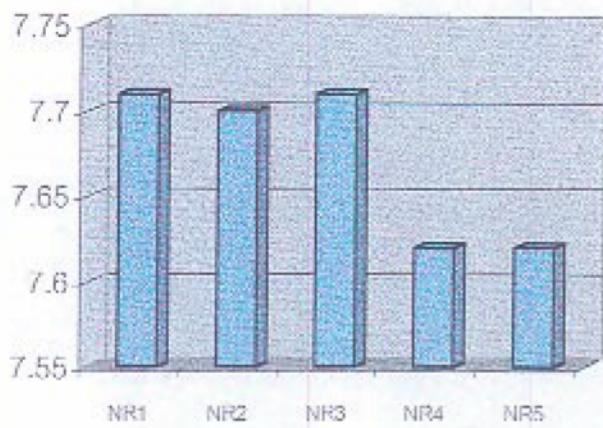
ตารางที่แสดงปริมาณค่าอุณหภูมิเมื่อน้ำร้อนถูกใส่ (ลิตรต่อวินาที)



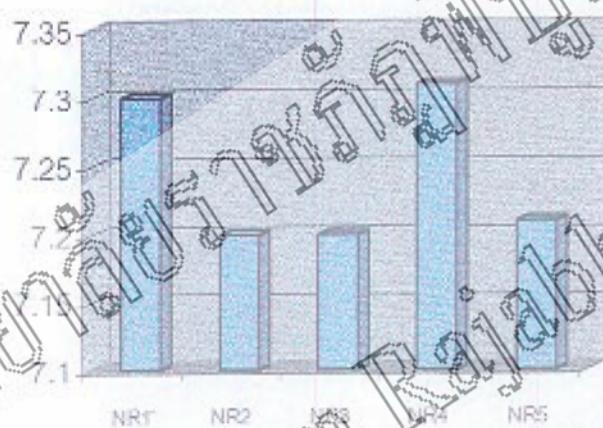
ตารางที่แสดงปริมาณน้ำร้อนที่ใส่เข้าไปในถัง (ลิตรต่อวินาที)



