

การศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

พชยา แก่น ไชติกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม


คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สิงหาคม 2561

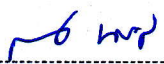
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

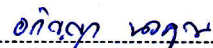
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ พชชา แก่น ไชติกุล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้


คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

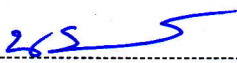
  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ดร.อภิญา นวคุณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


  
..... ประธาน  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรกฎ นวคุณ)

  
..... กรรมการ  
(ดร.อภิญา นวคุณ)

  
..... กรรมการ  
(ดร.ศิริรัตน์ ชาญไววิทย์)

  
..... กรรมการ  
(ดร. นรวิญ ไกรนรา)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยบูรพา

  
..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 15 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2561

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษา และช่วยแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่งจาก ดร.อภิญา นวคุณ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ศิริรัตน์ ชาญไววิทย์ และ ดร. นรวิชญ์ ไกรนรา กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และประสบการณ์ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรกฏ นวคุณ อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง คณะกรรมการสอบปากเปล่าที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้ด้วย

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาตราบนานเท่านานนี้

พัชยา แก่นโชติกุล

57912228: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท. ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: โลหะหนัก/นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด/เทคนิค GF-AAS

พชยา แก่นโชติกุล: การศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักบริเวณนิคม

อุตสาหกรรมมาบตาพุด (A STUDY OF CONTAMINATION OF HEAVY METALS IN MAP

TA PHUT INDUSTRIAL ESTATE AREA) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: อภิญญา

นวคุณ, Ph.D. 124 หน้า ปี พ.ศ. 2561.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และโครเมียม (VI) บริเวณพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอน ในพื้นที่คลองซากหมาก คลองบางกระพูน คลองน้ำชาและคลองน้ำหู โดย เก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน ระหว่างเดือนมิถุนายน 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม 2560 ผลการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด มีดังนี้ ปริมาณปรอทในน้ำผิวดินมีค่า N.D.-2.75  $\mu\text{g/L}$  น้ำทะเลมีค่า N.D.-1.35  $\mu\text{g/L}$  และดินตะกอนมีค่า 0.06-1.57  $\mu\text{g/L}$  ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดินมีค่า N.D.-0.07  $\mu\text{g/L}$  น้ำทะเลมีค่า N.D.-0.04  $\mu\text{g/L}$  และดินตะกอนมีค่า 0.03-0.11  $\mu\text{g/L}$  ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดินมีค่า N.D.-1.38  $\mu\text{g/L}$  น้ำทะเลมีค่า N.D.-1.11  $\mu\text{g/L}$  และดินตะกอนมีค่า 0.44-14.47  $\mu\text{g/L}$  ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดินมีค่า N.D.-8.24  $\mu\text{g/L}$  น้ำทะเลมีค่า N.D.-9.32  $\mu\text{g/L}$  และดินตะกอนมีค่า 0.73-0.92  $\mu\text{g/L}$  ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดินมีค่า N.D.-18.83  $\mu\text{g/L}$  น้ำทะเลมีค่า 3.47-29.73  $\mu\text{g/L}$  และดินตะกอนมีค่า 4.50-16.81  $\mu\text{g/L}$  เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าปริมาณปรอทที่ตรวจพบมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานในบางสถานี สำหรับปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว สารหนู โครเมียม (VI) มีปริมาณที่พบไม่เกินค่ามาตรฐาน

57912228: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc.

(ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: HEAVY METALS/ MAP TA PHUT INDUSTRIAL ESTATE /GF-AAS

PHATCHAYA KAENCHOTIKUL: A STUDY OF CONTAMINATION OF HEAVY METALS IN MAP TA PHUT INDUSTRIAL ESTATE AREA. ADVISORY COMMITTEE: APINYA NAVAKHUN, Ph.D.124 P. 2018.

The study of the contamination of heavy metals including mercury, cadmium, lead, arsenic and chromium (VI) in Map ta phut Industrial Estate, Rayong Province was determined in this study. The contamination of heavy metals in surface water, sea water and sediment in Klong Chak Mak, Klong Bang Ka Phun, Klong Nam Cha and Klong Nam Hu were evaluated. The samples were collected every 2 months during June 2016 to May 2017. The result of heavy metals contamination were found as follow: The amount of mercury in surface water, sea water and sediment samples were N.D.-2.75  $\mu\text{g/L}$ , ND-1.35  $\mu\text{g/L}$  and 0.06-1.57  $\mu\text{g/L}$ , respectively. The amount of cadmium in surface water, sea water and sediment samples were N.D.-0.07  $\mu\text{g/L}$ , N.D.-0.04  $\mu\text{g/L}$  and 0.03-0.11  $\mu\text{g/L}$ , respectively. The amount of lead in surface water, sea water and sediment samples were N.D.-1.38  $\mu\text{g/L}$ , N.D.-1.11  $\mu\text{g/L}$  and 0.44-14.47  $\mu\text{g/L}$ , respectively. The amount of arsenic in surface water, sea water and sediment samples were N.D.-8.24  $\mu\text{g/L}$ , N.D.-9.32  $\mu\text{g/L}$  and 0.73-0.92  $\mu\text{g/L}$ , respectively. The amount of chromium (VI) in surface water, sea water and sediment samples were N.D.-18.83  $\mu\text{g/L}$ , 3.47-29.73  $\mu\text{g/L}$  and 4.50-16.81  $\mu\text{g/L}$ , respectively. Finally, In some station the mercury contamination were higher than the standard values. However, lead cadmium, arsenic, and chromium (VI) were lower than the standard values.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
ขอบเขตการศึกษา.....	3
2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การปนเปื้อนของโลหะหนักและการสะสมของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม.....	4
2.2 การเจือจางในแหล่งน้ำ.....	6
2.3 สมบัติทั่วไปและความเป็นพิษของโลหะหนักที่ทำการศึกษา.....	7
ปรอท.....	7
แคดเมียม.....	8
ตะกั่ว.....	8
สารหนู.....	9
โครเมียม.....	10
2.4 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการให้ความร้อนเตาความร้อนแบบแกรไฟต์.....	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
การศึกษาโลหะหนักในประเทศไทย.....	11
การศึกษาโลหะหนักในต่างประเทศ.....	14
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	17
3.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	17
3.2 กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอน.....	19

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3 การเก็บตัวอย่าง.....	22
3.4 การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำ.....	22
3.5 การวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอน.....	26
3.6 การหาค่าขีดจำกัดการตรวจวัดและขีดจำกัดการหาปริมาณ.....	30
3.7 สภาวะวิเคราะห์โลหะหนัก.....	30
4 ผลการวิจัยและอภิปราย.....	31
4.1 ผลการวิเคราะห์ปรอท.....	31
4.2 ผลการวิเคราะห์แคดเมียม.....	44
4.3 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว.....	56
4.4 ผลการวิเคราะห์สารหนู.....	67
4.5 ผลการวิเคราะห์โครเมียม (VI).....	79
4.6 เปรียบเทียบปริมาณ โลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอนกับ การศึกษาก่อนหน้านี้.....	90
4.7 การศึกษาแหล่งที่มาของการปนเปื้อน โลหะหนัก.....	98
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	105
บรรณานุกรม.....	109
ภาคผนวก.....	115
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	124

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 สถานีและพิกัดที่ทำการศึกษابริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	19
3.2 สภาพของเครื่องมือ GF-AAS ในการวิเคราะห์โลหะหนัก.....	30
4.1 ปริมาณปรอทในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	35
4.2 ปริมาณปรอทในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	36
4.3 ปริมาณปรอทในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	44
4.4 ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	47
4.5 ปริมาณแคดเมียมในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	48
4.6 ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	49
4.7 ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	58
4.8 ปริมาณตะกั่วในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	59
4.9 ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	60
4.10 ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	70
4.11 ปริมาณสารหนูในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	71
4.12 ปริมาณสารหนูในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	72
4.13 ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	81
4.14 ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	82
4.15 ปริมาณโครเมียม (VI) ในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	83
4.16 เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอนบริเวณ นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	94
4.17 เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอนในต่าง ประเทศ.....	96
4.18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณปรอทในตัวอย่างน้ำผิวดิน.....	98
4.19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณปรอทในตัวอย่างน้ำทะเล.....	99
4.20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำผิวดิน.....	99
4.21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำทะเล.....	100
4.22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณตะกั่วในตัวอย่างน้ำผิวดิน.....	101



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณตะกั่วในตัวอย่างน้ำทะเล.....	101
4.24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณสารหนูในตัวอย่างน้ำผิวดิน.....	102
4.25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณสารหนูในตัวอย่างน้ำทะเล.....	103
4.26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณ โครเมียม (VI) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน.....	103
4.27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณ โครเมียม (VI) ในตัวอย่างน้ำทะเล.....	104
5.1 ปริมาณ โลหะหนักที่พบบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	107
ก-1 สถานีเก็บตัวอย่าง และรายละเอียดของสถานีเก็บตัวอย่าง.....	116
ก-2 ลักษณะดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	122
ก-3 ค่าขีดจำกัดการตรวจวัด และขีดจำกัดการหาปริมาณของการวิเคราะห์ ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง GF-AAS.....	122
ก-4 ค่ามาตรฐาน โลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดิน น้ำทะเล และร่างมาตรฐานคุณภาพ ดินตะกอนชายฝั่ง และดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดิน.....	123

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	20
3.2 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณคลองชากหมาก.....	20
3.3 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณคลองบางกระพูน.....	21
3.4 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณคลองน้ำชา และคลองน้ำหู.....	21
3.5 การเตรียมตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก (ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว และ สารหนู).....	24
3.6 การเตรียมตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก (โครเมียม (VI)).....	25
3.7 การเตรียมตัวอย่างดินตะกอนสำหรับสกัดปรอท แคดเมียม ตะกั่ว และสารหนู.....	27
3.8 การเตรียมตัวอย่างดินตะกอนสำหรับสกัดโครเมียม (VI).....	28
4.1 ปริมาณปรอท ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองชากหมาก.....	38
4.2 ปริมาณปรอท ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองบางกระพูน.....	39
4.3 ปริมาณปรอท ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองน้ำชาและคลองน้ำหู.....	40
4.4 ปริมาณปรอทในน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) ที่ทำการศึกษาใน พื้นที่คลองชากหมาก.....	41
4.5 ปริมาณปรอทในน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ คลองบางกระพูน.....	42
4.6 ปริมาณปรอทในน้ำผิวดิน (S14-S16) และน้ำทะเล (S17) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ คลองน้ำชา และคลองน้ำหู.....	43
4.7 ปริมาณแคดเมียม ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองชากหมาก.....	50
4.8 ปริมาณแคดเมียม ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองบางกระพูน.....	51
4.9 ปริมาณแคดเมียม ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองคลองน้ำชาและคลองน้ำหู.....	52
4.10 ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาใน พื้นที่คลองชากหมาก.....	53

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.11 ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S1) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน.....	54
4.12 ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดิน (S14-S16) และน้ำทะเล (S17) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองน้ำชาและคลองน้ำหู.....	55
4.13 ปริมาณตะกั่ว ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองชากหมาก.....	61
4.14 ปริมาณตะกั่ว ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองบางกระพูน.....	62
4.15 ปริมาณตะกั่ว ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองน้ำชาและคลองน้ำหู.....	63
4.16 ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองชากหมาก.....	64
4.17 ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน.....	65
4.18 ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดิน (S14-S16) และน้ำทะเล (S17) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองน้ำชาและคลองน้ำหู.....	66
4.19 ปริมาณสารหนู ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองชากหมาก.....	73
4.20 ปริมาณสารหนู ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองบางกระพูน.....	74
4.21 ปริมาณสารหนู ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองน้ำชาและคลองน้ำหู.....	75
4.22 ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองชากหมาก.....	76
4.23 ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน.....	77
4.24 ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดิน (S14-S16) และน้ำทะเล (S17) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองคลองน้ำชา และคลองน้ำหู	78
4.25 ปริมาณโครเมียม (VI) ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองชากหมาก.....	84
4.26 ปริมาณโครเมียม (VI) ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองบางกระพูน.....	85
4.27 ปริมาณโครเมียม (VI) ( $\mu\text{g/L}$ ) ในพื้นที่คลองน้ำชาและคลองน้ำหู.....	86

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.28 ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) ที่ทำการ ในศึกษาในพื้นที่คลองซากหมาก.....	87
4.29 ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดิน (S11-S12) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษา ในพื้นที่คลองบางกระพูน.....	88
4.30 ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดิน (S14-S16) และน้ำทะเล (S17) ที่ทำการศึกษาใน พื้นที่คลองคลองน้ำชา และคลองน้ำหนู.....	89

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมลพิษของโลหะหนักได้ก่อให้เกิดปัญหาในสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เนื่องจากโลหะหนักเป็นสารพิษที่มีความคงทนสูง ไม่สามารถสลายตัวด้วยกระบวนการทางธรรมชาติ เมื่อเข้าสู่แหล่งน้ำสามารถสะสมในน้ำ ดินตะกอน รวมถึงการสะสมในสัตว์น้ำ (Bhattacharya et al., 2008) โดยโลหะหนักส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ แหล่งอุตสาหกรรม เช่น โรงกลั่นน้ำมันถ้ามีการรั่วไหลจะทำให้มีโลหะหนักปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้เนื่องจากในน้ำมันมีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบ อย่างเช่นปรอท ตะกั่ว ซึ่งโลหะหนักไม่สามารถสลายตัวได้จึงยังคงอยู่ในสิ่งแวดล้อม (Osuji & Onajoke, 2004) โรงไฟฟ้ามีการใช้ถ่านหินชนิดบิทูมินัสหรือซับบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิงโดยเมื่อโรงไฟฟ้าปล่อยสารพิษออกมาในเถ้าลอยจะพบสารพิษหลายชนิดปนเปื้อนอยู่โดยเฉพาะปรอท (สำนักงานคณะกรรมการอัยการอิสระด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ, 2559) แหล่งเกษตรกรรม เช่น การใช้สารกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ ยากำจัดเชื้อรา ยาฆ่าหญ้า ยาฆ่าแมลง แหล่งชุมชน เช่น การใช้น้ำมันที่มีสารตะกั่วเป็นองค์ประกอบ การทิ้งขยะที่มีโลหะหนักปนอยู่ เป็นต้น ซึ่งระดับความเป็นพิษของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิด ขนาด หรือปริมาณที่ได้รับ อายุ และความต้านทานของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด อย่างเช่น ในประเทศญี่ปุ่นเกิดโรคมินามาตะที่เกิดจากพิษของสารปรอท ทำให้สมองและระบบประสาทถูกทำลาย และโรคอิไต-อิไตซึ่งเกิดจากพิษของแคดเมียม ทำให้การทำงานของไตผิดปกติ และเกิดความเจ็บป่วยที่กระดูกทั่วร่างกาย กระดูกจะแตกหรือหักง่าย เป็นต้น

นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง เป็นฐานการผลิตที่สำคัญของประเทศสำหรับอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเคมี เคมีภัณฑ์ เหล็กและโลหะ โรงกลั่นน้ำมัน โรงแยกก๊าซ โรงงานผลิตปุ๋ย โรงงานผลิตพลาสติก โรงไฟฟ้าถ่านหิน เป็นต้น ซึ่งคาดว่าอุตสาหกรรมเหล่านี้น่าจะเป็นที่มาของโลหะหนัก เช่น ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และโครเมียม เป็นต้น โดยอาจจะปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมผ่านทางน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม ปัญหาการรั่วไหล รวมถึงการถูกชะล้างโดยฝนและลมพัดพาลงสู่แหล่งน้ำและทะเล ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ และดินตะกอน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของประชากรในพื้นที่

จากความสำคัญของปัญหาโลหะหนักและการปนเปื้อนของโลหะหนักที่พบในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดที่กล่าวมาในขั้นต้น ดังนั้นการประเมินการปนเปื้อนโลหะหนักจะทำให้ทราบถึงแหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม จึงควรที่จะมีการติดตามตรวจสอบปริมาณโลหะหนักอย่างสม่ำเสมอเพื่อเป็นประโยชน์ในการควบคุมการปนเปื้อนของโลหะหนักและป้องกันเพื่อเฝ้าระวังผลกระทบอันเกิดจากพิษของโลหะหนัก

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด
2. เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด
3. เพื่อทราบแหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะหนักบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบปริมาณการสะสมของโลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเลและดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด
2. ทำให้ทราบแหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะหนักบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด
3. เพื่อประเมินปัญหาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเลและดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน
4. เพื่อเป็นข้อมูลและเฝ้าระวังผลกระทบอันเกิดจากพิษของโลหะหนัก

### ขอบเขตการศึกษา

1. ทำการหาปริมาณสารโลหะหนัก (ปรอท, แคดเมียม, ตะกั่ว, สารหนู และโครเมียม (VI)) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอน ด้วยเทคนิค GF-AAS โดยอ้างอิงจากคู่มือการใช้เครื่อง GF-AAS (รุ่น SpectrAA 220 Z, Varians, Australia) ร่วมกับเครื่อง GTA (รุ่น 110 Z AA, Varians, Australia)

2. ตัวอย่างที่ศึกษาเก็บจากบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดระยะเวลา 1 ปี จำนวน 6 ครั้ง บริเวณคลองซากหมาก 9 สถานี คลองบางกระพูน 4 สถานี คลองน้ำชา 1 สถานี และคลองน้ำหู 3 สถานี รวมเป็น 17 สถานี

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การปนเปื้อนของโลหะหนักและการสะสมของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม

การปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมนั้นเกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น การผุพังของหิน พื้นผิวดิน การระเบิดของภูเขาไฟ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของเปลือกโลก เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้โลหะหนักจากพื้นผิวโลกเกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้ และเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ แหล่งอุตสาหกรรม เช่น โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งอาจปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำหรือปล่อยก๊าซพิษออกสู่บรรยากาศ แหล่งเกษตรกรรม เช่น การใช้สารกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ ยากำจัดเชื้อรา ยาฆ่าหญ้า ยาฆ่าแมลง แหล่งชุมชน เช่น การใช้น้ำมันที่มีสารตะกั่วเป็นองค์ประกอบ การทิ้งขยะที่มีโลหะหนักปนอยู่ เป็นต้น การปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมโดยส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์โดยเฉพาะแหล่งอุตสาหกรรม (ศิริวรรณ ลาภทับทิมทอง, 2544)

โลหะหนักเมื่ออยู่ในแหล่งน้ำสามารถสะสมในดินตะกอน พืช สัตว์น้ำ หรือแขวนลอยอยู่ในน้ำอย่างอิสระได้ในปริมาณต่างๆ กัน โลหะหนักที่ปะปนหรือสะสมกับตัวกลางเหล่านี้ สามารถที่จะเปลี่ยนรูปหรือเคลื่อนย้ายไปตามห่วงโซ่อาหารได้ ลักษณะการสะสมหรือการเคลื่อนย้ายในตัวกลางแต่ละชนิดในแหล่งน้ำสามารถแยกได้ดังนี้

##### 2.1.1. การสะสมโลหะหนักในแหล่งน้ำ

โลหะหนักที่สะสมในแหล่งน้ำ มีทั้งในรูปที่ละลายน้ำ (Dissolved) และอยู่ในรูปสารแขวนลอย ซึ่งความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำมีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เนื่องจากความสามารถในการผสมผสานของสารที่อยู่ในรูปของสารแขวนลอยและในรูปที่ละลายน้ำแตกต่างกัน โดยเฉพาะในรูปสารแขวนลอยจะมีระยะเวลาเฉลี่ยที่สารนั้นอยู่ในน้ำก่อนที่จะออกไปสู่ทะเล (Residence Time) ยาวนานกว่ารูปที่ละลายน้ำ และจากการที่น้ำมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลาทำให้เกิดตะกอนใต้น้ำลอยตัวขึ้น (Resuspension) จึงมีกระบวนการดูดซับ (Adsorption) และการคาย (Desorption) ของโลหะหนักระหว่างน้ำและตะกอน (อภิชาติ โพธิ์สุ, 2536)

โลหะหนักในน้ำโดยทั่วไปมักถูกดูดซับอยู่กับตะกอนแขวนลอยซึ่งจะตกตะกอนในบริเวณปากแม่น้ำ เมื่อมีการผสมผสานระหว่างน้ำจืดและน้ำทะเล และเกิดการลดความเร็วของกระแสน้ำในบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้ในน้ำที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงโลหะหนักจะจับกับสารอินทรีย์พวกฮิวมัส ออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสซึ่งมีอยู่ในปริมาณมากในแหล่งน้ำเกิด



เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีขนาดของโมเลกุลใหญ่ขึ้น และจมตัวอยู่ในตะกอน ในขณะที่ดินไร้ออกซิเจนและมีปริมาณซัลไฟด์สูง โลหะหนักจะถูกรีดิวซ์เกิดเป็นสารประกอบซัลไฟด์ซึ่งไม่ละลายน้ำ อย่างไรก็ตามแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมของน้ำหรือดินตะกอนเป็นสภาวะไร้ออกซิเจน ในสภาวะดังกล่าว เหล็กและแมงกานีสจะเปลี่ยนจากสภาวะออกซิเดชันสเทตสูงไปเป็นต่ำ ทำให้เหล็กและแมงกานีสละลายกลับคืนสู่แหล่งน้ำได้อีกครั้งและในขณะเดียวกันก็จะปล่อยโลหะหนักตัวอื่นที่เคยถูกจับเอาไว้จากสู่แหล่งน้ำด้วย (สนิท อักษรแก้ว, 2542)

### 2.1.2 การสะสมโลหะหนักในดินตะกอน

โลหะหนักจะถูกพัดพาลงสู่ทะเลโดยกระบวนการทางธรรมชาติ ได้แก่ การชะล้างเกลือแร่ที่อยู่บนพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ หรือโลหะหนักที่เป็นส่วนประกอบของแร่ธาตุในธรรมชาติตามสภาพทางธรณีวิทยาละลายออกมาปะปนอยู่ในน้ำ (พัชรา เพ็ชรพิรุณ, 2531) และอีกส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการใช้และปล่อยโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำอันเป็นผลมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์โดยผ่านทางน้ำ การชะล้างจากน้ำฝน การทิ้งของเสีย และผ่านทางอากาศ โดยโลหะหนักจะจมตัวจากอากาศลงสู่ผิวน้ำทะเลด้วยกระบวนการจมตัวแบบเปียกและแห้ง การผูกพันก่อก่อนของหิน การระเบิดของภูเขาไฟ และการละลายออกมาจากตะกอนในทะเล โดยทั่วไปโลหะหนักสามารถเกิดการสะสมอยู่ในดินตะกอนซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าที่มีอยู่ในน้ำเนื่องจากมีกระบวนการเข้ามาเกี่ยวข้องกับทั้งทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพ องค์ประกอบในดินตะกอนที่มีผลต่อการสะสมของโลหะหนัก ได้แก่ พวคาร์บอนเนต ออกไซด์ของแมงกานีสและเหล็ก ตลอดจนองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ (จิระ จตุรานนท์, 2526)

### 2.1.3 การสะสมโลหะหนักในพืชน้ำ

พืชน้ำจะสะสมโลหะหนักด้วยการดูดซับจากน้ำโดยตรงซึ่งพืชน้ำจะไม่สามารถควบคุมปริมาณโลหะหนักในตัวเองได้และปริมาณการสะสมขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะหนักที่ละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำเป็นสำคัญ รวมถึงอายุและชนิดของพืชน้ำเหล่านั้นด้วย ทั้งนี้พืชน้ำต่างชนิดกันก็จะมี การสะสมปริมาณโลหะหนักได้ไม่เท่ากัน เนื่องจากความต้องการ ความสามารถในการดูดซึม รวมทั้งความคงทนต่อการขาดแคลนและความเป็นพิษของโลหะหนักแตกต่างกัน อีกทั้งรูปร่างทางเคมีของโลหะหนักจะมีผลต่อการดูดซึมโลหะหนักของพืชด้วย โดยพบว่าพืชสามารถดูดซึมและสะสมโลหะหนักในรูปเกลืออนินทรีย์ได้ดีกว่าโลหะที่เป็นสารประกอบของกาบตะกอน (Chaney, 1982) และสามารถดูดซึมแคดเมียม สังกะสี และทองแดงได้ดีกว่าตะกั่ว ปรอท และ โครเมียม

#### 2.1.4 การสะสมโลหะหนักในสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำส่วนใหญ่ได้รับโลหะหนักเข้าไปโดยการกินอาหาร การสะสมของโลหะหนักโดยการดูดซึมจากน้ำเข้าไปโดยตรงเป็นไปได้น้อยมาก และการสะสมของโลหะหนักในสัตว์น้ำจะเพิ่มขึ้นตามลำดับการบริโภค

### 2.2 การเจือจางในแหล่งน้ำ

ปริมาณโลหะหนักจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำแล้วนอกจากจะถูกทำให้เจือจางลงและกระจายตัวออกไปแล้ว ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำเหล่านี้ยังอาจลดลงได้ด้วยกระบวนการต่างๆ ดังนี้ (ศกฯ สุขเกษม, 2535)

#### 2.2.1 กระบวนการทางเคมี (การตกตะกอน (Precipitation))

ถ้าความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่าค่าการละลายได้ ของสารประกอบที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเกิดจากทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะหนักกับแอนไอออนในน้ำเช่น พวกคาร์บอเนต ไฮดรอกซิล หรือ คลอไรด์จะทำให้เกิดการตกตะกอนขึ้น อย่างไรก็ตามในแหล่งน้ำที่มีภาวะมลพิษอันเนื่องมาจากในน้ำมีสารอินทรีย์อยู่มาก ทำให้น้ำบริเวณนั้นมีออกซิเจนละลายน้อย โลหะจำพวก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม ตะกั่วปรอท และเงินจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนซัลไฟด์ในน้ำเกิดเป็นโลหะซัลไฟด์ซึ่งละลายน้ำได้น้อยมาก การตกตะกอนก็จะเกิดขึ้นมาก นอกจากนี้ยังพบว่าในสภาพที่เป็นต่างการตกตะกอนของโลหะจะเกิดขึ้น

#### 2.2.2 กระบวนการทางกายภาพ (การดูดซับ (Adsorption) และการดูดกลืน (Absorbtion))

โลหะในแหล่งน้ำสามารถถูกกำจัดได้โดยการดูดซับไว้ที่ผิวของตะกอนในน้ำ เช่น แพลงก์ตอน ดิน สาร hydrated ferric oxide และ hydrated magnesium oxide พร้อมทั้งจะตกตะกอนลงมา

#### 2.2.3 กระบวนการทางชีวภาพ (การกระจายออกใหม่ Redistribution) ด้วยสิ่งมีชีวิตในน้ำ

เป็นกระบวนการทางชีววิทยาในการกำจัดโลหะหนัก เช่น พวกสัตว์หน้าดินจะไปช่วยเร่งให้อนุภาคต่าง ๆ ของสาร รวมทั้งโลหะหนักให้เกิดการรวมตัวกันโดยวิธีการกินเข้าไปแล้วแพร่กระจายออกมาใหม่ด้วยการถ่ายออกมาพร้อมกับอุจจาระหรือโดยการลอกคราบทิ้ง รวมถึงพวกซากพืชและสัตว์ที่ตายในทะเล

## 2.3 สมบัติทั่วไปและความเป็นพิษของโลหะหนักที่ทำการศึกษา

สมบัติทั่วไปและความเป็นพิษของโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และโครเมียม มีดังต่อไปนี้

### ปรอท (Mercury)

ปรอท (Mercury) มีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ Hg เลขอะตอมเท่ากับ 80 ปรอทเป็นโลหะหนักสีเงิน เป็นธาตุโลหะชนิดเดียวที่เป็นของเหลวในอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน โดยปกติปรอทไม่เกาะติดกับวัตถุ รูปแบบของปรอทจะมีอยู่ 2 ประเภทด้วยกัน คือ สารปรอทอินทรีย์และสารปรอทอนินทรีย์ ซึ่งสารปรอทอินทรีย์จะมีความเป็นพิษสูงกว่าสารปรอทอนินทรีย์ ซึ่งปรอทสามารถเปลี่ยนรูปได้โดยกระบวนการทางธรรมชาติหรือโดยการย่อยสลายจากเชื้อแบคทีเรียหรือรา ปัจจุบันมนุษย์เป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้สารปรอทแพร่เข้าสู่สิ่งแวดล้อมหรือสัดส่วนการปล่อยสารปรอทสู่อากาศระดับโลกซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การผลิตทองขนาดเล็ก การเผาไหม้ถ่านหิน ของเสียจากผลิตภัณฑ์ที่มีปรอท การผลิตซีเมนต์ เหมืองทองขนาดใหญ่ การหลอมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก คุณสมบัติของสารปรอทที่ระเหยได้ง่าย ทำให้เกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่าย อาทิเช่น แหล่งน้ำ และพื้นดินได้หลายทาง เช่น จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล การหลอมโลหะ การผลิตซีเมนต์ การเผาขยะ และกระบวนการทำโลหะให้บริสุทธิ์ ดังนั้น หากสารปรอทปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม แบคทีเรีย สามารถเปลี่ยนรูปของสารปรอทอนินทรีย์ไปเป็นสารปรอทอินทรีย์และสะสมในสัตว์น้ำได้ เช่น ที่เกิดขึ้นในอ่าวมินามาตะ ในประเทศญี่ปุ่นที่มีโรงงานอุตสาหกรรมเคมีที่ทิ้งเกลือของสารปรอทลงในทะเลพร้อมกับสารเคมีอื่นๆ เมื่อแบคทีเรียเปลี่ยนเกลือของสารปรอทเป็นเมทิลเมอร์คิวรี และสัตว์ทะเลมากินอาหารบริเวณนั้นสารปรอทก็จะเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร เมื่อมนุษย์จับมากินก็จะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ ผลที่เกิดขึ้นมีเด็กจำนวนมากที่เกิดมาพิการและสมองพิการพิษของสารปรอทต่อสุขภาพจะรุนแรงมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น รูปแบบทางเคมีของสารปรอทเพราะหากเป็นเมทิลเมอร์คิวรีจะอันตรายกว่าสารปรอทที่เป็นโลหะปรอท ระยะเวลาที่ได้รับพิษ อายุของผู้ได้รับพิษ วิธีที่ได้รับ เช่น ได้จากการหายใจ การรับประทาน การสัมผัส เป็นต้น (เพ็ญโฉม แซ่ตั้ง, 2558)

### แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียมมีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ Cd แคดเมียมเป็นโลหะหนักสีขาวยเงิน อยู่ในหมู่ 12 ของตารางธาตุ มีน้ำหนักค่อนข้างเบาจึงทำให้หักและโค้งงอได้ เป็นโลหะหนักที่ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายได้ในกรดอ่อนๆ สารประกอบทั่วไปได้แก่ แคดเมียมคลอไรด์ ( $\text{CdCl}_2$ ) แคดเมียมไนเตรท ( $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ) และแคดเมียมซัลเฟต ( $\text{CdSO}_4$ ) สารประกอบแคดเมียมเหล่านี้ละลายน้ำได้ดี และยังเป็นสารที่ไม่มีสี (นงนุช กำลิ่งแพทย์, 2550) ส่วนใหญ่จะพบปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ โรงงานถลุงแร่ การผลิตปุ๋ย และแหล่งที่ทิ้งขยะ จากแบตเตอรี่ และเครื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ แคดเมียมอาจแพร่กระจายในรูปแบบของฝุ่น ไอระเหย หรือละลายอยู่ในน้ำ กระจายไปตามแหล่งน้ำต่างๆ ถูกดูดซับเข้าไปในพืชและสัตว์น้ำ คนได้รับแคดเมียมได้หลายทาง ทั้งจากทางอาหารจำพวกสัตว์น้ำ เครื่องในสัตว์ พืชผลทางการเกษตรและผักต่างๆ โดยเฉพาะแคดเมียมที่สะสมอยู่ในใบยาสูบ เป็นผลให้การสูบบุหรี่เป็นปัจจัยสำคัญที่นำแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์

แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านทางระบบหายใจ และระบบทางเดินอาหาร จะเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตจับกับโปรตีน albumin ถูกส่งไปที่ตับ ทำให้มีอาการอักเสบที่ตับ บางส่วนของแคดเมียมจะจับตัวกับโปรตีนอีกชนิดหนึ่ง (metallothionein) เข้าไปสะสมในตับและไต และถูกขับออกทางปัสสาวะ กระบวนการขับแคดเมียมออกจากไตเกิดขึ้นช้ามากใช้เวลาถึงประมาณ 20 ปี ถึงสามารถขับแคดเมียมออกได้ครั้งหนึ่งของแคดเมียมที่มีการสะสมอยู่ในไตออกได้ ทำให้มีอาการกรวยไตอักเสบ ผู้ที่ได้รับแคดเมียมเรื้อรัง มีความเสี่ยงต่อโรคมะเร็งต่างๆ เช่น มะเร็งปอด ไต ต่อมลูกหมาก และตับอ่อน มีรายงานผู้ป่วยที่กินข้าวที่เพาะปลูกจากแหล่งที่ดินมีการปนเปื้อนแคดเมียมจะมีอาการของโรคกระดูกพรุน และกระดูกมีการเจริญที่ผิดปกติ

### ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วมีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ Pb มีน้ำหนักอะตอม 207.21 เลขอะตอม 82 ความถ่วงจำเพาะ 11.34 จุดหลอมเหลว 327.4 องศาเซลเซียส เป็น โลหะที่มีสีเงินแกมฟ้าพบได้ตามธรรมชาติซึ่งส่วนมากอยู่ในรูปของสารประกอบ โดยปกติมักพบปนอยู่กับกำมะถัน เรียกว่า แร่กาลีนา ( $\text{PbS}$ ) (ระวิ สงวนทรัพย์, 2546) ตะกั่วสามารถนำไฟฟ้าได้ดีจึงนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายอย่าง เช่น การทำแบตเตอรี่รถยนต์ เคลือบสายเคเบิล อุตสาหกรรมหลอมตะกั่ว การผลิตสี อุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา อุตสาหกรรมตัวพิมพ์ การผลิตกระสุน การเชื่อมแผงวงจร

อิเล็กทรอนิกส์ และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในสิ่งแวดล้อมพบสารตะกั่วอยู่ใน 3 แหล่งใหญ่ คือ น้ำ ดิน และอากาศ ทั้ง 3 แหล่งนี้มีความสัมพันธ์กันสามารถเปลี่ยนแปลงส่งผ่านสารตะกั่วซึ่งกันและกันได้

ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ได้แก่ ทางการหายใจ โดยการสูดเอาไอตะกั่วขณะที่ ตะกั่วได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอจากการทำงานต่าง ๆ เช่น การหลอมตะกั่ว การบัดกรีตะกั่ว เป็นต้น ทางปาก สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ด้วยการกินอาหารหรือน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนเข้าสู่ทาง ระบบทางเดินอาหาร โดยเฉพาะอาหารที่มีกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับตะกั่วใน เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต รวมถึงบรรจุภัณฑ์ต่างๆ และทางผิวหนัง ตะกั่วที่สามารถเข้าสู่ร่างกาย ได้ทางผิวหนังจะเป็นตะกั่วที่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ที่ผสมอยู่ในน้ำมัน ซึ่งสามารถซึม เข้าสู่ร่างกายผ่านผิวหนัง ส่วนตะกั่วอนินทรีย์ที่เป็นตะกั่วบริสุทธิ์หรือตะกั่วในสารประกอบอื่นไม่ สามารถซึมเข้าสู่ผิวหนังได้

