

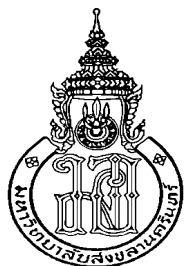


การปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน บริเวณคลองอุตะเถา
Contamination of Arsenic and Lead in Sediment of U-Taphao Canal

นันทวรรณ อุ่นจางวาง
NANTAWAN AUNJANGWANG

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
of Master of Science in Marine and Coastal Resources Management
Prince of Songkla University
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



การปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน บริเวณคลองอุต๊ะเถา
Contamination of Arsenic and Lead in Sediment of U-Taphao Canal

นันทวรรณ อุ่นจางวาง
NANTAWAN AUNJANGWANG

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษิตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
of Master of Science in Marine and Coastal Resources Management

Prince of Songkla University

2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน บริเวณคลองอยู่ตะเภา

ผู้เขียน นางสาวนันท์วรรณ อุ่นจางวาง

สาขาวิชา การจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ประดิษฐ์)

(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัฒนยากร)

.....กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประวิทย์ โท้วฒนะ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เขียววารีสัจจะ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ประดิษฐ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เขียววารีสัจจะ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำหรับ
การศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและ
ชายฝั่ง

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วน
เกี่ยวข้องทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ประดิษฐ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นางสาวนันทวรรณ อุ่นจางวาง)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวนันทวรรณ อุ่นจางวาง)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	การปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน บริเวณคลองอุตะเภา
ผู้เขียน	นางสาวนันทวรรณ อุ้นจางวาง
สาขาวิชา	การจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

การศึกษาการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน บริเวณคลองอุตะเภา จังหวัดสงขลา คลองมีความยาวประมาณ 130 กิโลเมตร ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนในฤดูแล้ง เดือนพฤษภาคม ฤดูฝน (ตกล้น) เดือนกรกฎาคม และฤดูฝน (ตกล้น) เดือนพฤศจิกายน ในปี พ.ศ. 2556 จำนวนทั้งหมด 10 สถานี โดยแบ่งออกเป็นเขตต้นน้ำ 3 สถานี (u01-u03) เขตกลางน้ำ 3 สถานี (u04-u06) และเขตปลายน้ำ 4 สถานี (u07-u10)

การปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนของฤดูแล้ง ฤดูฝน (ตกล้น) และฤดูฝน (ตกล้น) อยู่ในช่วง 3.87-17.96, 3.00-15.11 และ 5.80-16.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ตะกั่วมีการปนเปื้อนในฤดูแล้ง ฤดูฝน (ตกล้น) และฤดูฝน (ตกล้น) อยู่ในช่วง 3.44-14.06, 3.85-20.49 และ 7.33-20.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าในแต่ละฤดูค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน บริเวณคลองอุตะเภาไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) การเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานดินตะกอน พบว่าดินตะกอนคลองอุตะเภามีการปนเปื้อนของสารหนูสูงกว่าค่ามาตรฐานของสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ ส่วนตะกั่วพบว่ามีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน

Thesis Title	Contamination of Arsenic and Lead in Sediment of U-Taphao Canal
Author	Miss Nantawan Aunjangwang
Major Program	Marine and Coastal Resources Management
Academic Year	2013

ABSTRACT

The study of contamination of Arsenic (As) and Lead (Pb) in sediment from U-Taphao canal was investigated. The 130 kilometers canal was divided into upstream (3 stations: u01-u03), midstream (3 stations: u04-u06), and downstream (3 stations: u07-u10). The samples were collected in May, July and November 2013 which represented the dry, rainy (less) and rainy (heavy) seasons respectively.

The study found that arsenic contamination of dry season, rainy season (less) and rainy seasons (heavy) were 3.87-17.96, 3.00-15.11 and 5.80-16.25 mg/kg dry weight respectively, and lead contamination ranges were 3.44-14.06, 3.85-20.49 and 7.33-20.26 mg/kg dry weight respectively. The result of the analysis indicated no significant difference ($p>0.05$) in both arsenic and lead seasonal contamination. To assess the contamination in sediment the Sediment Quality Guidelines (SQGs) were evaluated. The arsenic contaminations in many stations were above the standard of Thailand Waste and Hazardous Substance Management Bureau. However, no lead contamination exceeds the standard of Thailand Waste and Hazardous Substance Management Bureau.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือกลางคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ศิริพร ประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ.ดร.สมหมาย เขียววาริสัจจะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ช่วยให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ รศ.ดร.กัลยา วัฒนยากร และ รศ.ดร.ประวิทย์ ไตว์ฒนะ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณะอาจารย์และนักศึกษา สถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ช่วยให้คำแนะนำและช่วยในการเก็บตัวอย่างดินตะกอนในการทำวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นันทวรรณ อุ๋นจางวาง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญรูป	(12)
บทที่ 1 บทนำ 1	
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 โลหะหนัก	2
1.2.1 รูปแบบทางเคมีของโลหะหนัก (Metal Speciation) ในดินตะกอน	2
1.2.2 การสะสมของโลหะหนักในแหล่งน้ำ	3
1.2.3 การสะสมของโลหะหนักในตะกอนดิน	4
1.2.4 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และ Redox Potential (Eh)	4
1.3 โลหะหนักที่ทำการศึกษาในครั้งนี้	6
1.3.1 สารหนู (Arsenic)	6
1.3.2 ตะกั่ว (Lead)	8
1.4 พื้นที่ศึกษา	10
1.4.1 ข้อมูลทั่วไปของคลองอู่ตะเภา	10
1.4.2 ลักษณะภูมิประเทศและธรณีวิทยา	13
1.4.3 ลักษณะภูมิอากาศ	14
1.4.4 ประชากร	16
1.4.5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน 1	6
1.5 การศึกษาการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน	20
1.6 การปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนและค่ามาตรฐานดินตะกอน	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
1.7 วัตถุประสงค์ 2	5
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	25
บทที่ 2 วิธีการวิจัย 2	6
2.1 วัตถุประสงค์-อุปกรณ์	26
2.2 พื้นที่ศึกษา	27
2.3 การเก็บตัวอย่างภาคสนาม	29
2.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ	29
2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	30
2.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่วร่วมกับวิธีทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	30
บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	31
3.1 ลักษณะของคลองอุ้มเตา	31
3.2 ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของดินตะกอนคลองอุ้มเตา	35
3.3 การปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนเชิงพื้นที่	37
3.3.1 สารหนู 3	7
3.3.2 ตะกั่ว 4	3
3.4 การปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนเชิงฤดูกาล	48
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารหนูและตะกั่ว กับค่าความเป็นกรดต่าง และ ค่า Redox Potential (Eh)	48
3.6 เปรียบเทียบระดับของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนบริเวณคลองอุ้มเตา กับพื้นที่อื่นๆ และการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน	50
บทที่ 4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	53
4.1 สรุปผล	53
4.2 ข้อเสนอแนะ	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก	62
ก เครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)	63
ข จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอน	66
ค ปัจจัยทางกายภาพ ปัจจัยทางเคมี และค่าการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่ว	70
ง การวิเคราะห์ทางสถิติ	73
จ โรงงานอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา	75
ฉ เคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการเกษตร	82
ประวัติผู้เขียน	90

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1-1 ปริมาณน้ำฝนรายเดือน พ.ศ. 2542-2556	1	5
1-2 ภาพรวมของประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุตะเถาและพื้นที่ใกล้เคียงที่ต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2554	1	6
1-3 ค่ามาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของประเทศต่างๆ	2	4
2-1 จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา	2	7
3-1 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของดินตะกอนคลองอุตะเถา ในฤดูแล้ง		35
3-2 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของดินตะกอนคลองอุตะเถา ในฤดูฝน (ตกล้น)		36
3-3 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของดินตะกอนคลองอุตะเถา ในฤดูฝน (ตกล้นมาก)		36
3-4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนระหว่างฤดูด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test		48
3-5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสารหนูและตะกั่ว กับปัจจัยทางเคมีในดินตะกอนแต่ละฤดู		49

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1-1 Eh-pH diagram ของสารหนูที่อุณหภูมิตั้ง 25 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ	5
1-2 การแพร่กระจายของสารหนูสู่ดินตะกอนพื้นท้องน้ำ	8
1-3 แผนที่ลุ่มน้ำ คลองอุตะเภา	12
1-4 แผนที่ธรณีวิทยาของลุ่มน้ำคลองอุตะเภา	14
1-5 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำคลองอุตะเภา	18
1-6 แหล่งกำเนิดมลพิษประเภทโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุตะเภา	19
2-1 สถานีเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณคลองอุตะเภา จังหวัดสงขลา	28
3-1 แผนที่คลองอุตะเภาในเขตต้นน้ำ (จุดเก็บตัวอย่าง u01, u02 และ u03) และ การใช้ประโยชน์ที่ดิน	32
3-2 แผนที่คลองอุตะเภาในเขตกลางน้ำ (จุดเก็บตัวอย่าง u04, u05 และ u06) และ การใช้ประโยชน์ที่ดิน	33
3-3 แผนที่คลองอุตะเภาในเขตปลายน้ำ (จุดเก็บตัวอย่าง u07, u08, u09 และ u10) และ การใช้ประโยชน์ที่ดิน	34
3-4 ปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอน คลองอุตะเภาตามสถานีและฤดูกาล	39
3-5 ปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนของฤดูแล้ง ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่การเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำคลองอุตะเภา	40
3-6 ปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนของ ฤดูฝน (ตกล้น) ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่การเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำคลองอุตะเภา	41
3-7 ปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนของ ฤดูฝน (ตกมาก) ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่การเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำคลองอุตะเภา	42
3-8 ปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอน คลองอุตะเภาตามสถานีและฤดูกาล	44

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-9 ปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนของฤดูแล้ง ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่การเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีสัณฐานของกลุ่มน้ำคลองอุ้ตะเภา	45
3-10 ปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนของฤดูฝน (ตกล้อย) ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่การเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีสัณฐานของกลุ่มน้ำคลองอุ้ตะเภา	46
3-11 ปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนของฤดูฝน (ตกมาก) ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่การเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีสัณฐานของกลุ่มน้ำคลองอุ้ตะเภา	47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำตั้งเรื่อง