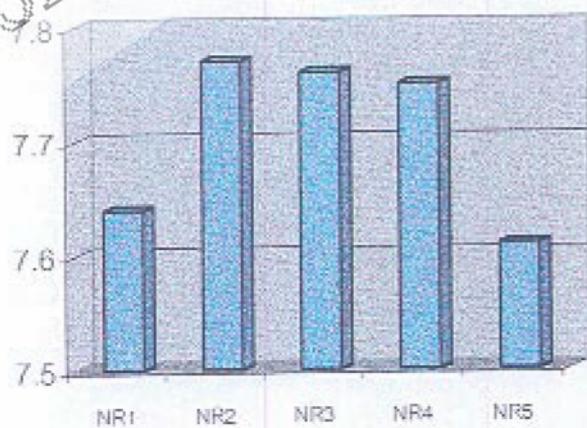
กราฟแสดงค่า pH เมื่อน้ำมีอุณหภูมิ



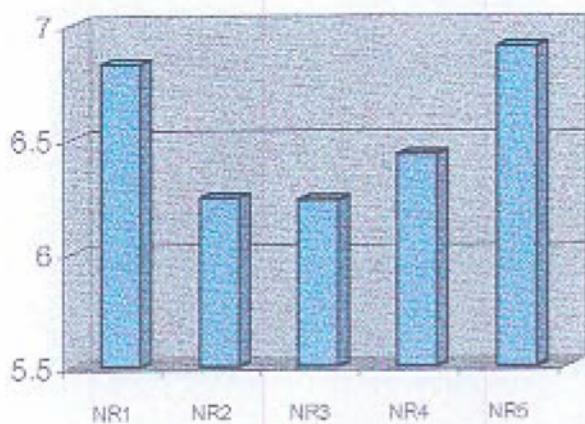
กราฟแสดงปริมาณ pH เมื่อน้ำมีอุณหภูมิ



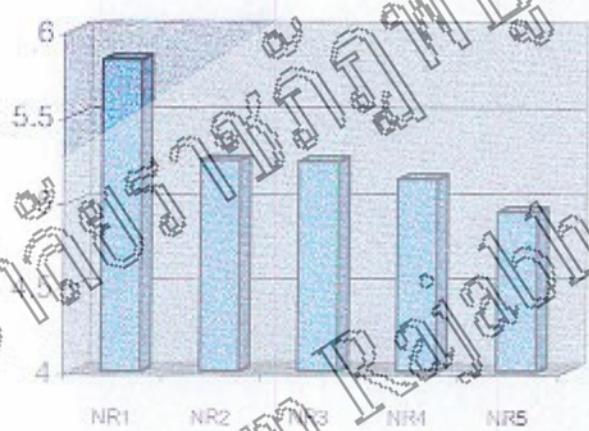
กราฟแสดงค่า pH เมื่อน้ำมีอุณหภูมิร้อน



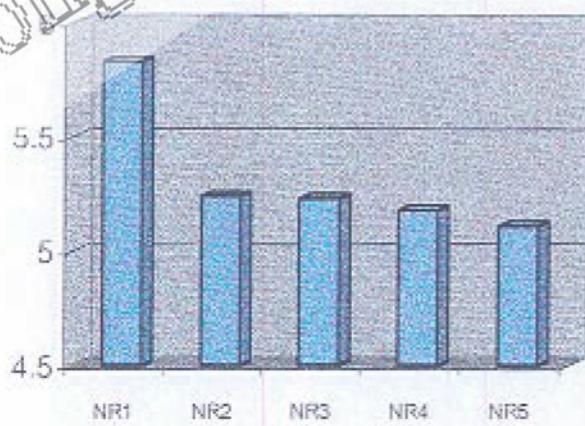
กราฟแสดงผลค่าความชุ่มเย็นที่ก่อตัวอุ่น (NTU)



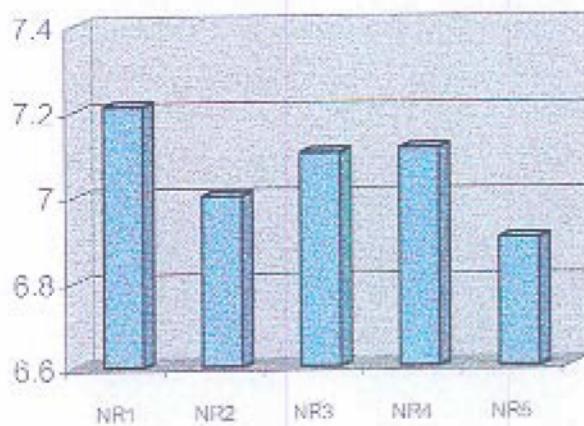
กราฟแสดงผลปริมาณค่าความชุ่มเย็นที่ก่อตัวอุ่น (NTU)



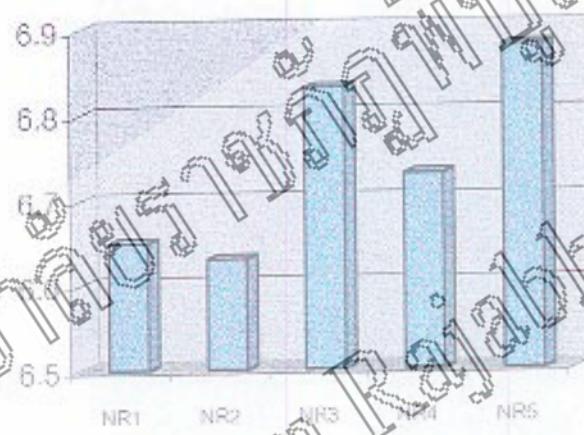
กราฟแสดงผลค่าความชุ่มเย็นที่ก่อตัวอุ่นต่อร่อง (NTU)



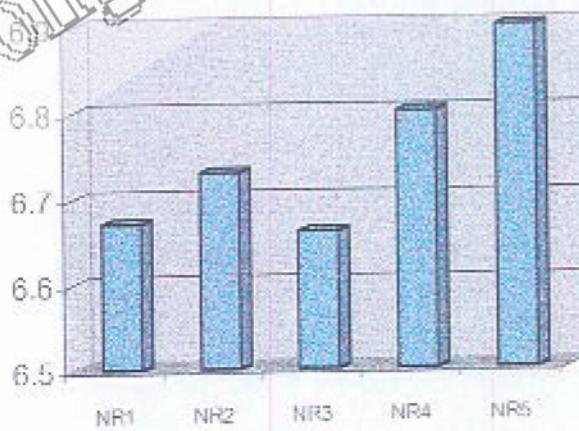
ตารางผลค่า DO เมตริกก้าวต่อวินาที (mg/l)



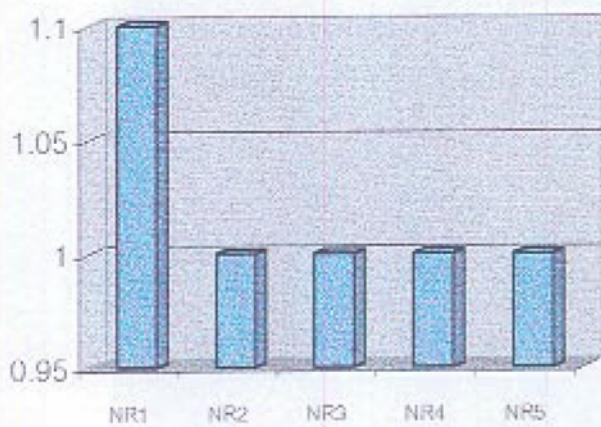
ตารางผลค่าปริมาณดั่งเมตริกก้าวต่อวินาที (mg/l)