#### สารหนู (Arsenic)

สารหนุมีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ As มีน้ำหนักโมเลกุล 74.9216 เลขอะตอมเท่ากับ 33 มีวาเลนซ์เท่ากับ 5, 3, 0 และ -3 สารหนุปกติจะมีสีเหลืองหรือสีเทา สารหนุเป็นสารที่รู้จักกันมานานกว่า 3,000 ปี โดยมีการใช้ในทางการแพทย์และใช้เป็นยาพิษเช่นกัน ผู้ที่ค้นพบคนแรกคือ Albertus Magnus (1206-1280 BC) รูปแบบของสารหนุจะพบร่วมกันแร่ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีซัลไฟด์ โดยพบอยู่ในรูปของ sulfide realgar หรือ orpiment โดยจะพบมากที่สุดในรูปแบบของ arsenopyrite (FeAsS) ออกไซด์ของสารหนุในรูปแบบ arsenic trioxide ส่วนใหญ่จะใช้ในทางการเกษตร เช่น ยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืช ยาฆ่าเชื้อรา เป็นต้น สารหนุในรูปแบบของธาตุจะใช้เป็นส่วนผสมของโลหะอัลลอยด์ เช่น ผสมกับตะกั่วในแบตเตอรี่ หรือในรูปแบบของแกลเลียมอาร์เซไนด์ (gallium arsenide) สำหรับเคลือบสีในนาฬิกาดิจิตอล หรือใช้เป็น light-emitting diode สำหรับเครื่องมือต่างๆ สารหนุโดยปกติสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ทางการหายใจ การดูดซึมของลำไส้ และผ่านผิวหนัง ความเป็นพิษของสารหนุอย่างรุนแรงเกิดขึ้นได้โดยการดูดซึมผ่านลำไส้ โดยจะมีอาการอย่างไรขึ้นอยู่กับรูปแบบและปริมาณของสารหนุ โดยสารหนุปริมาณเพียง 130 มิลลิกรัม จะทำให้ลำไส้และตับถูกทำลาย การทำงานของระบบหัวใจผิดปกติและเสียชีวิตได้ ส่วนความเป็นพิษสารหนุแบบเรื้อรัง จะมีผลต่อตับและไตเมื่อได้รับสารหนุ 1.4 มิลลิกรัมต่อวันเป็นเวลา 3 อาทิตย์ ข้อมูลที่ได้จากสัตว์ทดลองแสดงให้เห็นว่าสารหนุวาเลนซี 3 มีพิษมากกว่าสารหนุวาเลนซี 5 และสารหนุในรูปแบบของสารละลายจะมีพิษมากกว่าสารหนุที่ไม่ละลาย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารหนุในสารละลายถูกดูดซึมได้ดีกว่า

อย่างไรก็ตาม ร่างกายสามารถขับสารหนูออกได้เองในเวลา 2-3 วัน เมื่อได้รับสารหนูปริมาณไม่มากนัก ปริมาณของสารหนูในร่างกายสามารถตรวจพบได้จากปริมาณของสารหนูที่พบได้ในเส้นผมและขน (วิโรจน์ บุญอำนาจวิทยา และนิติชัย ขำมาลัย, 2555)

### โครเมียม (Chromium)

โครเมียมมีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ Cr มวลอะตอมมีค่าเท่ากับ 51.996 ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเท่ากับ 7.15 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และมีเลขอะตอมเท่ากับ 24 โครเมียมมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 1907 องศาเซลเซียส โครเมียมเป็นโลหะมันวาวสีเทา ที่สามารถขัดเป็นมันได้ มีจุดหลอมเหลวสูง ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และสามารถตีขึ้นรูปได้การทำงานที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสโครเมียม ได้แก่ การผลิตโลหะผสมโครเมียม อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโลหะผสมเหล็กกล้า การชุบโลหะสังกะสีและสแตนเลส การฟอกหนัง การผลิตรถยนต์ที่เกี่ยวข้องกับสีที่มีโครเมียมเป็นส่วนประกอบ การล้างฟิล์มถ่ายภาพ การพิมพ์อักษรหรือรูปลงในหิน การทอผ้า การย้อมสีผ้าและงานก่อสร้างที่ใช้ปูนซีเมนต์ สำหรับประชาชนทั่วไปเทียบกับคนทำงานแล้ว มักไม่ค่อยมีโอกาสสัมผัสโครเมียม อาการพิษเฉียบพลันขึ้นกับการเข้าสู่ร่างกาย หากเป็นการสูดหายใจทำให้เกิดการระคายเคืองภายในจมูกมีรอยแผลเป็นหย่อม ๆ หายใจขัด บางครั้งอาจเกิดหอบหืดทันทีหรือมีภาวะปอดบวมได้ การได้รับทางปากทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องเป็นอันตรายต่อกระเพาะอาหารและลำไส้ ไตวายเสียชีวิตได้ การได้รับทางผิวหนัง ทำให้เกิดแผลเปื่อย ผื่นคัน พิษเรื้อรัง ทำให้ผิวหนังอักเสบ เกิดแผลเปื่อยที่เยื่อจมูก ผนังกันโพรงจมูกทะเล ไอ น้ำมูกไหล ไตวาย บางกรณีอาจเกิดมะเร็งปอด (ฉันทนา ผดุงทศ, 2549)

### 2.4 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการให้ความร้อนเตาความร้อนแบบแกรไฟต์ (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry) (วิรัช เรืองศรีตระกูล, 2549)

เทคนิคการวิเคราะห์แบบ Atomic Absorption สามารถที่จะทำให้เกิดอะตอมด้วยวิธีการไม่ใช้เปลวไฟซึ่งเรียกว่า “Flameless Technique” เทคนิคนี้จะเรียกว่า อะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรีแบบแกรไฟต์เฟอร์เนท (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry) ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ การให้ความร้อนด้วยระบบไฟฟ้า (electrically heated) ให้เกิดอุณหภูมิสูงแก่ตัวอย่างที่บรรจุอยู่ในหลอดคออร์โลว์แกรไฟต์ขนาดเล็ก (hallow graphite cylinder) สารตัวอย่างที่ใช้จะมีปริมาณน้อยมาก ( $\mu\text{l}$ ) จะถูกนำเข้าสู่หลอดคออร์โลว์แกรไฟต์ขนาดเล็ก เมื่อให้ความร้อนด้วยระบบไฟฟ้ากระบวนการเกิดอะตอม (atomization) จะเกิดภายในหลอดคออร์โลว์แกรไฟต์ขนาดเล็ก

ซึ่งอุดมไปด้วยกลุ่มหมอกของอะตอม (atomic cloud) เมื่อมีการผ่านคลื่นแสงที่เหมาะสมผ่านเข้าไป หลอดซอร์โรว์แก็ร์ไฟต์ขนาดเล็กนี้ก็สามารถที่จะเกิดกระบวนการดูดกลืนแสง (absorbption) และวัดออกมาเป็นสัญญาณที่สัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างได้

ส่วนประกอบสำคัญของเทคนิคการให้ความร้อนเตาความร้อนแบบแกรไฟต์ (graphite furnace) ได้แก่ แท่งแกรไฟต์ (graphite cylinder) ส่วนประกอบนี้เมื่อได้รับความร้อนสูงอาจจะเกิดสารประกอบระหว่างแกรไฟต์และออกซิเจน เกิดเป็นสารประกอบแกรไฟต์ออกไซด์ เกิดขึ้นภายในแท่งของแกรไฟต์ได้ การแก้ไขจึงต้องมีการผ่านก๊าซเฉื่อยเข้าไปในแท่งแกรไฟต์ตลอดระยะเวลาที่ทำ การวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่างๆ และก๊าซเฉื่อยที่นิยมใช้จะเป็นก๊าซอาร์กอน

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### การศึกษาโลหะหนักในประเทศไทย

วรวิทย์ ชีวาพร, พวงกมล นवलสุทธิ, สายทิพย์ สวัสดิคุณ และเปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต (2542) ศึกษาการปนเปื้อนของสารพิษปรอทในสิ่งแวดล้อมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยทำการเก็บตัวอย่างแท่งตะกอนดิน (Sediment core) จากบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ได้แก่ บริเวณอ่างศิลา ศรีราชา แหลมฉบัง พัทยา และมาบตาพุดเพื่อมาวิเคราะห์หาสารปรอท ซึ่งปริมาณสารปรอทที่พบในแท่งตะกอนดินมีค่าอยู่ในช่วง 4.80-37.49 ng/g ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานการปนเปื้อน (50 ng/g) และค่าเฉลี่ยในดินตะกอนโลก (300 ng/g)

แหวตาทองระอา, ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงสุดาวรรณ และอาวรุช หมั่นหาผล (2549) ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง นิกเกิล เหล็ก และแมงกานีส ในน้ำทะเลและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ถึงปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด รวม 52 สถานี โดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเลและดินตะกอน 2 ครั้ง คือ ในฤดูแล้ง (มีนาคม 2547) และฤดูฝน (สิงหาคม 2547) พบว่าโลหะหนักในน้ำทะเลมีค่าน้อย และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งไทย ยกเว้นเหล็กและแมงกานีสที่มีค่าสูงเกินมาตรฐานพบในบริเวณปากแม่น้ำจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด สำหรับในดินตะกอนพบว่ามีโลหะหนักบางชนิดที่มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานของต่างประเทศ โดยเฉพาะปรอท ตะกั่ว และสังกะสีในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง ส่วนเหล็กและแมงกานีสมีค่าสูงมากในดินตะกอนโดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด

อนุวัฒน์ ยินดีสุข (2549) ทำการศึกษาการปนเปื้อนปรอทน้ำทะเล และดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี โดยเก็บตัวอย่าง 14 สถานี ตั้งแต่ตำบลนาเกลือถึงตำบลอ่างศิลา ในเดือน

มกราคม 2548 ผลการศึกษาพบว่าระดับการปนเปื้อนของปรอทในน้ำทะเลพบทุกสถานที่มีค่าอยู่ในช่วง 4.25-59.48 ng/L มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $25.67 \pm 16.32$  ng/L และระดับการปนเปื้อนในดินตะกอนพบระดับการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอนในทุกสถานที่มีค่าอยู่ในช่วง 9.29-144.24 ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $63.37 \pm 47.48$  ng/g น้ำหนักแห้ง

ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงศ์ดาวรรณ, อาวุธ หมั่นหาผล และแววตา ทองระอา (2552) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเล และดินตะกอน ในฤดูแล้ง (มีนาคม) และฤดูฝน (กันยายน) บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี และนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ใน 23 สถานี ระหว่างปี 2550-2551 รวม 4 ครั้ง เพื่อตรวจวัดปริมาณสารอาหาร และโลหะหนัก (ปรอท, แคดเมียม, ตะกั่ว, ทองแดง, สังกะสี, นิกเกิล, เหล็ก และแมงกานีส) รวมทั้งคุณภาพน้ำและดินตะกอนเบื้องต้นบางประการ ผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของประเทศไทยพบว่าน้ำทะเล และดินตะกอนส่วนใหญ่มีคุณภาพดี

สาโรจน์ เริ่มคำริห์, สาวิตรี แก้วเรียส และเกริก วงศ์สอนธรรม (2552) ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 13 สถานี ในเดือนเมษายน สิงหาคม และธันวาคม พ.ศ.2550 พบว่าโลหะหนักที่พบสะสมปริมาณสูงที่สุดในน้ำ คือ ทองแดง มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.08 mg/L รองลงมา คือ สังกะสี 0.06 mg/L ตะกั่ว 0.05 mg/L และแคดเมียม 0.01 mg/L ตามลำดับ ส่วนโลหะหนักที่พบสะสมปริมาณสูงที่สุดในดินตะกอน คือ สังกะสี มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 64.07 mg/kg ตะกั่ว 28.19 mg/kg ทองแดง 16.21 mg/kg และแคดเมียม 2.05 mg/kg ตามลำดับ

สุวรรณ ภาณุตระกูล (2555) ศึกษาระดับความเข้มข้น และการกระจายตัวของแคดเมียม ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว แมงกานีส และเหล็กในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 ไมโครเมตร จากแหล่งน้ำผิวดิน และชายฝั่งทะเลในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเลมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของแหล่งน้ำผิวดิน และดินตะกอนจากชายฝั่ง ในขณะที่พบความเข้มข้นของทองแดง สังกะสี ตะกั่วในบางสถานีเก็บตัวอย่างมีค่าเกินมาตรฐาน สถานีที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูง และโลหะอื่นๆ เกินมาตรฐานจะตั้งอยู่ในพื้นที่คลองชากหมาก ซึ่งเป็นคลองที่ไหลผ่านนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ส่วนในพื้นที่คลองห้วยใหญ่ และคลองพูนซึ่งเป็นส่วนต่อขยายของพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่ารองลงมา และในเขตพื้นที่คลองทับมาซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีอุตสาหกรรมตั้งอยู่น้อยที่สุดก็มีความเข้มข้นของแคดเมียม ทองแดง สังกะสี และตะกั่วต่ำที่สุด เป็นที่สังเกตได้ว่าสถานีที่มีความเข้มข้นของโลหะสูงจะตั้งอยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม และโรงไฟฟ้า



รินระวี พูลเกษม (2556) ศึกษาปริมาณและการแพร่กระจายของสารหนูรวม น้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอน (ขนาด < 125 ไมโครเมตร) จากพื้นที่โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ปริมาณสารหนูรวมในน้ำผิวดินจากคลองพูน คลองซากหมาก คลองห้วยใหญ่ และคลองทับมา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $11.90 \pm 15.73 \mu\text{g/L}$  โดยร้อยละ 32 ของตัวอย่างน้ำผิวดินมีค่าเกินมาตรฐานของน้ำผิวดิน ยกเว้นตัวอย่างทั้งหมดจากคลองทับมาซึ่งอยู่ห่างจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมากกว่าคลองอื่นยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำผิวดิน ปริมาณสารหนูรวมทั้งในดินตะกอนจากทั้ง 4 กลุ่มคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $20.86 \pm 13.14 \mu\text{g/g}$  (น้ำหนักแห้ง) โดยส่วนใหญ่ของตัวอย่างดินตะกอน (ร้อยละ 72.97) มีค่าเกินร่างเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทย ตะกอนจากทุกสถานีในคลองซากหมากซึ่งไหลผ่านพื้นที่อุตสาหกรรมในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานฯ ปริมาณสารหนูรวมในน้ำทะเลจากชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.19 \pm 0.55$  และ  $0.93 \pm 0.20 \mu\text{g/L}$  ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำทะเลทั้งหมดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ปริมาณสารหนูรวมในดินตะกอนชายฝั่งทะเลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $6.34 \pm 3.81 \mu\text{g/g}$  (น้ำหนักแห้ง) โดยร้อยละ 13 ของตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่งมีค่าเกินร่างเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งทะเลของประเทศไทย

พรพรรณ ศีลรัตน์, สุชาติ วรรณะนันท์, ภาสิณี วรรณะนันท์ และนิลนาถ ชัยชนาวีสุทธิ (2557) ศึกษาการแพร่กระจายของปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และบริเวณข้างเคียง โดยเก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) และเดือนสิงหาคม (ฤดูน้ำหลาก) ปี 2554 จำนวน 20 สถานี พบว่าปริมาณโลหะหนักที่พบสูงที่สุดในดินตะกอน คือ เหล็ก ( $753.23 \pm 420.59 \text{ mg/kg}$ ) ตะกั่ว ( $4.19 \pm 1.49 \text{ mg/kg}$ ) และแคดเมียม ( $0.91 \pm 0.45 \text{ mg/kg}$ ) ตามลำดับ บริเวณที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักมากที่สุด คือ ปากคลองซากหมาก ปากคลองน้ำหู ปากน้ำระยอง และเขื่อนบ้านหนองแพบ

แววตา ทองระอา, ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงศ์ดาวรรณ อาวุธ หมั่นหาผล และอภิวิชญ์ นวลแก้ว (2557) ศึกษาการสะสมและการแพร่กระจายโลหะหนัก 7 ชนิด คือ โปรท ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง เหล็ก และนิกเกิลในน้ำ ดินตะกอนและพืชป่าชายเลนในชุมชนบ้านแหลมฉับัง จังหวัดชลบุรี โดยเก็บตัวอย่าง 2 ครั้งในฤดูฝน (ตุลาคม 2555) และฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ 2557) ผลการศึกษา พบว่าโลหะหนักส่วนใหญ่ในน้ำและดินตะกอนมีค่าสูงในสถานีก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน และมีปริมาณลดลงเมื่อออกจากป่าชายเลนไปสู่ทะเล โลหะหนักในน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ส่วนโลหะหนักในดินตะกอนส่วนใหญ่มีค่าสูงเกินมาตรฐานคุณภาพตะกอนดินในแหล่งน้ำผิวดินในบางสถานีและในบางฤดูกาล

#### การศึกษาโลหะหนักในต่างประเทศ

Suthar, Nema, Chabukdhara, and Gupta (2009) ศึกษาเพื่อประเมินระดับโลหะหนัก (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn และ Pb) ในน้ำและดินตะกอนของแม่น้ำ Hindon ในเมืองอุตสาหกรรมการ Ghaziabad ประเทศอินเดีย รวมทั้งหมด 6 สถานี ครอบคลุมต้นน้ำและปลายน้ำของแม่น้ำ Hindon พบช่วงความเข้มข้นของโลหะในน้ำ ดังนี้ Cd 2.40-2.41  $\mu\text{g/L}$ , Cu BDL-4372.5  $\mu\text{g/L}$ , Cr 31.2-330.9  $\mu\text{g/L}$ , Fe BDL-1247.4  $\mu\text{g/L}$ , Mn 1.70-867.5  $\mu\text{g/L}$ , Zn 0.501-836.4  $\mu\text{g/L}$  และ Pb 30.1-902.1  $\mu\text{g/L}$  และพบช่วงความเข้มข้นของโลหะในดินตะกอน ดังนี้ Cd 1.15-3.47 mg/kg, Cu, 9.42-195.1 mg/kg, Cr 42.9-250.4 mg/kg, Fe 221.2-237.9 mg/kg, Mn 61.0-201.7 mg/kg, Zn 3.98-85.0 mg/kg และ Pb 5.07-59.1 mg/kg

Zhou, Qin, Peng, and Deng (2014) ทำการวิเคราะห์โลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ Zn, Cu, Pb, Cd และ Hg โดยการเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณอ่าว Bohai ตั้งแต่ปี 2001-2011 รวมทั้งหมด 15 สถานี ช่วงความเข้มข้นของดินตะกอน Zn, Cu, Pb, Cd และ Hg เป็น 58-332  $\mu\text{g/g}$ , 7.2-63  $\mu\text{g/g}$ , 4.3-138  $\mu\text{g/g}$ , 0-0.98  $\mu\text{g/g}$ , และ 0.10-0.68  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าดินตะกอนค่อนข้างสะอาด ผลจากการคำนวณความเสี่ยงทางชีวภาพมีการลดลงจากปี 2001 ถึงปี 2007 และหลังจากนั้นมีการเพิ่มขึ้นซึ่งโลหะหนักส่วนใหญ่มาจากตามแนวชายฝั่ง การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ามนุษย์อาจจะเป็นผู้ได้รับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้โดยมาจากผลกระทบของโลหะหนักในอ่าว Bohai

Kadhun, Ishak, Zulkifli, and Hashim (2015) ศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนัก Cd และ Cr โดยเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณแม่น้ำ Langat ประเทศมาเลเซีย รวมทั้งหมด 9 สถานี ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักพบอยู่ที่สถานี Jenjarom ซึ่งเป็นพื้นที่ทำประมง ที่อยู่อาศัย และทำการเกษตรปาล์มน้ำมัน โดยความเข้มข้นของโลหะที่ศึกษา มีดังนี้ Cr 21.03  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้งและ Cd 0.59  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง

Islam, Ahmed, Raknuzzaman, Manum, and Islam (2015) ศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนัก ดังนี้ Cr, Ni, Cu, As, Cd และ Pb โดยเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินและดินตะกอนจากแม่น้ำในเมืองของประเทศบังกลาเทศ พบว่าความเข้มข้นของ Cr, As, Cd และ Pb มีค่าสูงกว่าค่าที่ปลอดภัยซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม่น้ำ Korotoa มีมลพิษจากโลหะหนักและอาจสร้างผลกระทบต่อระบบนิเวศของแม่น้ำแห่งนี้ ปริมาณสารพิษโดยรวมในช่วงฤดูหนาวสูงกว่าฤดูร้อนอย่างมีนัยสำคัญ

Tiwari, Bajpai, Dewangan, and Tamrakar (2015) การศึกษาในงานวิจัยนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างน้ำ 10 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นก่อนมรสุมและหลังมรสุมเพื่อวิเคราะห์พื้นที่โดยรอบของอุตสาหกรรมที่สำคัญของ Chhattisgarh การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำผิวดินแสดงให้เห็นความเข้มข้นที่สูงขึ้นของโลหะหนักบางอย่างเกินขีดจำกัดที่ได้รับอนุญาตโดยตัวอย่างน้ำผิวดินก่อนมรสุมพบว่าโลหะ Mn และ Cr มีความเข้มข้นสูงและในขณะที่ Cu, Fe และ Pb มีความเข้มข้นต่ำ ในทำนองเดียวกันหลังมรสุมพบว่า Mn, Cr และ Fe มีความเข้มข้นสูง ในขณะที่ Cu และ Pb ส่งผลให้มีความเข้มข้นต่ำ ในการวิเคราะห์ตัวอย่างแสดงให้เห็นว่ามีความเสี่ยงสำหรับประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับโรงงานอุตสาหกรรม Chhattisgarh

Zhang et al. (2015) ศึกษาความเข้มข้น การแพร่กระจาย และการสะสมทางชีวภาพของโลหะหนัก (Cu, Pb, Zn, Cr, Cd, As) ในสิ่งมีชีวิตทางทะเลบริเวณชายฝั่งในมณฑลกวางตุ้ง ความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบในสิ่งมีชีวิตมากที่สุด คือ ทางทิศตะวันตกซึ่งสูงกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเกี่ยวข้องกับโครงสร้างอุตสาหกรรมในท้องถิ่นและความสมดุลของการปล่อยโลหะ โดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นของโลหะหนักสูงถูกตรวจพบในหอยและความเข้มข้นต่ำถูกตรวจพบในปลา ปัจจัยที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินระดับการสะสมของสิ่งมีชีวิตทางทะเลกับโลหะหนักโดย Cd, Cu และ As เป็นโลหะหนักที่มีการสะสมมากที่สุด

Ali, Ali, Islam, and Rahman (2016) ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก สารหนู (As) โครเมียม (Cr) แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ในดินตะกอนและน้ำจากแม่น้ำ Karnaphuli ในประเทศบังกลาเทศ โลหะหนักในน้ำอยู่ในช่วง 13.31–53.87, 46.09–112.43, 2.54–18.34 และ 5.29–27.45  $\mu\text{g/L}$  และดินตะกอนอยู่ในช่วง 11.56–35.48, 37.23–160.32, 0.63–3.56 และ 21.98–73.42 mg/kg สำหรับ As, Cr, Cd และ Pb ระดับของโลหะที่ทำการศึกษาในตัวอย่างน้ำมีค่าเกินขีดจำกัดของน้ำดื่มที่ปลอดภัยชี้ให้เห็นว่าน้ำจากแม่น้ำสายนี้ไม่ปลอดภัยสำหรับดื่มและนำมาทำอาหาร

Gao, Han, Hao, and Zhou (2016) ศึกษาสถานะมลพิษและความเสี่ยงด้านมลพิษที่อาจเกิดขึ้นจากปรอท (Hg) ในประเทศจีน โดยเก็บตัวอย่างดินตะกอนในช่วงปี 2003-2004 รวม 881 สถานี รวมแอ่งน้ำที่สำคัญ 10 แห่ง ได้แก่ Songhua River Basin (SRB), Liao River Basin (LRB), Hai River Basin (HRB), Yellow River Basin (YRB), Huai River Basin (HuRB), Yangtze River Basin (YtRB), Pearl River Basin (PRB), Southeastern River Basin (SeRB), Southwestern River Basin (SwRB) และ Northwestern River Basin (NwRB) ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของปรอทในดินตะกอนของแอ่งน้ำในประเทศจีนมีค่าตั้งแต่ 0.001-8.800 mg/kg โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.274 \pm 0.675$  mg/kg

Tao et al. (2016) ศึกษาการปนเปื้อนปรอทรวม และเมทิลเมอร์คิวรีในตัวอย่างน้ำทะเล ดินตะกอนบริเวณแหล่งที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของปากแม่น้ำ Pearl โดยเก็บตัวอย่างระหว่างเดือน ตุลาคม 2014 และเดือนมีนาคม 2015 ซึ่งในเดือนตุลาคม 2014 ระดับสูงสุดของปรอทรวมในน้ำ ทะเลมีค่าเท่ากับ  $7.037 \pm 0.556$  ng/L พบที่ปากแม่น้ำ Zhuhai และระดับสูงสุดเมทิลเมอร์คิวรีมีค่า เท่ากับ  $0.069 \pm 0.006$  ng/L พบที่อ่าว Daya ในส่วนของดินตะกอนบริเวณที่มีค่าความเข้มข้นปรอท รวมสูงที่สุด คือ เกาะ Guishan มีค่าเท่ากับ  $165.83 \pm 25.95$  ng/g น้ำหนักแห้ง และค่าความเข้มข้น เมทิลเมอร์คิวรีสูงที่สุด คือ เกาะ Guishan มีค่าเท่ากับ  $0.29 \pm 0.12$  ng/g น้ำหนักแห้ง และในเดือน มีนาคม 2015 ค่าความเข้มข้นปรอทรวมสูงที่สุด คือ เกาะ Guishan มีค่าเท่ากับ  $130.34 \pm 25.74$  ng/g น้ำหนักแห้ง และเมทิลเมอร์คิวรี  $0.19 \pm 0.10$  ng/g ตามลำดับ

Cavoura et al. (2017) ศึกษาความเข้มข้นปรอทในดินตะกอนจากแหล่งน้ำจืด 2 คลอง จากประเทศสกอตแลนด์ และสหราชอาณาจักร ความเข้มข้นปรอทสูงพบที่ Union canal ( $35.3-1200$  mg/kg) ส่วนความเข้มข้นต่ำพบที่ Forth & Clyde Canal ( $0.591-9.14$  mg/kg) ความเข้มข้นของเมทิล เมอร์คิวรี (MeHg) จาก Union canal อยู่ในระดับต่ำจาก  $6.02$  ถึง  $18.6$   $\mu\text{g/kg}$  และจาก Forth & Clyde Canal มีค่า  $3.44-14.1$   $\mu\text{g/kg}$

Molamohyeddin, Ghafourian, and Sadatipour (2017) ศึกษาปริมาณโลหะหนัก Hg, Cd, As และ Pb ในดินตะกอนของอ่าว chabahar ประเทศอิหร่าน ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูร้อน ปี 2011 รวม 13 สถานี ผลการศึกษาพบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ Hg มีค่าเท่ากับ  $0.10 \pm 0.03$  mg/kg, Cd  $0.17 \pm 0.22$  mg/kg, As  $12.20 \pm 5.23$  mg/kg และ Pb  $15.69 \pm 4.99$  mg/kg

Srinivas, Shynu, Sreeraj, and Ramachandran (2017) ทำการประเมินมลพิษโลหะหนัก ได้แก่ Al, Cr, Ni, Cu, Zn, และ Pb ในดินตะกอนบริเวณใกล้ชายฝั่ง Calicut ทางตะวันตกเฉียงใต้ ของประเทศอินเดีย ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูก่อนมรสุม ปี 2015 รวม 29 สถานี ผลการศึกษาพบ ค่าเฉลี่ยของ Al มีค่าเท่ากับ  $7.4 \pm 1.4$  mg/kg, Cr  $244 \pm 47.0$  mg/kg, Ni  $89.6 \pm 22.3$  mg/kg, Cu  $40.3 \pm 7.8$  mg/kg Zn  $48.5 \pm 12.0$  mg/kg และ Pb  $44.0 \pm 5.7$  mg/kg

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

##### 3.1.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์

- เครื่อง GF-AAS (รุ่น SpectrAA 220 Z, Varian, Australia) ร่วมกับเครื่อง GTA (รุ่น 110 Z AA, Varian, Australia)
- เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง (รุ่น 5810, Eppendorf, Germany)
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (รุ่น AG 204, Mettler Toledo, Switzerland)
- อ่างอัลตราโซนิก (Isolab, USA)
- ไมโครปิเปต ขนาด 100, 300, 1000 ไมโครลิตร และขนาด 5 มิลลิลิตร (รุ่น FinnpiPETTE, Thermo Scientific, Finland)

- ขวดไซขนาด 2 มิลลิลิตร และขวดไซขนาด 30 มิลลิลิตร
- ขวดสี่ขาขนาด 40 มิลลิลิตร

##### 3.1.2 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง

- ขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 100 มิลลิลิตร
- ถังพลาสติก
- ฝาแก้วคั่นตะกอน

##### 3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

- สารละลายมาตรฐานแคดเมียม 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับ AAS (Ajak Finechem, Australia)
- สารละลายมาตรฐานปรอท 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับ AAS (Merck, Germany)
- สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับ AAS (Merck, Germany)
- สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับ AAS (Merck, Germany)
- อาร์เซนิกไดออกไซด์;  $As_2O_3$ , MW 197.84, เกรควิเคราะห์ (Fluka, Switzerland)
- โซเดียม ไดเอทิลไดไทโอคาร์บามต ไตรไฮเดรต ( $C_2H_5)_2NCSSNa \cdot 3H_2O$ , MW 225.31, เกรควิเคราะห์, (Sigma-Aldrich, USA)

- ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตโดเดคะไฮเดรต  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , MW 358.14, เกรด  
วิเคราะห์, (VWR Prolabo Chemical, Belgium)
- 1,5-ไดฟีนิลคาร์บาริไซด์  $\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}$ , MW 242.28, เกรดวิเคราะห์, (Merck,  
Germany)
- กรดโดดีลิลเบนซีนซัลโฟนิค  $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_3\text{S}$ , MW 326.49, เกรดวิเคราะห์ (Merck,  
Germany)
- กรดไนตริก  $\text{HNO}_3$  69 % , MW 63.01, เกรดวิเคราะห์ (Merck, Germany)
- กรดฟอสฟอริก  $\text{H}_3\text{PO}_4$  85%, MW 98, เกรดวิเคราะห์ (Merck, Germany)
- ไดคลอโรมีเทน  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , MW 84.93, เกรดวิเคราะห์, (VWR Prolabo  
Chemical, France)
- เมทานอล  $\text{CH}_3\text{OH}$ , MW 32.04, เกรดวิเคราะห์, (VWR Prolabo Chemical, France)
- เอทานอล  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , MW 46.07, เกรดวิเคราะห์, (VWR Prolabo Chemical, France)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์  $\text{NaOH}$ , MW 40, เกรดวิเคราะห์, (Merck, Germany)

### 3.2 กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอน

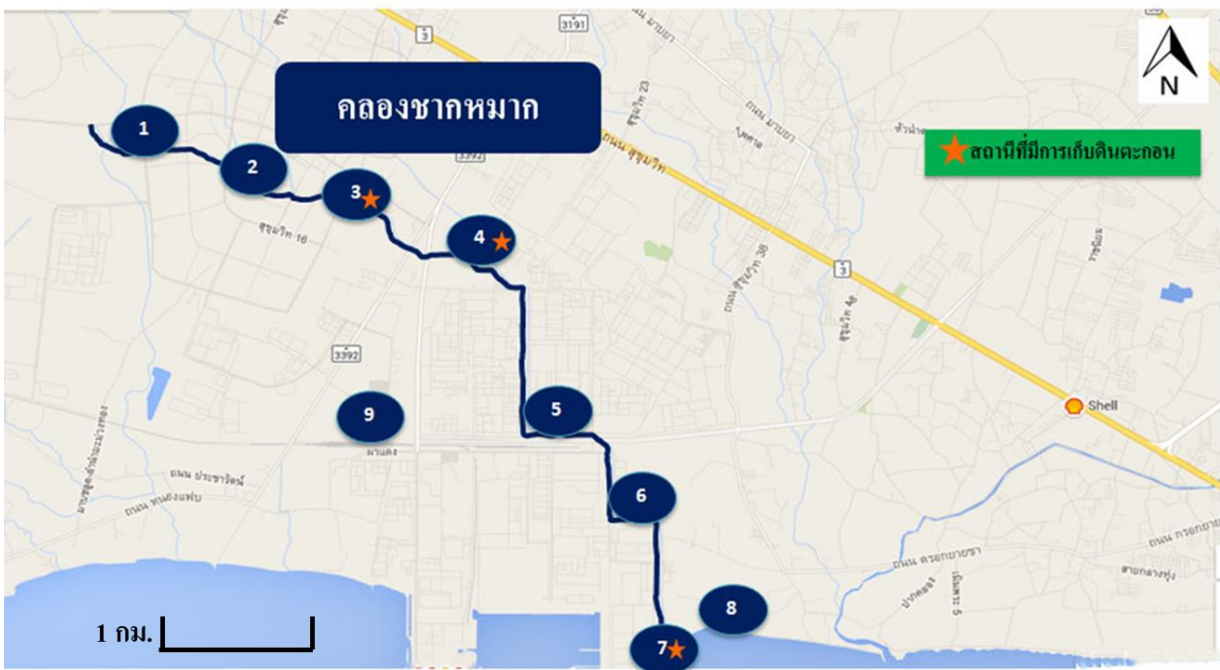
กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอนในคลองต่างๆ ในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ดังนี้ ในพื้นที่คลองซากหมากเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน 7 สถานี (S1-S6 และ S9) น้ำทะเล 2 สถานี (S7-S8) คลองบางกระพูน เก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน 2 สถานี (S10-S11) น้ำทะเล 2 สถานี (S12-S13) คลองน้ำชาเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน 1 สถานี (S14) และคลองน้ำหูกเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน 2 สถานี (S15-S16) น้ำทะเล 1 สถานี (S17) เก็บตัวอย่างดินตะกอน ในพื้นที่คลองซากหมาก (S3,-S4 และ S7) และพื้นที่คลองน้ำหูก (S17) ดังตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.1-3.4

ตารางที่ 3.1 สถานีและพิกัดที่ทำการศึกษาบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

สถานี	ชื่อคลอง	ละติจูด	ลองจิจูด	ตัวอย่าง
1		N 12 42'42.2"	E 101 08'18.3"	น้ำผิวดิน
2		N 12 42'58.3"	E 101 07'33.7"	น้ำผิวดิน
3		N 12 43'16.2"	E 101 06'22.7"	น้ำผิวดิน, ดินตะกอน
4		N 12 43'26.2"	E 101 06'10.4"	น้ำผิวดิน, ดินตะกอน
5	คลองซากหมาก	N 12 41'24.7"	E 101 09'09.8"	น้ำผิวดิน
6		N 12 40'43.9"	E 101 09'27.6"	น้ำผิวดิน
7		N 12 40'10.2"	E 101 09'29.5"	น้ำทะเล, ดินตะกอน
8		N 12 40'17.7"	E 101 09'50.8"	น้ำทะเล
9		N 12 41'37.4"	E 101 07'27.3"	น้ำผิวดิน
10		N 12 41'37.4"	E 101 06'14.8"	น้ำผิวดิน
11	คลองบางกระพูน	N 12 41'16.2"	E 101 06'21.8"	น้ำผิวดิน
12		N 12 40'45.3"	E 101 06'33.5"	น้ำทะเล
13		N 12 40'38.4"	E 101 06'47.6"	น้ำทะเล
14	คลองน้ำชา	N 12 40'09.6"	E 101 10'46.9"	น้ำผิวดิน
15		N 12 40'24.8"	E 101 10'32.0"	น้ำผิวดิน
16	คลองน้ำหูก	N 12 40'43.2"	E 101 10'53.3"	น้ำผิวดิน
17		N 12 40'40.5"	E 101 10'27.4"	น้ำทะเล, ดินตะกอน