คลองอุตะเถา เป็นคลองสายหลักที่อยู่ในลุ่มน้ำคลองอุตะเถาซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยคลองอุตะเถามีต้นกำเนิดมาจากชายแดนประเทศไทย-มาเลเซีย ไปสิ้นสุดที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง (คลองอุตะเถา, 2549) บริเวณเส้นทางการไหลของคลองอุตะเถา มีการใช้ประโยชน์จากน้ำในคลองอุตะเถา ทั้งเพื่อการคมนาคม การผลิตน้ำประปา อุตสาหกรรม และการทำเกษตรกรรมตลอดจนเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม (พีระทิพย์ พิษมงคล, 2543) ในการทำเกษตรกรรม เคมีภัณฑ์ทางการเกษตรบางชนิดมีส่วนผสมของสารหนู (Arsenic) และตะกั่ว (Lead) การทำเหมืองแร่ ชุมแร่ขึ้นมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ และการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีที่เพิ่มมากขึ้น มีการขยายอาณาเขตไปยังชุมชนต่างๆ รวมไปถึงบริเวณคลองอุตะเถา ซึ่งในการทำอุตสาหกรรมหลายประเภทมีการนำเอาโลหะหนักมาใช้ในขั้นตอนการผลิต รวมไปถึงสารหนูและตะกั่ว โดยสารหนูและตะกั่ว เมื่อถูกใช้งานแล้วหากไม่มีมาตรการควบคุมหรือกำจัดที่ดี จะถูกถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อม ที่อาจอยู่ในรูปแบบของสิ่งเจือปนอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ การทิ้งน้ำเสียจากชุมชน การปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วที่มาจากการทำการเกษตร ทำให้เกิดการแพร่กระจายไปสู่ทรัพยากรน้ำ ซึ่งสารหนูและตะกั่วเป็นสารพิษที่ไม่ถูกย่อยสลายหรือย่อยสลายได้ยากในธรรมชาติ ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำนั้น อยู่ในรูปที่ละลายในน้ำและจับตัวกับตะกอนดินพื้นท้องน้ำ (สาโรจน์ เริ่มดำริห์ และคณะ, 2552)

สารหนูและตะกั่วเป็นธาตุที่มีกระจายทั่วไปอยู่ในธรรมชาติ โดยสารหนูเกิดจากการผุกร่อนของเปลือกโลกและมักอยู่ในรูปของสารประกอบอาร์เซไนต์หรือซัลไฟด์ มีการนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแก้ว เซรามิก และเป็นส่วนประกอบของสารฆ่าแมลงและสารปราบศัตรูพืช (วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา และนิตินัย ขำมาลัย, 2556) ส่วนตะกั่วมีต้นกำเนิดจากหินอัคนี หินปูน หินทราย และดิน มีการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมโลหะ แก้ว และเครื่องใช้ไฟฟ้า (กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน, 2551) จากการนำสารหนูและตะกั่วมาใช้ประโยชน์อย่างมากมายทำให้มีโอกาสแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น ทั้งจากการทำเหมืองแร่ น้ำทิ้งที่เกิดจากการผลิตในโรงงานต่างๆ จากการที่

ประชาชนใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารหนูและตะกั่ว (เช่น ปุ๋ยเคมี สารฆ่าแมลงและสารปราบศัตรูพืช) และการผูกกร่อนของพื้นผิวโลกตามธรรมชาติ เมื่อฝนตกทำให้เกิดการชะล้างและไหลไปรวมกันในแหล่งน้ำธรรมชาติ ด้วยคุณสมบัติของสารหนูและตะกั่วที่มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง ทำให้ไม่ละลายน้ำ และแขวนลอยอยู่ในแหล่งน้ำ เมื่อจับตัวกับอนุภาคของดินก็จะตกตะกอนและทับถมลงสู่พื้นท้องน้ำ (อาทิตย์ มุกดาดี, 2555)

สารหนูและตะกั่วในดินตะกอนพื้นท้องน้ำมีโอกาสแพร่กระจายเข้าไปสู่น้ำพืชน้ำและสัตว์หน้าดิน โดยสารหนูและตะกั่วที่ละลายน้ำจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ทางระบบทางเดินอาหารและทางผิวหนัง และสะสมในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต เมื่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ กินพืชน้ำหรือสัตว์หน้าดินนั้นๆ สารหนูและตะกั่วก็จะถ่ายทอดไปสะสมในร่างกาย และเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร ซึ่งผู้บริโภคชั้นบนสุดก็คือมนุษย์ ซึ่งหมายความว่ามนุษย์ก็จะมีสารหนูและตะกั่วสะสมอยู่ในร่างกาย และถ้ามีปริมาณมากก็ทำให้เกิดโรคต่างๆ ที่เป็นอันตรายซึ่งเกิดจากความเป็นพิษของสารหนูและตะกั่ว ดังนั้นการศึกษากาปนเปื้อนของตะกั่วและสารหนูในดินตะกอน สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินคุณภาพดินตะกอนพื้นท้องน้ำของคลองอยู่ตะเภাত่อไป

1.2 โลหะหนัก

1.2.1 รูปแบบทางเคมีของโลหะหนัก (Metal Speciation) ในดินตะกอน

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 5 ขึ้นไป มีสถานะเป็นของแข็ง ยกเว้นปรอทมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 23-92 ในตารางธาตุ (Lozet and Mathieu, 1991) โลหะหนักสามารถรวมตัวกับสารอินทรีย์ และสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ผ่านทางการซึมเข้าทางผิวหนังและตามห่วงโซ่อาหาร โลหะหนักที่สะสมตัวอยู่ในดินตะกอนสามารถจำแนกกลุ่มได้ดังนี้ (He et al., 2000)

1) รูปแบบแลกเปลี่ยนไอออน (Exchangeable Form) เป็นโลหะหนักที่ถูกดูดซับกับอนุภาคของดินเหนียว โดยเป็นการแลกเปลี่ยนประจุลบในดินเหนียวกับประจุบวกในโลหะหนักที่พื้นผิวในสารละลายดิน โดยค่าประจุลบของอนุภาคดินเหนียวขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ H^+ ในดิน

2) รูปแบบคาร์บอเนต (Carbonate Form) เป็นรูปแบบที่โลหะหนักอยู่ในตะกอนของคาร์บอเนต โดยการเปลี่ยนแปลงของโลหะหนักขึ้นอยู่กับความเป็นกรดต่าง (pH) ของน้ำในดิน

3) รูปแบบเหล็กกับแมงกานีสออกไซด์ (Iron and Manganese Oxide Form) เป็นรูปแบบที่โลหะหนักดูดซับกับเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ เนื่องจากผิวของเหล็กและแมงกานีสมีความสามารถในการดูดซับสูง และทั้งเหล็กและแมงกานีสมีปริมาณมากในดิน ออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสจึงมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางเคมีของโลหะหนักในแหล่งน้ำเป็นอย่างมาก

4) รูปแบบอินทรีย์ (Organic Form) เป็นรูปแบบที่โลหะหนักดูดซับกับสารอินทรีย์ โดยสารอินทรีย์มีประจุลบคล้ายกับอนุภาคดินเหนียว ในสภาวะที่ดินเป็นกรดมาก โลหะหนักจะจับตัวกับสารอินทรีย์ได้ดี และทำให้ประจุบวกตัวอื่นเข้ามาแทนที่ได้ยาก โดยทั่วไปสารอินทรีย์สามารถละลายได้ดีในสภาวะที่เป็นตัวออกซิไดซ์ (Oxidizing) จึงทำให้โลหะหนักอยู่ในรูปของสารละลายได้

5) รูปแบบที่เป็นองค์ประกอบภายในผลึกแร่ (Residual Form) โลหะหนักในรูปแบบนี้เป็นโลหะหนักที่ตกผลึกอยู่ในแร่ปฐมภูมิ ซึ่งเป็นสารประกอบเหมือนแหล่งกำเนิด โดยยังไม่มี การเปลี่ยนแปลงทางเคมีใดๆ เช่น สังกะสีและตะกั่วที่อยู่ในรูปของ ZnS และ PbS เป็นต้น

1.2.2 การสะสมของโลหะหนักในแหล่งน้ำ

การสะสมตัวของโลหะหนักในแหล่งน้ำส่วนหนึ่งมาจากโลหะหนักที่มีอยู่ในธรรมชาติ ที่เป็นส่วนประกอบของดินพื้นผิวโลกเกิดการผุร่อนและถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ และอีกส่วนหนึ่งมาจากกิจกรรมการใช้น้ำของมนุษย์ เช่น การถูกรั่ว น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชน การทำการเกษตร และการท่องเที่ยว เป็นต้น ซึ่งโดยปกติธรรมชาติจะมีการบำบัดในตัวเอง แต่โลหะหนักเป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำในสภาพปกติ ธรรมชาติไม่สามารถย่อยสลายได้ แหล่งน้ำบางแห่งจึงมีปริมาณโลหะหนักมากกว่าปกติ (Elder, 1988)

โลหะหนักในแหล่งน้ำมีอยู่หลายรูปแบบทั้งที่อยู่ในรูปของสารละลาย (Dissolved) สารแขวนลอย (Suspended Solid) และสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิต ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เนื่องจากความสามารถในการผสมผสานของสารละลายและสารแขวนลอยมีความแตกต่างกัน โดยสารแขวนลอยสามารถอยู่ในน้ำได้นานกว่าสารละลายก่อนจะถูกนำออกจากน้ำโดยกระบวนการต่างๆ และเนื่องจากน้ำที่มีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาทำให้ตะกอนท้อง

น้ำลอยตัวขึ้นทำให้เกิดการดูดซับ (Adsorption) และการคาย (Desorption) ของโลหะหนักระหว่างน้ำกับดินตะกอน (Duinker and Nolting, 1978) ซึ่งกระบวนการทางเคมีที่ควบคุมรูปแบบของโลหะในแหล่งน้ำ ได้แก่ กระบวนการดูดซับ การเกิดสารประกอบเชิงซ้อน การตกตะกอน และการดูดซึมไปใช้โดยสิ่งมีชีวิต (Elder, 1988)

1.2.3 การสะสมของโลหะหนักในตะกอนดิน

โลหะหนักสามารถสะสมตัวในดินตะกอน และมีความเข้มข้นสูงกว่าในน้ำมาก โดยโลหะหนักที่สะสมในดินตะกอนส่วนหนึ่งเป็นโลหะหนักที่เกิดขึ้นจากการสะสมตัวตามธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากการชะล้างแร่ธาตุที่อยู่บนผิวดินลงสู่แหล่งน้ำ หรือเป็นโลหะหนักที่เป็นส่วนประกอบของผิวโลกอยู่บริเวณนั้นตามสภาพทางธรณีวิทยา และองค์ประกอบในดินตะกอนยังมีความสำคัญในการสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอน ได้แก่ ปริมาณและอนุภาคของสารอินทรีย์ ปริมาณคาร์บอนและออกไซด์ของแมงกานีสและเหล็ก เป็นต้น นอกจากนี้การใช้ประโยชน์โดยตรงและการปล่อยโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยสิ่งเหล่านี้มีผลทำให้ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนเปลี่ยนแปลงไป