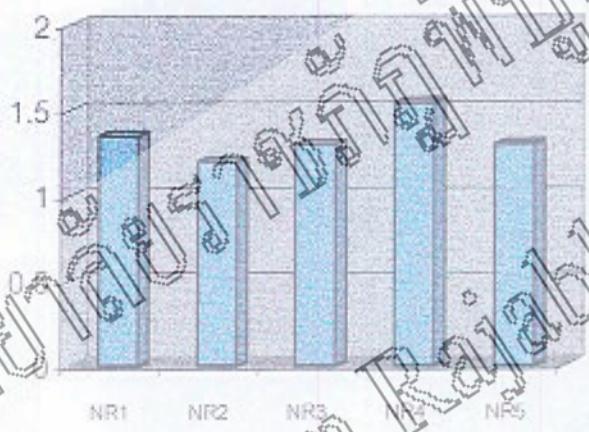
ตารางผลค่า Zn ในน้ำเสียกำจัดต่อชั่วโมง (mg/l)



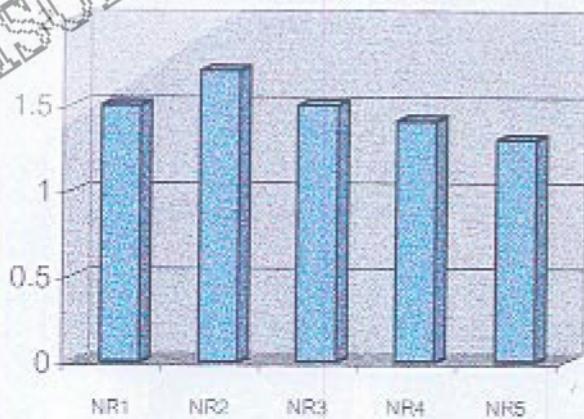
ตารางผลการต่อ BOD แผ่นกําลังดักไขมัน (mg/l)



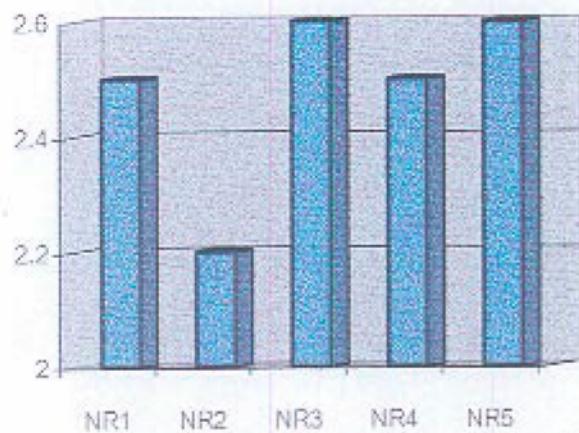
ตารางผลการต่อ BOD แผ่นกําลังดักไขมัน (mg/l)



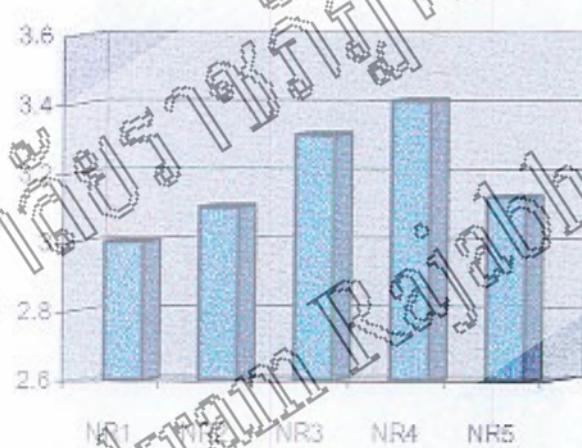
ตารางผลการต่อ BOD แผ่นกําลังดักไขมัน (mg/l)



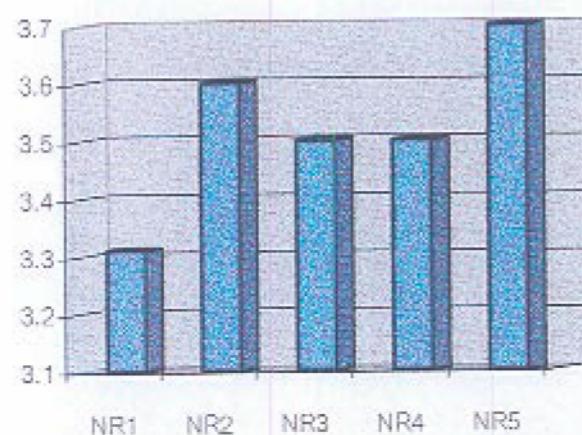
กราฟแสดงปริมาณในไครต์-ไนโตรเจนแอกซิเจนที่ก้าวผ่านอุกรุปาม (ppm)



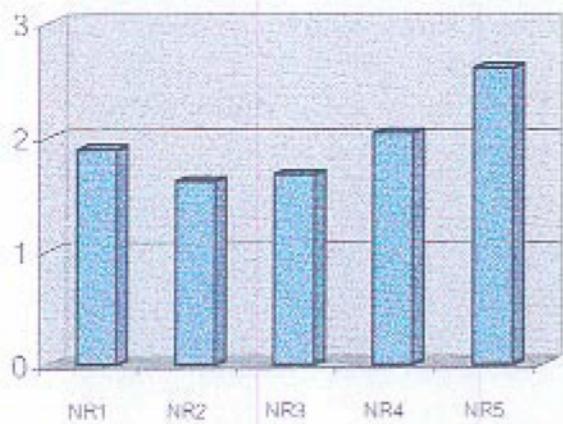
กราฟแสดงปริมาณในไครต์-ไนโตรเจนแอกซิเจนที่ก้าวผ่านอุกรุปาม (ppm)