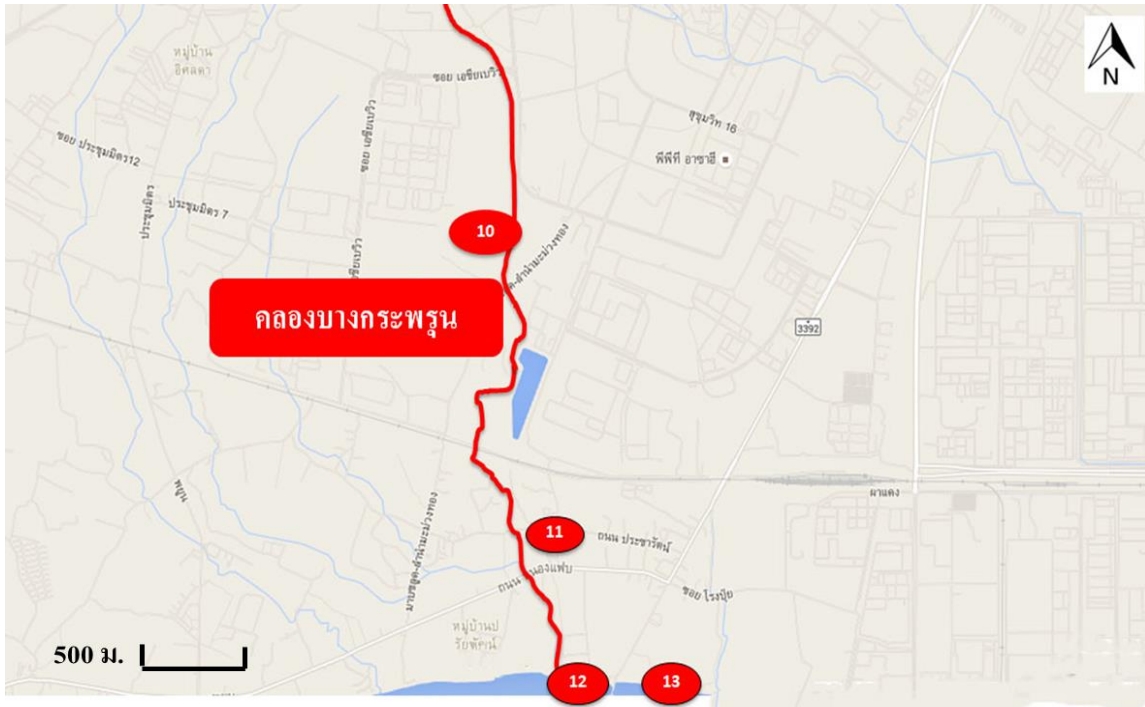


ภาพที่ 3.1 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมมาตุพล

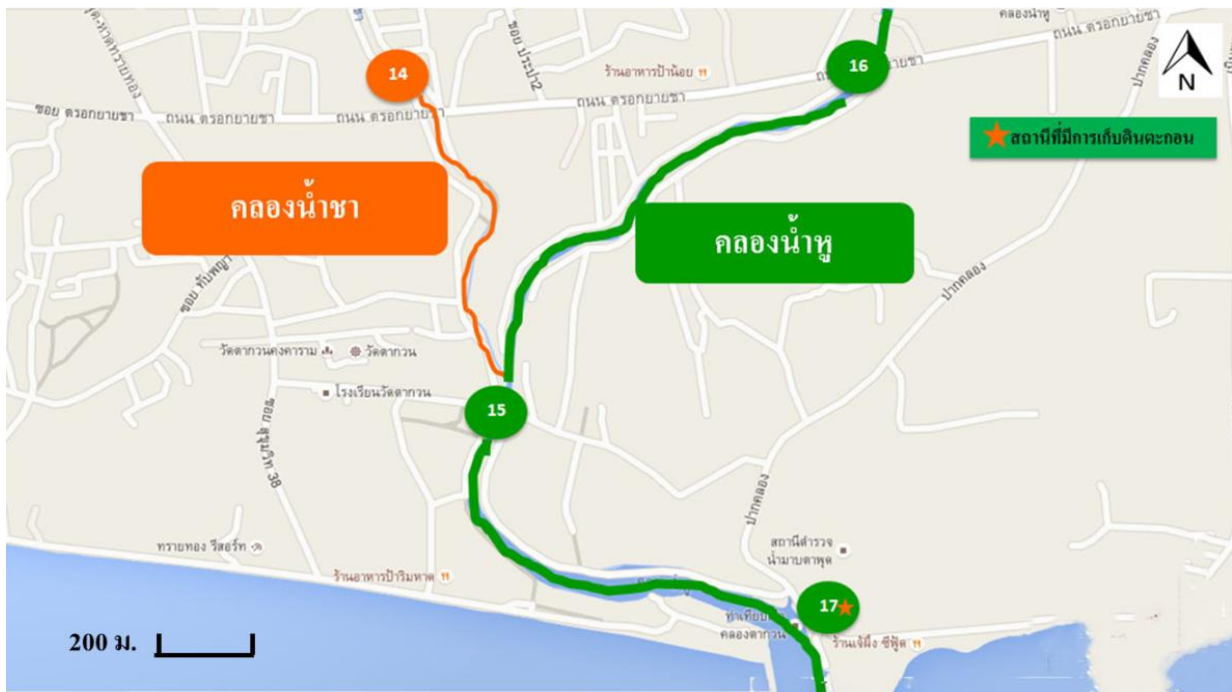


ภาพที่ 3.2 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณคลองชากหมาก  
หมายเหตุ ★ คือ สถานีที่มีการเก็บตัวอย่างดินตะกอน





ภาพที่ 3.3 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณคลองบางกระพวน



ภาพที่ 3.4 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณคลองน้ำชา และคลองน้ำหูก  
หมายเหตุ ★ คือ สถานีที่มีการเก็บตัวอย่างดินตะกอน

### 3.3 การเก็บตัวอย่าง

#### 3.3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน และน้ำทะเล

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน และน้ำทะเล ดังนี้ ในพื้นที่คลองซากหมากเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน 7 สถานี (S1-S6 และ S9) น้ำทะเล 2 สถานี (S7-S8) คลองบางกระพูน เก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน 2 สถานี (S10-S11) น้ำทะเล 2 สถานี (S12-S13) คลองน้ำซาเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน 1 สถานี (S14) และคลองน้ำหูเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน 2 สถานี (S15-S16) น้ำทะเล 1 สถานี (S17) รวม 17 สถานี โดยทำการเก็บแบบจ้วง เก็บสถานีละ 3 ชั่วโมง ก่อนการเก็บตัวอย่างต้องกลั่นด้วยน้ำจากบริเวณที่เก็บตัวอย่าง อย่างน้อย 2-3 ครั้ง แล้วจึงเก็บใส่ขวดพลาสติกขนาด 100 มิลลิลิตร โดยเก็บน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดไนตริก 50 มิลลิลิตร เพื่อปรับ pH ให้มีค่าต่ำกว่า 2 หลังจากเติมกรดไนตริกปิดฝาให้สนิทแล้วพลิกขวดไปมา ประมาณ 10 ครั้ง เพื่อให้สารละลายผสมกัน นำตัวอย่างน้ำไปเก็บที่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส ก่อนการวิเคราะห์

#### 3.3.2 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณผิวหน้าดินตะกอนด้วย Ekman grab ในพื้นที่คลองซากหมาก (S3, S4 และ S7) และพื้นที่คลองน้ำหู (S17) โดยเก็บสถานีละ 3 ชั่วโมง ใส่ในถุงพลาสติก นำตัวอย่างดินตะกอนไปเก็บที่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส ก่อนการวิเคราะห์

### 3.4 การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำ

#### 3.4.1 การเตรียมสารมาตรฐานโลหะหนัก (ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และโครเมียม (VI))

เตรียมสารละลายมาตรฐานโลหะหนัก โดยมีช่วงความเข้มข้น ดังต่อไปนี้

- ปรอท 2.00-10.00 ไมโครกรัมต่อลิตร
- แคดเมียม 0.02-0.10 ไมโครกรัมต่อลิตร
- ตะกั่ว 0.20-1.00 ไมโครกรัมต่อลิตร
- สารหนู 50.00-250.00 ไมโครกรัมต่อลิตร
- โครเมียม (VI) 0.20-1.00 ไมโครกรัมต่อลิตร

ในน้ำปราศจากไอออน หลังจากนั้นปีเปิดมา 20.00 มิลลิลิตร แล้วนำมาสกัดภายใต้สภาวะการสกัดเดียวกันกับการสกัดตัวอย่างโดยทำการศึกษาความเข้มข้นละ 3 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง GF-AAS กราฟมาตรฐานสร้างจากการพล็อตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

**3.4.2 การเตรียมตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก (ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว และสารหนู) แสดงดังภาพที่ 3.5 (Rosa *et al.*, 2015 Sohrabi, Farokhi, Adnani and Ziaian, 2007)**

- นำน้ำตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร กรองผ่านแผ่นกรองไนลอนขนาด 0.45 ไมโครเมตร ปิเปิดน้ำตัวอย่างมา 20.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วที่มีฝาปิดขนาด 30.00 มิลลิลิตรที่มีโซเดียมคลอไรด์ 3.0 กรัม

- ปิเปิดสารละลายบัฟเฟอร์ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตโคเดคะไฮเดรต pH 8 เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไดเอทิลไดโทโอคาร์บามาเตไตรไฮเดรต  $2.5 \times 10^{-3}$  โมลาร์ ปริมาตร 50.00 ไมโครลิตร ปิดฝาและเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ทำซ้ำ 3 ครั้ง สำหรับสารหนูเปลี่ยนเป็นปิเปิดสารละลายบัฟเฟอร์ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตโคเดคะไฮเดรต pH 7 เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไดเอทิลไดโทโอคาร์บามาเตไตรไฮเดรต 0.2 % w/v ปริมาตร 5.00 มิลลิลิตร

- สกัดสารเชิงซ้อนที่ได้ด้วยสารละลายผสมระหว่างไดคลอโรมีเทน: เอทานอล ในอัตราส่วน 1: 3 ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร จากนั้นปิดฝาและเขย่าเป็นเวลา 30 วินาที

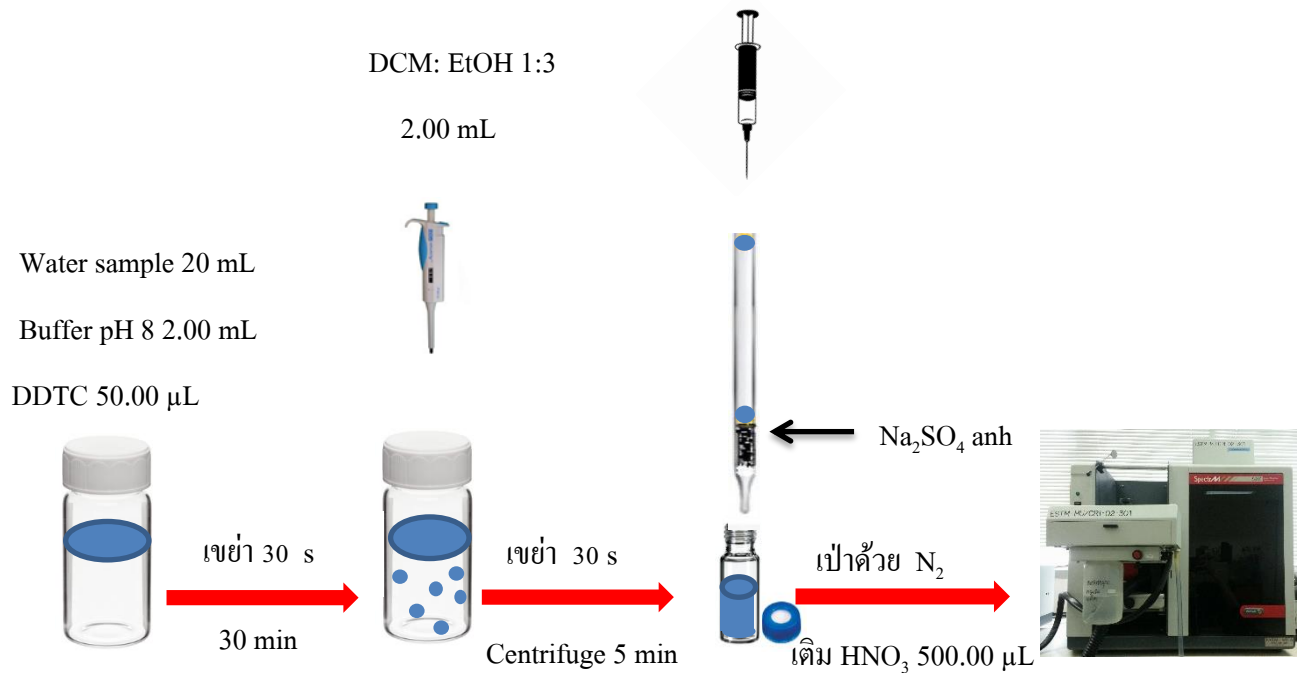
- นำสารที่ได้ไปหมุนเหวี่ยงที่ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

- ดูดตัวทำละลายอินทรีย์ด้วยไซริงค์แล้วปล่อยให้ผ่านหลอดหยดที่มี  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{anh.}$  อยู่ปลายหลอด ประมาณ 0.20 กรัม ใส่ขวดขนาด 2.0 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดน้ำที่เหลือ

- นำสารละลายที่ได้ไปเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจนจนเกือบแห้ง เดิมกรดไนตริก 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 500.00 ไมโครลิตร ลงไปในขวดสารละลายที่นำไปประเหยแล้ว

- สารละลายแบบลงค์เตรียมเช่นเดียวกันแต่ไม่เติมสารละลายมาตรฐานโลหะหนัก

- นำตัวอย่างโลหะหนักที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GF-AAS



ภาพที่ 3.5 การเตรียมตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก (ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว และสารหนู)

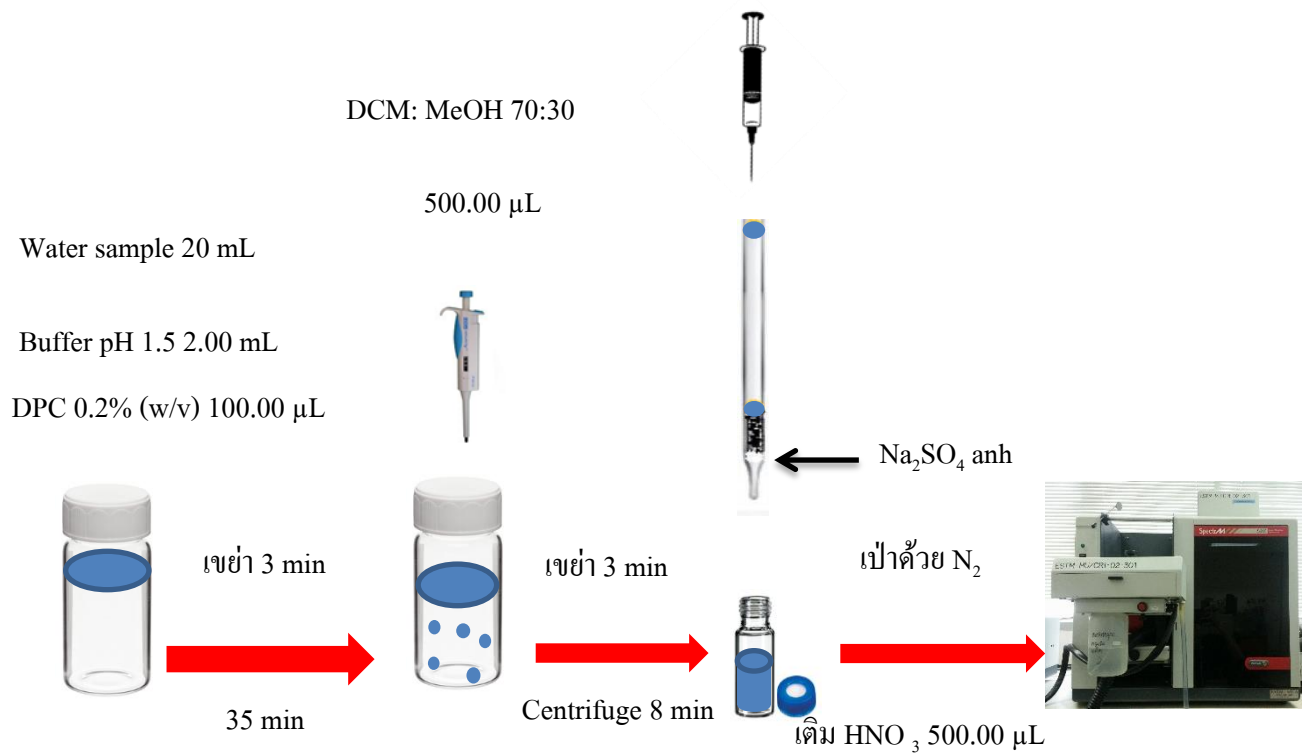
\*\* สารหนูเปลี่ยนเป็นปิเปตสารละลายบัฟเฟอร์ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตโคเดเคไฮเดรต pH 7 เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต ไตรไฮเดรต 0.2 % w/v ปริมาตร 5.00 มิลลิลิตร

### 3.4.3 การเตรียมตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก (โครเมียม (VI)) แสดงดังภาพที่

3.6 (วรินดา แก้วมณีวงษ์, พัทธนันท์ นาดพิณี และอภิญา นวคุณ, 2013)

- นำน้ำตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร กรองผ่านแผ่นกรองไนลอนขนาด 0.45 ไมโครเมตร
- ปิเปตน้ำตัวอย่างมา 20.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วที่มีฝาปิดขนาด 30.00 มิลลิลิตรที่มีโซเดียมคลอไรด์ 6.0 กรัม
- ปิเปตสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต pH 1.5 เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร และสารละลาย 1,5-ไดฟีนิลคาร์บาร์ไซด์ (DPC) 0.5 % (w/v) ในเมทานอล ปริมาตร 100.00 ไมโครลิตร ปิดฝาและเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 35 นาที ทำซ้ำ 3 ครั้ง
- สกัดสารเชิงซ้อนที่ได้ด้วยสารละลายผสมระหว่างไดคลอโรมีเทน: เมทานอล ในอัตราส่วน 70: 30 ที่มี DBSA 0.05 % (w/v) ปริมาตร 500.00 ไมโครลิตร จากนั้นปิดฝาและเขย่าเป็นเวลา 3 นาที
- เติม EtOH ปริมาตร 500.00 ไมโครลิตร ลงไปอีกครั้งเพื่อให้การสกัดดีขึ้น เขย่าเป็นเวลา 3 นาที

- นำสารที่ได้ไปหมุนเหวี่ยงที่ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที
- คือดตัวทำละลายอินทรีย์ด้วยไซริงค์แล้วปล่อยให้ผ่านหลอดหยดที่มี  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{anh.}$  อยู่ปลายหลอด ประมาณ 0.20 กรัม ใส่ขวดขนาด 2.0 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดน้ำที่เหลือ
- นำสารละลายที่ได้ไปเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจนจนเกือบแห้ง เติมกรดไนตริก 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 500.00 ไมโครลิตรลงในขวดสารละลายที่นำไประเหยแล้ว
- สารละลายแบบลงค์เตรียมเช่นเดียวกันแต่ไม่เติมสารละลายมาตรฐานโลหะหนัก
- นำตัวอย่างโลหะหนักที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GF-AAS



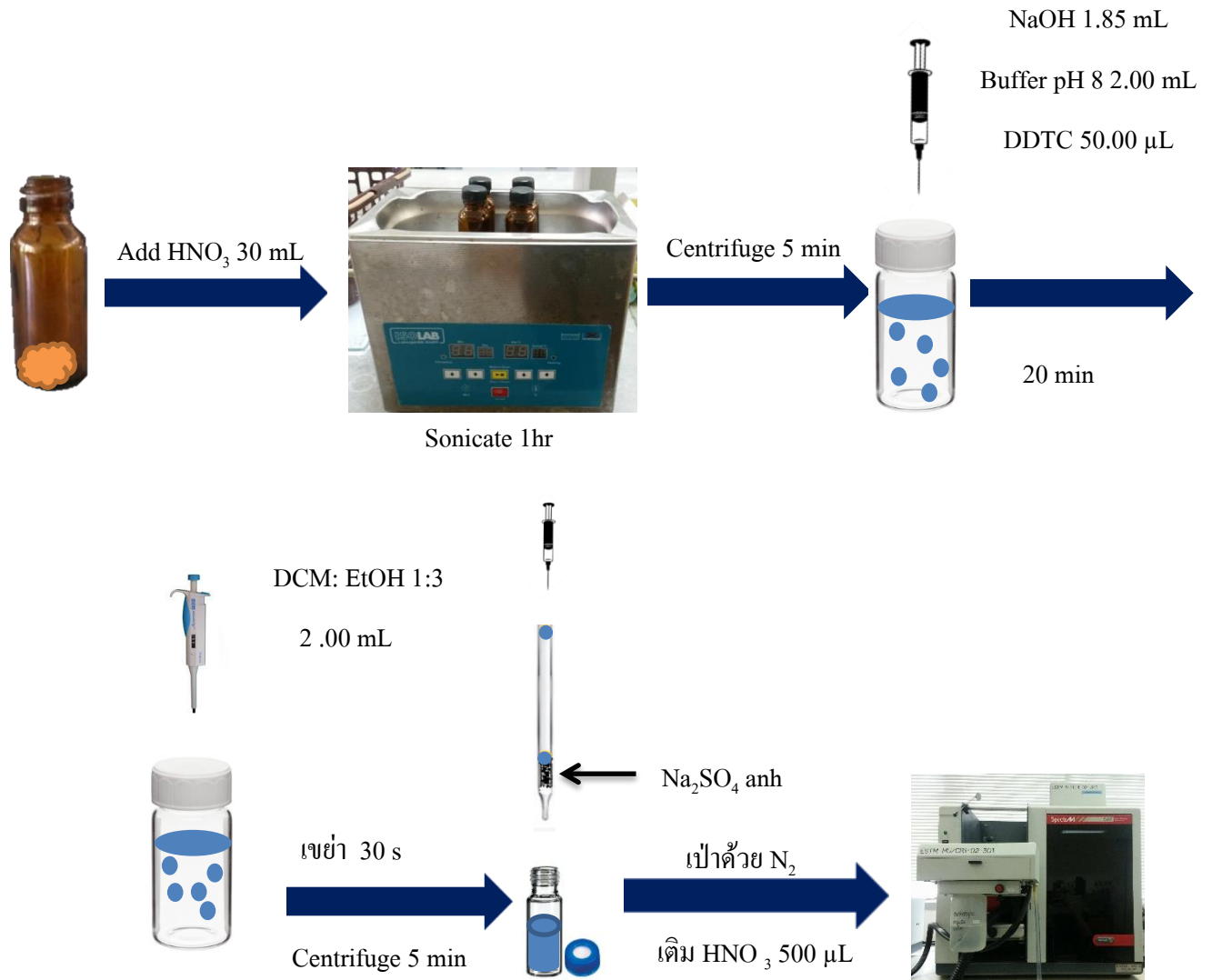
ภาพที่ 3.6 การเตรียมตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก (โครเมียม (VI))

### 3.5 การวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอน

#### 3.5.1 การเตรียมตัวอย่างดินตะกอนสำหรับสกัดปรอท แคดเมียม ตะกั่ว และสารหนู แสดงดัง

ภาพที่ 3.7 (Rosa et al., 2015 Sohrabi, Farokhi, Adnani & Ziaian, 2007)

- นำตัวอย่างดินตะกอนออกจากตู้แช่แข็งทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิห้อง
- ชั่งตัวอย่างดินประมาณ 2.00 กรัม ใส่ขวดสีชาขนาด 40 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดไนตริก 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 30.00 มิลลิลิตร แล้วนำไปแช่ในตู้เย็นทิ้งไว้ 1 คืน
- สกัดด้วยตัวทำละลายในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อเสร็จแล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 5000 rpm 5 นาที
- เปิดสารละลายใส่มา 20.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดใสขนาด 30.00 มิลลิลิตร ที่มีโซเดียมคลอไรด์ 3.0 กรัม จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 1.85 มิลลิลิตร เติมสารละลายบัพเฟอร์ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตโคเคะไฮเดรต pH 7 เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร สารละลาย  $2.5 \times 10^{-3}$  โมลาร์ ปริมาตร 50.00 ไมโครลิตร ตามลำดับ ปิดฝาและเขย่าเป็นเวลา 30 วินาที ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที ทำซ้ำ 3 ครั้ง
- สกัดสารเชิงซ้อนที่ได้ด้วยสารละลายผสมระหว่างไดคลอโรมีเทน: เอทานอล ในอัตราส่วน 1: 3 ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 30 วินาที
- นำสารที่ได้ไปหมุนเหวี่ยงที่ 2000 rpm เป็นเวลา 5 นาที
- คูณตัวทำละลายอินทรีย์ด้วยไซริงค์แล้วปล่อยให้ผ่านหลอดหยดที่มี  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{anh.}$  อยู่ปลายหลอด ประมาณ 0.2 กรัม ใส่ขวดขนาด 2.0 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดน้ำที่เหลือ
- นำสารละลายที่ได้ไปเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจนจนเกือบแห้ง เติมกรดไนตริก 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 500.00 ไมโครลิตรลงไปขวดสารละลายที่นำไปประเหยแล้ว
- สารละลายแบลงค์เตรียมเช่นเดียวกันแต่ไม่เติมสารละลายมาตรฐานโลหะหนัก
- นำตัวอย่างโลหะหนักที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GF-AAS



ภาพที่ 3.7 การเตรียมตัวอย่างดินตะกอนสำหรับสกัดปรอท แคดเมียม ตะกั่ว และสารหนู

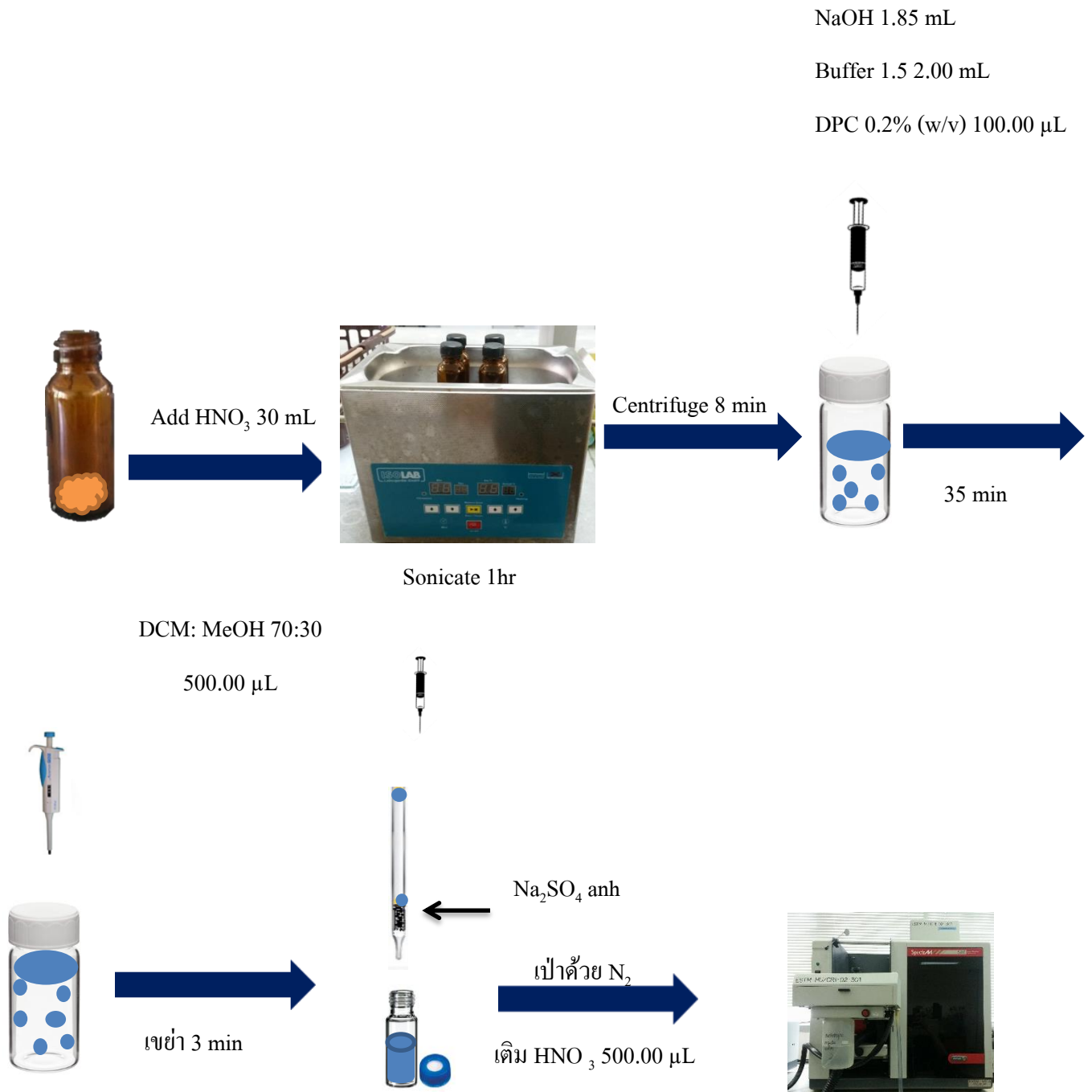
\*\* สารหนูเปลี่ยนเป็นปิเปตสารละลายบัฟเฟอร์ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตโคเดคะไฮเดรต pH 7 เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต ไตรไฮเดรต 0.2 % w/v ปริมาตร 5.00 มิลลิลิตร

### 3.5.2 การเตรียมตัวอย่างดินตะกอนสำหรับสกัดโครเมียม (VI) แสดงดังภาพที่ 3.8

(วรินดา แก้วฉวีวงศ์, พัทธนันท์ นาถพิณี และอภิญญา นวคุณ, 2013)

- นำตัวอย่างดินตะกอนออกจากตู้แช่แข็งทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิห้อง
- ชั่งตัวอย่างดินประมาณ 2.00 กรัม ใส่ขวดสีชาขนาด 40 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดไนตริก 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 30.00 มิลลิลิตร แล้วนำไปแช่ในตู้เย็นทิ้งไว้ 1 คืน
- สกัดด้วยตัวทำละลายในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อเสร็จแล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 5000 rpm 5 นาที
- เปิดสารละลายใส่มา 20.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดสีชาขนาด 30 มิลลิลิตร ที่มีโซเดียมคลอไรด์ 6.0 กรัม จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 1.85 มิลลิลิตร เติมสารละลายบัพเฟอร์ฟอสเฟต pH 1.5 เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลาย 1,5-ไดฟีนิลคาร์บาริไซด์ (DPC) 0.5 % (w/v) ในเมทานอล ปริมาตร 100.00 ไมโครลิตร ปิดฝาและเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 35 นาที ทำซ้ำ 3 ครั้ง
- สกัดสารเชิงซ้อนที่ได้ด้วยสารละลายผสมระหว่างไดคลอโรโรมีเทน: เมทานอล ในอัตราส่วน 70: 30 ที่มี DBSA 0.05 % (w/v) ปริมาตร 500.00 ไมโครลิตร จากนั้นปิดฝาและเขย่าเป็นเวลา 3 นาที
- เติม EtOH ปริมาตร 500.00 ไมโครลิตร ลงไปอีกครั้งเพื่อให้การสกัดดีขึ้น เขย่าเป็นเวลา 3 นาที
- นำสารที่ได้ไปหมุนเหวี่ยงที่ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที
- ดูดตัวทำละลายอินทรีย์ด้วยไซริงค์แล้วปล่อยให้ผ่านหลอดหยดที่มี  $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{anh.}$  อยู่ปลายหลอด ประมาณ 0.2 กรัม ใส่ขวดขนาด 2.0 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดน้ำที่เหลือ
- นำสารละลายที่ได้ไปเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจนจนเกือบแห้ง เติมกรดไนตริก 1.0 โมลาร์ ปริมาตร 500.00 ไมโครลิตรลงไปในขวดสารละลายที่นำไปประเหยแล้ว
- สารละลายแบบลงค์เตรียมเช่นเดียวกันแต่ไม่เติมสารละลายมาตรฐานโลหะหนัก
- นำตัวอย่างโลหะหนักที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GF-AAS





ภาพที่ 3.8 การเตรียมตัวอย่างดินตะกอนสำหรับสกัดโครเมียม (VI)

### 3.6 การหาค่าขีดจำกัดการตรวจวัดและขีดจำกัดการหาปริมาณ

- ค่าขีดจำกัดการตรวจวัด LOD (Limit of Detection) ของการวิเคราะห์โลหะหนักทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และโครเมียม (VI) หาได้จากการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแปลงคร่อมกับค่าเฉลี่ยของแปลงค้ำที่ทำการวิเคราะห์ซ้ำ จำนวน 7 ซ้ำ ( $n=7$ ) แล้วคูณด้วย 3 (ภาคผนวก)

- ค่าขีดจำกัดการหาปริมาณ LOQ (Limit of Quantification) ของการวิเคราะห์โลหะหนักทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และโครเมียม (VI) ทำเช่นเดียวกับการหา LOD แต่ใช้ 10 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแปลงค้ำ (ภาคผนวก)

### 3.7 สภาวะวิเคราะห์โลหะหนัก

สภาวะการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง GF-AAS สภาวะของเครื่องมือดังตารางที่ 3.2 โดยอ้างอิงจากคู่มือการใช้เครื่อง GF-AAS (รุ่น SpectrAA 220 Z, Varian, Australia) ร่วมกับเครื่อง GTA (รุ่น 110 Z AA, Varian, Australia)

ตารางที่ 3.2 สภาวะของเครื่องมือ GF-AAS ในการวิเคราะห์โลหะหนัก

	โลหะหนัก				
	ปรอท	ตะกั่ว	แคดเมียม	สารหนู	โครเมียม
ความยาวคลื่น (nm)	253.7	217.0	228.8	193.7	357.9
กระแสที่ใช้ (mA)	4	10	4	10	7
Slit width (nm)	0.5	1.0	0.5	0.5	0.2
ปริมาตรตัวอย่าง ( $\mu\text{g/L}$ )	20	20	20	20	20
Drying Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	85-120	85-120	85-120	85-120	85-120
Ashing Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	200	400	250	1400	1000
Atomizing Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	1800	2100	1800	2600	2600

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปราย

การศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และโครเมียม (VI) บริเวณพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง โดยทำการเก็บตัวอย่างในคลองต่าง ๆ ในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยเก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน ระหว่างเดือนมิถุนายน 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม 2560 โดยมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์ปรอท

##### 4.1.1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในพื้นที่คลองซากหมาก (S1-S9)

คลองซากหมาก เป็นคลองรับน้ำทิ้งที่ระบายออกจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดบริเวณปากคลองมีชุมชนประมงขนาดเล็กตั้งบ้านเรือน ที่พักอาศัย ในอดีตพื้นที่ดังกล่าวเป็นชายฝั่งทะเลเปิด น้ำที่ระบายออกจากคลองซากหมากจะถูกพัดพาตามกระแสน้ำทางธรรมชาติ แต่หลังจากที่การนิคมอุตสาหกรรมได้ถมทะเลเพื่อก่อสร้างนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ท่าเทียบเรือ และโรงไฟฟ้าบีแอลซีพี ส่งผลให้การไหลเวียนของน้ำในพื้นที่ดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป โดยส่วนหนึ่งไหลผ่านชุมชนมาบชวลูดและตากวน-อ่าวประคู้ (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำผิวดิน ในพื้นที่คลองซากหมาก จำนวน 7 สถานี (S1-S6 และ S9) แสดงดังตารางที่ 4.1 ภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.4 โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทแสดงให้เห็นว่าสถานีเก็บตัวอย่างก่อนเข้านิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด คือ สถานีที่ 1-4 พบค่าปริมาณปรอทไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานปรอทในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 2  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพืชพรรณต่างๆ มีโรงพยาบาล และบ้านเรือนกระจายอยู่ โดยได้สถานีที่ 4 เริ่มไหลผ่านนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด สำหรับในแหล่งน้ำผิวดินมีปรอทเจือปนอยู่ในธรรมชาติประมาณ 10-50  $\text{ng/L}$  ในขณะที่แหล่งน้ำที่มีการปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทำให้มีปริมาณปรอทมากกว่า 1  $\mu\text{g/L}$  (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

เมื่อพิจารณาสถานีที่ 5 ซึ่งเป็นสถานีเก็บตัวอย่างที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับโครงการปรับปรุงคุณภาพน้ำนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และโรงงานกลั่นน้ำมัน พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-2.75  $\mu\text{g/L}$  โดยสถานีที่ 5 ในเดือนมีนาคม ปี 2560 พบว่ามีปริมาณปรอทเท่ากับ 2.75  $\mu\text{g/L}$  ซึ่ง

สูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งอาจเกิดจากหน่วยกำจัดสารปรอท (Mercury Absorption Unit) ของโรงงาน กลั่นน้ำมันที่ทำหน้าที่ดักจับและดูดซับปรอททำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพจึงทำให้มีสารปรอทปนเปื้อนออกมาสู่ในแหล่งน้ำผิวดิน สถานีที่ 6 พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.24  $\mu\text{g/L}$  อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำปลายคลองชากหมากและโรงกลั่นน้ำมัน และสถานีที่ 9 พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.05  $\mu\text{g/L}$

ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำทะเล จำนวน 2 สถานี (S7-S8) ดังตารางที่ 4.2 ภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.4 ซึ่งสถานีที่ 7 เป็นตัวอย่างน้ำปากคลองชากหมากใกล้กับคลังน้ำมัน มีท่อระบายน้ำด้านแนวเขื่อนหิน พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.30  $\mu\text{g/L}$  ซึ่ง และสถานีที่ 8 เป็นตัวอย่างน้ำทะเลหาดตากวน พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.17  $\mu\text{g/L}$  อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับท่าเรือมาบตาพุด และ โรงงานไฟฟ้าบีแอลซีพี โดยทั้ง 2 สถานีมีปริมาณปรอทเกินค่ามาตรฐานปรอทในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทย อาจเนื่องมาจากการชะล้างของน้ำฝนลงสู่ทะเล และคาดว่าเกิดจากโรงไฟฟ้าบีแอลซีพีที่มีการใช้ถ่านหินชนิดบิทูมินัสหรือซับบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิงโดยเมื่อโรงไฟฟ้าปล่อยสารพิษออกมาในถ้ำลอยจะพบสารพิษหลายชนิดปนเปื้อนอยู่โดยเฉพาะปรอท (สำนักงานคณะกรรมการองค์การอิสระด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ, 2559) จึงพบค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานปรอทในน้ำทะเล ค่ามาตรฐานปรอทในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.1  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในดินตะกอนพบว่าปริมาณปรอทในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดิน แสดงดังตารางที่ 4.3 โดยในสถานีที่ 3 พบปริมาณปรอทมีค่า 0.06-0.14  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง และ สถานีที่ 4 พบปริมาณปรอทมีค่า 0.06-0.11  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่เกินค่าปริมาณปรอทตามร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.18  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