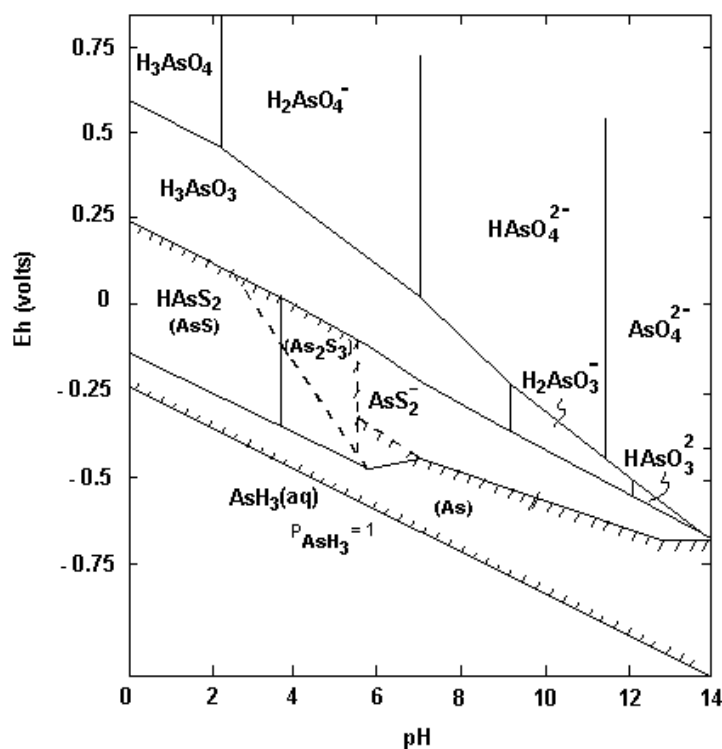
การสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอนพื้นที่ท้องน้ำจะเกิดร่วมกับอนุภาคของตะกอน สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยกระบวนการการดูดซึม (Adsorption) และการคาย (Desorption) เมื่ออนุภาคของโลหะหนักในแหล่งน้ำจับตัวกับอนุภาคของสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือสารแขวนลอยอื่นๆ และด้วยความหนาแน่นที่สูงของโลหะหนักทำให้ตกตะกอนสู่พื้นที่ท้องน้ำ โดยโลหะหนักที่สะสมอยู่ในดินตะกอนสามารถละลายกลับไปแหล่งน้ำได้อีกในดินที่มีสภาพความเป็นกรดสูง ดังนั้นตะกอนมีบทบาทสำคัญในการกักเก็บโลหะหนักในแหล่งน้ำ และเป็นแหล่งกำเนิดได้ด้วยเช่นกัน (Salomon et al., 1987)

1.2.4 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และ Redox Potential (Eh)

การปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในน้ำมีปริมาณน้อยกว่าในดินตะกอน โดยสารหนูและตะกั่วที่สะสมในดินตะกอนสามารถกลับมาละลายน้ำได้อีก โดยผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี (Belkin and Sparck, 1993) ปัจจัยที่สำคัญต่อความสามารถในการละลายของตะกั่วในดิน

ตะกอน คือ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) โดยตะกั่วจะสามารถละลายได้ดีในดินที่มีสภาพความเป็นกรดสูง (อาทิตย์ มุกดาดี, 2555)

ในธรรมชาติส่วนใหญ่สารหนูจะอยู่ในรูป As^{3+} และ As^{5+} โดยในสภาวะที่มีออกซิเจน สารหนูจะอยู่ในรูป As^{5+} ส่วนสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนสารหนูจะอยู่ในรูป As^{3+} สารประกอบสารหนูสามารถละลายน้ำได้ดีในน้ำที่มีค่า pH ต่ำ และตกตะกอนในช่วงที่ค่า pH สูงขึ้น ซึ่งสารหนูจะอยู่ในรูปสารประกอบใดขึ้นอยู่กับค่า pH และ Eh (รูปที่ 1-1) การเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนหรือการดูดซับของสารหนูภายใต้สภาวะของค่า pH และ Eh เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงทำให้สารหนูอยู่ในรูปแบบสารประกอบต่างๆ (Sharma and Sohn, 2009) โดยในสภาวะที่มีค่า Eh สูง เป็นสภาวะที่มีออกซิเจนจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารหนู As^{5+} จะอยู่ในรูปของสารประกอบ H_3AsO_4 , $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$ และ AsO_4^{3-} ในน้ำที่ไม่มีออกซิเจนสารหนูจะเกิดปฏิกิริยารีดักชันพบอยู่ในรูปของสารประกอบ H_3AsO_3 , $H_2AsO_3^-$ และ $HAsO_3^{2-}$ ภายใต้สภาวะค่า pH อยู่ในช่วง 4.0-8.5 และค่า Eh อยู่ในช่วง 0.5-0.75 โวลต์ สารหนูจะอยู่ในรูป H_3AsO_4 , $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$ และ AsO_4^{3-} (Dickerson, 1980)



รูปที่ 1-1 Eh-pH diagram ของสารหนูที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ

แหล่งที่มา: Ferguson and Gavis, 1972

1.3 โลหะหนักที่ทำการศึกษาในครั้งนี้

1.3.1 สารหนู (Arsenic)

สารหนู มีสัญลักษณ์ทางเคมีคือ As เป็นธาตุลำดับที่ 33 มีเลขอะตอม 33 มวลอะตอมเท่ากับ 74.92 ความหนาแน่นเท่ากับ 6.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีจุดหลอมเหลว 817 องศาเซลเซียส จุดเดือด 613 องศาเซลเซียส ไม่ละลายน้ำ ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันที่เย็นหรือกรดเกลือที่เย็น (Jain and Ali, 2000) สารหนูปกติจะมีสี่หลิ่งดำ หรือเทา เป็นของแข็งและมีพิษร้ายแรง โดยในธรรมชาติจะไม่พบสารหนูอยู่ในรูปอิสระจะพบสารหนูอยู่ในรูปสารประกอบทั้งประเภทอินทรีย์และอนินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะรวมตัวกับกำมะถันและเหล็ก สารหนูเกิดจากการสีก้อนของเปลือกโลก พบมากในหินอัคนีและหินตะกอน มักพบในบริเวณภูเขาไฟ อยู่ในรูปสารประกอบอาร์เซนไนด์หรือซัลไฟด์ของทองแดง ตะกั่ว และเงิน และพบสารหนูในรูปออกซิไดซ์ในดินตะกอนท้องน้ำ (ปราณี พัฒนพิพิธไพศาล, 2551)

การใช้ประโยชน์

สารหนูถูกนำมาใช้ประโยชน์มากทางด้านเกษตรกรรม ใช้สำหรับอุตสาหกรรมผลิตสารเคมีทางการเกษตร สารฆ่าแมลงและสารปราบศัตรูพืช เช่น Lead Arsenate, Calcium Arsenate, Copper Arsenate และ Disodium Methyl Arsenate เป็นต้น ทางด้านอุตสาหกรรมมีการนำสารหนูไปใช้ผสมกับโลหะชนิดอื่นๆ เพื่อให้ทนทานต่อการผุกร่อน ใช้เป็นวัสดุกึ่งตัวนำในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้สารหนวยังถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว ใช้เป็นสารสีแดงและสารไม่มีสีในผลิตภัณฑ์แก้ว และทำให้แก้วหลอมละลาย นอกจากนี้สารหนวยังถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก (วิโรจน์ บุญอำนาจวิทยา และนิตินัย ขำมาลัย, 2556)

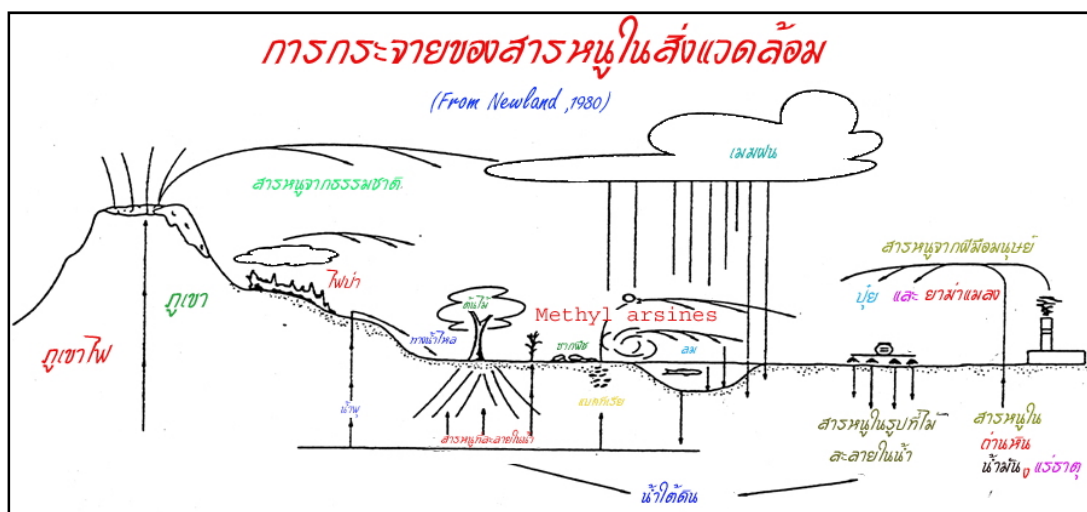
ความเป็นพิษ

ในธรรมชาติสารหนูอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ สารหนูอนินทรีย์มีพิษร้ายแรงกว่าสารหนูอินทรีย์หรือสารหนูบริสุทธิ์ โดยสารหนูมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างทางเคมี ซึ่งส่งผลต่อความเป็นพิษของมัน (กองอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2531) สารหนูสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ 3 ทาง คือ ทางการหายใจ ทางการกินอาหาร และการสัมผัสทางผิวหนังโดยตรงจากการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสารหนู (กลุ่มงานพิษวิทยาและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข,