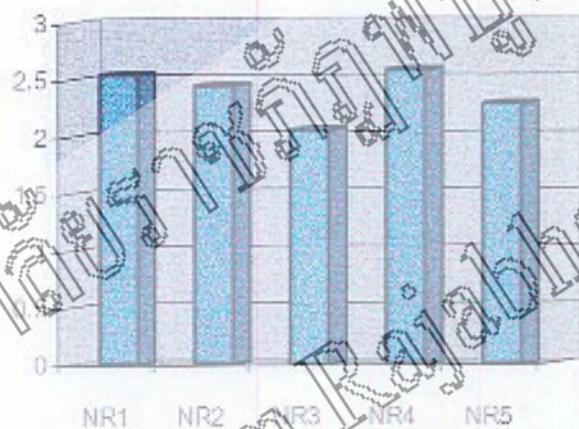
กราฟแสดงปริมาณในไครต์ - ในไครต์เจนเม่น้ำที่ผ่านอุกรุปาม (ppm)



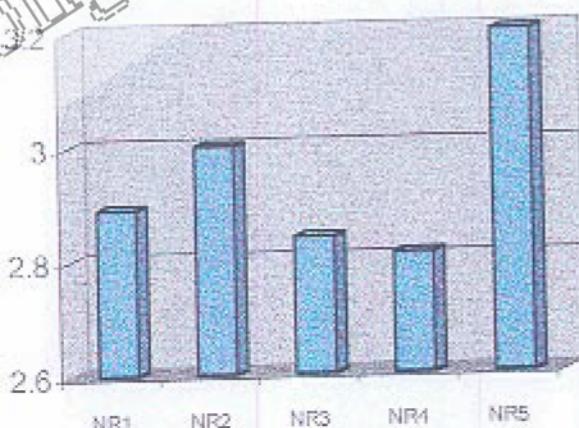
ตารางแสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่ต้องการ ( $\text{ppm}$ )



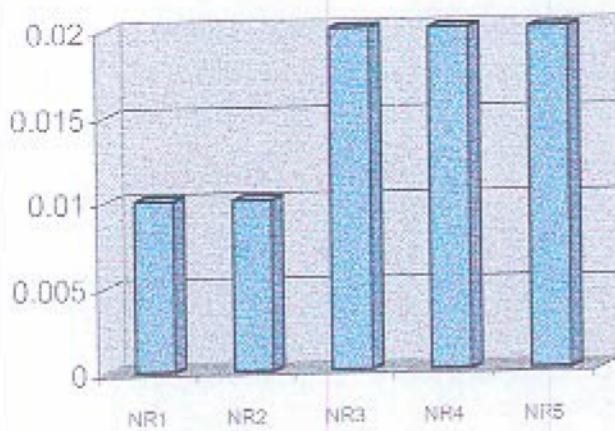
ตารางแสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่ต้องการ ( $\text{ppm}$ )



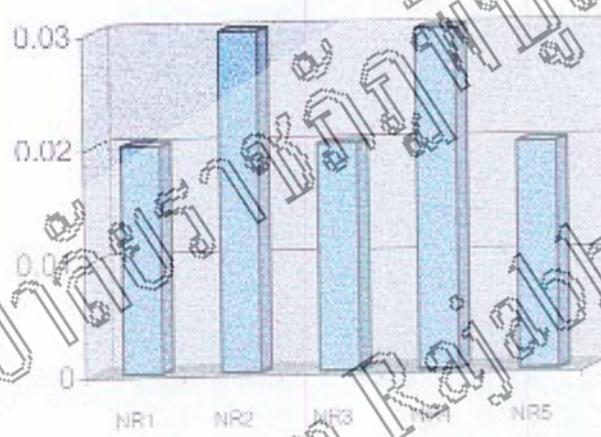
ตารางแสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่ต้องการ ( $\text{ppm}$ )



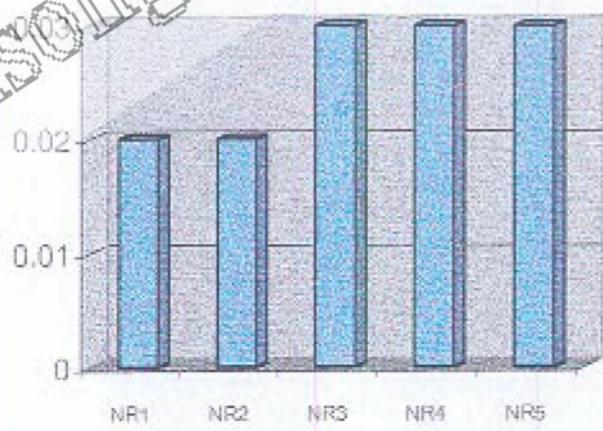
ตารางแสดงปริมาณคงเหลือเมมเบรนสำหรับตุ่มน้ำ (ppm)