ส่วนสถานีที่ 7 เป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่งพบปริมาณปรอทมีค่า 1.38-1.57  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าปริมาณปรอทสูงกว่าร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.18  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.) เนื่องจากสถานีที่ 7 ดินตะกอนมีลักษณะมีสีดำและมีกลิ่นเหม็น การเกิดซัลเฟอร์เป็นปัจจัยหนึ่งในการเพิ่มปริมาณปรอทในดินตะกอน ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่อดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์มากถูกฝังลงบนพื้นดินตะกอนจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายในสภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ โดยแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เมื่อออกซิเจนหมดไป แบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์แทนที่แบคทีเรียที่มีความสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ คือ แบคทีเรียที่ใช้ซัลเฟอร์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

ซัลเฟอร์จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นซัลไฟด์ (Jorgensen, 1982 อ้างถึงใน สุวรรณ ภาณุตระกูล และ ไพฑูรย์ มกกงไผ่, 2543) และซัลไฟด์มีความสามารถจับกับโลหะได้เกือบทุกชนิดเป็นโลหะซัลไฟด์ ดังนั้นในดินตะกอนที่มีซัลไฟด์ ดังนั้นในดินตะกอนที่มีซัลไฟด์จึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณปรอทในดินตะกอน

#### 4.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในพื้นที่คลองบางกระพูน (S10-S13)

คลองบางกระพูนเป็นคลองที่ไหลผ่านชุมชนมาบชลูด-ซากกลาง ชุมชนหนองแพบ และไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม เช่น ไร่มันสำปะหลัง ตลอดแนวคลองมีการลาดซีเมนต์จนถึงปากคลองก่อนลงสู่ทะเลหาดทรายทอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำผิวดิน จำนวน 2 สถานี (S10-S11) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน แสดงดังตารางที่ 4.1 ภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.5 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอท สถานีที่ 10 พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.00  $\mu\text{g/L}$  และ สถานีที่ 11 พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.01  $\mu\text{g/L}$  โดยทั้งสองสถานีได้รับน้ำทิ้งจากชุมชนมาบชลูด-ซากกลาง พบว่าน้ำผิวดินมีค่าปริมาณปรอทไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานปรอทในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 2  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำทะเล จำนวน 2 สถานี (S12-S13) แสดงดังตารางที่ 4.2 ภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.5 เมื่อพิจารณาสถานีที่ 12 ซึ่งเป็นตัวอย่างน้ำปากคลองหาดทรายทอง พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.18  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 13 เป็นตัวอย่างน้ำทะเลจากหาดทรายทอง พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.00  $\mu\text{g/L}$  โดยทั้ง 2 สถานีมีค่าปริมาณปรอทเกินค่ามาตรฐานในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทย อาจเนื่องมาจากคลองบางกระพูนมีต้นน้ำมาจากนิคมอุตสาหกรรมเอเชีย ซึ่งภายในอุตสาหกรรมเอเชียมียุทธศาสตร์ส่งก๊าซธรรมชาติจากท่อใต้ดิน คาดว่าอาจมีสารปรอทรั่วไหลออกมาจึงทำให้มีการปนเปื้อนในน้ำทะเล

([http://thailandindustry.blogspot.com/2012/09/asia-industrial-estate\\_3.html](http://thailandindustry.blogspot.com/2012/09/asia-industrial-estate_3.html)) ค่ามาตรฐานของปรอทในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.1  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

#### 4.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในพื้นที่คลองน้ำชา และคลองน้ำหุ (S14-S17)

คลองน้ำชาเป็นคลองที่ไหลผ่านชุมชนหนองแดงเมมีบ้านเรือนอยู่ทั้ง 2 ฝั่งคลองโดยคลองน้ำชาได้รับน้ำทั้งจากชุมชนเป็นส่วนใหญ่ ส่วนคลองน้ำหุเป็นคลองชลประทานมีพืชน้ำพวกผักตบชวาหนาแน่น พื้นที่คลองส่วนใหญ่ผ่านบริเวณชุมชนต่าง ๆ ปากคลองมีประตูระบายน้ำเป็นคลองที่รับน้ำทั้งจากหมู่บ้านจัดสรรบริเวณต้นคลองมากที่สุดไหลผ่านชุมชนกรอกยายชา ตากวน-อ่าวประดู่ ชุมชนคลองน้ำหุ ชุมชนเกาะกก และชุมชนหนองแดงเม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำผิวดิน ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองน้ำชา จำนวน 1 สถานี (S14) และคลองน้ำหุ จำนวน 2 สถานี (S15-S16) แสดงดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3 และภาพที่ 4.6 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทสถานีที่ 14 พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.33  $\mu\text{g/L}$  เป็นสถานีเก็บตัวอย่างคลองน้ำชาเป็นพื้นที่ใกล้เคียงกับชุมชนหนองแดงเมซึ่งเป็นชุมชนที่อยู่ใกล้กับท่าเทียบเรือและสถานีรับ-จ่ายก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) สถานีที่ 15 พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.04  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 16 พบปริมาณปรอทมีค่า N.D.-1.03  $\mu\text{g/L}$  โดยสถานีที่ 15 และสถานีที่ 16 เป็นสถานีเก็บตัวอย่างคลองน้ำหุ พื้นที่ใกล้เคียงชุมชนกรอกยายชา ตากวน-อ่าวประดู่ ชุมชนคลองน้ำหุ ชุมชนเกาะกก และชุมชนหนองแดงเม พบว่า น้ำผิวดินมีค่าไม่เกินค่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานปรอทในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 2  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำทะเล แสดงดังตารางที่ 4.2 ในส่วนสถานีที่ 17 เป็นตัวอย่างน้ำทะเลจากปากคลองหาดตากวน เป็นพื้นที่ใกล้เคียงกับโรงกลั่นน้ำมัน พบปริมาณปรอทมีค่า 0.50-1.35  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานของปรอทในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.1  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากหน่วยกำจัดสารปรอท (Mercury Absorption Unit) ของโรงกลั่นน้ำมัน ที่ทำหน้าที่ดักจับและดูดซับปรอททำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพจึงทำให้มีสารปรอทปนเปื้อนออกมาสู่ในแหล่งน้ำทะเล

ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในดินตะกอนพบว่าปริมาณปรอทสถานีที่ 17 เป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่ง แสดงดังตารางที่ 4.3 พบปริมาณปรอทมีค่า 1.04-1.09  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าปริมาณปรอทสูงกว่าร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.18  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณปรอทในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณปรอท ( $\mu\text{g/L}$ )					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองชากหมาก	1	0.74 $\pm$ 0.02	0.48 $\pm$ 0.01	0.73 $\pm$ 0.03	0.94 $\pm$ 0.05	**	N.D.
	2	N.D.	0.34 $\pm$ 0.26	0.86 $\pm$ 0.03	N.D.	N.D.	N.D.
	3	0.74 $\pm$ 0.02	0.26 $\pm$ 0.19	N.D.	1.20 $\pm$ 0.12	N.D.	1.27 $\pm$ 0.08
	4	0.80 $\pm$ 0.01	0.27 $\pm$ 0.21	0.85 $\pm$ 0.01	0.93 $\pm$ 0.07	0.87 $\pm$ 0.06	0.96 $\pm$ 0.02
	5	N.D.	0.18 $\pm$ 0.26	N.D.	1.15 $\pm$ 0.11	2.75 $\pm$ 0.98	0.96 $\pm$ 0.01
	6	N.D.	N.D.	N.D.	1.24 $\pm$ 0.06	1.04 $\pm$ 0.08	0.96 $\pm$ 0.02
คลองบางกระพูน	9	0.73 $\pm$ 0.02	0.21 $\pm$ 0.02	0.88 $\pm$ 0.03	1.05 $\pm$ 0.03	N.D.	0.96 $\pm$ 0.02
	10	0.72 $\pm$ 0.01	0.33 $\pm$ 0.26	N.D.	N.D.	N.D.	1.00 $\pm$ 0.03
	11	N.D.	0.48 $\pm$ 0.00	0.87 $\pm$ 0.01	0.89 $\pm$ 0.03	N.D.	1.01 $\pm$ 0.04
คลองน้ำชา	14	N.D.	0.50 $\pm$ 0.00	0.71 $\pm$ 0.03	1.33 $\pm$ 0.03	**	N.D.
คลองน้ำหู	15	0.78 $\pm$ 0.01	N.D.	0.85 $\pm$ 0.01	1.04 $\pm$ 0.02	0.94 $\pm$ 0.05	0.98 $\pm$ 0.02
	16	0.80 $\pm$ 0.03	0.23 $\pm$ 0.02	N.D.	N.D.	1.03 $\pm$ 0.06	0.95 $\pm$ 0.01

\*\*ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำเนื่องจากน้ำแห้ง

ตารางที่ 4.2 ปริมาณปรอทในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณปรอท ( $\mu\text{g/L}$ )					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองซากหมาก	7	0.75 $\pm$ 0.01	1.30 $\pm$ 0.10	0.68 $\pm$ 0.01	0.96 $\pm$ 0.05	N.D.	N.D
	8	0.75 $\pm$ 0.02	0.61 $\pm$ 0.11	0.86 $\pm$ 0.04	1.17 $\pm$ 0.09	N.D.	1.02 $\pm$ 0.02
คลองบางกระพูน	12	N.D.	0.33 $\pm$ 0.26	0.69 $\pm$ 0.01	1.18 $\pm$ 0.09	N.D.	N.D
	13	0.84 $\pm$ 0.02	0.33 $\pm$ 0.26	N.D.	N.D.	1.00 $\pm$ 0.15	1.00 $\pm$ 0.15
คลองน้ำหู	17	0.72 $\pm$ 0.01	0.50 $\pm$ 0.03	0.88 $\pm$ 0.03	1.35 $\pm$ 0.17	0.96 $\pm$ 0.03	0.96 $\pm$ 0.02



ตารางที่ 4.3 ปริมาณปรอทในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

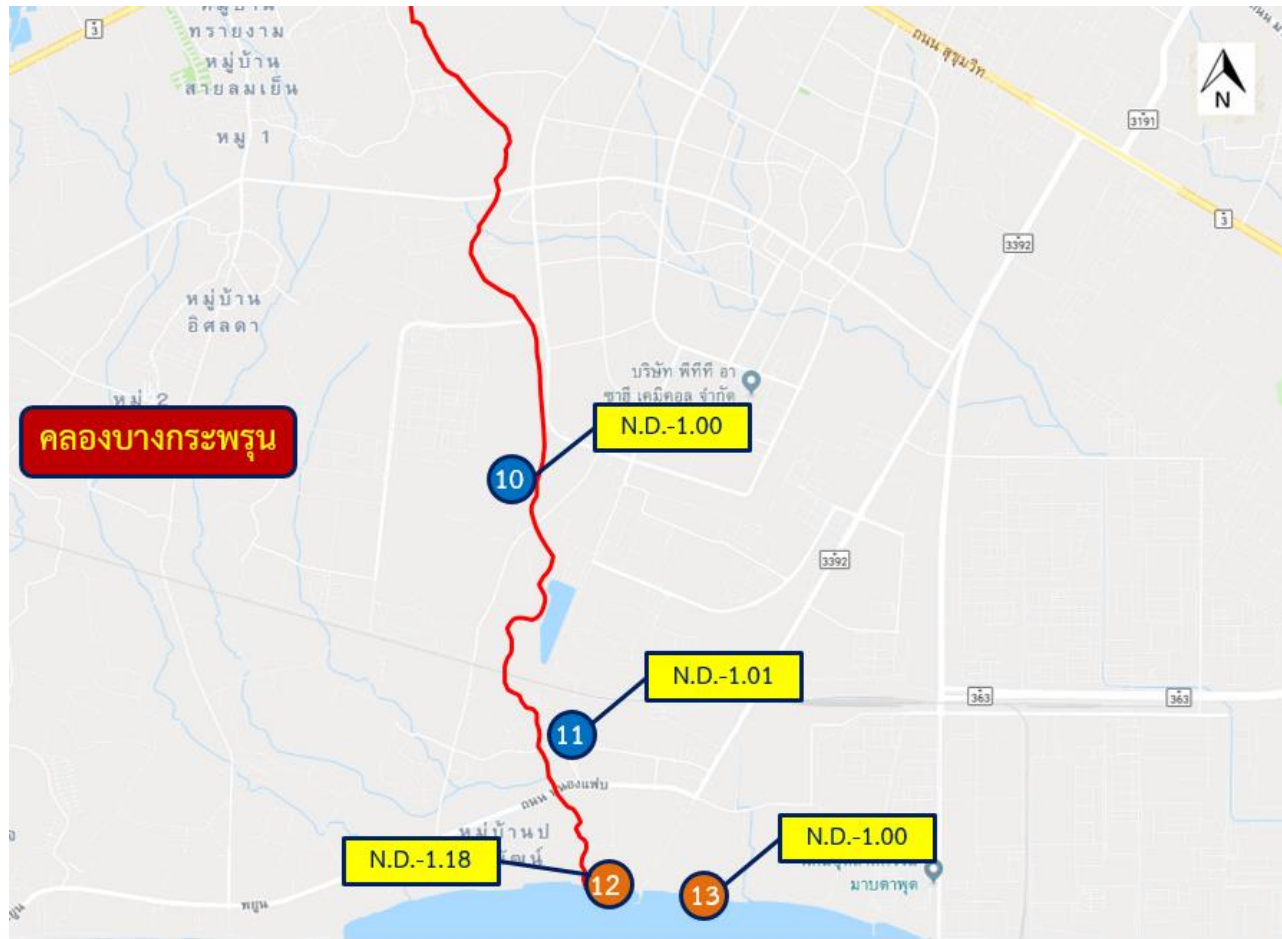
ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณปรอท ( $\mu\text{g/g dry.w}$ )					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองซากหมาก	3	**	0.10 $\pm$ 0.05	0.14 $\pm$ 0.07	0.14 $\pm$ 0.05	0.08 $\pm$ 0.02	0.06 $\pm$ 0.02
	4	**	0.06 $\pm$ 0.02	0.11 $\pm$ 0.06	0.09 $\pm$ 0.04	0.06 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.02
	7	1.54 $\pm$ 0.10	**	1.42 $\pm$ 0.09	**	1.57 $\pm$ 0.08	1.38 $\pm$ 0.07
คลองน้ำหู	17	1.04 $\pm$ 0.05	1.09 $\pm$ 0.07	**	**	**	**

\*\*ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินตะกอน

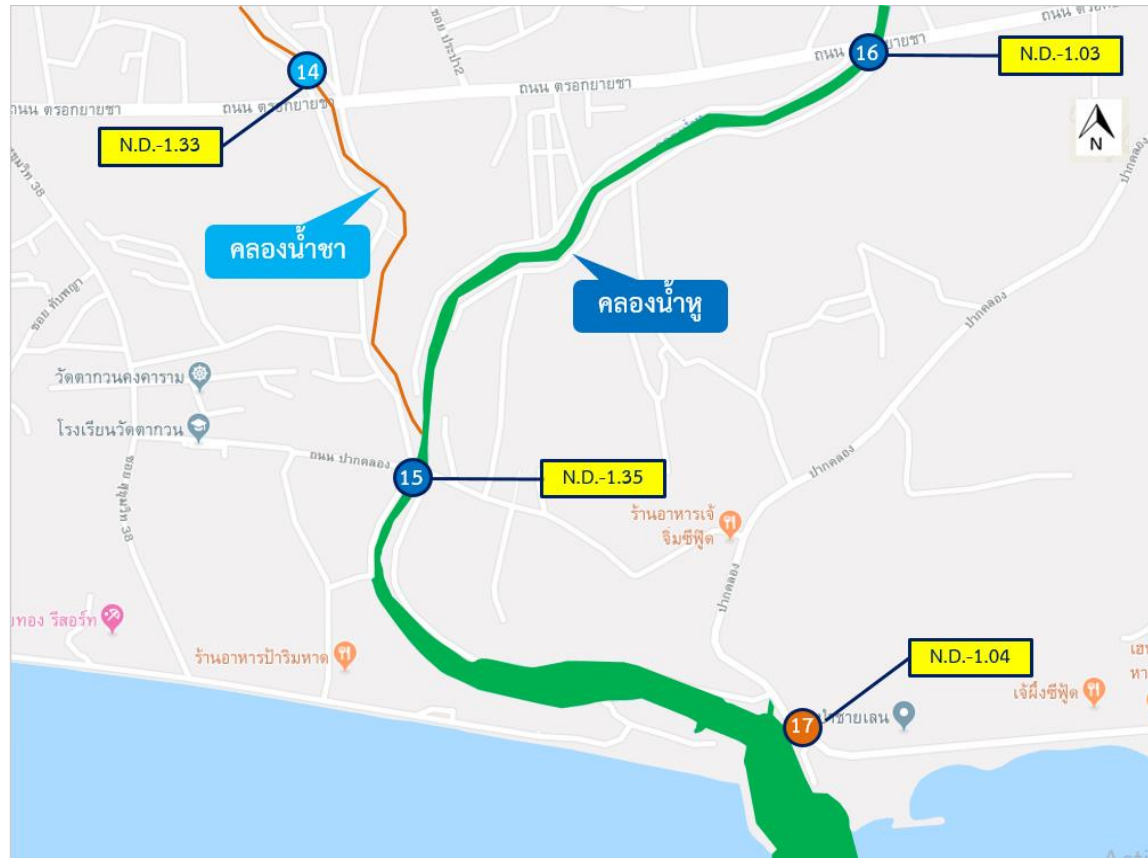


ภาพที่ 4.1 ปริมาณปรอท ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำฝิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) บริเวณคลองซากหมาก

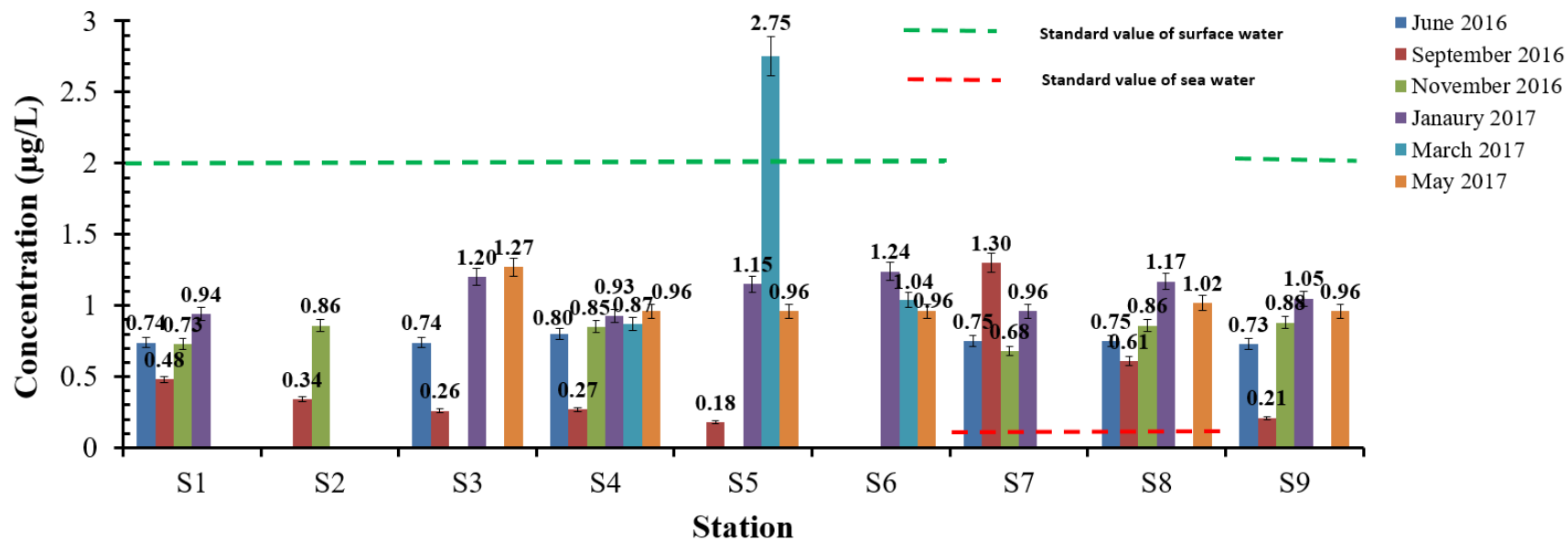
เก็บตัวอย่างในช่วงมิ.ย. 59-พ.ค. 60



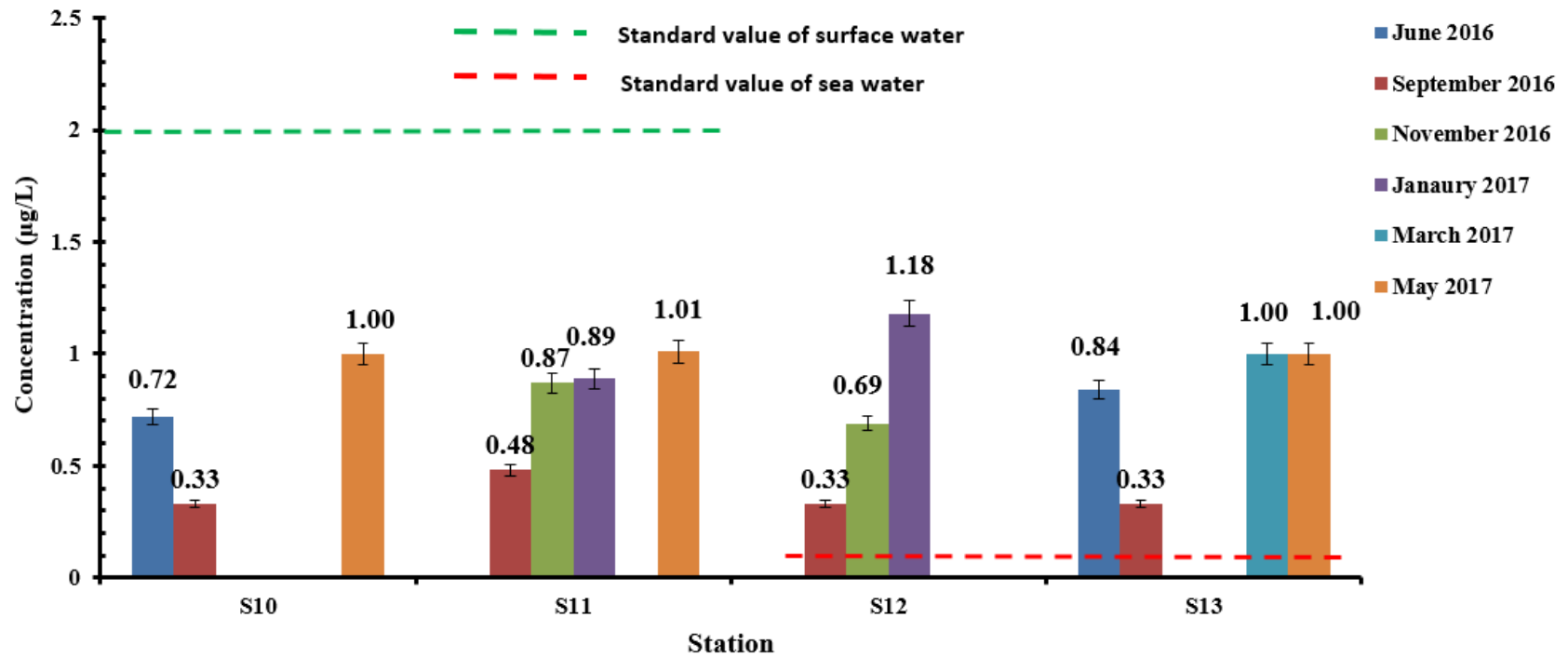
ภาพที่ 4.2 ปริมาณปรอท ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) บริเวณคลองบางกระพวน เก็บตัวอย่างในช่วงมิ.ย. 59-พ.ค. 60



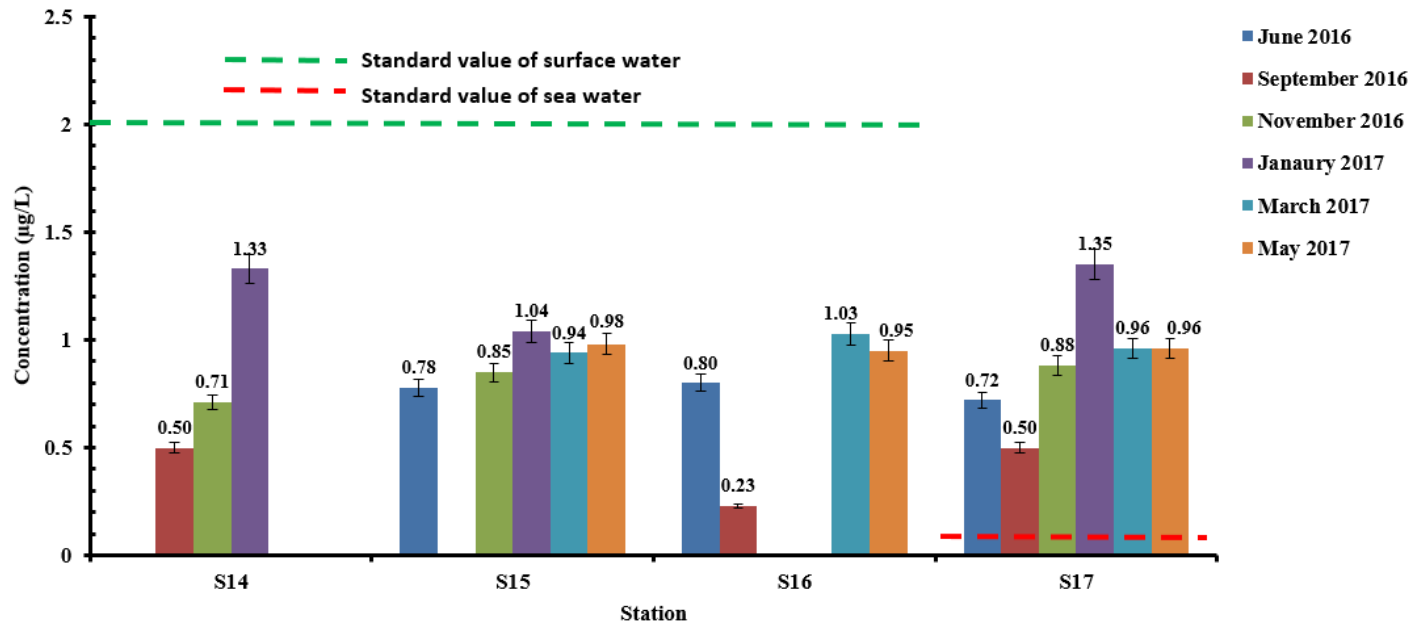
ภาพที่ 4.3 ปริมาณปรอท ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S14) บริเวณคลองน้ำชา และตัวอย่างน้ำผิวดิน (S15-S16) น้ำทะเล (S17) บริเวณคลองน้ำหู่ เก็บตัวอย่างในช่วงมิ.ย. 59-พ.ค. 60



ภาพที่ 4.4 ปริมาณปรอทในน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองชักหมาก



ภาพที่ 4.5 ปริมาณปรอทในน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน



ภาพที่ 4.6 ปริมาณปรอทในน้ำผิวดิน (S14-S16) และน้ำทะเล (S17) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองน้ำชา และคลองน้ำหู

## 4.2 ผลการวิเคราะห์แคดเมียม

### 4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในพื้นที่คลองซากหมาก (S1-S9)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดิน ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองซากหมาก จำนวน 7 สถานี (S1-S6 และ S9) แสดงดังตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.7 และภาพที่ 4.10 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมมีค่า N.D.-0.07  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณแคดเมียมในทุกสถานีมีค่าปริมาณแคดเมียมไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานแคดเมียมในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในน้ำทะเล จำนวน 2 สถานี (S7-S8) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.7 และภาพที่ 4.10 พบว่าปริมาณแคดเมียมในสถานีที่ 7 มีค่า N.D.-0.02  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 8 มีปริมาณแคดเมียมมีค่า N.D.-0.03  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณแคดเมียมของทั้ง 2 สถานี มีปริมาณแคดเมียมไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทะเล ค่ามาตรฐานแคดเมียมในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอน แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินในสถานีที่ 3 พบปริมาณแคดเมียมมีค่า 0.03-0.04  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง และสถานีที่ 4 พบปริมาณแคดเมียมมีค่า 0.03-0.06  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่เกินค่าปริมาณแคดเมียมตามร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทยกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.99  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.) ส่วนสถานีที่ 7 เป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่งพบปริมาณแคดเมียมมีค่า 0.08-0.11  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าปริมาณแคดเมียมไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.99  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)



#### 4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในพื้นที่คลองบางกระพูน (S10-S13)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดิน จำนวน 2 สถานี (S10-S11) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน แสดงดังตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.8 และภาพที่ 4.11 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในสถานีที่ 10 มีค่า N.D.-0.05  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 11 มีค่า N.D.-0.04  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณแคดเมียมของทั้ง 2 สถานี มีค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียมไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานแคดเมียมในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในน้ำทะเล จำนวน 2 สถานี (S12-S13) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าในสถานีที่ 12 และสถานีที่ 13 พบว่าปริมาณแคดเมียมมีค่า N.D.-0.04  $\mu\text{g/L}$  โดยทั้ง 2 สถานีมีปริมาณแคดเมียมไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทะเล ซึ่งค่ามาตรฐานแคดเมียมในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

#### 4.2.3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในพื้นที่คลองคลองน้ำชา และคลองน้ำหูก (S14-S17)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดินบริเวณคลองน้ำชา จำนวน 1 สถานี (S14) และคลองน้ำหูก จำนวน 2 สถานี (S15-S16) แสดงดังตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.9 และภาพที่ 4.12 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมโดยในสถานีที่ 14 พบปริมาณแคดเมียมมีค่า N.D.-0.02  $\mu\text{g/L}$  สถานีที่ 15 พบปริมาณแคดเมียมมีค่า N.D.-0.01  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 16 พบปริมาณแคดเมียมมีค่า N.D.-0.02  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งทั้ง 3 สถานีมีปริมาณแคดเมียมไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานแคดเมียมในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537 )

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในน้ำทะเลในสถานีที่ 17 (S17) แสดงดังตารางที่ 4.5 พบปริมาณแคดเมียมมีค่า N.D.-0.03  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งมีปริมาณแคดเมียมไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทะเล ค่ามาตรฐานแคดเมียมในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอน สถานีที่ 17 เป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่ง แสดงดังตารางที่ 4.6 พบปริมาณแคดเมียมมีค่า 0.08-0.09  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าปริมาณแคดเมียมไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.99  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณแคดเมียม (µg/L)					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองชากหมาก	1	0.01±0.02	0.03±0.01	N.D.	0.01±0.01	**	0.01±0.02
	2	0.02±0.01	N.D.	N.D.	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01
	3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	4	0.01±0.01	0.02±0.01	0.04±0.02	0.03±0.02	0.04±0.02	0.04±0.02
	5	0.02±0.02	0.03±0.02	0.01±0.01	0.02±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01
	6	0.02±0.02	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01
คลองบางกระพูน	9	0.02±0.02	0.07±0.03	0.05±0.03	0.04±0.01	N.D.	0.02±0.01
	10	0.05±0.03	0.01±0.02	N.D.	N.D.	0.03±0.00	0.05±0.03
คลองน้ำชา	11	0.04±0.02	0.01±0.02	N.D.	N.D.	N.D.	0.04±0.02
	14	0.02±0.01	N.D.	N.D.	0.02±0.01	**	0.02±0.01
คลองน้ำหู	15	0.01±0.01	0.01±0.01	N.D.	0.01±0.01	N.D.	0.01±0.01
	16	0.02±0.02	N.D.	N.D.	0.01±0.01	0.02±0.02	0.01±0.01

\*\* ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำเนื่องจากน้ำแห้ง

ตารางที่ 4.5 ปริมาณแคดเมียมในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณแคดเมียม (µg/L)					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองซากหมาก	7	0.02±0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.02±0.01
	8	0.02±0.03	0.02±0.02	N.D.	N.D.	0.03±0.02	0.02±0.01
คลองบางกระพูน	12	0.04±0.02	0.03±0.01	N.D.	0.01±0.02	0.04±0.02	0.04±0.02
	13	0.02±0.01	0.01±0.03	0.03±0.02	0.04±0.03	N.D.	0.02±0.01
คลองน้ำหู	17	0.02±0.02	N.D.	0.01±0.02	0.05±0.03	0.03±0.01	0.02±0.01

ตารางที่ 4.6 ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

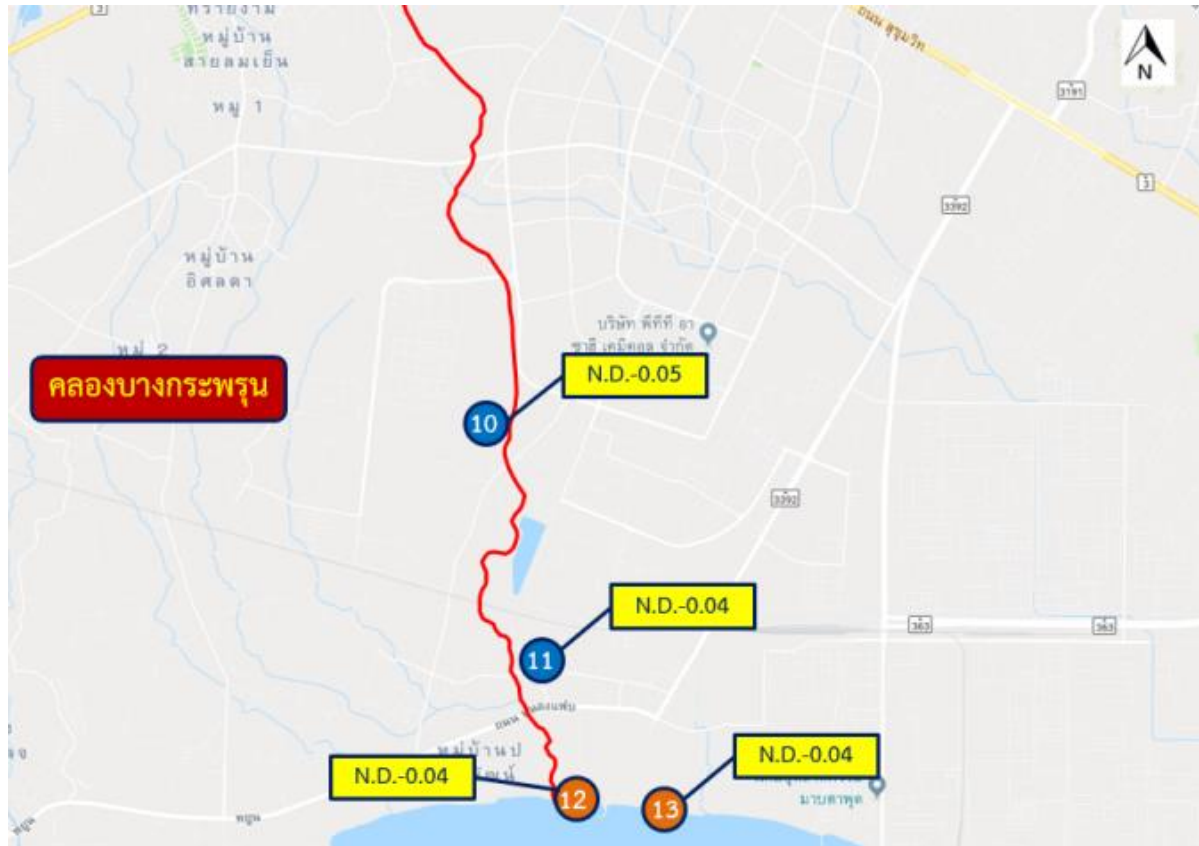
ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณแคดเมียม ( $\mu\text{g/g dry.w}$ )					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองชากหมาก	3	**	0.05 $\pm$ 0.03	0.03 $\pm$ 0.02	0.04 $\pm$ 0.03	0.06 $\pm$ 0.04	0.05 $\pm$ 0.03
	4	**	0.04 $\pm$ 0.03	0.03 $\pm$ 0.01	0.03 $\pm$ 0.02	0.04 $\pm$ 0.02	0.05 $\pm$ 0.02
	7	0.11 $\pm$ 0.09	**	0.08 $\pm$ 0.05	**	0.10 $\pm$ 0.05	0.10 $\pm$ 0.06
คลองน้ำหู	17	0.09 $\pm$ 0.05	0.08 $\pm$ 0.04	**	**	**	**