2556) ปริมาณสารหนูที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายแล้วเป็นพิษ ถึงขั้นเสียชีวิตอยู่ในช่วง 1.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Arsenic Trioxide) ถึง 500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Diethyl Arsenic Acid) โดยจะเกิดอาการพิษเฉียบพลันคือ อาเจียน ท้องเสีย ปวดท้อง กล้ามเนื้อเกร็ง ลำไส้ และตับถูกทำลาย อาการแทรกซ้อนเกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ และเสียชีวิตจากการทำงานล้มเหลวของหัวใจ ถ้าได้รับสารหนูในระดับเกินค่ามาตรฐาน (0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) อาจเกิดอาการเป็นพิษ สารหนูเรื้อรัง ได้แก่ ผลต่อระบบผิวหนัง ทำให้ผิวหนังหนาแข็งและเปลี่ยนสีที่เป็นลักษณะเฉพาะโรค (จุดสีน้ำตาลกระดำกระด่าง จุดขาวๆ กระจัดกระจาย ผิวดำ/เทา ตามฝ่ามือฝ่าเท้า) ผื่นที่ตุ่มตามฝ่ามือฝ่าเท้า ในทางกรรมพันธุ์ สารหนูถือเป็นสารก่อกลายพันธุ์ (Mutagen) และสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) ชนิดหนึ่ง เนื่องจากไอออนของสารหนูสามารถรบกวนการทำงานของดีเอ็นเอ (DNA) และอาร์เอ็นเอ (RNA) ทำให้เกิดผลเสียต่อทรานสเฟอร์-อาร์เอ็นเอ (t-RNA) อาจทำให้มีการตัดโมเลกุล t-RNA เปลี่ยนรูปร่างของโครงแบบ (conformation) จนหมด (นันทฤทธิ์ โชคถาวร และไมตรี สุทธิจิตต์, 2556) ระบบทางเดินหายใจ ทำให้เจ็บคอ ไอมีเสมหะ และทำให้ผนังกันโพรงจมูกเป็นแผลหรือทะลุได้ ผลต่อระบบประสาท ทำให้มีอาการชาจากความผิดปกติของเส้นประสาท ผลต่อระบบโลหิต ทำให้เป็นโรคโลหิตจาง และผลต่อระบบอื่นๆ ได้แก่ ตับโต ดีซ่าน ไตวาย (เกศ สัตยพงศ์, 2555)

การแพร่กระจายสู่ดินตะกอนพื้นท้องน้ำ

ปกติในธรรมชาติมีสารหนูเป็นองค์ประกอบของเปลือกโลกอยู่แล้ว จากกิจกรรมของมนุษย์ การนำสารหนูมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ทำให้สารหนูมีการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้มากและเร็วขึ้น การเคลื่อนตัวและการสะสมตัวของสารหนูในธรรมชาติเกิดขึ้นได้จากการที่สารประกอบสารหนูในแหล่งแร่ตามธรรมชาติ อยู่ภายใต้ชั้นหินที่ค่อนข้างลึก ถูกละลายโดยน้ำใต้ดินหรือน้ำที่มีสถานะเป็นต่าง แล้วเคลื่อนตัวมาตามรอยแยกของชั้นหินหรือช่องว่างต่างๆ เมื่อมาถึงแหล่งน้ำธรรมชาติ สารประกอบสารหนูที่อยู่ในรูปสารละลายจะจับตัวสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และอนุภาคของดินตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำแล้วตกตะกอนสู่พื้นท้องน้ำ เรียกกระบวนการนี้ว่า Reducing Process และ Oxidizing Process (เกษม จันทจรูญพงษ์, 2519) สารหนูที่อยู่ในดินสามารถแพร่กระจายสู่แหล่งน้ำในดินโดยการชะล้างและพัดพาโดยน้ำท่า น้ำฝน เมื่อไปรวมตัวอยู่ในแหล่งน้ำ สารหนูจะรวมตัวจับกับอนุภาคของตะกอนและจมสู่พื้นท้องน้ำ ดังรูปที่ 1-2



รูปที่ 1-2 การแพร่กระจายของสารหนูสู่ดินตะกอนพื้นท้องน้ำ

แหล่งที่มา: กลุ่มงานพิษวิทยาและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2556

1.3.2 ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วมีสัญลักษณ์ทางเคมีคือ Pb เป็นโลหะหมู่ 6 ของตารางธาตุ เลขอะตอม 82 มีมวลอะตอมเท่ากับ 207.2 ความหนาแน่นที่ 20 องศาเซลเซียส เท่ากับ 11.34 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีจุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส และมีจุดเดือด 1,749 องศาเซลเซียส (กิตติพันธ์ บายี่ขัน, 2551) ละลายน้ำได้น้อยมากและทนต่อการผุกร่อนได้ดีทำให้คงอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นานมาก (อาทิตย์ มุกดาดี, 2555) ตะกั่วมีการกระจายตัวอยู่ในธรรมชาติบริเวณเปลือกโลก โดยมีต้นกำเนิดจากหินอัคนี หินแกรนิต หินปูน หินทราย และดิน (กุลธิดา ถาวรกิจการ และกอบชัย ศิริวัฒน์, 2556) โดยส่วนใหญ่พบตะกั่วอยู่ในรูปของสารประกอบ โดยแร่ตะกั่วที่มีมากที่สุดคือ สารประกอบกำมะถัน อยู่ในรูปของแร่ตะกั่วซัลไฟด์ (PbS) หรือเรียกว่า Galena อันดับรองลงมาจะเป็นแร่ตะกั่วคาร์บอเนต (PbCO₃) หรือเรียกว่า Cerussite (กิตติพันธ์ บายี่ขัน, 2551)

การใช้ประโยชน์ของตะกั่ว

เนื่องจากตะกั่วมีคุณสมบัติเด่น คือ ความหนาแน่นสูง จุดหลอมเหลวต่ำ มีความอ่อนตัวสูง มีคุณสมบัติเป็นสารหล่อลื่น และต้านทานการผุกร่อนได้ดี ตะกั่วจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ใน

โรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ทั้งในสภาพที่เป็นโลหะและสารเคมี เช่น ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ สำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ ใช้หุ้มสายเคเบิลไฟฟ้าและสายสื่อสาร ใช้ทำลูกกระสุนและยูทริเนียม ใช้เป็นสารประกอบตะกั่วสำหรับผสมสีป้องกันสนิม เป็นโลหะที่ใช้ผสมกับโลหะทองแดงและเหล็กเพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านการกลึงหรือตัด ใช้ทำโลหะบัดกรี ใช้เป็นโลหะตัวพิมพ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์ เป็นต้น ตะกั่วถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการทำเป็นฉากเพื่อป้องกันรังสีต่างๆ ด้วย เช่น รังสีเอ็กซ์ รังสีเบต้า รังสีแกมมา เป็นต้น (กิตติพันธ์ บายี่ชั้น, 2551) นอกจากนี้ตะกั่วอาร์ซีเนต (Lead Arsenate) ยังถูกนำมาใช้ในการเกษตร เป็นสารฆ่าแมลง (Francis, 2004)

ความเป็นพิษ

สำหรับบุคคลทั่วไปตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทาง คือ ทางการหายใจ โดยเฉพาะจากไอเสียรถยนต์ และการกินอาหารที่มีการปนเปื้อนของตะกั่ว สำหรับบุคคลที่มีอาชีพเกี่ยวข้องกับตะกั่ว ตะกั่วจะสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ทางผิวหนังด้วย ซึ่งตะกั่วอินทรีย์ถูกดูดซึมเข้าผิวหนังได้ดี ถ้าร่างกายได้รับตะกั่วในปริมาณสูง ทำให้เกิดอาการเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน จะมีอาการปวดท้องอย่างรุนแรง อ่อนเพลีย คลื่นไส้ อุจจาระมีสีดำ ตื่นเต้นง่าย ความจำเสื่อม และมีอาการกระดูกของกล้ามเนื้อประสาท แต่ถ้าหากร่างกายได้รับตะกั่วในปริมาณน้อยเป็นเวลานานทำให้เกิดอาการเป็นพิษเรื้อรัง หลังจากได้รับสารตะกั่วที่ละลายน้อยเข้าสู่ร่างกายจนถึงระยะเวลาหนึ่งอาจนานเป็นปีจึงแสดงอาการ ส่วนมากเกิดกับบุคคลที่มีอาชีพที่สัมผัสกับตะกั่ว ตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิต ไปจับกับเม็ดเลือดแดงแทนที่เหล็ก (Fe^{2+}) ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็น ในการสร้างเม็ดเลือดแดง ทำให้เกิดอาการโลหิตจาง (Anaemia) และมีผลให้ปริมาณเหล็กในน้ำเหลืองเพิ่มขึ้นผิดปกติ ตะกั่วบางส่วนไปสะสมในกระดูก ตะกั่ว (Pb^{2+}) จะเข้าไปแทนที่ แคลเซียม (Ca^{2+}) ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นในการสร้างกระดูก และฟัน ทำให้มีอาการปวดตามข้อ กระดูกผุ และหักง่าย ถ้าไปสะสมที่รากฟัน ทำให้เห็นสีม่วง หรือสีดำบริเวณเหงือก บางครั้งเรียกว่า เส้นตะกั่ว (Lead Line) ฟันหลุดได้ง่าย นอกจากนี้ตะกั่วยังสามารถสะสมในไขมัน ระบบประสาท สมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต อาการพิษเรื้อรังที่พบบ่อย คือ อาการของระบบย่อยอาหาร จะเกิดการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื่ออาหารคลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก อาการพิษทางประสาท และสมอง ทำให้ทรงตัวไม่อยู่ เกิดอาการประสาทหลอน ซึมไม่รู้สีกตัว มือและเท้าตลก เป็นอัมพาต สลบ และอาจตายได้ (กุลธิดา ถาวรกิจการ และกอบชัย ศิริวัฒน์, 2556)

พิษของตะกั่วที่มีต่อสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลา ตะกั่วทำให้การเจริญเติบโตของปลาลดลง เมื่อตะกั่วเข้าไปสะสมในร่างกายของปลา ทำให้ระบบต่างๆ ในร่างกายเสื่อมลง เซลล์เยื่อบุผิวหนังและเหงือกถูกทำลาย ตะกั่วไปจับกับเมือกสะสมบริเวณเหงือกของปลา ทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดลง หากได้รับตะกั่วเป็นเวลานานอาจทำให้ตายได้ (อรพินท์ จันทรผ่องแสง, 2520)