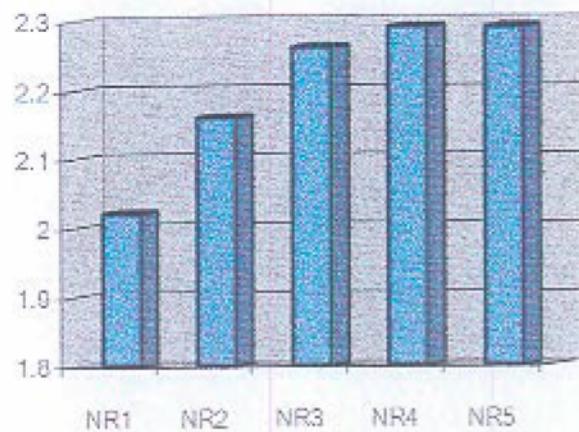
ตารางแสดงปริมาณคงเหลือเมมเบรนสำหรับตุ่มน้ำตุ่น (ppm)



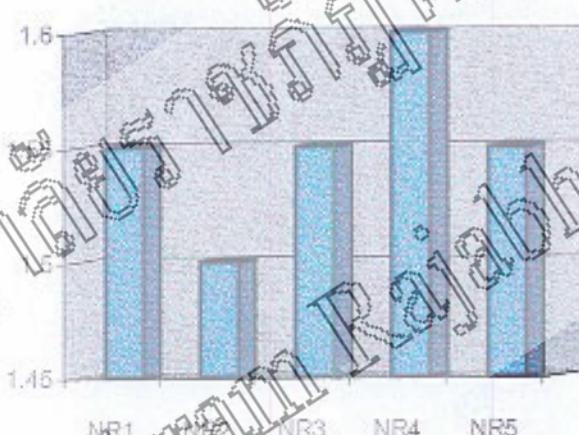
ตารางแสดงปริมาณคงเหลือเมมเบรนสำหรับตุ่มน้ำตุ่น (ppm)



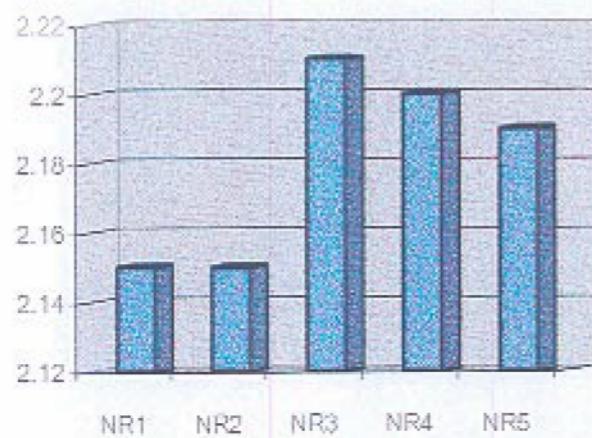
กราฟแสดงปริมาณเหล็กแม่น้ำในอุตุฟืน (ppm)



กราฟแสดงปริมาณเหล็กแม่น้ำในห้วยตาด (ppm)



กราฟแสดงปริมาณเหล็กแม่น้ำในอุตุร่อง (ppm)