\*\* ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินตะกอน

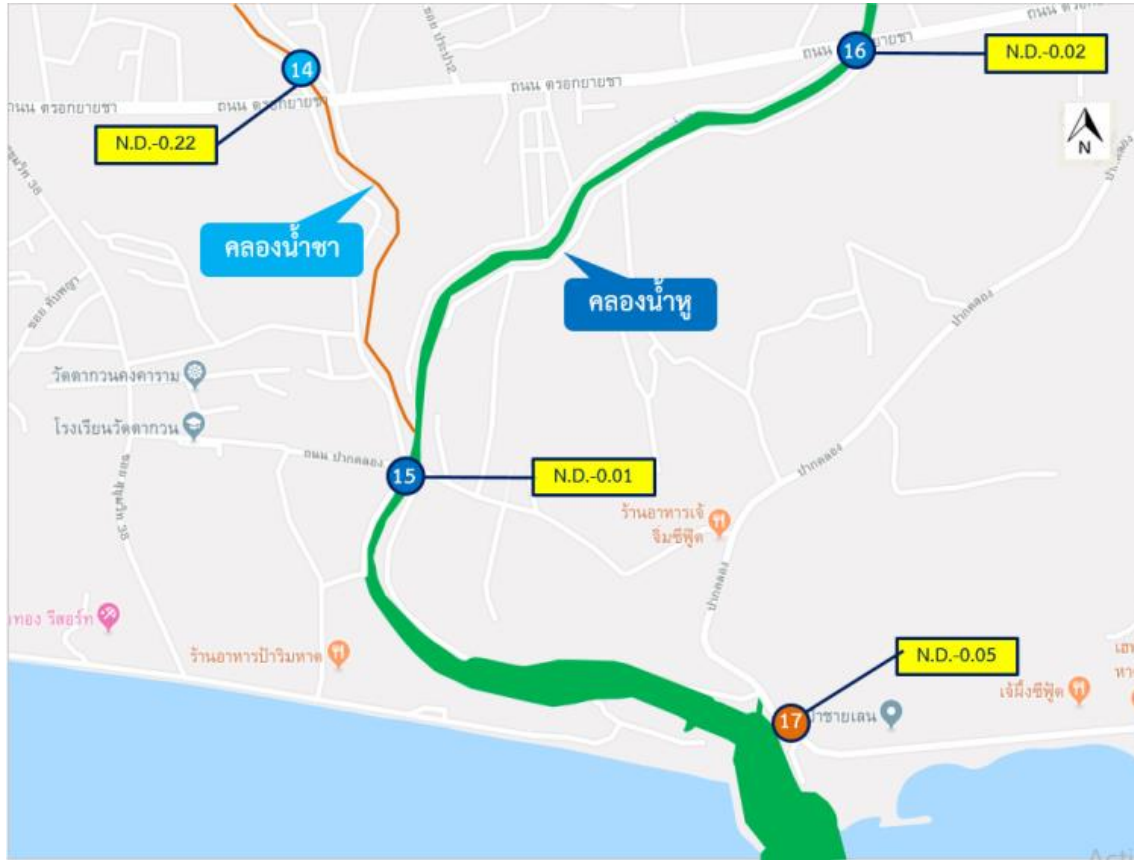


ภาพที่ 4.7 ปริมาณแคดเมียม ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) บริเวณคลองซากหมาก

เก็บตัวอย่างในช่วงมิ.ย. 59-พ.ค. 60

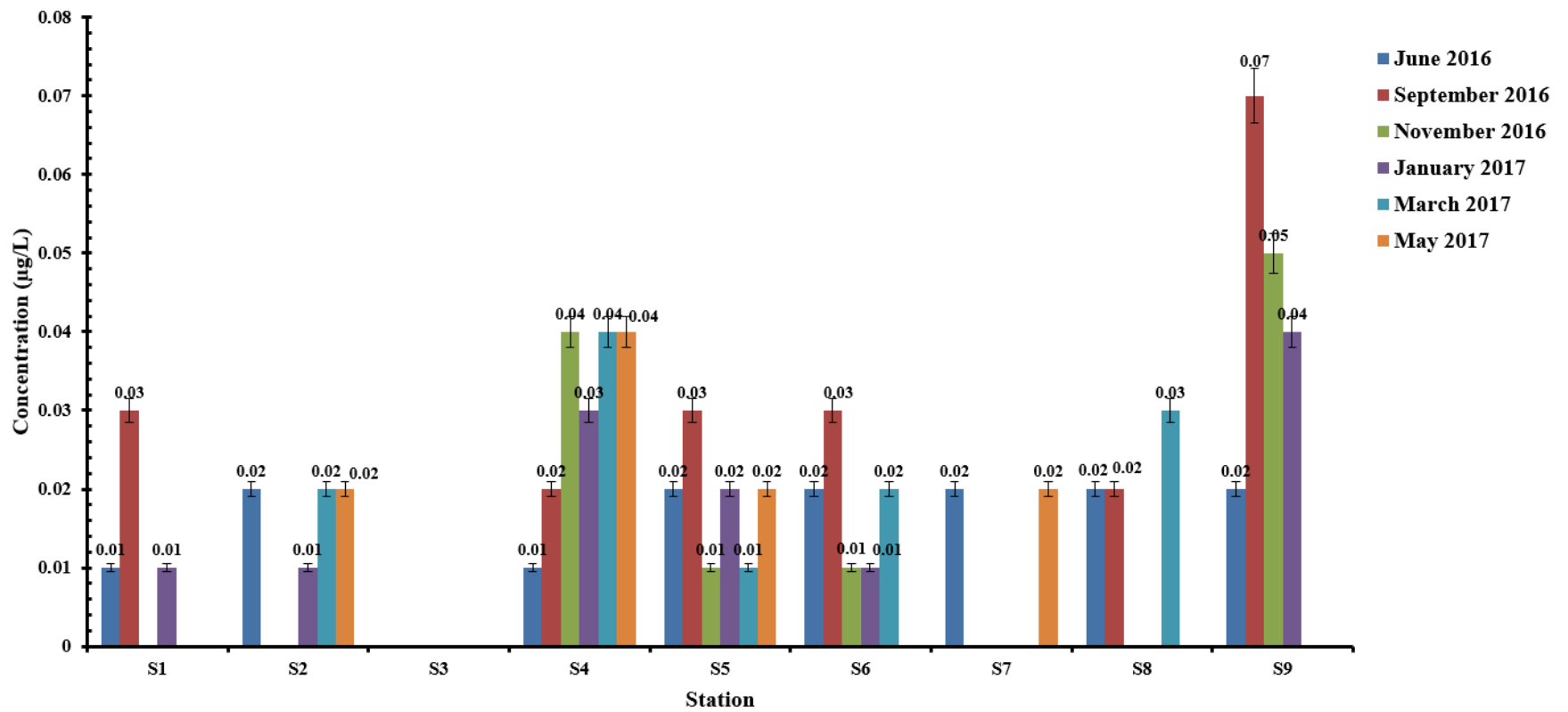


ภาพที่ 4.8 ปริมาณแคลเมียม ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) บริเวณคลองบางกระพูน  
เก็บตัวอย่างในช่วงมิ.ย. 59-พ.ค. 60



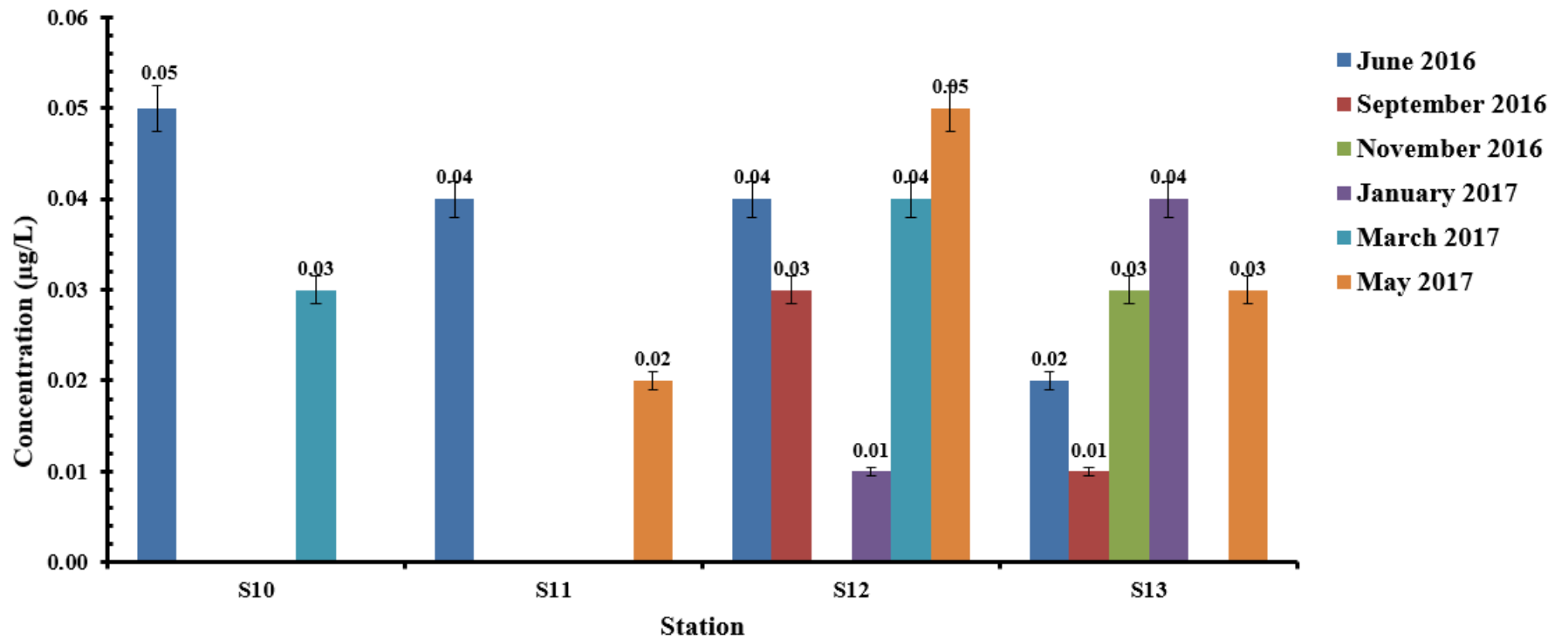
ภาพที่ 4.9 ปริมาณแคดเมียม ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S14) บริเวณคลองน้ำชา และตัวอย่างน้ำผิวดิน (S15-S16) น้ำทะเล (S17) บริเวณคลองน้ำหู เก็บตัวอย่างในช่วงมิ.ย. 59-พ.ค.60





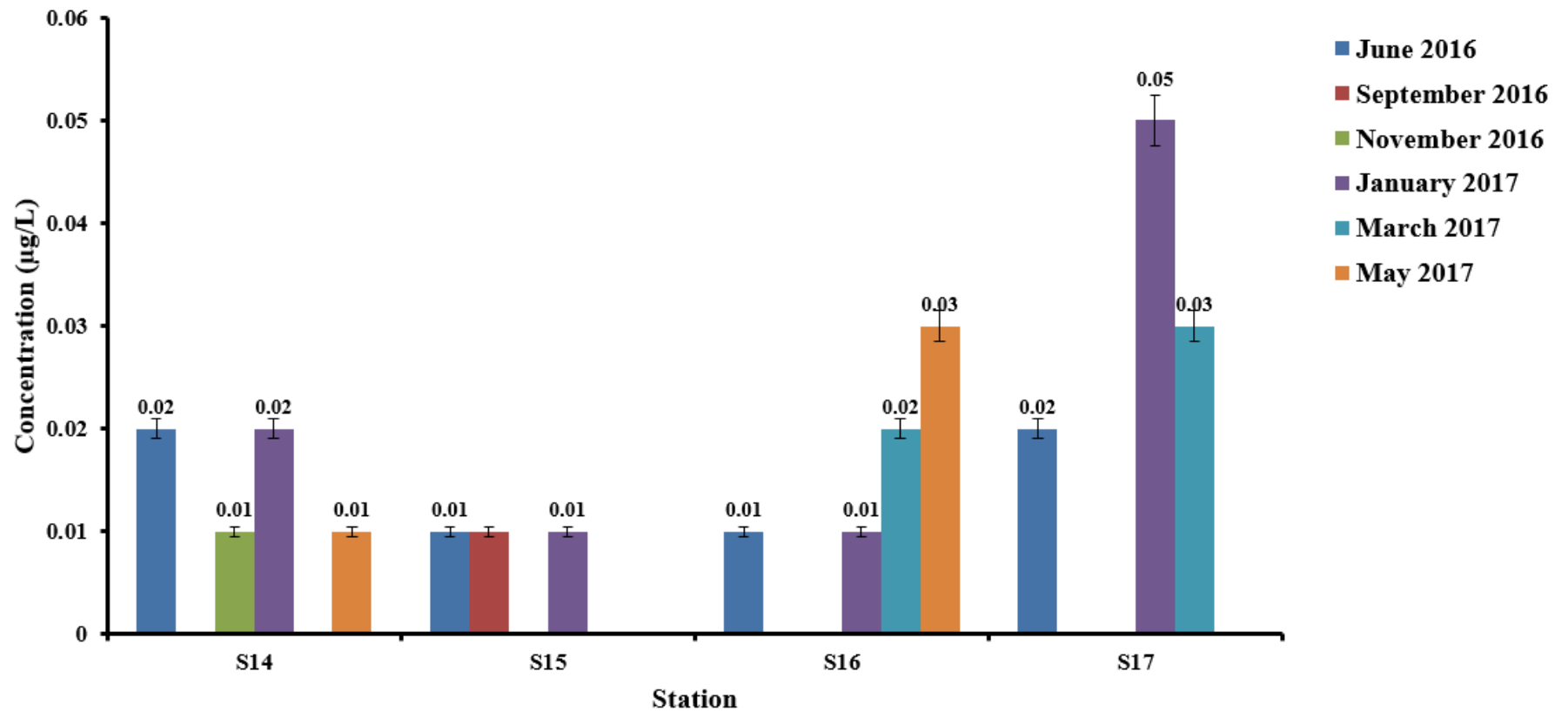
\* ค่ามาตรฐานแคดเมียมในคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำทะเลไม่ควรเกิน 5 µg/L

ภาพที่ 4.10 ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองซากหมาก



\* ค่ามาตรฐานแคดเมียมในคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำทะเลไม่ควรเกิน 5 µg/L

ภาพที่ 4.11 ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน



\* ค่ามาตรฐานแคดเมียมในคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำทะเลไม่ควรเกิน 5 µg/L

ภาพที่ 4.12 ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดิน (S14-S16) และน้ำทะเล (S17) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองน้ำชาและคลองน้ำหู

### 4.3 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว

#### 4.3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในพื้นที่คลองซากหมาก (S1-S9)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดิน ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองซากหมาก จำนวน 7 สถานี (S1-S6 และ S9) แสดงดังตารางที่ 4.7 ภาพที่ 4.13 และภาพที่ 4.16 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วมีค่า N.D.-1.38  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณตะกั่วทุกสถานีมีค่าปริมาณตะกั่วไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานตะกั่วในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำทะเลจำนวน 2 สถานี (S7-S8) ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ภาพที่ 4.14 และภาพที่ 4.16 พบว่าปริมาณตะกั่วในสถานีที่ 7 มีค่า N.D.-1.11  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 8 พบปริมาณตะกั่วมีค่า 0.21-0.83  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณตะกั่วของทั้ง 2 สถานีไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทะเล ค่ามาตรฐานตะกั่วในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 8.5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในดินตะกอน พบว่าปริมาณตะกั่วในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดิน แสดงดังตารางที่ 4.9 โดยในสถานีที่ 3 พบปริมาณตะกั่วมีค่า 0.44-0.54  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง และสถานีที่ 4 พบปริมาณตะกั่วมีค่า 0.46-0.63  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่เกินค่าปริมาณตะกั่วตามร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทยกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 35.8  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.) ส่วนสถานีที่ 7 เป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่งพบปริมาณตะกั่วมีค่า 2.15-14.47  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าปริมาณตะกั่วไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 35.8  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

#### 4.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในพื้นที่คลองบางกระพูน (S10-S13)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดิน จำนวน 2 สถานี (S10-S11) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน แสดงดังตารางที่ 4.7 ภาพที่ 4.14 และภาพที่ 4.17 จากผลการวิเคราะห์พบปริมาณตะกั่วมีค่า N.D.-1.12  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณตะกั่วทุกสถานีมีปริมาณตะกั่วไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานตะกั่วในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำทะเล จำนวน 2 สถานี (S12-S13) ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ภาพที่ 4.14 และภาพที่ 4.17 ในสถานีที่ 12 พบปริมาณตะกั่วมีค่า N.D.-0.99 และสถานีที่ 13 พบปริมาณตะกั่วมีค่า N.D.-0.77 โดยทั้ง 2 สถานีมีปริมาณตะกั่วไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทะเล ซึ่งค่ามาตรฐานตะกั่วในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 8.5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

#### 4.2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในพื้นที่คลองคลองน้ำชา และคลองน้ำหนู (S14-S17)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดิน บริเวณคลองน้ำชา จำนวน 1 สถานี (S14) และคลองน้ำหนู จำนวน 2 สถานี (S15-S16) แสดงดังตารางที่ 4.7 ภาพที่ 4.15 และภาพที่ 4.18 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วทั้ง 3 สถานีมีค่า N.D.-1.05  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณตะกั่วทุกสถานีมีปริมาณตะกั่วไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานตะกั่วในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำทะเลในสถานีที่ 17 (S17) แสดงดังตารางที่ 4.8 พบปริมาณตะกั่วมีค่า 0.10.-0.88  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณตะกั่วมีค่าปริมาณตะกั่วไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทะเล ค่ามาตรฐานตะกั่วในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 8.5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนพบว่าปริมาณตะกั่วสถานีที่ 17 ซึ่งเป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่ง แสดงดังตารางที่ 4.9 มีค่า 2.18-3.87  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง มีค่าปริมาณตะกั่วไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 35.8  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

ตารางที่ 4.7 ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณตะกั่ว (µg/L)						
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60	
คลองซากหมาก	1	0.31±0.00	0.22±0.01	0.97±0.00	0.85±0.01	**	0.79±0.01	
	2	N.D.	0.33±0.00	0.93±0.01	0.84±0.01	1.35±0.01	0.90±0.02	
	3	0.26±0.02	0.22±0.00	N.D.	0.83±0.01	1.21±0.01	0.94±0.01	
	4	0.31±0.00	0.28±0.00	0.71±0.01	0.80±0.01	1.38±0.04	0.79±0.01	
	5	0.31±0.02	0.43±0.01	0.75±0.01	0.88±0.02	0.92±0.03	0.87±0.01	
	6	0.33±0.00	0.51±0.01	0.70±0.01	0.74±0.00	1.24±0.01	0.75±0.00	
	9	N.D.	0.40±0.01	0.50±0.00	0.84±0.01	0.96±0.01	0.83±0.00	
	คลองบางกระพูน	10	0.60±0.01	0.11±0.01	0.74±0.00	0.71±0.01	1.12±0.01	0.91±0.01
		11	0.32±0.01	0.20±0.01	0.85±0.00	0.85±0.02	0.99±0.00	0.71±0.00
คลองน้ำชา	14	0.18±0.00	N.D.	0.67±0.00	0.83±0.00	**	0.73±0.00	
คลองน้ำหู	15	0.31±0.01	0.13±0.01	0.71±0.00	0.82±0.00	0.84±0.00	0.73±0.01	
	16	0.17±0.01	0.12±0.01	0.67±0.00	0.77±0.01	1.05±0.01	0.69±0.01	

\*\* ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำเนื่องจากน้ำแห้ง

ตารางที่ 4.8 ปริมาณตะกั่วในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณตะกั่ว (µg/L)					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองซากหมาก	7	0.32±0.04	N.D.	0.73±0.04	0.77±0.09	1.11±0.08	0.78±0.08
	8	0.27±0.01	0.21±0.05	0.51±0.03	0.54 ±0.05	0.83±0.04	0.57±0.03
คลองบางกระพูน	12	N.D.	N.D.	0.85±0.07	0.78±0.03	0.99±0.09	0.68±0.04
	13	N.D.	0.21±0.06	0.70±0.06	0.54 ±0.05	0.77±0.05	0.55±0.06
คลองน้ำหู	17	0.41±0.03	0.10±0.02	0.58±0.04	0.57 ±0.05	0.86±0.07	0.88±0.07

ตารางที่ 4.9 ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณตะกั่ว ( $\mu\text{g/g dry.w}$ )					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองซากหมาก	3	**	0.45 $\pm$ 0.07	0.44 $\pm$ 0.03	0.46 $\pm$ 0.04	0.54 $\pm$ 0.05	0.44 $\pm$ 0.05
	4	**	0.63 $\pm$ 0.09	0.46 $\pm$ 0.03	0.50 $\pm$ 0.05	0.51 $\pm$ 0.06	0.48 $\pm$ 0.06
	7	14.47 $\pm$ 0.10	**	2.15 $\pm$ 0.02	**	7.33 $\pm$ 0.08	9.37 $\pm$ 0.11
คลองน้ำหู	17	2.18 $\pm$ 0.06	3.87 $\pm$ 0.05	**	**	**	**

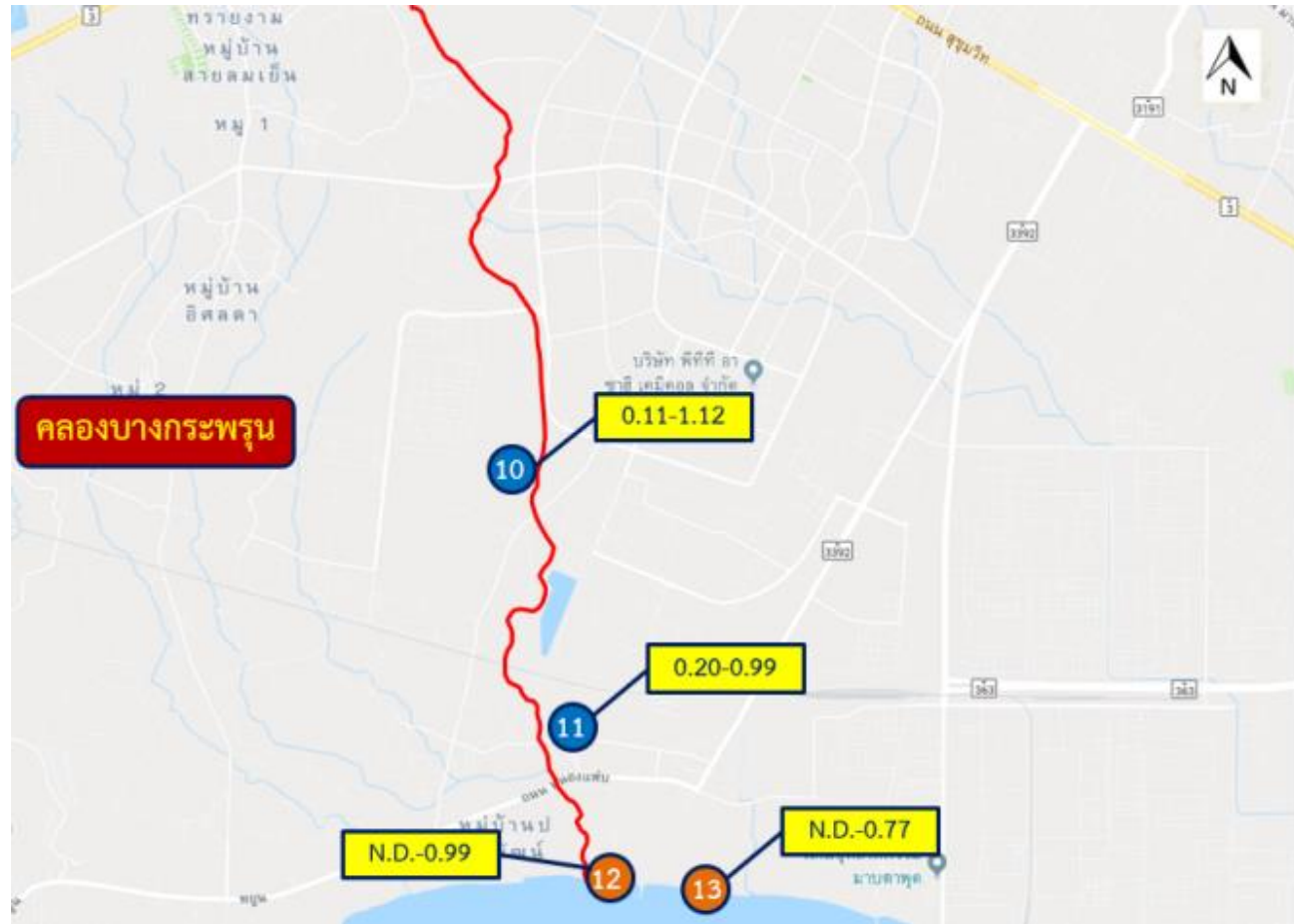
\*\* ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินตะกอน





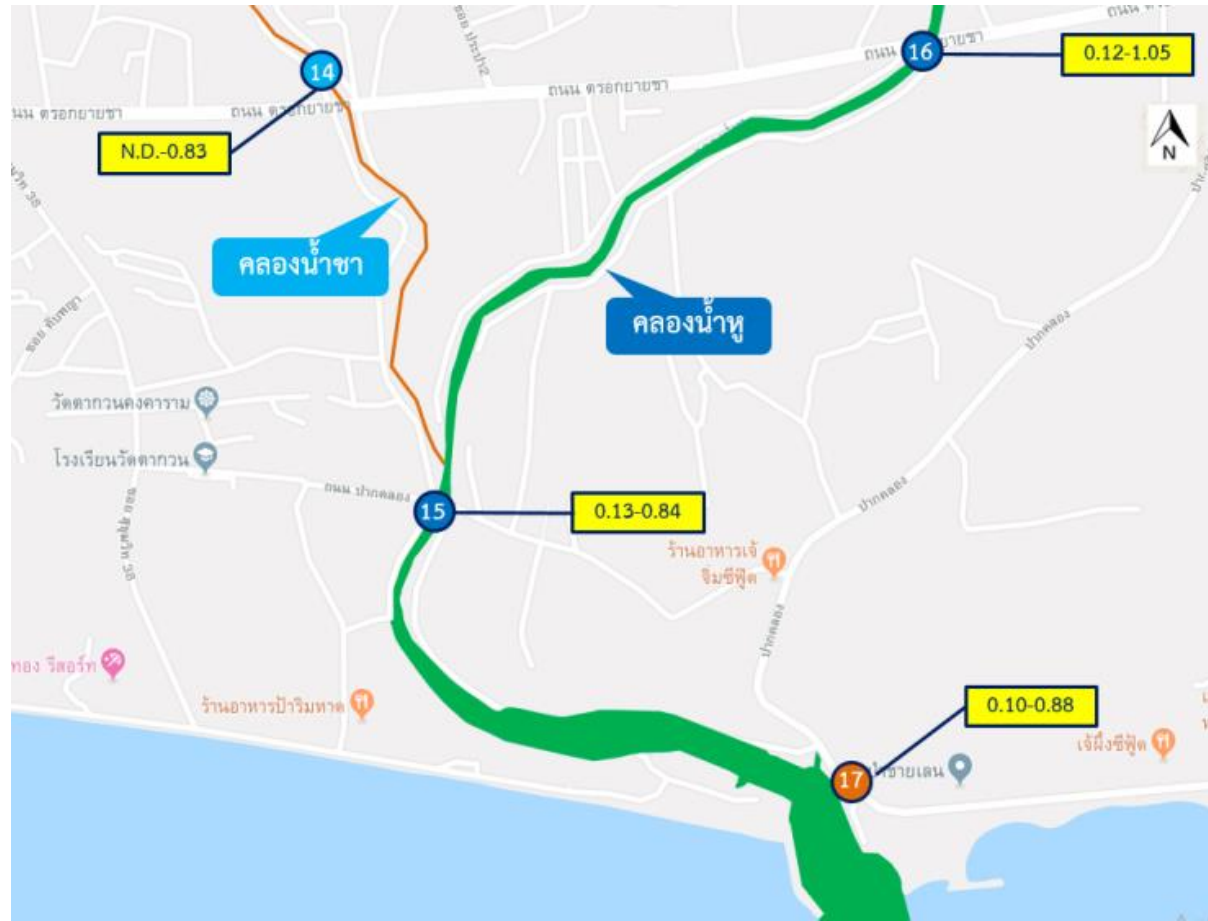
ภาพที่ 4.13 ปริมาณตะกั่ว ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) บริเวณคลองซากหมาก

เก็บตัวอย่างในช่วง มิ.ย. 59-พ.ค. 60

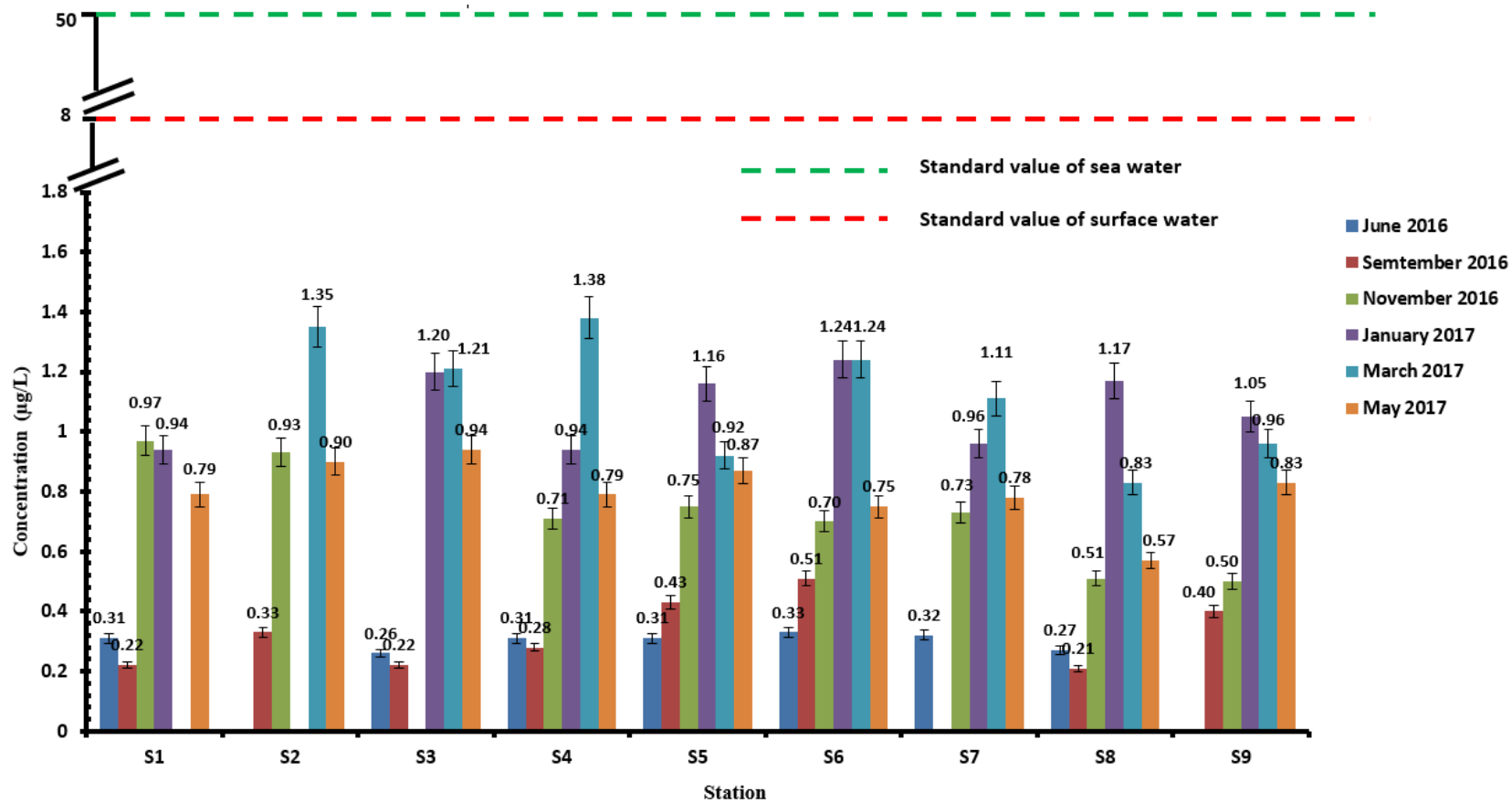


ภาพที่ 4.14 ปริมาณตะกั่ว ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำฝิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) บริเวณคลองบางกระพูน

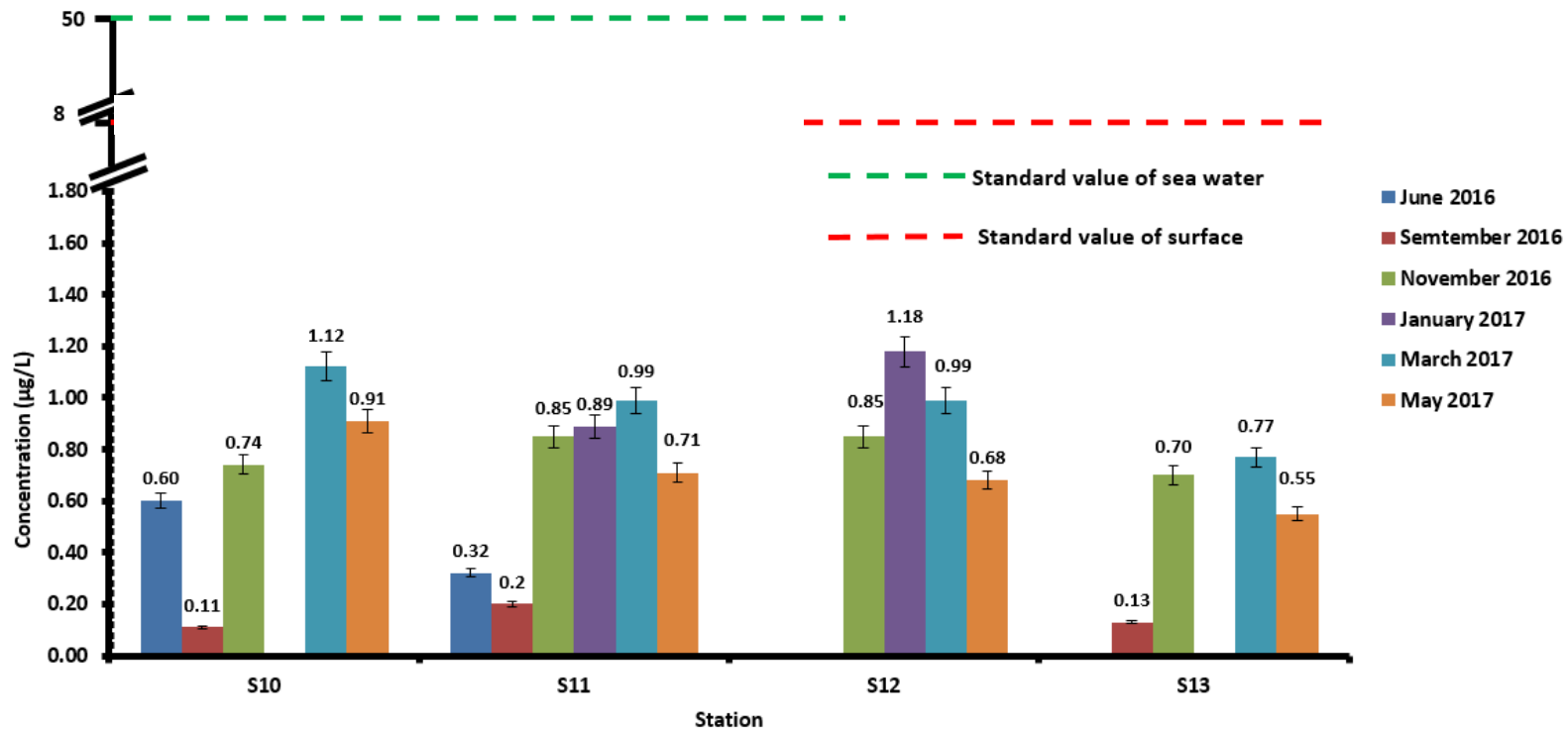
เก็บตัวอย่างในช่วง มิ.ย. 59-พ.ค. 60



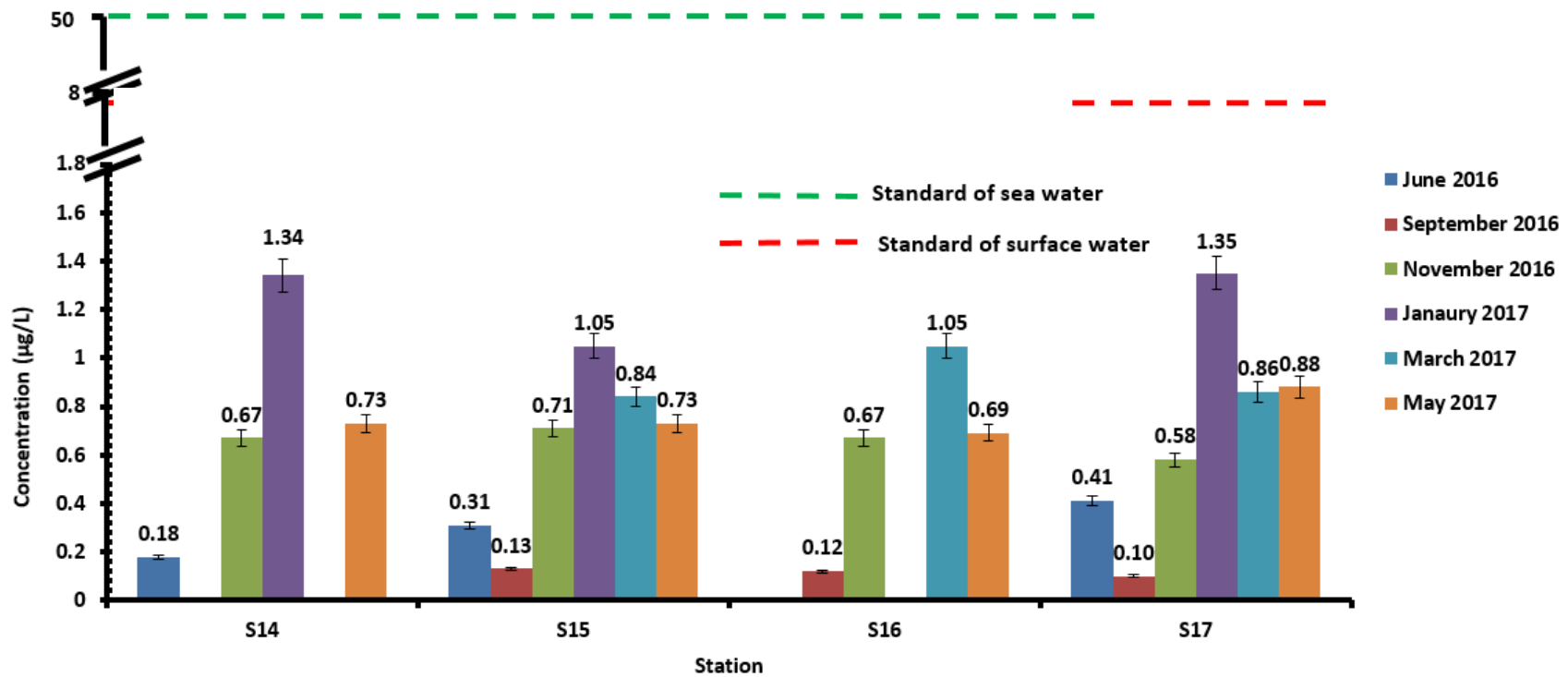
ภาพที่ 4.15 ปริมาณตะกั่ว ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S14) บริเวณคลองน้ำชา และตัวอย่างน้ำผิวดิน (S15-S16) น้ำทะเล (S17) บริเวณ  
คลองน้ำหู เก็บตัวอย่างในช่วง มิ.ย. 59-พ.ค. 60