การแพร่กระจายสู่ดินตะกอนพื้นท้องน้ำ

ตะกั่วแพร่กระจายอยู่ในธรรมชาติ โดยมีต้นกำเนิดจากหินอัคนี หินแกรนิต หินปูน หินทราย และดิน การแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมมาจากการพังทลายของหินต้นกำเนิด และการนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายโดยขาดการควบคุม ตะกั่วจากการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิง จะออกมาในรูปเกลืออนินทรีย์ กระจายอยู่ในบรรยากาศ เมื่อฝนตกจะถูกล้างสู่พื้นดินและแหล่งน้ำ โดยตะกั่วสามารถรวมตัวกับตะกอนได้ดี ในแหล่งน้ำทั่วไปจะมีตะกั่วผสมอยู่ในดินตะกอนเสมอ (กุลธิดา ถาวรกิจการ และกอบชัย ศิริวัฒน์, 2556)

1.4 พื้นที่ศึกษา

1.4.1 ข้อมูลทั่วไปของคลองอู่ตะเภา

คลองอู่ตะเภา (รูปที่1-3) เป็นคลองสายหลักในกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยที่ 7 ของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา คลองอู่ตะเภามีต้นกำเนิดมาจากชายแดนประเทศไทย-มาเลเซีย ไปสิ้นสุดที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง บ้านแหลมโพธิ์ ตำบลคูเต่า อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีความยาวประมาณ 130 กิโลเมตร จุดที่เริ่มต้นที่เรียกว่าเป็นคลองอู่ตะเภา คือจุดที่คลองใหญ่สองสายไหลมาบรรจบกันที่บ้านท่าโพธิ์ ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอสะเดา คือ คลองรำ ไหลมาจากเขาลูกช้าง และเทือกเขาบรรทัด และคลองแม่น้ำที่ไหลมาจากเขาน้ำค้าง อำเภอนาทวี กลายเป็นคลองอู่ตะเภา

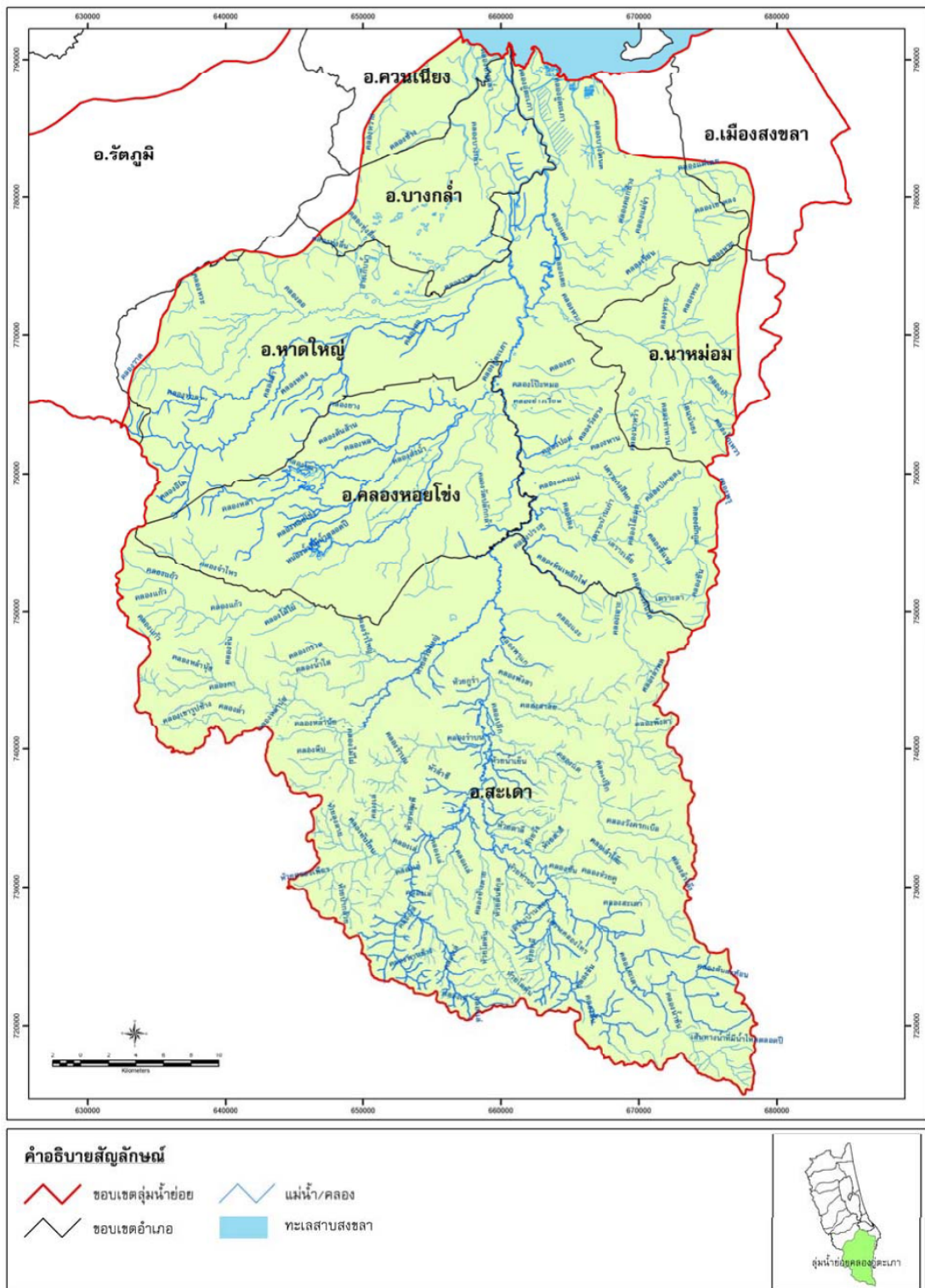
คลองอู่ตะเภาได้รับน้ำจากสันปันน้ำสำคัญสามแหล่งคือ

- 1.เทือกเขาน้ำค้าง เขาน้ำค้างเป็นพื้นที่ที่อยู่ในรอยต่อของอำเภอสะเดา อำเภอนาทวี และประเทศมาเลเซีย เป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาสันกาลาคีรี ต้นน้ำเทือกเขาน้ำค้าง เริ่มจากลำธาร

เล็กๆ ไหลมารวมกันเป็นคลองที่มีชื่อว่า คลองใหญ่ จนมาบรรจบกันที่คลองรำบ้านท่าโพธิ์ อำเภอสะเดา กลายเป็นคลองอุ้ตะเภา

2. เทือกเขาแก้ว เป็นเทือกเขาที่อยู่ในพื้นที่รอยต่อระหว่างอำเภอสะเดา อำเภอกลองหอยโข่ง พื้นที่บางส่วนของจังหวัดสตูล และชายแดนประเทศมาเลเซีย โดยต้นน้ำเทือกเขาแก้วสายหลักจุดเริ่มต้นเริ่มจากเขารูปช้างในเขตอำเภอสะเดา และน้ำตกผาดำ ในเขตอำเภอกลองหอยโข่ง สายน้ำทั้งสองมารวมกันที่คลองรำ อำเภอสะเดา และไหลไปรวมกันกับคลองใหญ่ที่บ้านท่าโพธิ์ อำเภอสะเดา กลายเป็นคลองอุ้ตะเภา

3. เทือกเขาย่อยๆ เป็นลำน้ำสายย่อยๆ ที่ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำให้คลองอุ้ตะเภา ตั้งแต่บ้านม่วง ตำบลพังลา อำเภอสะเดา ถึงเขตเมืองหาดใหญ่ เช่น เขาคอหงส์ เขาคันหลาว เขาวังชิง เป็นต้น



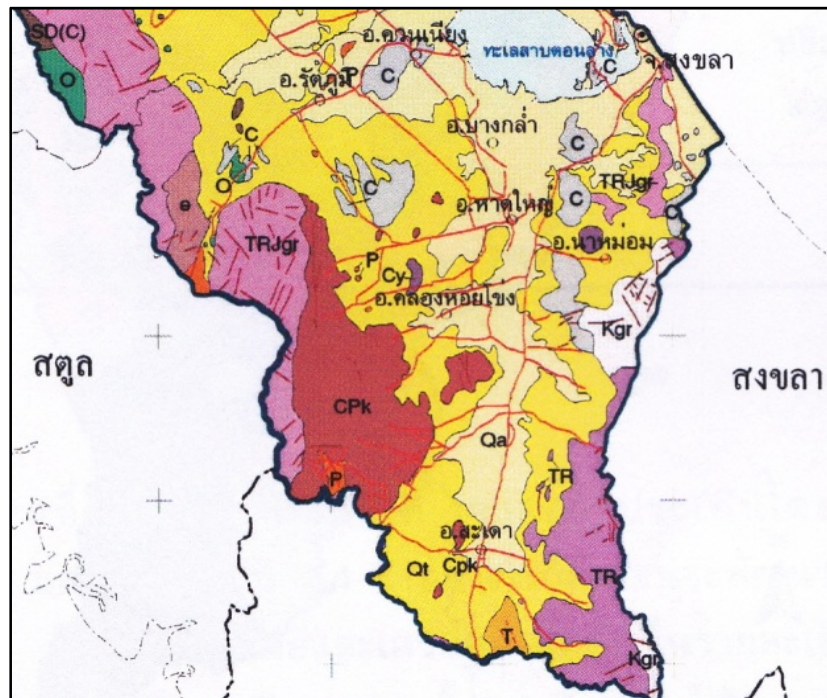
รูปที่ 1-3 แผนที่ลุ่มน้ำคลองอุตะเกา
แหล่งที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2549

1.4.2 ลักษณะภูมิประเทศและธรณีวิทยา

คลองอุต๊ะเกามีสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน 4 ลักษณะ (คลองอุต๊ะเกา, 2549) ได้แก่

- 1) พื้นที่ภูเขาทางด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกา เป็นพื้นที่ต้นน้ำที่ไหลสู่คลองอุต๊ะเกา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาบรรทัดและเทือกเขาสันกาลาคีรี
- 2) พื้นที่ราบลูกคลื่น อยู่ถัดจากพื้นที่ภูเขาลงมา มีลักษณะเป็นเนินเขาลูกคลื่นกระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่บริเวณกลางน้ำถึงปลายน้ำ
- 3) พื้นที่ราบทางด้านทิศเหนือของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกา ส่วนใหญ่เกิดจากการทับถมของตะกอนจากคลองอุต๊ะเกาและลำน้ำสาขา ทำให้กลายเป็นพื้นที่ราบซึ่งอยู่บริเวณปลายน้ำ
- 4) พื้นที่สูงทางด้านทิศตะวันตก ทิศตะวันออก และทิศใต้ มีลักษณะเป็นพื้นที่สูงที่ลาดเอียงลงมาสู่ที่ราบตอนกลางและทิศเหนือของลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกา

ลักษณะทางธรณีวิทยาของลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกา เป็นลักษณะของหิน 3 ประเภท คือ หินชั้น (Sedimentary Rocks) หินแปร (Metamorphic Rocks) และหินอัคนีหรือหินแกรนิต (Igneous Rocks) โดยพบว่าส่วนใหญ่ลักษณะชั้นหินของลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาเป็นหินชั้นหินแปรในยุควาเทอร์นารี (Quaternary : Qa, Qt) พบในบริเวณที่ราบลุ่ม ไปจนถึงที่ราบลูกคลื่น ทำให้มีลักษณะเป็นพื้นที่กว้างในแนวยาวทิศเหนือ-ใต้ หินในยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous : C, Cb, Cy) ซึ่งประกอบไปด้วยหินดินดาน หินทราย หินชนวน หินฮอร์นเฟล และหินควอร์ตไซต์ เป็นต้น หินชนิดนี้พบมากบริเวณพื้นที่ด้านทิศตะวันออกและตะวันตก บริเวณเทือกเขาน้ำค้างพบหินในยุคไทรแอสสิก (Triassic : Tr) ประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน และหินกรวดมน บริเวณเทือกเขาบรรทัดและเทือกเขาในเขตอำเภอนาหม่อมพบหินอัคนีในยุคจูแรสสิก-ไทรแอสสิก (Jurassic-Triassic: TRJgr) และครีเตเชียส (Cretaceous:Kgr) ประกอบด้วย หินไบโอไทต์แกรนิต หินทิวร์มาลีนแกรนิต และหินมัสโคไวต์ทิวร์มาลีนแกรนิต (รูปที่ 1-4) และนอกจากนี้ยังพบแนวรอยเลื่อนและรอยแตก (Fault and Joint) ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาด้วย (คลองอุต๊ะเกา, 2549)



หมายเหตุ:	Qa	ตะกอนธารน้ำพา กรวดทราย และดินเหนียว
	Qt	ตะกอนตะกั่วลำนํ้า กรวด ทราย และแม่รัง
	T	หินกึ่งแข็งตัว หินเคลย์สีแดง หินทรายแป้งและหินโคลน
	TR	หินโคลน หินปูน หินทราย หินทรายแป้ง
	P	หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์
	Cpk	หินดินดาน
	C	หินกรวดมน หินทราย หินดินดาน
	Cy	หินดินดานปนซิลิกา หินเชิร์ต
	O	หินปูนเนื้อดิน หินปูนสีชมพูและสีเทา
	e	หินควอร์ตไซต์ หินออร์โทควอร์ตไซต์ หินทรายเป็นชั้น
	Kgr	หินไบโอไทต์-ฮอร์นเบอร์นด์แกรนิต หินมีสโคไวต์แกรนิต
	TRJgr	หินไบโอไทต์แกรนิต หินทัวร์มารีนแกรนิต หินแกรนิต- ไดโอไรต์

รูปที่ 1-4 แผนที่ธรณีวิทยาของกลุ่มน้ำคลองอุตะเถา

แหล่งที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548

1.4.3 ลักษณะภูมิอากาศ

ลุ่มน้ำย่อยคลองอุตะเถา มีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้มีฝนในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้มีฝนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ส่วนในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ได้รับ

อิทธิพลของลมที่พัดจากทะเลจีนใต้ ทำให้ช่วงนี้อากาศร้อนและฝนตกน้อยมาก ซึ่งอิทธิพลของลมมรสุมดังกล่าวที่พัดเข้าสู่ลุ่มน้ำอุ้มตะเกา ทำให้เกิดฤดูกาล 2 ฤดู คือ

- ฤดูร้อนจะเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน
- ฤดูฝน จะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมกราคม โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะเวลา
ระยะที่ 1 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ช่วงนี้จะได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดผ่านมหาสมุทรอินเดีย ฝนตกน้อย
ระยะที่ 2 เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม ช่วงนี้จะได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านอ่าวไทย ฝนตกมาก

โดยปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้ ณ สถานีอุตุนิยมวิทยาคอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

ในปี พ.ศ. 2542-2556 ดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 ปริมาณน้ำฝนรายเดือน พ.ศ. 2542-2556

พ.ศ.	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2542	327.1	122.9	207.5	110.7	149.3	167.1	-	218.9	129.7	181.5	432.1	602.6
2543	113.5	40.8	170.3	223.4	97.0	116.1	32.9	81.7	191.5	225.4	1146.3	321.1
2544	33.09	10.9	160.9	94.6	50.7	65.7	90.8	81.7	101.4	348.0	258.6	372.5
2545	11.8	0.4	19.9	81.2	225.8	40.4	58.1	49.5	87.9	156.0	382.2	293.1
2546	50.4	22.0	180.8	56.3	118.9	294.3	248.5	98.6	165.9	315.0	324.7	324.7
2547	33.7	18.5	59.6	94.6	336.8	150.0	93.1	79.1	177.1	176.3	225.9	141.2
2548	3.3	1.8	2.8	16.4	210.9	94.1	146.3	189.0	116.3	277.8	551.0	949.1
2549	48.3	145.6	147.0	139.5	161.0	60.3	54.3	85.2	300.7	149.5	155.5	257.8
2550	217.0	9.1	92.3	68.3	257.1	102.1	102.1	52.9	94.1	351.6	251.2	263.4
2551	92.1	51.9	70.5	76.8	154.6	241.1	105.5	170.2	27.0	163.7	787.2	392.6
2552	112.3	36.3	140.0	251.1	162.9	31.7	74.1	40.2	72.6	343.7	924.0	49.1
2553	90.1	10.6	13.0	34.0	173.7	106.3	154.7	161.3	352.3	536.0	799.4	357.6
2554	114.7	0	287.9	111.6	325.8	173.4	63.6	274.9	172.9	309.3	566.4	643.2
2555	364.5	10.8	204.4	187.3	62.8	100.4	29.4	127.4	129.7	188.7	131.9	384.8
2556	52.2	240.0	3.8	115.8	238.4	113.0	69.0	253.4	78.7	385.4	509.5	320.7

แหล่งที่มา: ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก, 2556

1.4.4 ประชากร

ลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาครอบคลุมพื้นที่ 7 อำเภอ ในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอสะเดา คลองหอยโข่ง นาหม่อม รัตภูมิ บางกล่ำ หาดใหญ่ และควนเนียง บางส่วนของอำเภอเมืองสงขลา ประกอบไปด้วย 35 ตำบล 252 หมู่บ้าน โดยมีเทศบาล 7 เทศบาล คือ เทศบาลปาดังเบซาร์ เทศบาลตำบลสะเดา เทศบาลตำบลปรึก เทศบาลตำบลพังลา เทศบาลตำบลตะพง เทศบาลเมืองบ้านพรุ และเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยภาพรวมของประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาและพื้นที่ใกล้เคียงที่ต่อเนื่องเป็นดังนี้ (ตารางที่ 1-2)

ตารางที่ 1-2 ภาพรวมของประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาและพื้นที่ใกล้เคียงที่ต่อเนื่องในปี

พ.ศ. 2554

อำเภอ	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	จำนวนประชากร		
		ชาย	หญิง	รวม
รัตภูมิ	665.20	35,466	36,264	71,730
บางกล่ำ	162.00	14,376	14,635	29,011
หาดใหญ่	875.54	178,633	199,369	378,002
นาหม่อม	92.50	10,733	11,420	22,153
คลองหอยโข่ง	275.20	12,776	12,366	25,142
สะเดา	1,029.00	61,568	61,380	122,948

แหล่งที่มา: สำนักงานคณะกรรมการเลือกตั้งประจำจังหวัดสงขลา, 2557

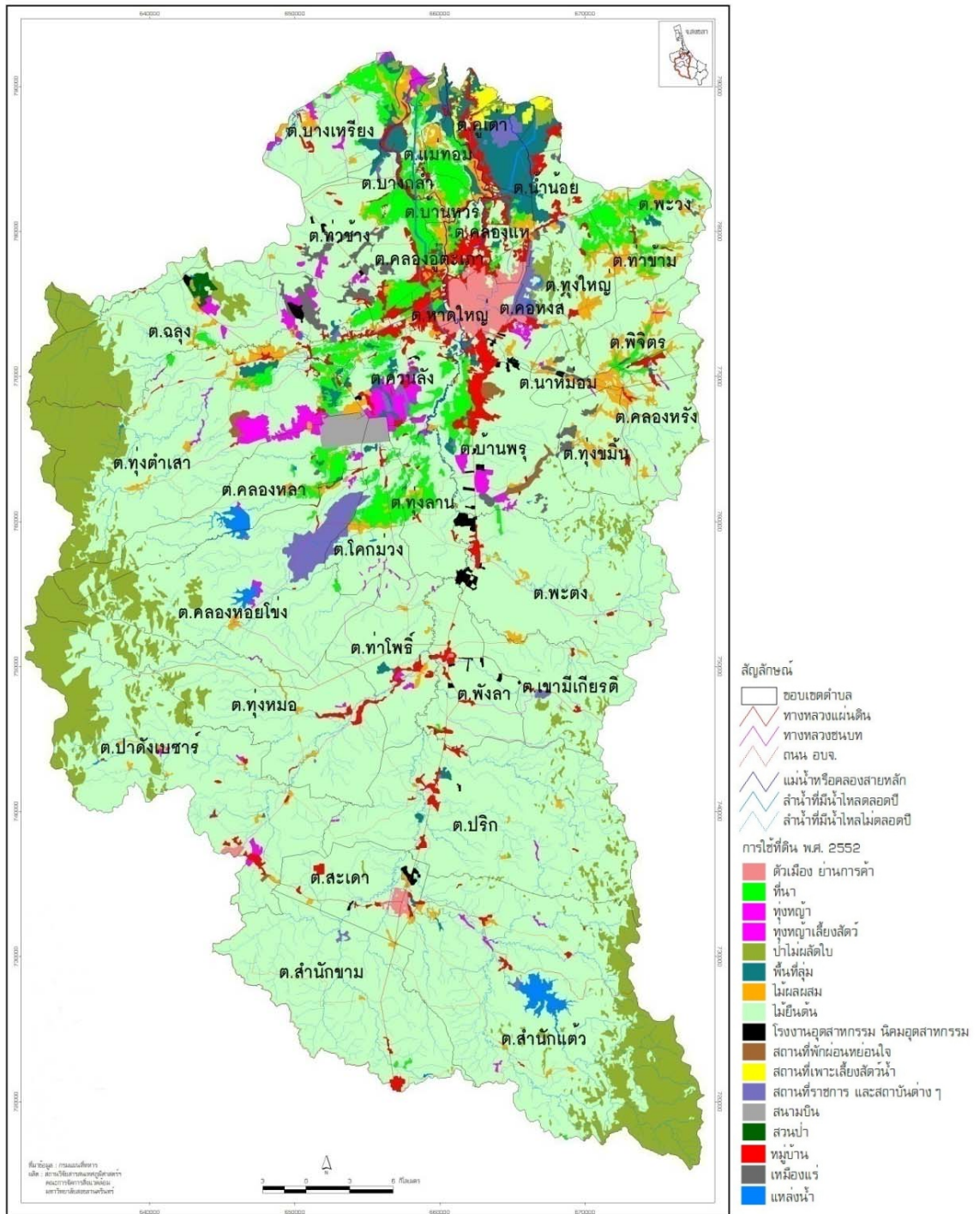
1.4.5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