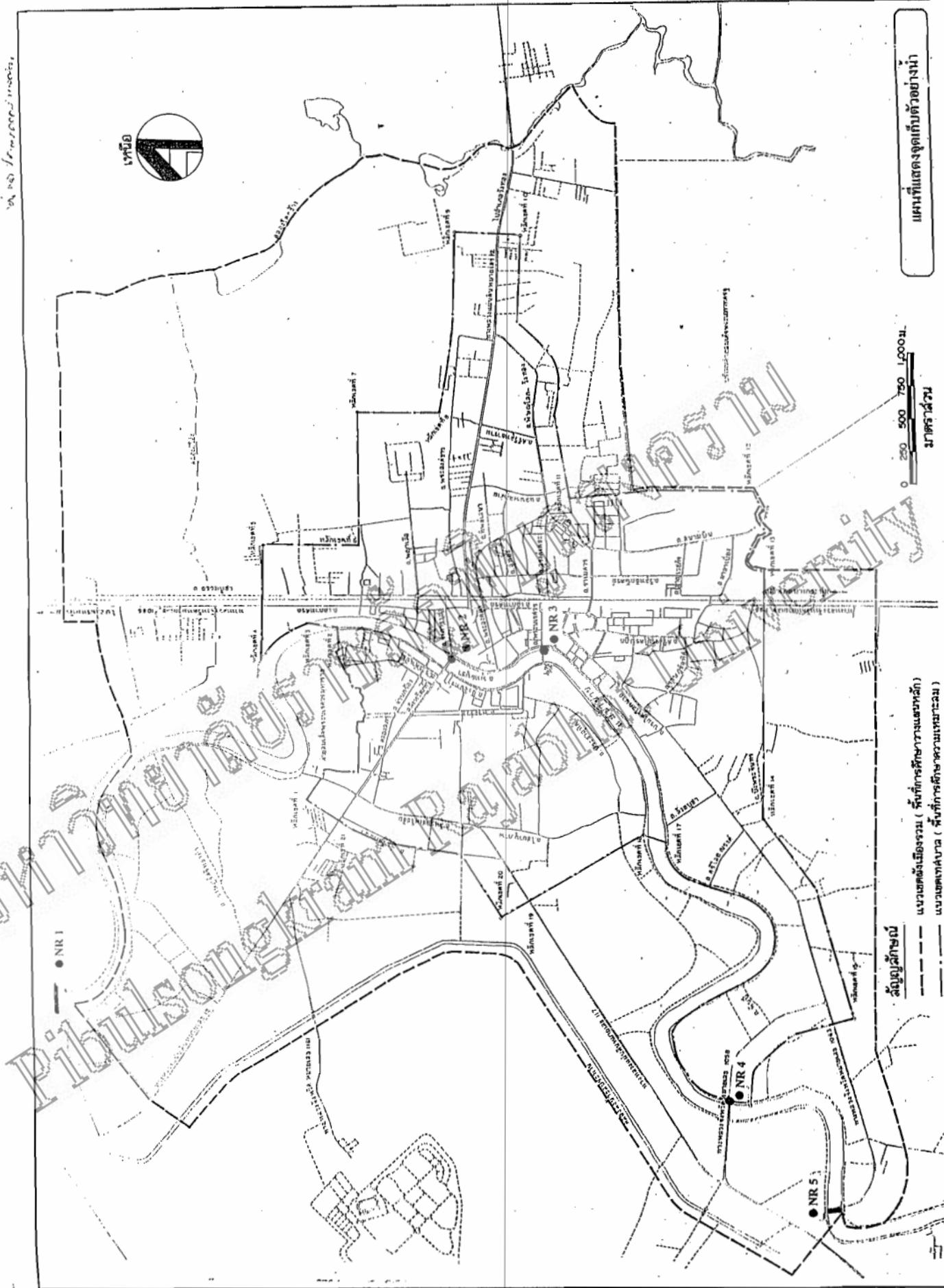


แผนที่เขตจังหวัดท่องเที่ยว

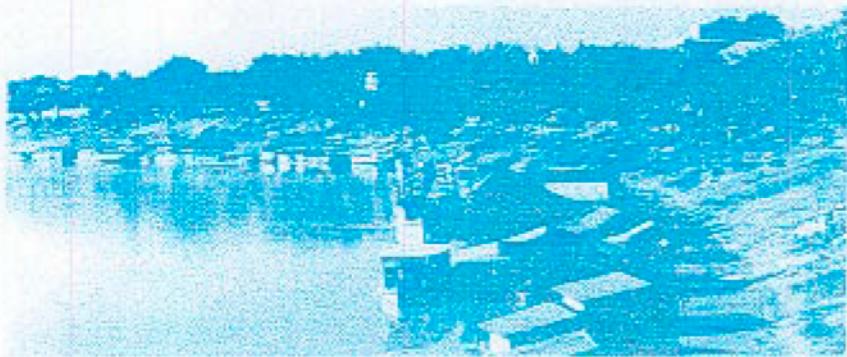
มาตราส่วน  
0 250 500 750 1,000 ม.

แนวเส้นทางเรือรบ ( เส้นทึบ )  
แนวเส้นทางเรือหก ( เส้นขวาง )  
แนวเส้นทางเรือหก ( เส้นขวาง )

จุดท่องเที่ยวยอดนิยม



รูปแม่น้ำน่านอุตรานาด



รูปแม่น้ำน่านอุตรอุบล



รูปแม่น้ำน่านอุตรร้อน



มหาวิทยาลัยราชภัฏพิษณุโลก  
Pibulsongkran Rajabhat University

# ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537)

ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพ

สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 32 (1) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติประกาศกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ไว้ดังต่อไปนี้

หมวด 1

บททั่วไป

## ข้อ 1 ในประกาศนี้

“แหล่งน้ำผิวดิน” หมายถึง แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำสาธารณะอื่น ๆ ที่อยู่ภายใต้การดูแล ซึ่งหมายความรวมถึงแหล่งน้ำสาธารณะที่อยู่ภายใต้การดูแล บนเกาะด้วย แต่ไม่รวมถึงน้ำบาดาล และในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นอยู่ดีดกันทะเลให้หมายความรวมถึงแหล่งน้ำที่อยู่ภายใต้การดูแลหรือปักทะทะเล

ประกาศนี้แตบทบทบาทของแหล่งน้ำให้อธิบายโดยละเอียดตามที่กรมจัดทำกำหนด

หมวด 2

## ประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ข้อ 2 ให้แบ่งน้ำผิวดินออกเป็น 5 ประเภทคือ แหล่งน้ำประเภทที่ 1 แหล่งน้ำประเภทที่ 2 แหล่งน้ำประเภทที่ 3 แหล่งน้ำประเภทที่ 4 และแหล่งน้ำประเภทที่ 5

(1) แหล่งน้ำประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำมีสภาพดีตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทึบจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการนำเข้าออกตามปกติ

(ข) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(ค) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

(2) แหล่งน้ำประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทึบจากกิจกรรมทางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการนำเข้าออกตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