ภาพที่ 4.16 ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองชากหมาก



ภาพที่ 4.17 ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน



ภาพที่ 4.18 ปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดิน (S14-S16) และน้ำทะเล (S17) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองน้ำชาและคลองน้ำหู

#### 4.4 ผลการวิเคราะห์สารหนู

##### 4.4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในพื้นที่คลองซากหมาก (S1-S9)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดินที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองซากหมาก จำนวน 7 สถานี (S1-S6 และ S9) แสดงดังตารางที่ 4.10 ภาพที่ 4.19 และภาพที่ 4.22 จากผลการวิเคราะห์สารหนูในตัวอย่างน้ำผิวดินบริเวณต้นคลองซากหมากก่อนไหลเข้านิคมมาบตาพุด คือ สถานีที่ 1-4 พบว่ามีปริมาณสารหนูต่ำกว่าค่ามาตรฐานของสารหนู โดยพบปริมาณสารหนูมีค่า 0.23-2.96  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณสารหนูทุกสถานีมีปริมาณสารหนูไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานสารหนูในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 10  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) โดยได้จากสถานีที่ 4 มีโรงงานอุตสาหกรรมกระจายตัวอยู่และเริ่มไหลผ่านเขตนิกมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งปริมาณสารหนูในแหล่งน้ำผิวดิน มีค่าอยู่ในช่วง 1-10  $\mu\text{g/L}$  (Bisen & Frimmel, 2003; Sharma & Sohn, 2009)

เมื่อพิจารณาสถานีที่ 6 ในเดือนกันยายน ปี 2559 พบว่ามีปริมาณสารหนูที่ค่อนข้างสูง คือ 8.24  $\mu\text{g/L}$  โดยสถานีที่ 6 เป็นจุดได้รับน้ำหล่อเย็นและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมภายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาปริมาณสารหนูรวมในน้ำและดินตะกอน จากลำคลองและชายฝั่งทะเลโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดของรินระวี พูลเกษม (2556) ซึ่งพบปริมาณสารหนูในน้ำผิวดินมีค่า 11.79  $\mu\text{g/L}$  โดยเป็นจุดเก็บตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในน้ำทะเล จำนวน 2 สถานี (S7-S8) ดังแสดงในตารางที่ 4.11 ภาพที่ 4.19 และภาพที่ 4.22 พบปริมาณสารหนูในสถานีที่ 7 มีค่า N.D.-3.26  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 8 พบปริมาณสารหนูมีค่า 0.99-3.82  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณสารหนูของทั้ง 2 สถานีมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทะเล ค่ามาตรฐานสารหนูในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 10  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในดินตะกอนพบว่าปริมาณสารหนูในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดิน แสดงดังตารางที่ 4.12 ในสถานีที่ 3 พบปริมาณสารหนูมีค่า 0.73-0.80  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง และสถานีที่ 4 พบปริมาณสารหนูมีค่า 0.73-0.82  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่เกินค่าปริมาณสารหนูตามร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทยกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 9.79  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.) ส่วนสถานีที่ 7 เป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่งพบปริมาณ

สารหนูมีค่า 0.82-0.92  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าปริมาณสารหนูไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 9.79  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

#### 4.4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในพื้นที่คลองบางกระพูน (S10-S13)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดิน จำนวน 2 สถานี (S10-S11) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน แสดงดังตารางที่ 4.10 ภาพที่ 4.20 และภาพที่ 4.23 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในสถานีที่ 10 พบปริมาณสารหนูมีค่า 0.55-6.03  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 11 พบปริมาณสารหนูมีค่า N.D.-1.84  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณสารหนูทั้ง 2 สถานีมีปริมาณสารหนูไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานสารหนูในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 10  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในน้ำทะเลจำนวน 2 สถานี (S12-S13) ดังแสดงในตารางที่ 4.11 ภาพที่ 4.20 และภาพที่ 4.23 ในสถานีที่ 12 พบว่าปริมาณสารหนูมีค่า 1.21-9.32  $\mu\text{g/L}$  โดยเมื่อพิจารณาสถานีที่ 12 ในเดือนกันยายน ปี 2559 พบปริมาณสารหนูค่อนข้างสูงเนื่องจากเป็นช่วงหน้าฝนและพื้นที่คลองบางกระพูนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งอาจเกิดจากการใช้สารปราบศัตรูพืช สารฆ่าวัชพืช สารกำจัดแมลง สารรักษาเนื้อไม้ซึ่งมีส่วนประกอบของสารหนูจึงทำให้มีปริมาณสารหนูค่อนข้างสูงปนเปื้อนในแหล่งน้ำทะเล (เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์, 2546) และสถานีที่ 13 พบปริมาณสารหนูมีค่า 0.95-2.69 ซึ่งทั้ง 2 สถานี มีปริมาณสารหนูไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทะเล ค่ามาตรฐานสารหนูในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 10  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

#### 4.4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในพื้นที่คลองคลองน้ำชา และคลองน้ำหูก (S14-S17)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดิน บริเวณคลองน้ำชา จำนวน 1 สถานี (S14) และคลองน้ำหูก จำนวน 2 สถานี (S15-S16) แสดงดังตารางที่ 4.10 ภาพที่ 4.21 และภาพที่ 4.24 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในสถานีที่ 14 พบปริมาณสารหนูมีค่า N.D.-3.95  $\mu\text{g/L}$  สถานีที่ 15 พบปริมาณสารหนูมีค่า N.D.-3.22  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 16 พบปริมาณสารหนูมีค่า 0.54- 3.21  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณสารหนูทั้ง 3 สถานี มีปริมาณสารหนูไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานสารหนูในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 10  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)



ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในน้ำทะเลสถานีที่ 17 (S17) พบปริมาณสารหนูมีค่า 0.59-3.00  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานสารหนูในน้ำทะเล ค่ามาตรฐานสารหนูในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 10  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในดินตะกอน ในสถานีที่ 17 เป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่ง แสดงดังตารางที่ 4.12 พบปริมาณสารหนูมีค่า 0.80-0.90  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าปริมาณสารหนูไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 9.79  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

ตารางที่ 4.10 ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณสารหนู (µg/L)					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองชากหมาก	1	2.06±0.04	2.96±0.09	0.84±0.06	0.23±0.03	**	0.48±0.01
	2	1.93±0.03	2.89±0.15	0.82±0.05	0.45±0.03	1.25±0.03	0.56±0.02
	3	1.62±0.03	2.41±0.06	0.74±0.03	0.77±0.05	0.88±0.02	0.39±0.01
	4	1.78±0.01	2.79±0.04	2.00±0.07	0.91±0.01	1.21±0.01	0.46±0.02
	5	1.96±0.04	3.78±0.06	1.40±0.05	1.24±0.04	2.54±0.05	2.66±0.01
	6	1.72±0.06	8.24±0.70	1.56±0.05	1.32±0.05	2.33±0.03	1.58±0.02
คลองบางกระพูน	9	1.77±0.05	N.D.	4.92±0.25	1.55±0.05	2.78±0.01	2.99±0.02
	10	1.54±0.06	2.98±0.08	6.03±0.19	0.66±0.03	0.87±0.01	0.55±0.01
	11	1.84±0.02	N.D.	1.45±0.12	0.52±0.02	0.55±0.02	0.39±0.05
คลองน้ำชา	14	2.19±0.04	3.95±0.07	0.77±0.05	0.87±0.01	**	N.D.
คลองน้ำหู	15	2.06±0.06	3.22±0.18	0.91±0.03	0.45±0.02	N.D.	0.75±0.03
	16	2.02±0.05	3.21±0.06	0.91±0.01	0.54±0.02	0.73±0.02	0.57±0.07

\*\* ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำเนื่องจากน้ำแห้ง

ตารางที่ 4.11 ปริมาณสารหนูในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณสารหนู (µg/L)					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองชากหมาก	7	2.57±0.13	N.D.	1.15±0.07	1.09±0.02	3.26±0.04	2.88±0.01
	8	2.64±0.02	3.82±0.08	1.03±0.02	0.99±0.06	2.44±0.02	2.67±0.03
คลองบางกระพูน	12	2.01±0.04	9.32±0.05	2.82±0.23	1.21±0.02	1.27±0.01	1.57±0.04
	13	2.69±0.12	1.80±0.08	1.05±0.02	0.96±0.01	0.95±0.02	1.74±0.03
คลองน้ำหนู	17	2.01±0.05	3.00±0.21	1.09±0.04	0.63±0.03	0.59±0.01	0.87±0.02

ตารางที่ 4.12 ปริมาณสารหนูในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

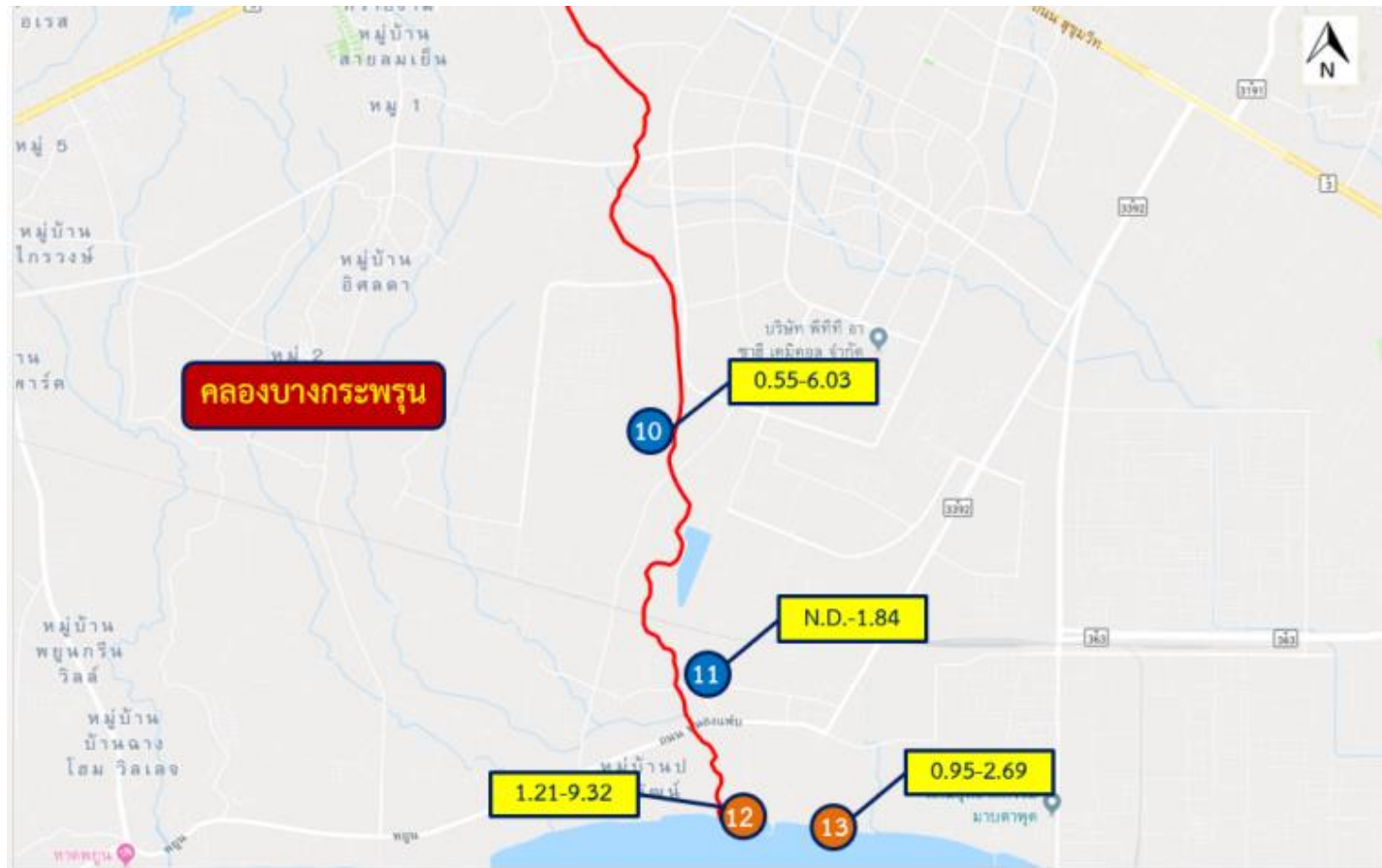
ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณสารหนู ( $\mu\text{g/g dry.w}$ )					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองซากหมาก	3	**	0.74 $\pm$ 0.04	0.73 $\pm$ 0.05	0.73 $\pm$ 0.05	0.79 $\pm$ 0.06	0.80 $\pm$ 0.06
	4	**	0.73 $\pm$ 0.02	0.79 $\pm$ 0.06	0.78 $\pm$ 0.05	0.82 $\pm$ 0.07	0.80 $\pm$ 0.04
	7	0.92 $\pm$ 0.10	**	0.92 $\pm$ 0.09	**	0.91 $\pm$ 0.08	0.82 $\pm$ 0.06
คลองน้ำหู	17	0.90 $\pm$ 0.08	0.80 $\pm$ 0.07	**	**	**	**

\*\* ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินตะกอน



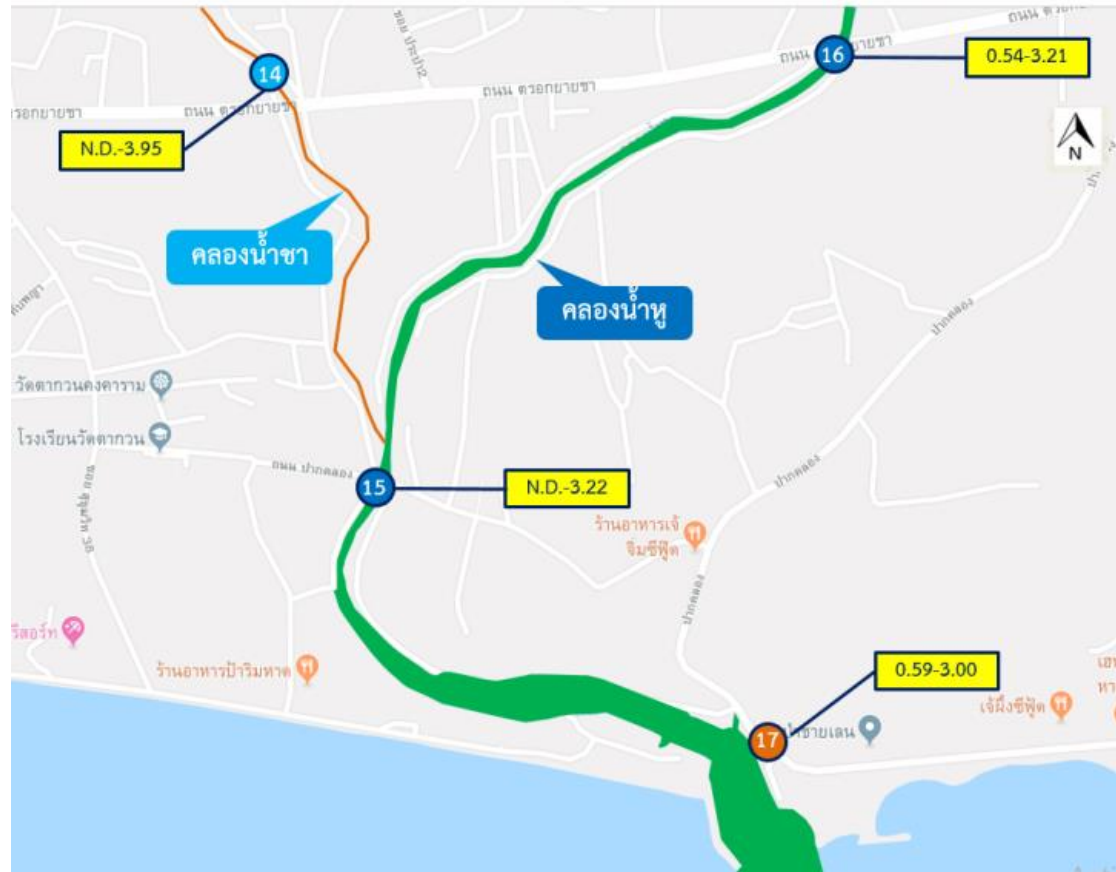
ภาพที่ 4.19 ปริมาณสารหนู ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) บริเวณคลองซากหมาก

เก็บตัวอย่างในช่วง มิ.ย. 59-พ.ค. 60

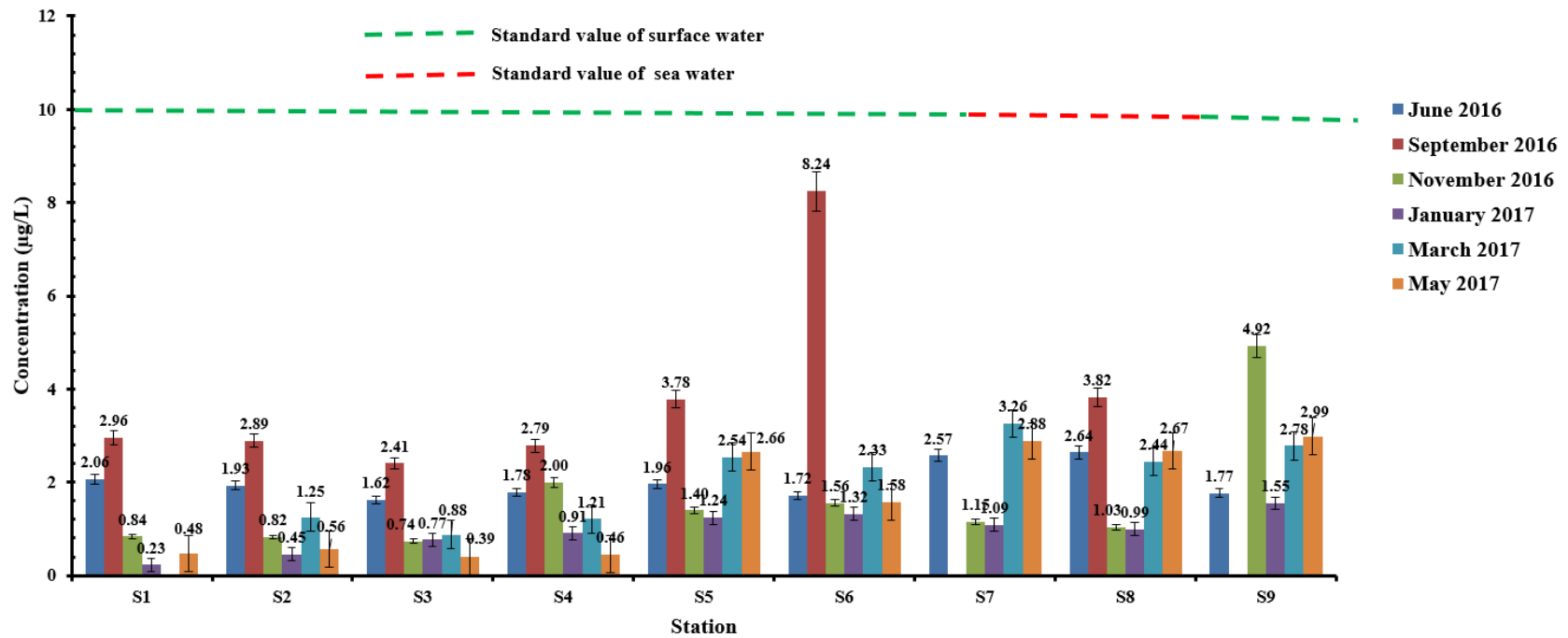


ภาพที่ 4.20 ปริมาณสารหนู ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) บริเวณคลองบางกระพูน

เก็บตัวอย่างในช่วง มิ.ย. 59-พ.ค. 60

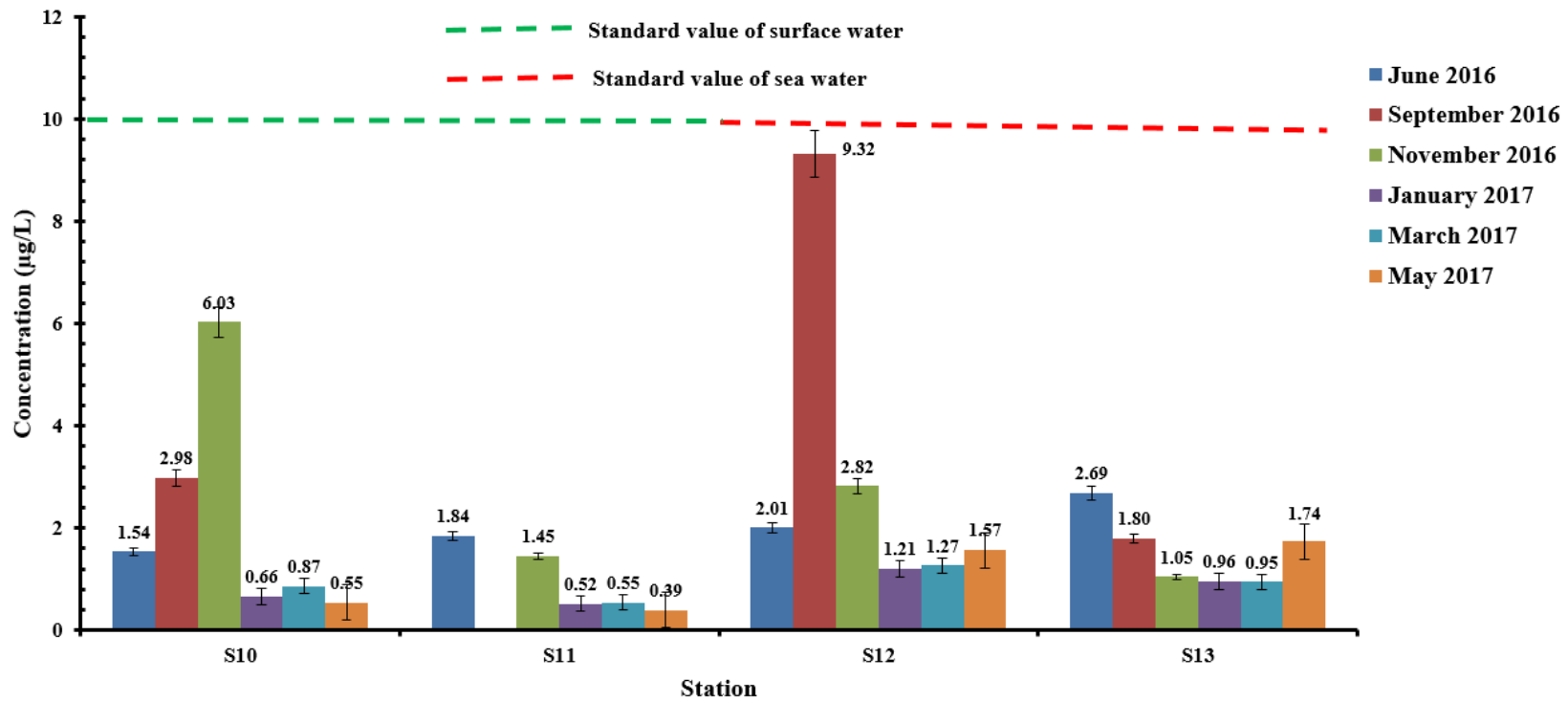


ภาพที่ 4.21 ปริมาณสารหนู ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำบาดาล (S14) บริเวณคลองน้ำชา และตัวอย่างน้ำบาดาล (S15-S16) น้ำทะเล (S17) บริเวณคลองน้ำหนู เก็บตัวอย่างในช่วง มิ.ย. 59-พ.ค. 60

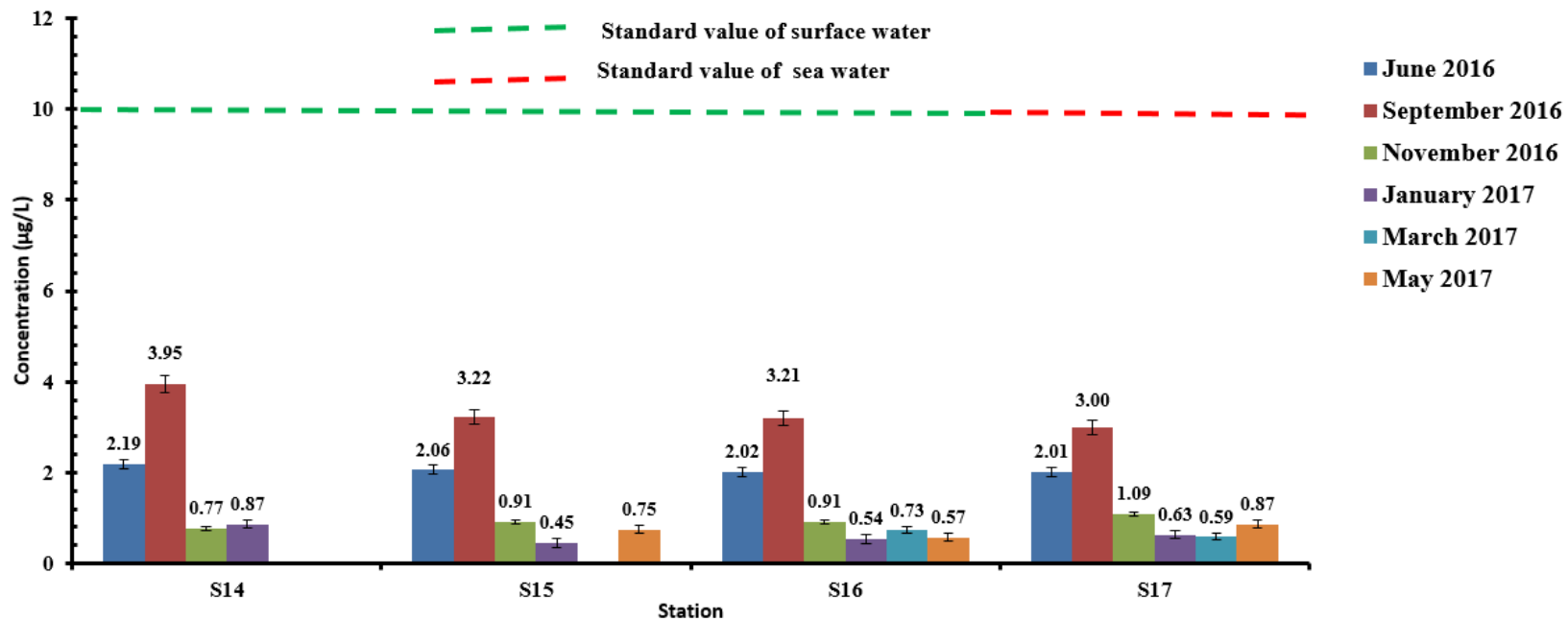


ภาพที่ 4.22 ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองซากหมาก





ภาพที่ 4.23 ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน



ภาพที่ 4.24 ปริมาณสารหนูในน้ำผิวดิน (S14-S16) และน้ำทะเล (S17) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองคลองน้ำชา และคลองน้ำหู

#### 4.5 ผลการวิเคราะห์โครเมียม (VI)

##### 4.5.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (VI) ในพื้นที่คลองซากหมาก (S1-S9)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ โครเมียม (VI) ในน้ำผิวดิน ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองซากหมาก จำนวน 7 สถานี (S1-S6 และ S9) แสดงดังตารางที่ 4.13 ภาพที่ 4.25 และภาพที่ 4.28 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณ โครเมียม (VI) มีค่า N.D.-29.73  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณ โครเมียม(VI) ในทุกสถานีมีค่าปริมาณ โครเมียม (VI) ไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานโครเมียม(VI) ในคุณภาพน้ำผิวดิน ไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ โครเมียม (VI) ในน้ำทะเล จำนวน 2 สถานี (S7-S8) ดังแสดงในตารางที่ 4.14 ภาพที่ 4.25 และภาพที่ 4.28 พบว่าปริมาณ โครเมียม (VI) ในสถานีที่ 7 พบปริมาณ โครเมียม (VI) มีค่า 5.7-29.73  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 8 พบปริมาณ โครเมียม (VI) มีค่า 4.56-23.10  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณ โครเมียม (VI) ของทั้ง 2 สถานีไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทะเล ค่ามาตรฐาน โครเมียม (VI) ในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ โครเมียม (VI) ในดินตะกอน แสดงดังตารางที่ 4.15 พบว่าปริมาณ โครเมียม (VI) ในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินในสถานีที่ 3 พบปริมาณ โครเมียม (VI) มีค่า 4.50-8.83  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง และสถานีที่ 4 พบปริมาณ โครเมียม (VI) มีค่า 5.06-7.12  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่เกินค่าปริมาณ โครเมียม (VI) ตามร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทยกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 43.4  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.) ส่วนสถานีที่ 7 เป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่งพบค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.70-16.81  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าปริมาณ โครเมียม (VI) ไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 43.4  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

##### 4.5.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (VI) ในพื้นที่คลองบางกระพูน (S10-S13)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ โครเมียม (VI) ในน้ำผิวดิน จำนวน 2 สถานี (S10-S11) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน แสดงดังตารางที่ 4.13 ภาพที่ 4.26 และภาพที่ 4.29 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณ โครเมียม (VI) ในสถานีที่ 10 พบปริมาณ โครเมียม (VI) มีค่า N.D.-6.88  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 11 มีพบปริมาณ โครเมียม (VI) มีค่า 3.36-6.85  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณ โครเมียม (VI) ของทั้ง 2

สถานี ไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานโครเมียม (VI) ในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเล จำนวน 2 สถานี (S12-S13) แสดงดังตารางที่ 4.14 ภาพที่ 4.26 และภาพที่ 4.29 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (VI) ในสถานีที่ 12 พบปริมาณโครเมียม (VI) มีค่า 3.80-17.96  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 13 พบปริมาณโครเมียม (VI) มีค่า 3.47-16.63  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณโครเมียม (VI) ของทั้ง 2 สถานี ไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทะเล ค่ามาตรฐานโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

#### 4.4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (VI) ในพื้นที่คลองน้ำชาและคลองน้ำหู (S14-S17)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดิน บริเวณคลองน้ำชา จำนวน 1 สถานี (S14) และคลองน้ำหู จำนวน 2 สถานี (S15-S16) แสดงดังตารางที่ 4.13 ภาพที่ 4.27 และภาพที่ 4.30 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (VI) ในสถานีที่ 14 พบปริมาณโครเมียม (VI) มีค่า N.D.-15.98  $\mu\text{g/L}$  สถานีที่ 15 พบปริมาณโครเมียม (VI) มีค่า 3.45-6.49  $\mu\text{g/L}$  และสถานีที่ 16 พบปริมาณโครเมียม (VI) มีค่า 3.38- 6.53  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณโครเมียม (VI) ทั้ง 3 สถานี มีปริมาณโครเมียม (VI) ไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ค่ามาตรฐานโครเมียม (VI) ในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเล สถานีที่ 17 (S17) แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่าปริมาณโครเมียม (VI) มีค่า 3.95-8.03  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานโครเมียม (VI) ในน้ำทะเล ค่ามาตรฐานโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (VI) ในดินตะกอนสถานีที่ 17 เป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่ง แสดงดังตารางที่ 4.15 พบปริมาณโครเมียม (VI) มีค่า 10.55-12.08  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง มีค่าปริมาณโครเมียม (VI) ไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 43.4  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

ตารางที่ 4.13 ปริมาณ โครเมียม (VI) ในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณโครเมียม(VI) ( $\mu\text{g/L}$ )					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองชากหมาก	1	3.47 $\pm$ 0.02	3.74 $\pm$ 0.01	N.D.	3.41 $\pm$ 0.01	**	3.46 $\pm$ 0.03
	2	3.18 $\pm$ 0.01	3.99 $\pm$ 0.02	N.D.	3.71 $\pm$ 0.02	3.89 $\pm$ 0.01	4.24 $\pm$ 0.02
	3	3.83 $\pm$ 0.02	4.63 $\pm$ 0.02	3.92 $\pm$ 0.02	N.D.	3.54 $\pm$ 0.02	3.98 $\pm$ 0.01
	4	3.34 $\pm$ 0.01	4.13 $\pm$ 0.01	3.42 $\pm$ 0.01	3.77 $\pm$ 0.02	3.80 $\pm$ 0.02	4.28 $\pm$ 0.02
	5	13.48 $\pm$ 0.02	14.27 $\pm$ 0.02	4.48 $\pm$ 0.02	4.61 $\pm$ 0.02	4.56 $\pm$ 0.01	12.46 $\pm$ 0.02
	6	13.91 $\pm$ 0.02	14.71 $\pm$ 0.02	3.60 $\pm$ 0.01	5.32 $\pm$ 0.04	4.23 $\pm$ 0.03	10.92 $\pm$ 0.04
คลองบางกระพูน	9	18.03 $\pm$ 0.01	18.83 $\pm$ 0.01	4.57 $\pm$ 0.02	5.30 $\pm$ 0.03	11.13 $\pm$ 0.01	11.49 $\pm$ 0.01
	10	6.09 $\pm$ 0.02	6.88 $\pm$ 0.02	3.68 $\pm$ 0.01	3.41 $\pm$ 0.01	N.D.	4.33 $\pm$ 0.01
	11	6.06 $\pm$ 0.02	6.85 $\pm$ 0.02	3.79 $\pm$ 0.01	3.36 $\pm$ 0.01	3.51 $\pm$ 0.02	3.88 $\pm$ 0.03
คลองน้ำชา	14	15.18 $\pm$ 0.02	15.98 $\pm$ 0.02	4.21 $\pm$ 0.01	N.D.	**	8.54 $\pm$ 0.02
คลองน้ำหู	15	5.70 $\pm$ 0.02	6.49 $\pm$ 0.02	3.45 $\pm$ 0.01	3.48 $\pm$ 0.01	3.93 $\pm$ 0.02	4.30 $\pm$ 0.03
	16	5.74 $\pm$ 0.00	6.53 $\pm$ 0.00	3.38 $\pm$ 0.01	3.74 $\pm$ 0.03	4.59 $\pm$ 0.02	3.98 $\pm$ 0.01