คลองอุต๊ะเกาเป็นคลองที่มีความยาวมาก ตลอดเส้นทางมีการใช้ประโยชน์จากน้ำในคลองและการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมคลองมากมายแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ ได้แก่ (รูปที่ 1-5 และ 1-6)

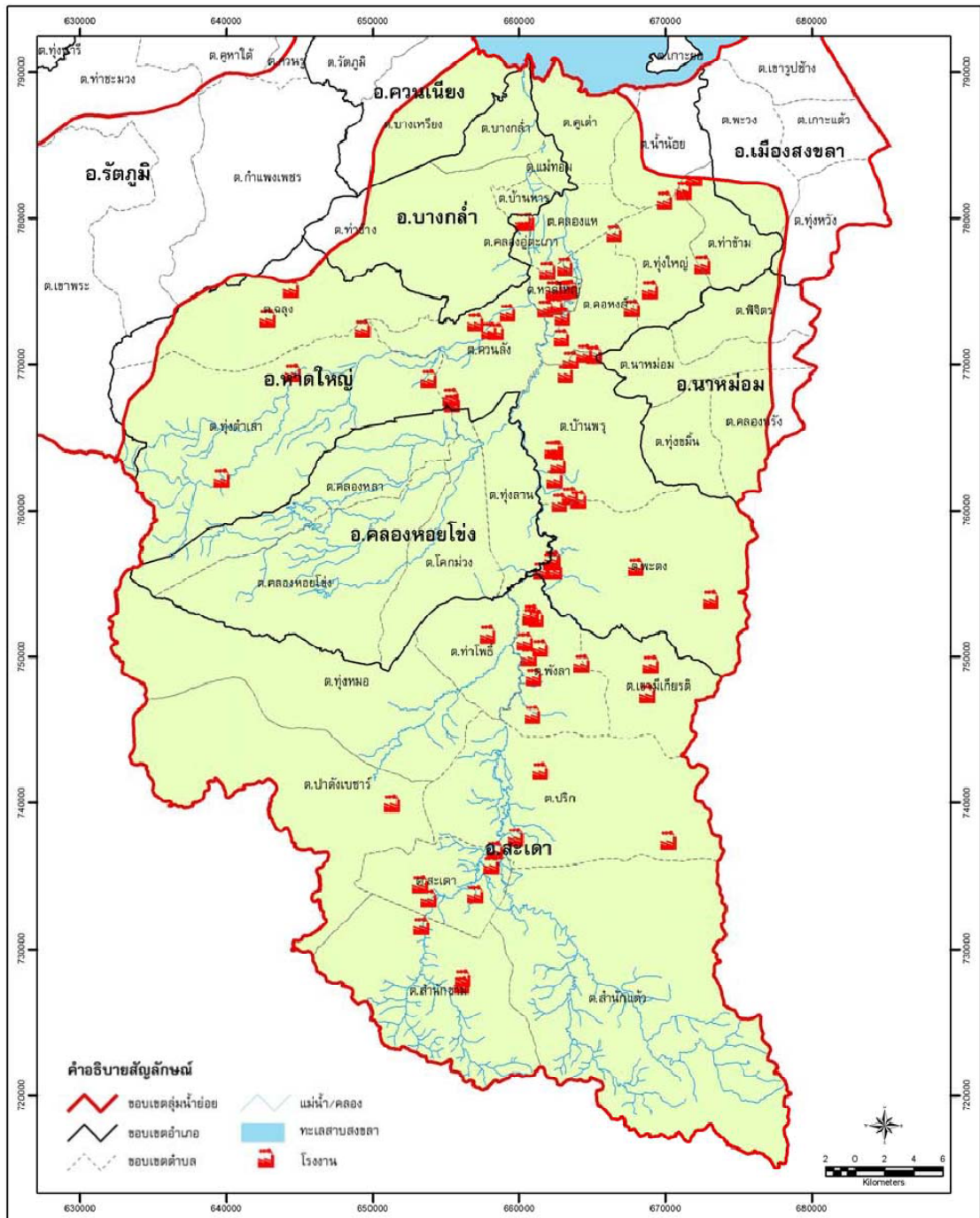
1) เขตต้นน้ำ โดยแหล่งป่าต้นน้ำของคลองอุต๊ะเกาอยู่ในอำเภอสะเดา การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นการทำการเกษตร ได้แก่ การทำสวนยางพารา ปาล์มน้ำมัน สวนผลไม้ ฟาร์มสุกร เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีแหล่งชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมอยู่จำนวนหนึ่ง

2) เขตกลางน้ำ เป็นบริเวณที่มีการทำการเกษตร ได้แก่ ทำนาข้าว ปลูกยางพารา ผลไม้เป็นต้น มีการทำเหมืองแร่ดีบุก เป็นเขตชุมชนซึ่งมีบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก ในบริเวณนี้ โดยผลจากการสำรวจในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองอุตะเกามิชุมชนขนาดใหญ่ระดับเทศบาล จำนวน 8 แห่ง และชุมชนขนาดเล็กใน อบต. อีก 1 แห่ง ที่ระบายน้ำเสียลงสู่คลองอุตะเกาและลำคลองสาขา ส่วนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เหลืออีก 32 แห่ง เป็นชุมชนในระดับ อบต. ทั้งหมด ส่วนโรงงานอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองอุตะเกา ส่วนใหญ่เป็นโรงงานเกี่ยวกับอาหารทะเลแปรรูปและแช่แข็ง และโรงงานยางหรือผลิตภัณฑ์ยางพารา น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้จะไหลลงสู่คลองอุตะเกาและคลองสาขาต่าง ๆ จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2549 พบว่าโรงงานที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำที่สำคัญในลุ่มน้ำย่อยคลองอุตะเกา มีประมาณ 101 โรง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2549)

3) เขตปลายน้ำ เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้ทะเลสาบสงขลา มีชุมชนขนาดใหญ่คือเทศบาลนครหาดใหญ่ที่ระบายน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดแล้วลงสู่คลองขุดซึ่งไหลต่อไปออกสู่ทะเลสาบสงขลา มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจำนวนมาก โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล โดยในลุ่มน้ำย่อยคลองอุตะเกาพื้นที่เลี้ยงกุ้งจะกระจุกตัวอยู่บริเวณปากคลองต่างๆ ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ซึ่งจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 TM เดือนมกราคม พ.ศ. 2548 พบว่ามีพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเลรวม 2,568.75 ไร่ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2549) นอกจากนั้นบริเวณนี้ยังเป็นที่ตั้งของบ้านเรือนโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก เนื่องจากอยู่ใกล้ทะเล ซึ่งเป็นเส้นทางการคมนาคมทางน้ำที่สะดวก



รูปที่ 1-5 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา
แหล่งที่มา: ศูนย์ศึกษาลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา, 2552



รูปที่ 1-6 แหล่งกำเนิดมลพิษประเภทโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุ้มผาง
แหล่งที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2549

1.5 การศึกษาการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีผู้สนใจการศึกษาเกี่ยวกับโลหะหนักในดินตะกอนจำนวนมาก โดยดินตะกอนมีความสำคัญต่อคุณภาพแหล่งน้ำ เนื่องจากดินตะกอนสามารถเป็นแหล่งสะสมและปลดปล่อยสารอันตรายที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ และจากแหล่งธรรมชาติออกสู่แหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และมนุษย์ที่ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ

คลองอู่ตะเภาซึ่งเป็นคลองที่มีความสำคัญต่อหลายอำเภอในจังหวัดสงขลา มีการใช้ประโยชน์อย่างมากมายหลายด้านจากคลองอู่ตะเภา เป็นสาเหตุทำให้มีผู้สนใจศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในคลองอู่ตะเภา ได้แก่ วินิตา อธิไกรริน (2538) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำและดินตะกอนคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2535 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2536 และพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในดินตะกอนมีค่า 6.2-21.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง พบว่าบริเวณบ้านแหลมโพธิ์มีค่าเกินความเข้มข้นของตะกั่วในดินปกติทั่วไป และความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในน้ำและดินตะกอนในฤดูฝนสูงกว่าในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสายสิริ ไชยชนะ (2544) ได้ศึกษาการกระจายตัวของโลหะหนักในตะกอนและน้ำระหว่างตะกอน ณ ปากคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา พบว่าตะกั่วในดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 0.45-5.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง

ทะเลสาบสงขลา เป็นแหล่งน้ำอีกหนึ่งแหล่งที่มีผู้สนใจหลายท่านได้ศึกษาการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน ในทะเลสาบสงขลา เนื่องจากทะเลสาบสงขลาเป็นพื้นที่ที่รองรับน้ำจากคลองอู่ตะเภาและคลองอื่นๆ จำนวนมาก ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งผู้ที่ได้ศึกษาไว้ได้แก่

ประดิษฐ์ มีสุข (2542) ได้ศึกษาการหาปริมาณสารหนูและโลหะหนัก ซึ่งได้แก่ ตะกั่ว พรอท สังกะสี และแคดเมียม ในดินตะกอนจากทะเลสาบสงขลา โดยเก็บตัวอย่างดินตะกอนจากทะเลสาบสงขลา จุดที่มีน้ำเสียจากชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรม 9 จุด ช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2539 นำดินตะกอนมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ด้วยเทคนิควิธีอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้แบบพ่นสารโดยตรง (Direct Aspiration) สำหรับการวิเคราะห์ธาตุตะกั่ว สังกะสีและแคดเมียมแบบไอเย็น (Cold Vapor) สำหรับการวิเคราะห์พรอท และแบบไฮไดรด์เจเนอเรชัน (Hydride

Generation) สำหรับการวิเคราะห์สารหนู ผลการวิเคราะห์ดินตะกอนทะเลสาบสงขลาพบว่าตะกั่วและสารหนูมีค่า 26.55-92.75 และ 0-2.50 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