- (ข) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ  
(ค) การประมง  
(ง) การว่าyan้ำและกีฬาทางน้ำ
- (3) แหล่งน้ำประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทึ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

- (ข) การเกษตร
- (4) แหล่งน้ำประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทึ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

- (ข) การอุดสาหกรรม
- (5) แหล่งน้ำประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทึ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ข้อ 3 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ต้องมีสภาพตามธรรมชาติ และสามารถใช้ประโยชน์ได้ตามข้อ 2 (1)

ข้อ 4 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ต้องมีมาตรฐานคึ่งต่อไปนี้

(1) ไม่มีวัตถุหรือสิ่งของที่เกิดจากกระบวนการทำลายเช่นนูนบชั่งจะทำให้เสียกลิ่น และรสของน้ำเปลี่ยนไปตามธรรมชาติ

(2) อุณหภูมิ (Temperature) ไม่สูงกว่าอุณหภูมิธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

(3) ความเป็นกรดแอลкалี (pH) มีค่าระหว่าง 5.0 - 9.0

(4) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) มีค่าไม่น้อยกว่า 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) บิ๊กัด (BOD) มีค่าไม่เกินกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

(6) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์นทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) มีค่าไม่เกินกว่า 5,000 เอ็น.พ.เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร

(7) แบคทีเรียกลุ่มฟีโคลิฟอร์นทั้งหมด (Fecal Coliform Bacteria) มีค่าไม่เกินกว่า 1,000 เอ็น.พ.เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร

(8) ไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ ) ในหน่วยในโทรเงน มีค่าไม่เกินกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(9) แอมโมเนียม ( $\text{NH}_3$ ) ในหน่วยในโทรเงน มีค่าไม่เกินกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

(10) พีโนอล (Phenols) มีค่าไม่เกินกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

(11) ทองแดง ( $\text{Cu}$ ) มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

- (12) nickel (Ni) มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(13) แมงกานีส (Mn) มีค่าไม่เกินกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(14) สังกะสี (Zn) มีค่าไม่เกินกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(15) แคดเมียม (Cd) ในน้ำมีความกระด้างในรูปของ  $\text{CaCO}_3$  ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และในน้ำที่มีความกระด้างในรูปของ  $\text{CaCO}_3$  ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(16) โครเมียมชนิดเข็กร้าวเส้นท (Cr Hexavalent) มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(17) ตะกั่ว (Pb) มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(18) ปรอททั้งหมด (Total Hg) มีค่าไม่เกินกว่า 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(19) สารอนุ (As) มีค่าไม่เกินกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(20) ไซยาไนด์ (Cyanide) มีค่าไม่เกินกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(21) กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) มีค่ารังสีแอดสฟาร์ (Alpha) ไม่เกิน 0.1 เบคเคอร์ลต่อเดือน และรังสีเบต้า (Beta) ไม่เกิน 1.0 บุคเคนเรลต่อเดือน  
(22) สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์วนนิคที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides) มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(23) ดีดีที (DDT) มีค่าไม่เกินกว่า 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร  
(24) บีเอชซีบีแอลฟ่า (Alpha - BHC) มีค่าไม่เกินกว่า 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร  
(25) ไดลดริน (Dieldrin) มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร  
(26) อัลดริน (Aldrin) มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร  
(27) เอปตากลอร์ (Heptachlor) และอะนาคัลลอปอกไซด์ (Heptachlorepoxyde) มีค่าไม่เกินกว่า 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร  
(28) เอ็นคริน (Endosulfan) ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด

ข้อ 5 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ต้องมีมาตรฐานตาม ข้อ 4 เว้นแต่

- (1) ออกซิเจนละลายน้ำค่าไม่น้อยกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(2) บีโอดี มีค่าไม่น้อยกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(3) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์นทั้งหมด มีค่าไม่เกินกว่า 2,000 เอ็น.พี.เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร  
(4) แบคทีเรียกลุ่มฟิโคโลโคลิฟอร์นทั้งหมด มีค่าไม่เกินกว่า 4,000 เอ็น.พี.เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร

ข้อ 6 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 4 ต้องมีมาตรฐานตามข้อ 4 (1) ถึง (5) และ (8) ถึง

(28) เว้นแต่

- (1) ออกซิเจนละลายน้ำค่าไม่น้อยกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(2) บีโอดี มีค่าไม่น้อยกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ 7 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ต้องมีมาตรฐานค่ากว่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 4

ข้อ 8 การกำหนดให้แหล่งน้ำผิวดินแหล่งใดแหล่งหนึ่งเป็นประเภทตามข้อ 2 ให้เป็นไปตามที่กรรมการควบคุมพิษประการในราชกิจจาบุเบกษา

### หมวด 3

#### วิธีการเก็บตัวอย่างและตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ข้อ 9 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจสอบคุณภาพตามข้อ 3 ถึงข้อ 7 ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(1) แหล่งน้ำแหล่ง ซึ่งได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น ให้เก็บที่จุดกึ่งกลางคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำที่ระดับกึ่งกลางความลึก ณ จุดตรวจสอบ เว้นแต่แบนค์ที่เรียกคุณโภคฟอร์มน้ำทั้งหมดและแบนค์ที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์น ให้เก็บที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ณ จุดตรวจสอบ