\*\* ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำเนื่องจากน้ำแห้ง

ตารางที่ 4.14 ปริมาณ โครเมียม (VI) ในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณโครเมียม (VI) ( $\mu\text{g/L}$ )					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองซากหมาก	7	29.73 $\pm$ 0.02	26.57 $\pm$ 0.02	6.89 $\pm$ 0.01	5.71 $\pm$ 0.02	20.43 $\pm$ 0.01	17.17 $\pm$ 0.02
	8	23.10 $\pm$ 0.01	19.94 $\pm$ 0.01	5.67 $\pm$ 0.02	4.56 $\pm$ 0.03	12.07 $\pm$ 0.01	12.42 $\pm$ 0.01
คลองบางกระพูน	12	17.96 $\pm$ 0.02	14.81 $\pm$ 0.02	4.54 $\pm$ 0.01	3.80 $\pm$ 0.06	12.27 $\pm$ 0.02	12.91 $\pm$ 0.01
	13	15.83 $\pm$ 0.01	16.63 $\pm$ 0.01	4.09 $\pm$ 0.02	3.47 $\pm$ 0.02	7.57 $\pm$ 0.04	13.48 $\pm$ 0.01
คลองน้ำหู	17	7.27 $\pm$ 0.03	8.03 $\pm$ 0.03	4.11 $\pm$ 0.01	3.95 $\pm$ 0.01	4.19 $\pm$ 0.01	4.06 $\pm$ 0.01

ตารางที่ 4.15 ปริมาณโครเมียม (VI) ในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

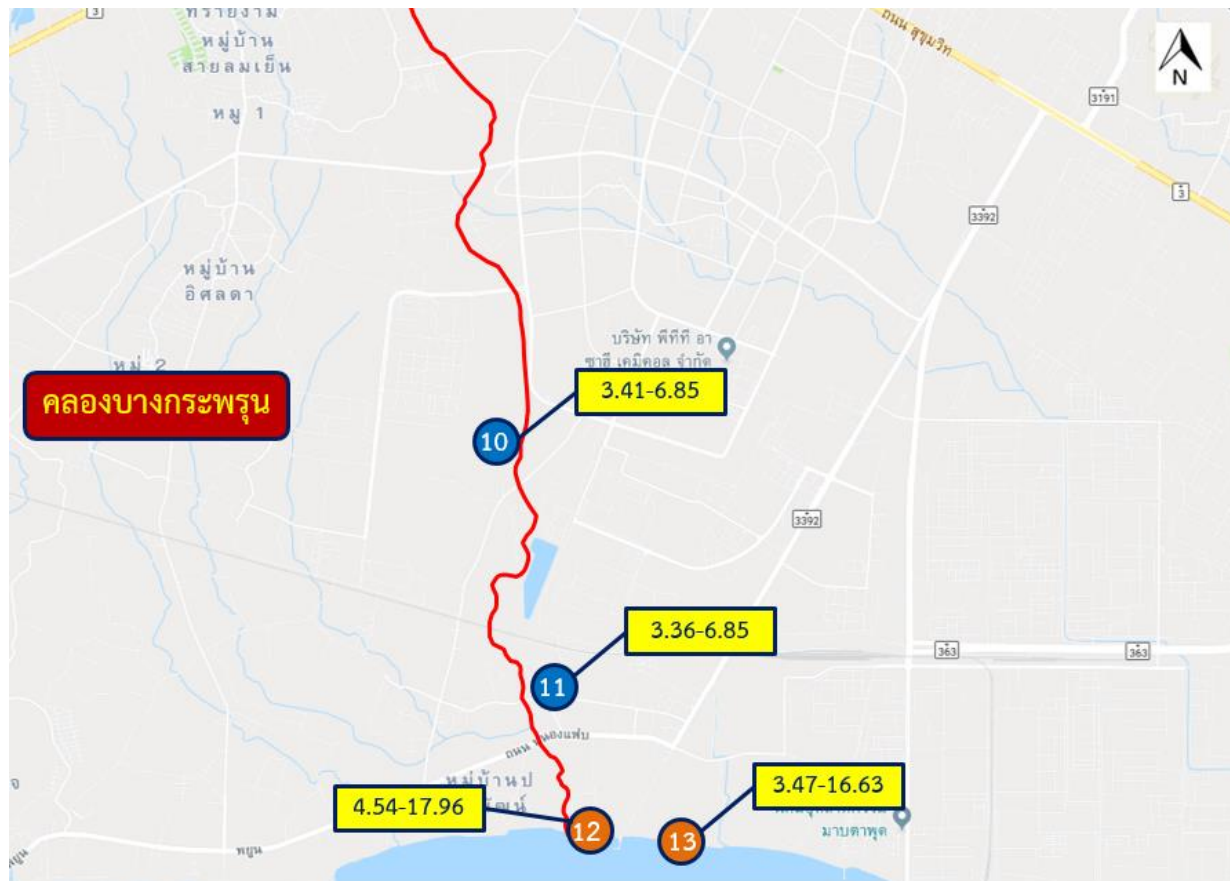
ชื่อคลอง	สถานีเก็บตัวอย่าง วันที่	ปริมาณโครเมียม (VI) ( $\mu\text{g/g dry.w}$ )					
		24/06/59	7/09/59	2/11/59	25/01/60	22/03/60	24/5/60
คลองซากหมาก	3	**	8.46 $\pm$ 0.71	7.35 $\pm$ 0.10	8.83 $\pm$ 0.43	5.92 $\pm$ 0.25	4.50 $\pm$ 0.12
	4	**	5.83 $\pm$ 0.13	6.55 $\pm$ 0.04	7.12 $\pm$ 0.41	6.32 $\pm$ 0.10	5.06 $\pm$ 0.63
	7	16.81 $\pm$ 0.48	**	9.70 $\pm$ 0.66	**	13.28 $\pm$ 0.61	15.08 $\pm$ 0.50
คลองน้ำหนู	17	12.08 $\pm$ 0.07	10.55 $\pm$ 0.10	**	**	**	**

\*\* ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินตะกอน



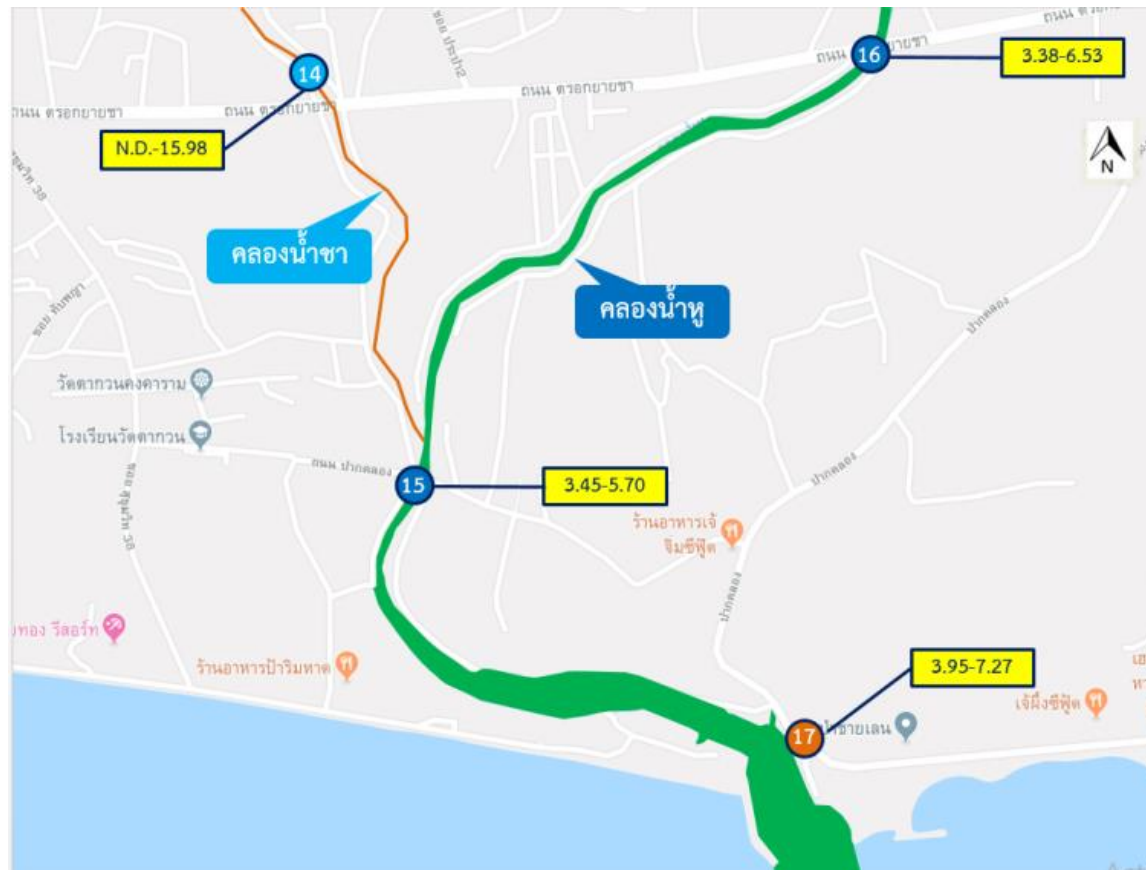
ภาพที่ 4.25 ปริมาณ โครเมียม (VI) ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) บริเวณคลองซากหมาก  
เก็บตัวอย่างในช่วง มิ.ย. 59-พ.ค. 60



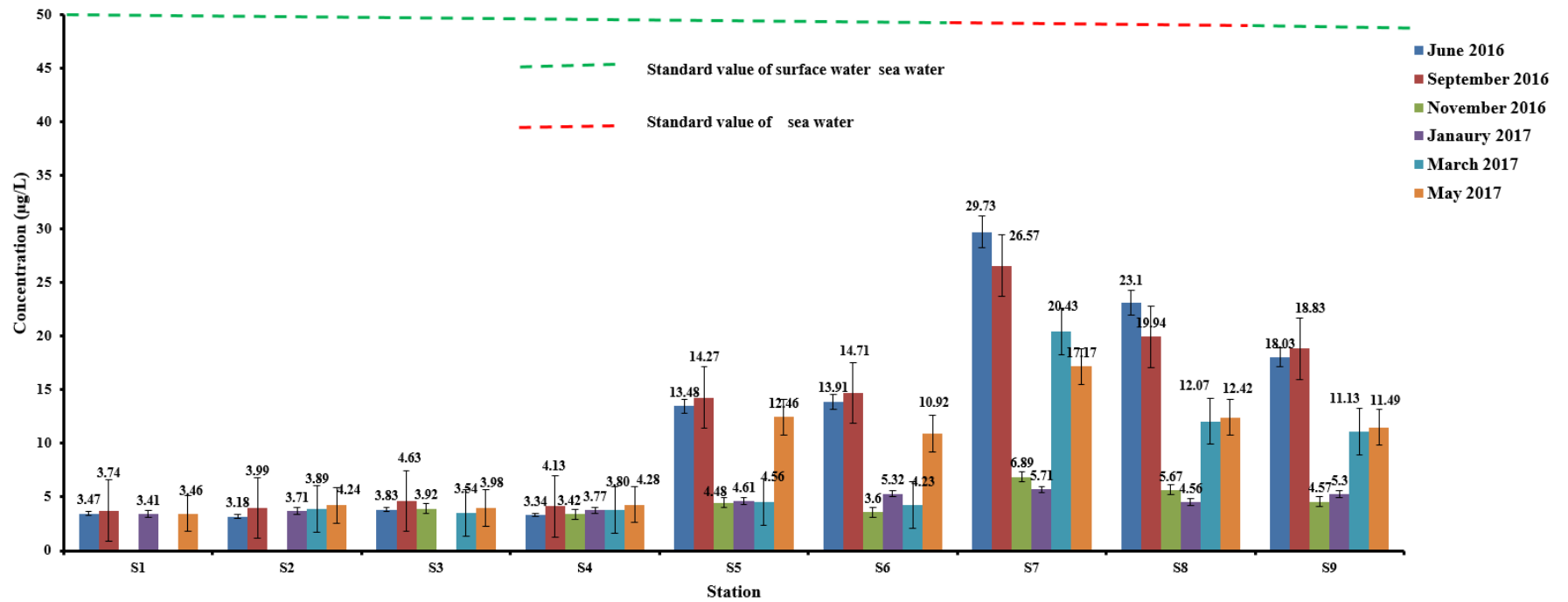


ภาพที่ 4.26 ปริมาณโครเมียม (VI) ( $\mu\text{g/L}$ ) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S10-S11) และน้ำทะเล (S12-S13) บริเวณคลองบางกระพูน

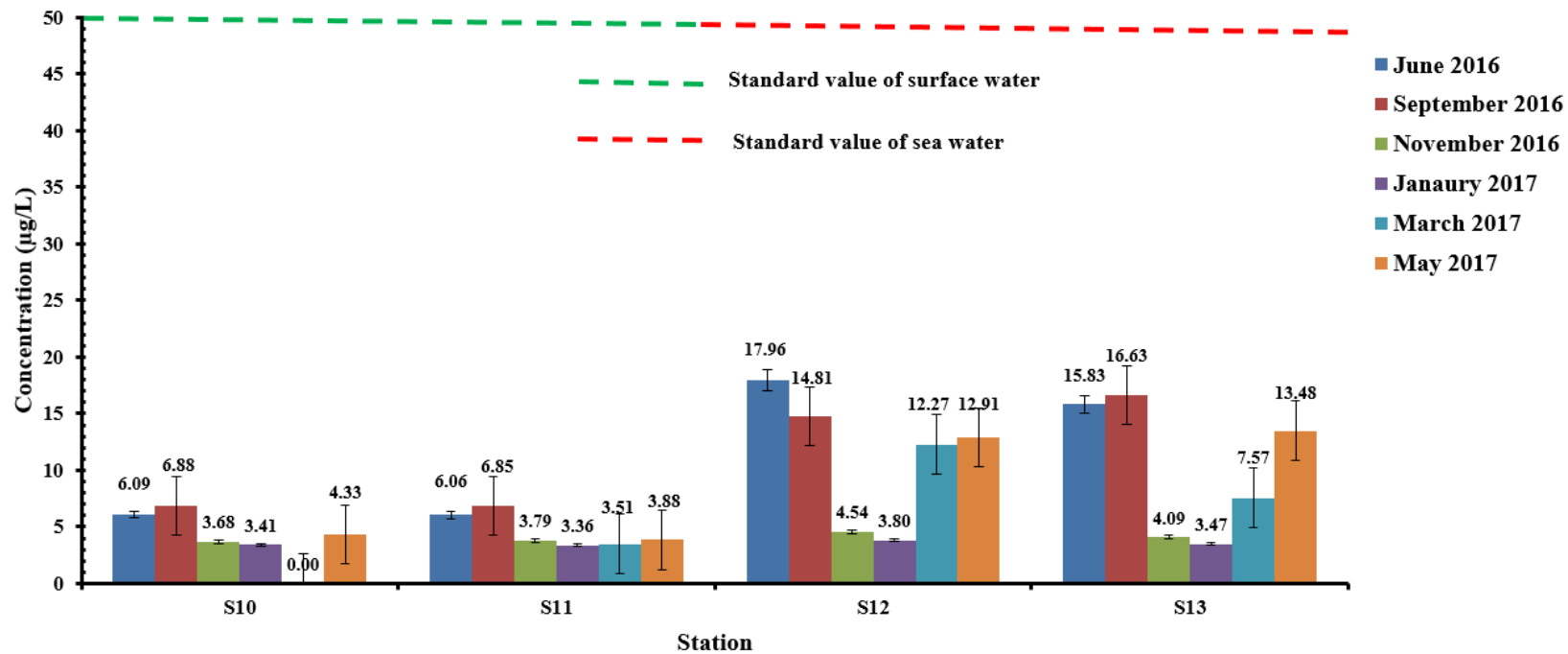
เก็บตัวอย่างในช่วง มิ.ย. 59-พ.ค. 60



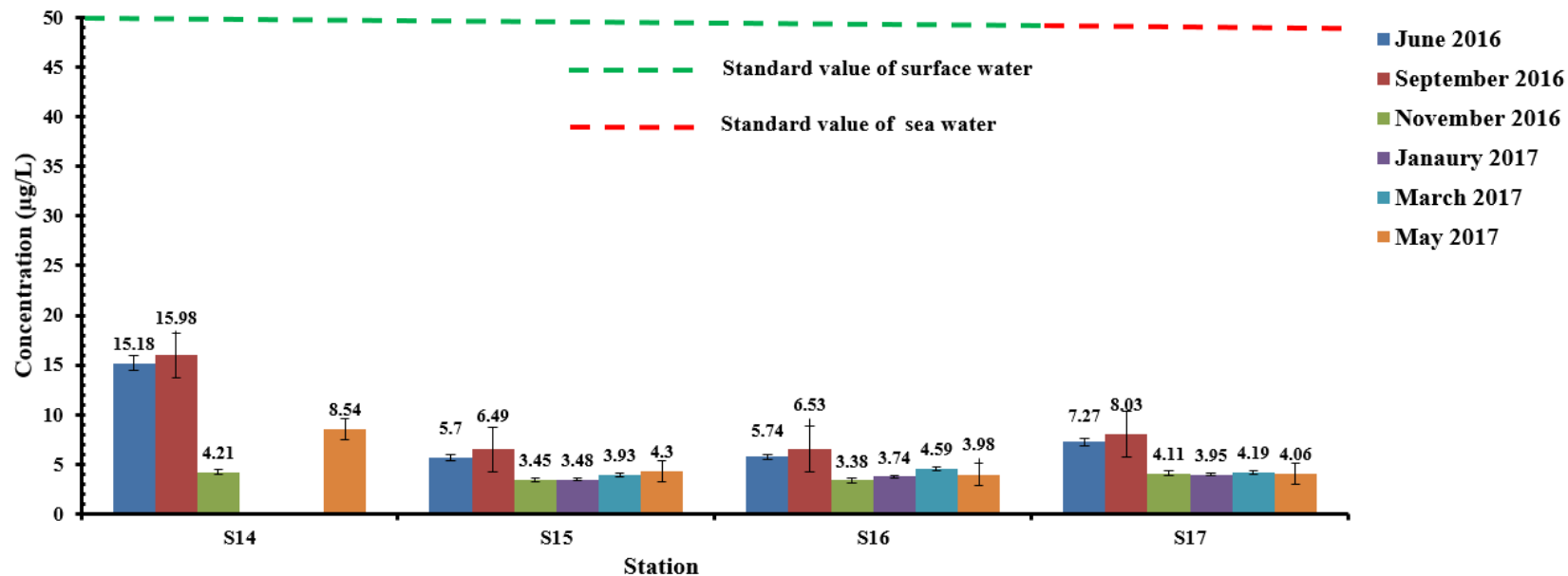
ภาพที่ 4.27 ปริมาณไนเตรียม (VI) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (S14) บริเวณคลองน้ำชา และตัวอย่างน้ำผิวดิน (S15-S16) น้ำทะเล (S17) บริเวณคลองน้ำหู เก็บตัวอย่างในช่วง มิ.ย. 59-พ.ค. 60



ภาพที่ 4.28 ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดิน (S1-S6 และ S9) และน้ำทะเล (S7-S8) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองซากหมาก



ภาพที่ 4.29 ปริมาณ โครเมียม(VI)ในน้ำผิวดิน (S11-S12) และน้ำทะเล (S12-S13) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองบางกระพูน



ภาพที่ 4.30 ปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดิน (S14-S16) และน้ำทะเล (S17) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่คลองน้ำชา และคลองน้ำหนู

#### 4.6 เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอนกับการศึกษาก่อนหน้านี้

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาปริมาณของโลหะหนักกับปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอนที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้

ค่าปริมาณปรอทในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า N.D.-2.75  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่รายงานในผลการศึกษาคูณภาพน้ำคลองสาธารณะ เขตพื้นที่มาบตาพุด (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2558) โดยมีค่า 1-14  $\mu\text{g/L}$  แสดงดังตารางที่ 4.16 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณปรอทในน้ำผิวดินที่มีการรายงานไว้ในต่างประเทศพบว่าปริมาณปรอทในน้ำผิวดินมีค่าต่ำกว่าการรายงานไว้ที่ปากแม่น้ำ Pearl (Tao et al., 2016) แสดงดังตารางที่ 4.17

ค่าปริมาณปรอทในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า N.D.-1.35  $\mu\text{g/L}$  โดยมีค่าสูงกว่าที่รายงานปริมาณปรอทในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (แววตา ทองระอา และคณะ, 2549) แสดงดังตารางที่ 4.16

ค่าปริมาณปรอทในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินและดินตะกอนชายฝั่งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า ดังนี้ 0.06-0.14  $\mu\text{g/g}$  และ 1.04-1.57  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ซึ่งดินตะกอนชายฝั่งมีค่าสูงกว่าที่รายงานปริมาณปรอทในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (แววตา ทองระอา และคณะ, 2549) แสดงดังตารางที่ 4.16 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณปรอทในดินตะกอนที่มีการรายงานไว้ในต่างประเทศพบว่าปริมาณปรอทในดินตะกอนชายฝั่งมีค่าสูงกว่ารายงานที่อ่าว Bohai และ อ่าว chababar (Zhou, Qin, Peng, & Deng, 2014; Molamohyeddin et al., 2017) แสดงดังตารางที่ 4.17

ค่าปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า N.D.-0.07  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งสูงกว่าที่รายงานในผลการศึกษาคูณภาพน้ำคลองสาธารณะ เขตพื้นที่มาบตาพุด (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2558) โดยมีค่าน้อยกว่า 0.002  $\mu\text{g/L}$  แสดงดังตารางที่ 4.16 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดินที่มีการรายงานไว้ในต่างประเทศพบว่าปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดินมีค่าต่ำกว่าที่รายงานไว้ที่แม่น้ำ Karnaphuli ในประเทศบังกลาเทศ (Ali et al., 2016) แสดงดังตารางที่ 4.17

ค่าปริมาณแคดเมียมในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า N.D.-0.07  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่รายงานปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (แหวตา ทองระอา และคณะ, 2549) แสดงดังตารางที่ 4.16 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในน้ำทะเลที่มีการรายงานไว้ในต่างประเทศพบว่าปริมาณแคดเมียมในน้ำทะเลมีค่าต่ำกว่าการรายงานไว้ที่แม่น้ำ Hindon ในเมืองอุตสาหกรรม Ghaziabad ประเทศอินเดีย และแม่น้ำ Karnaphuli ในประเทศบังกลาเทศ (Suthar, Nema, Chabukdhara, & Gupta, 2009; Ali et al., 2016) แสดงดังตารางที่ 4.17

ค่าปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินและดินตะกอนชายฝั่งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า ดังนี้ 0.03-0.06  $\mu\text{g/g}$  และ 0.08-0.11  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินมีค่าน้อยกว่าแต่ในดินตะกอนชายฝั่งมีค่ามากกว่ารายงานการกระจายและการสะสมตัวของโลหะหนักของแคดเมียมในดินตะกอนจากแหล่งน้ำในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (สุวรรณ ภาณุตระกูล, 2555) แสดงดังตารางที่ 4.16 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนที่มีการรายงานไว้ในต่างประเทศพบว่าปริมาณปรอทในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินและดินตะกอนชายฝั่งมีค่าต่ำกว่าบริเวณ แม่น้ำ Hindon ในเมืองอุตสาหกรรม Ghaziabad อ่าว Bohai แม่น้ำ Langat แม่น้ำ Karnaphuli และอ่าว chabahar

ค่าปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า N.D.-1.38  $\mu\text{g/L}$  พบว่ามีค่าสูงกว่าที่รายงานในผลการศึกษาคูณภาพน้ำคลองสาธารณะ เขตพื้นที่มาบตาพุด (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2558) แสดงดังตารางที่ 4.16 แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดินที่รายงานไว้ในต่างประเทศพบว่าปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดินมีค่าต่ำกว่าบริเวณแม่น้ำ Hindon ในเมืองอุตสาหกรรม Ghaziabad ประเทศอินเดีย และแม่น้ำ Karnaphuli ในประเทศบังกลาเทศ แสดงดังตารางที่ 4.17

ค่าปริมาณตะกั่วในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า N.D.-1.11  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่รายงานปริมาณตะกั่วในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (แหวตา ทองระอา และคณะ, 2549) และมีค่าแสดงดังตารางที่ 4.16

ค่าปริมาณตะกั่วในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินและดินตะกอนชายฝั่งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า ดังนี้ 0.44-0.63  $\mu\text{g/g}$  และ 2.15-14.47  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ พบว่ามีค่าต่ำกว่าที่รายงานปริมาณตะกั่วในดินตะกอนชายฝั่งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (แหวตา ทองระอา

และคณะ, 2549) และมีค่าต่ำกว่ารายงานการแพร่กระจายของโลหะหนักในดินตะกอน บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด แสดงดังตารางที่ 4.16 (พรพรรณ สีลารัตน์ และคณะ ,2557)

ค่าปริมาณสารหนูในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า N.D.-8.24  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งมีค่าต่ำกว่ารายงานปริมาณสารหนูในน้ำจากลำคลองบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (รินระวี พูลเกษม, 2556) แต่มีค่าสูงกว่ารายงานในผลการศึกษาคูณภาพน้ำคลองสาธารณะเขตพื้นที่มาบตาพุด (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2558) แสดงดังตารางที่ 4.16

ค่าปริมาณสารหนูในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า N.D.-9.32  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งมีค่าสูงกว่ารายงานปริมาณสารหนูในน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (รินระวี พูลเกษม, 2556) แสดงดังตารางที่ 4.16 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารหนูในน้ำทะเลของรายงานต่างประเทศพบว่าปริมาณสารหนูมีค่าต่ำกว่าที่รายงานไว้ที่แม่น้ำ Karnaphuli ในประเทศบังกลาเทศ (Ali et al., 2016) แสดงดังตารางที่ 4.17

ค่าปริมาณสารหนูในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินและดินตะกอนชายฝั่งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า ดังนี้ 0.73-0.82  $\mu\text{g/g}$  และ 0.80-0.92  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ พบว่ามีค่าต่ำกว่ารายงานปริมาณสารหนูในดินตะกอนจากลำคลองและชายฝั่งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (รินระวี พูลเกษม, 2556) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารหนูในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินของรายงานต่างประเทศพบว่าปริมาณสารหนูมีค่าต่ำกว่าที่รายงานไว้ที่แม่น้ำ Karnaphuli ในประเทศบังกลาเทศ (Ali et al., 2016) แสดงดังตารางที่ 4.17

ค่าปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า N.D.-18.83  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งสูงกว่ารายงานในผลการศึกษาคูณภาพน้ำคลองสาธารณะ เขตพื้นที่มาบตาพุด (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2558) แสดงดังตารางที่ 4.16 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของต่างประเทศพบว่าปริมาณโครเมียมต่ำกว่าที่รายงานไว้ที่แม่น้ำ Hindon ในเมืองอุตสาหกรรม Ghaziabad ประเทศอินเดีย และแม่น้ำ Karnaphuli ในประเทศบังกลาเทศ แสดงดังตารางที่ 4.17

ค่าปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า 3.47-29.73  $\mu\text{g/L}$  สำหรับปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลไม่มีในรายงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ค่าปริมาณโครเมียม (VI) ในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินและดินตะกอนชายฝั่งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่า ดังนี้ 4.50-8.83  $\mu\text{g/g}$  และ 9.70-16.81  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ารายงานของต่างประเทศพบว่าปริมาณโครเมียม (VI) ในดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดินมีค่าต่ำกว่าบริเวณแม่น้ำ



Hindon ในเมืองอุตสาหกรรรม Ghaziabad ประเทศอินเดีย แม่น้ำ Langat ประเทศมาเลเซีย และแม่น้ำ Karnaphuli ในประเทศบังกลาเทศ แสดงดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ผู้วิจัย	ปรอท			แคดเมียม			ตะกั่ว			สารหนู			โครเมียม (VI)		
	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน ( µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน ( µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน ( µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน ( µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน ( µg/g)
แวนตา ทองระอา, และคณะ (2549)	-	0.002- 0.028	0.005 <sup>2</sup> - 0.341 <sup>2</sup>	-	<0.004- 0.027	<0.006 <sup>2</sup> - 0.509 <sup>2</sup>	-	0.16- 0.73	1.69 <sup>2</sup> - 91.93 <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-
สุวรรณา ภาณุตระกูล (2555)	-	-	-	-	-	0.05 <sup>1</sup> - 0.79 <sup>1</sup> 0.003 <sup>2</sup> - 0.602 <sup>2</sup>	-	-	6.4 <sup>1</sup> - 162.2 <sup>1</sup> 1.22 <sup>2</sup> - 14.60 <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-
รินระวี พูลเกษม (2556)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.31- 72.06	0.77- 3.39	3.21 <sup>1</sup> - 48.22 <sup>1</sup> 1.18 <sup>2</sup> - 16.54 <sup>2</sup>	-	-	-

ผู้วิจัย	ปรอท			แคดเมียม			ตะกั่ว			สารหนู			โครเมียม (VI)		
	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน (µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน (µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน (µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน (µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน (µg/g)
พรพรรณ สิลารัตน์, และคณะ (2557)	-	-	-	-	-	0.56 <sup>2</sup> - 2.04 <sup>2</sup>	-	-	3.13 <sup>2</sup> - 9.62 <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-
สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 13 (2558)	1-14	-	-	<0.002	-	-	<0.010- 0.080	-	-	<0.010- 0.123	-	-	<0.006- 0.060	-	-
การศึกษาค้างนี้ (2559-2560)	N.D.- 2.75	N.D.- 1.35	0.06 <sup>1</sup> - 0.14 <sup>1</sup> 1.04 <sup>2</sup> - 1.57 <sup>2</sup>	N.D.- 0.07	N.D.-0.04	0.03 <sup>1</sup> - 0.06 <sup>1</sup> 0.08 <sup>2</sup> - 0.11 <sup>2</sup>	N.D.- 1.38	N.D.- 1.11	0.44 <sup>1</sup> - 0.63 <sup>1</sup> 2.15 <sup>2</sup> - 14.47 <sup>2</sup>	N.D.- 8.24	N.D.- 9.32	0.73 <sup>1</sup> - 0.82 <sup>1</sup> 0.80 <sup>2</sup> - 0.92 <sup>2</sup>	N.D.- 18.83	3.47- 29.73	4.50 <sup>1</sup> - 8.83 <sup>1</sup> 9.70 <sup>2</sup> - 16.81 <sup>2</sup>

หมายเหตุ 1 ดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดิน และ 2 ดินตะกอนชายฝั่ง

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดิน น้ำทะเล และดินตะกอนในต่างประเทศ

พื้นที่ (อ้างอิง)	ปรอท			แคดเมียม			ตะกั่ว			สารหนู			โครเมียม (VI)		
	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน ( µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน ( µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน ( µg/g)	น้ำผิ ว ดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน ( µg/g)	น้ำผิ ว ดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน ( µg/g)
แม่น้ำ Hindon ใน เมืองอุตสาหกรร ม Ghaziabad ประเทศ อินเดีย Suthar, Nema. Chabukdhara and Gupta (2009)	-	-	-	2.40- 2.41	-	1.15 <sup>1</sup> - 3.47 <sup>1</sup>	30.1- 902.1	-	5.07 <sup>1</sup> - 59.1 <sup>1</sup>	-	-	-	31.2- 330.9	-	42.9 <sup>1</sup> - 250.4 <sup>1</sup>
อ่าว Bohai Zhou, Qin, Peng and Deng (2014)	-	-	0.10 <sup>2</sup> - 0.68 <sup>2</sup>	-	-	0 <sup>2</sup> -0.98 <sup>2</sup>	-	-	4.3 <sup>2</sup> - 138 <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-
แม่น้ำ Langat Kadhun, Ishak, Zulkifli and Hashim (2015)	-	-	-	-	-	0.35 <sup>1</sup> - 1.04 <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	12.08 <sup>1</sup> - 35.26 <sup>1</sup>

พื้นที่ (อ้างอิง)	ปรอท			แคดเมียม			ตะกั่ว			สารหนู			โครเมียม (VI)		
	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน (µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน (µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน (µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน (µg/g)	น้ำผิวดิน (µg/L)	น้ำทะเล (µg/L)	ดิน ตะกอน (µg/g)
แม่น้ำ Karnaphuli ใน ประเทศบังกลาเทศ Ali et al. (2016)	-	-	-	5.29- 27.45	-	21.98 <sup>1</sup> - 73.42 <sup>1</sup>	2.54 <sup>1</sup> - 18.34 <sup>1</sup>	-	37.23 <sup>1</sup> - 160.32 <sup>1</sup>	46.09- 112.43	-	0.63 <sup>1</sup> - 3.56 <sup>1</sup>	13.31- 53.87	-	11.56 <sup>1</sup> - 35.48 <sup>1</sup>
ปากแม่น้ำ Pearl Tao et al. (2016)	6.76-7.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
อ่าว chababar ประเทศอิหร่าน Molamohyeddin et al. (2017)	-	-	0.10 <sup>2</sup> - 0.14 <sup>2</sup>	-	-	0.10 <sup>2</sup> - 0.22 <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	5.00 <sup>2</sup> - 22.00 <sup>2</sup>	-	-	-

หมายเหตุ 1 ดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดิน และ 2 ดินตะกอนชายฝั่ง

## 4.7 การศึกษาแหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะหนัก

### 4.7.1 ปริมาณปรอท

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA ซึ่งมีกลุ่มทดลอง 4 กลุ่มทดลอง ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (คลองซากหามาก คลองบางกระพูน คลองน้ำชา และคลองน้ำหุ;  $n=6, 2, 1$  และ  $2$  ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณปรอทระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าปริมาณปรอทในน้ำผิวดินมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p\text{-value}>0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณปรอทในตัวอย่างน้ำผิวดิน

Descriptives								
Hg								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	42	.5798	.57030	.08800	.4020	.7575	.00	2.75
2	12	.4417	.43547	.12571	.1650	.7184	.00	1.01
3	6	.4233	.53810	.21968	-.1414	.9880	.00	1.33
4	12	.6333	.43688	.12612	.3558	.9109	.00	1.04
Total	72	.5526	.52171	.06148	.4300	.6752	.00	2.75

ANOVA					
Hg					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.357	3	.119	.427	.734
Within Groups	18.968	68	.279		
Total	19.325	71			

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA ซึ่งมีกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มทดลอง ในตัวอย่างน้ำทะเล (คลองซากหามาก คลองบางกระพูน และคลองน้ำหุ;  $n=2, 2,$  และ  $1$  ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณปรอทระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าปริมาณปรอทในน้ำผิวดินมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p\text{-value}>0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณปรอทในตัวอย่างน้ำทะเล

**Descriptives**

Hg

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	12	.6750	.45252	.13063	.3875	.9625	.00	1.30
2.00	12	.4475	.46601	.13453	.1514	.7436	.00	1.18
3.00	6	.8950	.28367	.11581	.5973	1.1927	.50	1.35
Total	30	.6280	.45063	.08227	.4597	.7963	.00	1.35

**ANOVA**

Hg

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.845	2	.423	2.262	.123
Within Groups	5.044	27	.187		
Total	5.889	29			

#### 4.7.2 ปริมาณแคดเมียม

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA ซึ่งมีกลุ่มทดลอง 4 กลุ่มทดลอง ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (คลองชากหมาก คลองบางกระพูน คลองน้ำชา และคลองน้ำหูก; n= 6, 2, 1 และ 2 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า ปริมาณแคดเมียมในน้ำผิวดินมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p\text{-value} > 0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำผิวดิน

**Descriptives**

Cd

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	42	.0169	.01585	.00245	.0120	.0218	.00	.07
2.00	12	.0192	.02109	.00609	.0058	.0326	.00	.05
3.00	6	.0100	.01095	.00447	-.0015	.0215	.00	.02
4.00	12	.0083	.00718	.00207	.0038	.0129	.00	.02
Total	72	.0153	.01565	.00184	.0116	.0190	.00	.07

**ANOVA**

Cd

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	3	.000	1.439	.239
Within Groups	.016	68	.000		
Total	.017	71			

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA ซึ่งมีกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มทดลอง ในตัวอย่างน้ำทะเล (ทดลองซากหมาก ทดลองบางกระพูน และทดลองน้ำหู่;  $n=2, 2$  และ  $1$  ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าปริมาณแคดเมียมในน้ำฝิวดินมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p\text{-value}>0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างน้ำทะเล