(2) แหล่งน้ำน้ำ ซึ่งได้แก่ ทะเลสาบ หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น ให้เก็บที่ระดับความลึก 1 เมตร ณ จุดตรวจสอบสำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกเกินกว่า 2 เมตร และให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความลึก ณ จุดตรวจสอบสำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 2 เมตร เว้นแต่แบนค์ที่เรียกคุณโภคฟอร์มน้ำทั้งหมดและแบนค์ที่เรียกกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์น ให้เก็บที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ณ จุดตรวจสอบ

จุดตรวจสอบตาม (1) และ (2) ของแหล่งน้ำที่กำหนดตามข้อ 8 ให้เป็นไปตามที่กรรมการควบคุมพิษกำหนด

ข้อ 10 การตรวจสอบคุณภาพน้ำตามข้อ 3 ถึงข้อ 7 ให้ใช้วิธีกรองผ่านดังนี้

(1) การตรวจสอบอุณหภูมิ ให้ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

(2) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่าง ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH meter) ตามวิธีการทาง化แบบอีเล็คโทรเมทริก (Electrometric)

(3) การตรวจสอบค่าออกซิเจนละลายน้ำ ให้ใช้วิธีอะไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification)

(4) การตรวจสอบหาค่าบีโอดีให้ใช้วิธีอะไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันคิดต่อ กัน

(5) การตรวจสอบหาแบนค์ที่เรียกคุณโภคฟอร์มน้ำทั้งหมด และค่าแบนค์ที่เรียกคุณฟีคอลโคลิฟอร์น ให้ใช้วิธีมัลติเพล็ท ทิวบ์ เฟอร์เมนเตชัน เทคนิค (Multiple Tube Fermentation Technique)

(6) การตรวจสอบค่าไนเตรตในน้ำในโดยเงิน ให้ใช้วิธีแคนเดเมบีรีดักชัน (Cadmium Reduction)

(7) การตรวจสอบค่าแอมโนเนียมในน้ำในโดยเงิน ให้ใช้วิธีสกิลเลชัน เนสเลอร์ไวร์ชัน (Distillation Nesslerization)

- (8) การตรวจสอบค่าฟีโนอล ให้ใช้วิธีดิสทิลเลชัน 4 - อะมิโน แอนติพิริน (Distillation, 4-amino antipyrene)
- (9) การตรวจสอบค่าทองแดง นิกเกิต แมงกานีส สังกะสี แคมเมี่ยน โกรเมี่ยนชนิดเชิงชา วาเลนท์ และตะกั่ว ให้ใช้วิธีอัตโนมัติ แบบชอร์พชัน-ไดเร็คแอสไพรชัน (Atomic Absorption-Direct Aspiration)
- (10) การตรวจสอบค่าprotoทั้งหมด ให้ใช้วิธีอัตโนมัติ แบบชอร์พชัน โคลด์เวปอร์ เทคนิค (Atomic Absorption-Cold Vapour Technique)
- (11) การตรวจสอบค่าสารหนู ให้ใช้วิธีอัตโนมัติ แบบชอร์พชัน แก๊สซัฟฟ์ ไฮดริด (Atomic Absorption-Gaseous Hydride)
- (12) การตรวจสอบค่าไซยาไนด์ ให้ใช้วิธีพิริดิน บาร์บิทูริก อะซิด (Pyridine-Barbituric Acid)
- (13) การตรวจสอบค่ากัมมันตภารังสี ให้ใช้วิธีโลว์ แบ็คกราวด์ พร็อพพอร์ชันอล เคาน์เตอร์ (Low Background Proportional Counter)
- (14) การตรวจค่าสารกำจัดศัตรุพืชและสัตว์ที่มีผลก่อริบกังหันด ดีกีท บีโซชีนพแลดฟ้า คลิคริน อัลคริน เมษ์พากอร์อีบอยไซด์ และ เอนคริน ให้ใช้วิธีแก๊ส-ไฮรอนาโทกราฟี (Gas-Chromatography)

ข้อ 11 การตรวจสอบค่าออกซิเจนละลายน้ำใช้ค่าเบอร์เพ็นไกลท์ 20 (20<sup>th</sup> Percentile Value)

ส่วนการตรวจสอบค่ามิโซดี แบคทีเริกลุ่มโคลิฟอร์นทั้งหมด และแบคทีเริกลุ่มฟิโคด โคลิฟอร์นให้ใช้ค่าเบอร์เพ็นไกลท์ 80 โดยจำนวนและระยะเวลาสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าว ให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

ข้อ 12 การเก็บตัวอย่างน้ำตามข้อ 9 และการตรวจสอบคุณภาพน้ำตามข้อ 10 จะต้องเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater) ของ American Public Health Association และ American Water Works Association กับ Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนดไว้ด้วย

ประกาศ ณ วันที่ 20 มกราคม 2537

ชวน หลีกภัย

นายกรัฐมนตรี

ประธานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