**Descriptives**

Cd

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	12	.0108	.01165	.00336	.0034	.0182	.00	.03
2.00	12	.0233	.01557	.00449	.0134	.0332	.00	.04
3.00	6	.0217	.01722	.00703	.0036	.0397	.00	.05
Total	30	.0180	.01518	.00277	.0123	.0237	.00	.05

**ANOVA**

Cd

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	2	.001	2.485	.102
Within Groups	.006	27	.000		
Total	.007	29			

#### 4.7.3 ปริมาณตะกั่ว

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA ซึ่งมีกลุ่มทดลอง 4 กลุ่มทดลอง ในตัวอย่างน้ำฝิวดิน (ทดลองซากหมาก ทดลองบางกระพูน ทดลองน้ำชา และทดลองน้ำหู่;  $n=6, 2, 1$  และ  $2$  ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าปริมาณตะกั่วในน้ำฝิวดินมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p\text{-value}>0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.22



ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณตะกั่วในตัวอย่างน้ำผิวดิน

**Descriptives**

Pb

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	42	.6471	.36985	.05707	.5319	.7624	.00	1.38
2.00	12	.6758	.31578	.09116	.4752	.8765	.11	1.12
3.00	6	.4017	.38343	.15653	-.0007	.8040	.00	.83
4.00	12	.5842	.31575	.09115	.3835	.7848	.12	1.05
Total	72	.6210	.35418	.04174	.5377	.7042	.00	1.38

**ANOVA**

Pb

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.370	3	.123	.982	.407
Within Groups	8.537	68	.126		
Total	8.907	71			

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA ซึ่งมีกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มทดลอง ในตัวอย่างน้ำทะเล (ทดลองซากหมากร คลองบางกระพูน และคลองน้ำหุ; n= 2, 2 และ 1 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดินมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p\text{-value}>0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณตะกั่วในตัวอย่างน้ำทะเล

**Descriptives**

Pb

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	12	.5533	.31291	.09033	.3545	.7521	.00	1.11
2.00	12	.5058	.35981	.10387	.2772	.7344	.00	.99
3.00	6	.5667	.29214	.11927	.2601	.8733	.10	.88
Total	30	.5370	.31884	.05821	.4179	.6561	.00	1.11

**ANOVA**

Pb

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.020	2	.010	.093	.912
Within Groups	2.928	27	.108		
Total	2.948	29			

#### 4.7.4 ปริมาณสารหนู

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA ซึ่งมีกลุ่มทดลอง 4 กลุ่มทดลอง ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (คลองซาทหมาก คลองบางกระพูน คลองน้ำชา และคลองน้ำหู;  $n=6,2,1$  และ 2 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าปริมาณสารหนูในน้ำผิวดินมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p\text{-value}>0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณสารหนูในตัวอย่างน้ำผิวดิน

Descriptives								
As								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	42	1.7802	1.46664	.22631	1.3232	2.2373	.00	8.24
2.00	12	1.4483	1.65554	.47791	.3965	2.5002	.00	6.03
3.00	6	1.2967	1.52711	.62344	-.3059	2.8993	.00	3.95
4.00	12	1.2808	1.08211	.31238	.5933	1.9684	.00	3.22
Total	72	1.6014	1.43545	.16917	1.2641	1.9387	.00	8.24

ANOVA					
As					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.415	3	1.138	.542	.655
Within Groups	142.882	68	2.101		
Total	146.297	71			

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA ซึ่งมีกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มทดลอง ในตัวอย่างน้ำทะเล (คลองซาทหมาก คลองบางกระพูน และคลองน้ำหู;  $n=2, 2$  และ 1 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารหนูระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าปริมาณสารหนูในน้ำผิวดินมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p\text{-value}>0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณสารหนูในตัวอย่างน้ำทะเล

**Descriptives**

As

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	12	.5533	.31291	.09033	.3545	.7521	.00	1.11
2.00	12	.5058	.35981	.10387	.2772	.7344	.00	.99
3.00	6	.5667	.29214	.11927	.2601	.8733	.10	.88
Total	30	.5370	.31884	.05821	.4179	.6561	.00	1.11

**ANOVA**

As

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.020	2	.010	.093	.912
Within Groups	2.928	27	.108		
Total	2.948	29			

#### 4.7.4 ปริมาณโครเมียม (VI)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA ซึ่งมีกลุ่มทดลอง 4 กลุ่มทดลอง ในตัวอย่างน้ำผิวดิน (คลองชากหมาก คลองบางกระพูน คลองน้ำชา และคลองน้ำหูก; n= 6, 2, 1 และ 2 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ โครเมียม (VI) ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าปริมาณ โครเมียม (VI) ในน้ำผิวดินมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p\text{-value} > 0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณโครเมียม (VI) ในตัวอย่างน้ำผิวดิน

**Descriptives**

Cr

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	42	5.9912	4.83181	.74556	4.4855	7.4969	.00	18.83
2.00	12	4.3200	1.93220	.55778	3.0923	5.5477	.00	6.88
3.00	6	3.7067	3.35559	1.36991	.1852	7.2281	.00	8.54
4.00	12	4.6092	1.18835	.34305	3.8541	5.3642	3.38	6.53
Total	72	5.2919	3.97642	.46863	4.3575	6.2264	.00	18.83

**ANOVA**

Cr

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	52.545	3	17.515	1.113	.350
Within Groups	1070.103	68	15.737		
Total	1122.648	71			

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA ซึ่งมีกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มทดลอง ในตัวอย่างน้ำทะเล (ทดลองซากหมาก ทดลองบางกระพวน และทดลองน้ำหู;  $n = 2, 2$  และ 1 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโครเมียม (VI) ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดินมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p\text{-value} > 0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณโครเมียม (VI) ในตัวอย่างน้ำทะเล

Descriptives								
Cr	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	12	13.4483	9.10395	2.62808	7.6640	19.2327	.00	26.57
2.00	12	11.1658	7.97545	2.30231	6.0985	16.2332	.00	30.00
3.00	6	5.0683	4.49662	1.83574	.3494	9.7872	.00	11.00
Total	30	10.8593	8.29470	1.51440	7.7620	13.9566	.00	30.00

ANOVA					
Cr	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	282.776	2	141.388	2.229	.127
Within Groups	1712.483	27	63.425		
Total	1995.260	29			

จากการศึกษาทางสถิติวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี One-way ANOVA พบว่าการปนเปื้อนของโลหะหนักไม่น่ามาจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เนื่องจากปริมาณของโลหะหนักทั้ง 4 กลุ่มทดลอง (ทดลองซากหมาก ทดลองบางกระพวน ทดลองน้ำชา และทดลองน้ำหู) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} > 0.05$ ) และคาดว่าปริมาณโลหะหนักโดยเฉพาะปรอทซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานน่าจะมาจากกระบวนการทางธรรมชาติ และสารปรอทสามารถเคลื่อนย้ายในบรรยากาศได้ไกล และอาจจะเป็นสาเหตุพื้นฐานที่ทำให้สามารถตรวจพบปริมาณปรอทในพื้นที่เก็บตัวอย่างหรือชนบทที่ห่างไกลจากแหล่งอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า เช่น เขตอุทยานฯ เป็นต้น (มูลนิธิบูรณะนิเวศ, 2560)

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และโครเมียม (VI) บริเวณพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ในพื้นที่คลองซากหมาก คลองบางกระพูน คลองน้ำชาและคลองน้ำหู โดยเก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน ระหว่างเดือนมิถุนายน 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม 2560 วิเคราะห์ตัวอย่างโดยการนำตัวอย่างมาสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิค GF-AAS สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ผลการศึกษาปริมาณปรอทพบว่าปริมาณปรอทในน้ำฝิวมีค่า N.D.-2.75  $\mu\text{g/L}$  โดยสถานีที่ 5 ในเดือนมีนาคม ปี 2560 มีปริมาณปรอทเท่ากับ 2.75  $\mu\text{g/L}$  ซึ่งสูงเกินค่ามาตรฐานปรอทในน้ำฝิวดิน ปรอทในคุณภาพน้ำฝิวดินไม่ควรเกิน 2  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) น้ำทะเลมีค่า N.D.-1.35  $\mu\text{g/L}$  โดยมีสถานีที่ 7, 8, 12, 13 และ 17 มีค่าเกินค่ามาตรฐานปรอทในน้ำทะเล ค่ามาตรฐานปรอทในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้มีค่าไม่เกิน 0.1  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) และดินตะกอนมีค่า 0.06-1.57  $\mu\text{g/L}$  โดยมีสถานีที่ 7 และ 17 ซึ่งเป็นตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่งมีค่าเกินค่าร่างมาตรฐานปรอทในดินตะกอน ค่าร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งซึ่งกำหนดปริมาณปรอทไว้มีค่าไม่เกิน 0.18  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

ผลการศึกษาปริมาณแคดเมียมพบว่าปริมาณแคดเมียมในน้ำฝิวดินมีค่า N.D.-0.07  $\mu\text{g/L}$  ค่ามาตรฐานแคดเมียมในคุณภาพน้ำฝิวดินไม่ควรเกิน 5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) น้ำทะเลมีค่า N.D.-0.04  $\mu\text{g/L}$  ค่ามาตรฐานแคดเมียมในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) และดินตะกอนมีค่า 0.03-0.11  $\mu\text{g/L}$  ค่าร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนซึ่งกำหนดปริมาณแคดเมียมไว้มีค่าไม่เกิน 0.99  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

ผลการศึกษาปริมาณตะกั่วพบว่าปริมาณตะกั่วในน้ำฝิวดินมีค่า N.D.-1.38  $\mu\text{g/L}$  ค่ามาตรฐานตะกั่วในคุณภาพน้ำฝิวดินไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) น้ำทะเลมีค่า N.D.-1.11  $\mu\text{g/L}$  ค่ามาตรฐานตะกั่วในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 8.5  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) และดิน

ตะกอนมีค่า 0.44-14.47  $\mu\text{g/L}$  ค่าร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนซึ่งกำหนดปริมาณตะกั่วไว้มีค่าไม่เกิน 35.8  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

ผลการศึกษาปริมาณสารหนูพบว่าปริมาณสารหนูในน้ำผิวดินมีค่า N.D.-8.24  $\mu\text{g/L}$  ค่ามาตรฐานสารหนูในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 10  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) น้ำทะเลมีค่า N.D.-9.32  $\mu\text{g/L}$  ค่ามาตรฐานสารหนูในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 10  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) และดินตะกอนมีค่า 0.73-0.92  $\mu\text{g/L}$  ค่าร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนซึ่งกำหนดปริมาณสารหนูไว้มีค่าไม่เกิน 9.79  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

ผลการศึกษาปริมาณโครเมียม (VI) พบว่าปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำผิวดินมีค่า N.D.-18.83  $\mu\text{g/L}$  ค่ามาตรฐานโครเมียม (VI) ในคุณภาพน้ำผิวดินไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) น้ำทะเลมีค่า 3.47-29.73  $\mu\text{g/L}$  ค่ามาตรฐานโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 50  $\mu\text{g/L}$  (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) และดินตะกอนมีค่า 4.50-16.81  $\mu\text{g/L}$  ค่าร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายซึ่งกำหนดปริมาณโครเมียม (VI) ไว้มีค่าไม่เกิน 43.4  $\mu\text{g/g}$  น้ำหนักแห้ง (กรมควบคุมมลพิษ, มปป.)

เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว สารหนู โครเมียม (VI) มีปริมาณที่พบไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน น้ำทะเล และไม่เกินร่างเกณฑ์มาตรฐานดินตะกอน

โดยการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมได้ เพื่อแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนที่เกิดขึ้น และควรจะต้องมีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนที่อาจเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตต่อไปมิเช่นนั้นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำในพื้นที่ศึกษานี้อาจจะได้รับอันตราย และอาจปนเปื้อนจนมีระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคของมนุษย์ได้

ตารางที่ 5.1 ปริมาณโลหะหนักที่พบบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

โลหะหนัก	น้ำผิวดิน ( $\mu\text{g/L}$ )	mean	median	น้ำทะเล ( $\mu\text{g/L}$ )	mean	median	ดินตะกอน ( $\mu\text{g/g.d w}$ )	mean	median
ปรอท	N.D.-2.75	$0.55\pm 0.05$	0.71	N.D.-1.35	$0.63\pm 0.07$	0.73	0.06-1.57	$0.38\pm 0.04$	0.10
แคดเมียม	N.D.-0.07	$0.04\pm 0.02$	0.02	N.D.-0.04	$0.02\pm 0.01$	0.02	0.03-0.11	$0.05\pm 0.03$	0.04
ตะกั่ว	N.D.-1.38	$0.30\pm 0.08$	0.71	N.D.-1.11	$0.72\pm 0.15$	0.57	0.44-14.47	$5.41\pm 0.13$	0.45
สารหนู	N.D.-8.24	$1.75\pm 0.05$	0.77	N.D.-9.32	$2.28\pm 0.05$	2.01	0.73-0.92	$0.80\pm 0.04$	0.73
โครเมียม (VI)	N.D.-18.83	$2.79\pm 0.02$	3.42	3.47-29.73	$13.73\pm 0.02$	20.43	4.50-16.81	$8.97\pm 0.44$	6.12

### ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้อาจยังไม่ครบสมบูรณ์ดีนัก ในการศึกษารายละเอียดส่วนอื่นๆที่อาจมีความสำคัญต่อการประเมินสถานการณ์ด้านมลภาวะของสารพิษได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งเป็นพื้นที่ที่พบปัญหาทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยของประชาชนในปัจจุบันจึงใคร่ขอเสนอแนะการศึกษาครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

5.1 ควรมีการศึกษาคุณภาพน้ำในบริเวณพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม อุณหภูมิ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ เป็นต้นเพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ประกอบอธิบายผลการทดลองเพิ่มเติม

5.2 ควรมีการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ในดินตะกอนที่อาจมีผลต่อปริมาณและการแพร่กระจายของโลหะหนักเพิ่มเติม เช่น อนุภาคดินตะกอน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น



## บรรณานุกรม

- กรมควบคุมพิษ. (มปป.). *ร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง แนวคิดและข้อมูลในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง*. ระเบียบ:นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.
- กรมควบคุมพิษ. (มปป.). *การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดิน*. ระเบียบ:นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.
- กรมควบคุมพิษ. (2541). *ปรอท (Mercury)*. กรุงเทพฯ: ฝ่ายข้อมูลสารอันตรายและอนุสัญญาองค์การสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ.
- กรมอุตุนิคมวิทยา. (2559). *ปริมาณน้ำฝนเดือนมกราคม-ธันวาคม เปรียบเทียบปี 2559 และปี 2558*. วันที่ค้นข้อมูล 8 สิงหาคม 2561, เข้าถึงได้จาก <http://thaitapioca.org/2017/ปริมาณน้ำฝนเดือนมกราคม-2/>
- กรุงเทพ พยาธิ – แลป จำกัด. (2555). *ข้อมูลแคดเมียม*. วันที่ค้นข้อมูล 29 มิถุนายน 2559, เข้าถึงได้จาก <http://www.bpl.co.th/pweb/index.php/academic-professional/academic-articles/13-cadmium.html>
- เกรียงศักดิ์ อุดมศิลป์โรจน์. (2546). *ของเสียอันตราย*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยรังสิต.
- จิระ จตุรานนท์. (2526). *การกระจายตามแนวโค้งของโลหะหนักบางชนิดในดินตะกอนจากอ่าวไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.
- จิรวรรณ จำปานิล. (2555). *การยกระดับกลุ่มนิคมอุตสาหกรรมสู่อุตสาหกรรมเชิงนิเวศด้วยการขนส่งสีเขียว*. วันที่ค้นข้อมูล 12 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงได้จาก <http://www.npc-se.co.th>
- ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงศ์ดาวรรณ, อาวุธ หมั่นหาผล และแววตา ทองระอา. (2552). *รายงานการวิจัย เรื่อง การประเมินความเสี่ยงของสารมลพิษทางทะเล ในพื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก*.ชลบุรี: สถาบันวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ฉันทนา ผดุงทศ. (2549). ภัยสุขภาพจากโลหะ. *วารสารคลินิก*, (263), 10-12.
- นนุช กำลั้งแพทย์. (2550). *การศึกษาแคดเมียมและสารประกอบเชิงซ้อนอินทรีย์ แคดเมียม-กรดฟอสฟอริกต่อความผิดปกติทางพันธุกรรมของผักนึ่งจีน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ผกา สุขเกษม. (2535). ผลกระทบของโลหะต่อสิ่งมีชีวิตและหลักการในการวิเคราะห์โลหะ

ปริมาณน้อย. ใน *เอกสารประกอบการฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม* (หน้า 35-36).

กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

พ.ศ. 2537 ประกาศ ณ วันที่ 20 มกราคม พ.ศ. 2537. คัดจากราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111

ตอนที่ 16 ง วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537. วันที่ค้นข้อมูล 4 กุมภาพันธ์ 2560, เข้าถึงได้จาก

[http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water05.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html)

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล พ.ศ. 2549

ประกาศ ณ วันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2549. คัดจากราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนที่ 11 ง

วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550. วันที่ค้นข้อมูล 4 กุมภาพันธ์ 2560, เข้าถึงได้จาก

[http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water02.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water02.html)

พรพรรณ คิลรัตน์, สุชาติ วรชนะนันท์, ภาสิณี วรชนะนันท์ และนิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ. (2557)

การแพร่กระจายของโลหะหนักในดินตะกอน บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

จังหวัดระยอง และบริเวณใกล้เคียง. ใน *การประชุมทางวิชาการของ*

*มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52* (หน้า 367-384). กรุงเทพฯ:

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรา เพ็ชรพิรุณ. (2531). การแพร่กระจายของโลหะตะกั่ว สังกะสี และทองแดงในสิ่งแวดล้อม

บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง จันทบุรี และตราด. ใน *เอกสารวิชาการฉบับที่ 2 ศูนย์*

*พัฒนาประมงทะเลฝั่งตะวันออก กองประมงทะเล* (79-85). กรุงเทพฯ: กรมประมง.

เพ็ญโฉม แซ่ตั้ง. (2558). *สารปรอท แหล่งกำเนิด และสถานการณ์ปัญหา*. วันที่ค้นข้อมูล 29

มิถุนายน 2559, เข้าถึงได้จาก <http://ThaiEcoAlert.org> 72

แม่น อมรสิทธิ์, อมร เพชรสม, ยุวดี เชี่ยววัฒนา, อติศยา ศิริภิญโญนันท์, ศรีวิไล โอมอภิัญญาณ และ

อุมาพร สุขม่วง. (2552). *หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ*. กรุงเทพฯ:

ชวนพิมพ์ 50.

มูลนิธิบูรณะนิเวศ. (2560). *การปนเปื้อนสารปรอทในปลาและร่างกายของมนุษย์ในพื้นที่พัฒนา*

*อุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2559-2560*. เอกสารงานแถลงข่าวและ

นำเสนอผลการศึกษา เรื่อง “สารปรอทในปลาและร่างกายมนุษย์ ในพื้นที่พัฒนา

อุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2559-2560. ระยอง: นิคมอุตสาหกรรม

มาบตาพุด.

ระวิ สงวนทรัพย์. (2546). *พจนานุกรมศัพท์วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

- รินระวี พูลเกษม. (2556). ปริมาณสารหนูรวมในน้ำและดินตะกอน จากลำคลองและชายฝั่งทะเล โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วรินดา แก้วมณีวงษ์, พัชรนันท์ นาดพิณิจ และอภิญา นวคุณ. (2013). การหาปริมาณ โครเมียม (VI) ในตัวอย่างน้ำเทคนิคการสกัดแบบคูโอะออนและตรวจวัดด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี. ใน *The 5<sup>th</sup> NPRU National Conference 2013* ( หน้า 283-288). Nakhon Pathom: Rajabhat University Nakhon Pathom .
- วรวิทย์ ชีวาพร, พวงกมล นวลสุทธิ, สายทิพย์ สวัสดิคุณ และเปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. (2542). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การแพร่กระจายและสะสมของสารปรอท ในสิ่งแวดล้อมทางทะเลบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- วิรัช เรื่องศรีตระกูล. (2549). อดอมมิกแอบซอบชัน และอดอมมิกอิมิตชันสเปกโตรเมทรี. ขอนแก่น: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิโรจน์ บุญอำนาจวิทยา และ นิติชัย ขำมาลัย. (2555). สารหนูกับสิ่งแวดล้อม. วันที่ค้นข้อมูล 12 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงได้จาก <http://digital.lib.kmutt.ac.th/magazine/issue2/articles/Art 2.html>
- แววตา ทองระอา, ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงสุดาวรรณ และอาวูร หมั่นหาผล. (2549). การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงเหนือ. ชลบุรี: สถาบันวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- แววตา ทองระอา, ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงสุดาวรรณ และอาวูร หมั่นหาผล. (2552). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคอาหารทะเลบริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง.ชลบุรี: สถาบันวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- แววตา ทองระอา, ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงสุดาวรรณ และอาวูร หมั่นหาผล. (2560). การสะสมและเคลื่อนย้ายโลหะหนักในป่าชายเลนชุมชนบ้านแหลมฉับัง จังหวัดชลบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 22 (3), 312-327.
- ศิริวรรณ ลาภทัพบิมทอง. (2544). การสะสมของโลหะหนักบางชนิดในหอยเศรษฐกิจ บริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยและทะเลอันดามัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สนิท อักษรแก้ว. (2542). การฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนเพื่อสังคมและเศรษฐกิจอย่าง

ยั่งยืนของประเทศไทย. กรุงเทพฯ:อักษรสยามการพิมพ์.

สาโรจน์ เริ่มคำริห์, สาวิตรี แก่เรียส และเกริก วงศ์สอนธรรม. (2552). การปนเปื้อนของโลหะหนัก  
ในน้ำ และตะกอนดินบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน. ใน การประชุมทางวิชาการ  
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 (หน้า 221-228). กรุงเทพฯ:

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการองค์การอิสระด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ. (2559). รายงานการวิเคราะห์  
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับโครงการหรือกิจการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชน  
อย่างรุนแรง ทั้งทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติและสุขภาพ  
โครงการ โรงไฟฟ้าบีแอลซีพี หน่วยผลิตที่ 3. ระบุของ:สำนักงานคณะกรรมการองค์การ  
อิสระด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี). (2558). รายงานผลการศึกษาคูณภาพน้ำคลองสาธารณ เขต  
พื้นที่จังหวัดระยอง ปี 2558. ชลบุรี: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) กระทรวง  
ทรัพยากรและธรรมชาติ.

สุวรรณภา ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่ (2543). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การสะสม  
โลหะหนักบางชนิดในดินตะกอนจากแม่น้ำบางปะกง.ชลบุรี:ภาควิชาวาริชศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุวรรณภา ภาณุตระกูล. (2555). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การกระจายและการสะสมตัวของ  
โลหะหนัก แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ในดินตะกอนจาก  
แหล่งน้ำในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง.ชลบุรี:ภาควิชา  
วาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุนทรี ขุนทอง. (2558). เทคนิคเชิงเครื่องมือสำหรับสิ่งแวดล้อม.กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและ  
ฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิชาติ โพธิ์สุ. (2536). ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสีในน้ำและดินตะกอนจาก  
คุณภาพน้ำชั้นต่างๆ บริเวณลุ่มน้ำเลย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขา  
วิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนุวัฒน์ อินดีสุข. (2549). การปนเปื้อนของปรอทในน้ำทะเล ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต บริเวณ  
ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขา  
วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

โรงงานอุตสาหกรรมไทย (Thailand Industrial) . (2554). รวบรวมรายชื่อและข้อมูล โรงงาน

อุตสาหกรรมในประเทศไทย . วันที่ค้นข้อมูล 5 กรกฎาคม 2561, เข้าถึงได้จาก




[http://thailandindustry.blogspot.com/2012/09/asia-industrial-estate\\_3.html](http://thailandindustry.blogspot.com/2012/09/asia-industrial-estate_3.html)

- Ali, M. M., Ali, M. L., Islam, M. S., & Rahman, M. Z. (2016). Preliminary assessment of heavy metal in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 5, 27-35.
- Bhattacharya, A.K., Mandal, S.N., & Das, S.K. (2008). Heavy metals accumulation in water, sediment and tissues of different edible fishes in upper stretch of Gangetic West Bengal. *Trends in Applied Sciences Research*, 3, 61-68.
- Bisen, M., & Frimmel, F.H. (2003). Arsenic-a review. Path II: Oxidation of Arsenic and its removal in water treatment. *Acta hydrochimicaet hydrobiologica*, 31 (2), 97-107.
- Cavoura, O., Brombach, C. C., Cortis, R., Davidson, C. M., Gajdosechova, Z., Keenan, H. E., & Krupp, E. M. (2017). Mercury alkylation in freshwater sediments from Scottish canals. *Chemospher*, 183, 27-35.
- Gao, B., Han, L., Hao, H., & Zhou, H. (2016). Pollution characteristics of mercury (Hg) in surface sediments of major basins, China. *Ecological Indicators*, 67, 577-585.
- Kadhun, S. A., Ishak, M. Y., Zulkifli, S. Z., & Hashim, R. B. (2015). Evaluation of the status and distributions of heavy metal pollution in surface sediments of the Langut River Basin in Selangor Malaysia. *Marine Pollution Bulletin*, 101, 391-396.
- Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Al-Mamun, M. H., & Islam, M. K. (2015). Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. *Ecological Indicators*, 48, 282-291.
- Molamohyeddin, N., Ghafourian, H., & Sadatipour, S. M. (2017). Contamination assessment of mercury, lead, cadmium and arsenic in surface sediments of Chabahar Bay. *Marine Pollution Bulletin*, 124, 521-525.
- Rosa, F. C., Durate, F.A., Paniz, J. N. G., Heidrich, G.M., Nunes, M. A. G., Flores, E. M. M., & Dressler, V. L. (2015). Dispersive liquid- liquid microextraction: An efficient approach for the extraction of Cd and Pb from honey and determination by flame atomic absorption spectrometry. *Microchemical Journal*, 123, 211-217.
- Sharma, V.K., & Sohn, M. (2009). Aquatic arsenic: Toxicity, speciation, transformations, and remediation. *Environment International*, 35, 743-759.

- Sohrabi, M. R., Farokhi, E., Adnani, A. , & Ziaian, M. (2007). Determination of trace mercury By cloud point extraction preconcentration coupled with spectrophotometry. *Journal of Applied Sciences*, 7, 3123-3126.
- Srinevas, R., Shynu, R., Sreeraj, M. K., & Ramachandran, K. K. (2017). Trace metal pollution Assessment in the surface sediments of nearshore area, off Calicut, southwest coast of India. *Marine Pollution Bulletin*, 120, 370-375.
- Suthar, S., Nema, A. K., Chabukdhara, M., & Gupta, S. K. (2009). Assessment of metals in water and sediment of Hindon River, India: Impact of industrial and urban discharges. *Journal of Hazardous Materials*, 171, 1088-1095.
- Tao, H. C., Zhao, K. Y., Ding, W. Y., Li, J. B., Ling, P., Wu, S. C., & Wong, M. H. (2016). The level of mercury contamination in mariculture sites at the estuary of Pearl River and the potential health risk. *Environmental Pollution*, 219, 829-836.
- Tiwari, M. K., Bajpai, S., Dewangan, U. K., & Tamrakar, R. K. (2015). Assessment of heavy metal concentrations in surface water sources in an industrial region of central India. *Karbala International Journal of Modern Science*, 1, 9-14.
- Zhang, L., Shi, Z., Jiang, Z., Zhang, J., Wang, F. , & Huang, X. (2015). Distribution and Bioaccumulation of heavy metals in marine organisms in east and west Guangdong coastal regions, South China. *Marine Pollution Bulletin*, 101, 930-937.
- Zhou,R., Qin, X., Peng, S., & Deng, S. (2014). Total petroleum hydrocarbons and heavy metals in the surface sediments of Bohai Bay, China: Long-term variations in pollution status and adverse biological risk. *Marine Pollution Bulletin*, 83, 290-297.




ภาคผนวก

ตารางภาคผนวก ก-1 สถานีเก็บตัวอย่าง และรายละเอียดของสถานีเก็บตัวอย่าง



สถานี	ชื่อคลอง	พื้นที่ใกล้เคียง	สภาพทั่วไป	ภาพสถานีเก็บตัวอย่าง
1	คลองซากหมาก	บ้านเรือนและ ร้านอาหาร	พื้นที่คลองเป็น ดินทรายปน โคลน	
2	คลองซากหมาก	บริษัทสแควฟ แท็คซอิน โนว ชั่น เซอร์วิส จำกัด	พื้นที่คลองเป็น ดินทราย สอง ข้างทางมี ต้นไม้ขึ้น ค่อนข้างเยอะ	
3	คลองซากหมาก	โรงพยาบาล มาบตาพุด และ มีบ้านเรือน กระจายอยู่ ทั้ง สองริมคลองได้ จากจุดที่มี โรงงาน อุตสาหกรรม กระจายอยู่ริม คลอง	มีลักษณะเป็น คลองอยู่ บริเวณเหนือ โรงพยาบาล มาบตาพุด พื้นที่ คลองเป็น กรวดและ ทรายเป็นส่วน ใหญ่	






## ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

สถานี	ชื่อคลอง	พื้นที่ใกล้เคียง	สภาพทั่วไป	ภาพสถานีเก็บตัวอย่าง
4	คลองซากหมาก	ทางเข้านิคม อุตสาหกรรม มาบตาพุด และ สวนภูมิรักษ์	พื้นคลองเป็น ดินทรายปน โคลน	
5	คลองซากหมาก	โครงการ ปรับปรุง คุณภาพน้ำนิคม อุตสาหกรรม มาบตาพุด และ โรงกลั่นน้ำมัน	พื้นคลองลาด ซีเมนต์ ได้รับ น้ำทิ้งจาก โรงงานภายใน อุตสาหกรรม มาบตาพุด	
6	คลองซากหมาก	สถานีตรวจวัด คุณภาพน้ำ ปลายคลองซาก หมาก และโรง กลั่นน้ำมัน	พื้นคลองลาด ซีเมนต์ ได้รับ น้ำทิ้งจาก โรงงานภายใน อุตสาหกรรม มาบตาพุด	




## ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

สถานี	ชื่อคลอง	พื้นที่ใกล้เคียง	สภาพทั่วไป	ภาพสถานีเก็บตัวอย่าง
7	คลองซากหมาก	ชุมชนประมง และคลังน้ำมัน มีท่อระบายน้ำ ด้านแนวเขื่อน หิน	ปากคลองซาก หมาก ชายฝั่ง เป็นหาดทราย มีเรือประมง พื้นบ้าน ลักษณะน้ำ ทะเลบริเวณนี้ ค่อนข้างนิ่ง ตลอดทั้งปี เนื่องจาก โรงไฟฟ้าบี แอลซีพีสร้าง ยื่นลงไปใน ทะเล น้ำ ค่อนข้างขุ่น และมีสีคล้ำ	
8	คลองซากหมาก	ท่าเทียบเรือ มาบตาพุด และ โรงไฟฟ้าบี แอลซีพี	หาดตากวน มี ทุ่นเลี้ยงหอย จำนวนมาก	




## ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

สถานี	ชื่อคลอง	พื้นที่ใกล้เคียง	สภาพทั่วไป	ภาพสถานีเก็บตัวอย่าง
9	คลองซากหมาก	นิคมผาแดง	พื้นคลองลาด ซีเมนต์ ได้รับ น้ำทิ้งจาก โรงงานภายใน อุตสาหกรรม มาบตาพุด	
10	คลองบางกระ พูน	บ้านเรือน ชุมชนมาบ ชลุค- ซากกลาง	ได้รับน้ำทิ้ง จากบ้านเรือน	
11	คลองบางกระ พูน	บ้านเรือน ชุมชนมาบ ชลุค- ซากกลาง และ ชุมชนหนอง แปบบางส่วน	ตลอดแนว คลองลาดด้วย ซีเมนต์ ได้รับ น้ำทิ้งจาก ชุมชน	

## ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

สถานี	ชื่อคลอง	พื้นที่ใกล้เคียง	สภาพทั่วไป	ภาพสถานีเก็บตัวอย่าง
12	คลองบางกระพูน	บ้านเรือน ชาวประมง	ปากคลองบาง กระพูน ชายฝั่งมี ลักษณะเป็น หาดทรายสลับ โขดหิน มีการ กัดเซาะของ กระแสน้ำ ชายหาดมี ต้นไม้ขึ้นรก	
13	คลองบางกระพูน	หาดทรายทอง มีโรงงาน อุตสาหกรรม อยู่ใกล้เคียง	ทะเล มี เรือประมง พื้นบ้าน	
14	คลองน้ำชา	บ้านเรือน ชุมชนหนอง แดงเม	มีต้นหญ้าขึ้น สองฝั่งคลอง ได้รับน้ำทิ้ง จากชุมชน	

## ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

สถานี	ชื่อคลอง	พื้นที่ใกล้เคียง	สภาพทั่วไป	ภาพสถานีเก็บตัวอย่าง
15	คลองน้ำหู	วัดตากวน และมีชุมชนกรอกยายชา ตากวน-อ่าวประคู้	สะพานหลังวัดตากวน ริมคลองมีบ้านเรือนกระจายอยู่ทั่วไป ได้รับน้ำทิ้งจากชุมชนกรอกยายชา ตากวน-อ่าวประคู้	
16	คลองน้ำหู	ชุมชนคลองน้ำหู ชุมชนเกาะกก ชุมชนหนองแดงเม	คลองชลประทานพื้นที่คลองส่วนใหญ่ไหลผ่านบริเวณชุมชนต่างๆ เป็นจุดรับน้ำทิ้งจากหมู่บ้าน	
17	คลองน้ำหู	บ้านเรือนอาศัยอยู่ทั้งสองฝั่งคลอง	ปากคลองหาดตากวนบริเวณปากคลองมีแนวเขื่อนหินมีการทำประมงและโรงกลั่นน้ำมัน	

ตารางภาคผนวก ก-2 ลักษณะดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

สถานีเก็บตัวอย่าง	วันที่เก็บตัวอย่าง	ลักษณะดินตะกอน
3	7/9/59	ดินสีน้ำตาลปนทราย
	2/11/59	ดินสีน้ำตาล
	25/1/60	ดินโคลนสีน้ำตาลมีเศษรากไม้ปน
	22/3/60	ดินโคลนสีเทา
	24/5/60	ดินสีดำปนดินทรายมีรากไม้ปน
4	7/9/59	ดินโคลนสีดำมีเศษใบไม้ปน
	2/11/59	ดินสีน้ำตาล
	25/1/60	ดินโคลนสีดำปนสีน้ำตาล
	22/3/60	ดินโคลนเหลวสีน้ำตาล
	24/5/60	ดินโคลนเหลวสีน้ำตาล
7	24/6/59	ดินโคลนสีดำมีเปลือกหอยปนเล็กน้อย มีกลิ่นเหม็น
	2/11/59	ดินโคลนสีดำ มีกลิ่นเหม็น
	22/3/60	ดินโคลนสีดำ มีกลิ่นเหม็น

ตารางภาคผนวก ก-3 ค่าขีดจำกัดการตรวจวัด และขีดจำกัดการหาปริมาณของการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง GF-AAS

โลหะหนัก	ค่าขีดจำกัดการตรวจวัด	ค่าขีดจำกัดการหาปริมาณ
ปรอท	0.0731 µg/L	0.2438 µg/L
แคดเมียม	0.0004 µg/L	0.0016 µg/L
ตะกั่ว	0.0424 µg/L	0.1413 µg/L
สารหนู	0.0532 µg/L	0.1773 µg/L
โครเมียม (VI)	0.0017 µg/L	0.0058 µg/L

ตารางภาคผนวก ก-4 ค่ามาตรฐานโลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดิน น้ำทะเล และร่างมาตรฐานคุณภาพดิน  
ตะกอนชายฝั่ง และดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดิน

ค่ามาตรฐานโลหะหนักและ ร่างมาตรฐานดินตะกอน	Hg	Cd	Cr	Pb	As
น้ำผิวดิน ( $\mu\text{g/L}$ )	2	5	50	50	10
น้ำทะเล ( $\mu\text{g/L}$ )	0.1	5	50	8.5	10
ดินตะกอนชายฝั่ง และดิน ตะกอนแหล่งน้ำผิวดิน <sup>1</sup> ( $\mu\text{g/g}$ นน.แห้ง)	0.18	0.99	43.4	35.8	9.79

หมายเหตุ 1 ร่างมาตรฐานคุณภาพตะกอนดินในแหล่งน้ำผิวดิน เพื่อป้องกันผลกระทบอันไม่พึง  
ประสงค์ของสารอันตรายที่จะมีต่อสัตว์หน้าดิน