กัญญนิจ หลีกภัย (2549) ได้ทำการศึกษาการผันแปรเชิงพื้นที่ของความเข้มข้นโลหะหนักในดินระดับผิวหน้าในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา พบว่าค่าความเข้มข้นของตะกั่วอยู่ในช่วง <math><3.3-17.2</math> มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง (เฉลี่ย 2.94 ± 4.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) ในภาพรวมความเข้มข้นของโลหะในพื้นที่กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีค่าต่ำหลังการปรับฐานทางธรณีเคมี (Geochemical Normalization)

ปิยวรรณ นาคินชาติ (2549) ศึกษาการแพร่กระจายของตะกั่วในดินตะกอนทะเลสาบสงขลา ผลการศึกษาพบว่าดินตะกอนในทะเลสาบสงขลาส่วนใหญ่เป็นทรายแป้งปนดินเหนียว ความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก อยู่ในช่วง <math><3.3-6.4</math>, <math><3.3-12.0</math> และ <math><3.3-9.2</math> มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (เฉลี่ย 3.5 ± 0.6 , 4.0 ± 2.2 และ 3.8 ± 1.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) พบว่าปัจจัยที่ควบคุมการสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนทะเลสาบสงขลาคือ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ และ อะลูมิเนียม (Al)

ธัญชนก จันทรงค์ (2552) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการแพร่กระจายของสารหนูและปรอทในตะกอนดินผิวหน้าของทะเลสาบสงขลาตอนใน นอกปากทะเลสาบสงขลา และอ่าวปากพนัง เพื่อประเมินระดับการปนเปื้อนของสารหนูและปรอทในตะกอนดินจากทะเลสาบสงขลาตอนใน ด้านนอกของปากทะเลสาบสงขลา และอ่าวปากพนัง ผลการศึกษาพบว่า สารหนูในตะกอนทะเลสาบสงขลาตอนใน ด้านนอกของปากทะเลสาบสงขลา และอ่าวปากพนัง ในฤดูแล้ง มีค่าในช่วง 1.6-4.0, 1.8-13.8 และ <math><0.3-13.8</math> ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (เฉลี่ย 3.20 ± 0.70 , 6.90 ± 3.80 และ 8.9 ± 3.5 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) ส่วนในฤดูฝน มีค่า <math><0.3-8.1</math>, 3.3-13.6 และ 3.3-10.4 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (เฉลี่ย 5.20 ± 2.40 , 8.30 ± 3.40 และ 6.00 ± 1.90 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) สารหนูในตะกอนดินทะเลสาบสงขลาตอนในมีค่าต่ำกว่าค่าที่มีโอกาสส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำต่ำ (Effects Range-Low: ERL) เล็กน้อย ขณะที่สารหนูจากตะกอนดินนอกปากทะเลสาบสงขลาและอ่าวปากพนัง มีค่าสูงกว่าค่า ERL แต่ยังคงต่ำกว่าเกณฑ์ค่ามาตรฐาน

Pradit et al. (2010) ได้ศึกษาการกระจายตัวของธาตุในดินตะกอนในทะเลสาบสงขลา พบว่าดินตะกอนในทะเลสาบสงขลามีสารหนูและตะกั่ว 0.8-70.7 และ 8.2-131.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของดินตะกอนจากสารอันตราย (Sediment Quality Guidelines: SQGs)

โดยจากการตรวจสอบเอกสารข้างต้นดังกล่าว พบว่าการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน ของทะเลสาบสงขลา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2554 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และนอกจากนั้นยังพบว่าได้มีผู้สนใจอีกหลายท่านที่ได้ศึกษาการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนของแหล่งน้ำต่างๆ ในหลายๆ พื้นที่ซึ่งได้แก่

ธงชัย สุธีรศักดิ์ และไตรภพ ผ่องสุวรรณ (2551) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนท้องน้ำคลองบางใหญ่ จังหวัดภูเก็ต พบว่าสารหนูในดินตะกอนมีความเข้มข้น 18-92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง และตะกั่วมีความเข้มข้น 37-113 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง โดยพบว่าที่มาของโลหะหนักมาจากการที่คลองบางใหญ่เป็นที่รองรับน้ำทิ้ง การพัดพาของดินตะกอนท้องน้ำจากธรรมชาติและการทำเหมืองแร่ในอดีต

วิกันดา ชัยบุตร (2541) ได้ศึกษาโลหะหนักบางชนิดในน้ำ ดินตะกอนและเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของปลาบางชนิดในแม่น้ำแม่กลอง ทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ปากน้ำรวมระยะทางประมาณ 143 กิโลเมตร ในช่วงเวลา 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน (เมษายน) ฤดูฝน (กรกฎาคม) และฤดูหนาว (ตุลาคม) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของตะกั่วในน้ำและดินตะกอน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในฤดูหนาว (24.49-81.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) ฤดูฝน (11.16-58.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) และฤดูร้อน (0.35-24.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ส่วนในเนื้อเยื่อปลาพบว่าตะกั่วมีค่าเฉลี่ยมากในฤดูร้อน รองลงมาคือฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ

Bujan and Pumijumnong (2010) ได้ศึกษาการกระจายของโลหะหนักในดินตะกอนป่าชายเลน ณ ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าในฤดูแล้ง (เมษายน) มีระดับความเข้มข้นของโลหะหนักมีค่าในช่วง 12.24-25.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง สูงกว่าฤดูฝน (สิงหาคม) ซึ่งมีค่าในช่วง 11.91-15.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ

โลหะหนักกับสมบัติของดินทั้งด้านกายภาพและเคมี สัดส่วนของสารอินทรีย์และขนาดของตะกอนมีบทบาทต่อรูปแบบการกระจายตัวของโลหะหนัก

ศรัณย์ เพ็ชรพิรุณ และณรงค์ฤทธิ์ เลิศเกษตรวิทยา (2548) ได้ศึกษาการสะสมของทองแดง แคดเมียม และตะกั่วในดินตะกอน บริเวณอ่าวไทยตอนบน โดยเก็บตัวอย่างจำนวน 9 สถานี 2 ครั้ง คือเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ และช่วงเดือนกันยายน พบว่าค่าเฉลี่ยรวมของตะกั่ว มีค่าสูงบริเวณมาบตาพุด แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง โดยมีค่าเฉลี่ย 35.66, 34.03 และ 29.39 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

สาโรจน์ เริ่มคำริห์ และคณะ (2552) ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและตะกอนดิน บริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนบน มีการเก็บตัวอย่าง 13 สถานี ในเดือนเมษายน สิงหาคม และ ธันวาคม วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometers) พบว่าตะกั่วในน้ำมีปริมาณ 0.05 พีพีเอ็ม และปริมาณตะกั่วที่สะสมในดินตะกอนอยู่ในช่วง 17.82-44.66 ค่าเฉลี่ย 28.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง

Chapagain et al. (2009) ศึกษาการแพร่กระจายของสารหนูในดินตะกอนบริเวณน้ำขึ้น-ลงของแม่น้ำ Scheldt ประเทศเบลเยียม โดยเก็บตัวอย่างดินตะกอนที่ความลึก 1 เมตร พบว่าความเข้มข้นของสารหนูในดินตะกอนมีค่าเท่ากับ 2.3-140.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของสารหนูในดินตะกอนคือขนาดของอนุภาคตะกอน ความเป็นกรดต่าง (pH) และปริมาณสารอินทรีย์

Zhang et al. (2009) ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนพื้นผิว (0-5 เซนติเมตร) ของแม่น้ำแยงซีเกียง ประเทศจีน มีการเก็บตัวอย่างดินตะกอน 59 สถานี ในบริเวณน้ำขึ้น-ลง (Intertidal) ของแม่น้ำ ในเดือนเมษายนและสิงหาคม 2005 โดยพบว่าตะกั่วมีความเข้มข้น 18.3-44.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง

Yang et al. (2012) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณ Estuary ของแม่น้ำ Pearl และบริเวณไหลทวีปไกล์เคียง โดยพบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักบริเวณ Estuary มีมากกว่าบริเวณไหลทวีปไกล์เคียง

1.6 ค่ามาตรฐานดินตะกอน

คุณภาพดินตะกอนมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ เนื่องจากตะกอนสามารถเป็นแหล่งสะสมสารอันตรายที่ปลดปล่อยจากแหล่งอุตสาหกรรม แหล่งชุมชน และที่ชะล้างจากธรรมชาติ นอกจากนี้ดินตะกอนยังเป็นแหล่งมลพิษที่สามารถปลดปล่อยสารอันตรายที่จับตัวกับดินตะกอนออกสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้พบว่ามีสารอันตรายในดินตะกอนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์หน้าดิน มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำผู้ล่าและมนุษย์ที่บริโภคจากการถ่ายทอดสารอันตรายผ่านทางโซ่อาหารได้ ซึ่งความสำคัญของคุณภาพดินตะกอนนี้ทำให้มีการประเมินคุณภาพดินตะกอนขึ้นมาเพื่อบ่งชี้ความเสี่ยงที่อาจส่งผลอันตรายต่อสัตว์หน้าดิน โดยค่ามาตรฐานดินตะกอนสำหรับการประเมินผลกระทบที่พบว่ามีต่อสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำ (ตารางที่ 1-3) สำหรับประเทศไทยใช้เกณฑ์คุณภาพดินตะกอนของรัฐฟลอริดาสำหรับการประเมินคุณภาพดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดิน เนื่องจากประเทศไทยยังขาดฐานข้อมูลที่จับคู่ระหว่างสารอันตรายในดินตะกอนและผลกระทบที่พบต่อสัตว์หน้าดิน (สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ, 2556)

ตารางที่ 1-3 ค่ามาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของประเทศต่างๆ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง)

รัฐ/ประเทศ	As	Pb
Florida		
- CB-TEC	9.79	35.8
- CB-PEC	33	128
Canada		
- ISQG	5.9	35
- PEL	17	91.3
Australian and New Zealand		
- ISQG-L	20	50
- ISGE-H	70	220
Hong Kong		
- LCEL	12	75
- UCEL	42	110
Thailand		
- TEC	9.79	35.8

แหล่งที่มา: สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ, 2557

หมายเหตุ: CB-TEC คือ Consensus-Based Threshold Effect Concentration

CB-PEC คือ Consensus-Based Probable Effect Concentration

ISQG คือ Interim Sediment Quality Guideline

PEL คือ Probable Effect Level

ISQG-L คือ Interim Sediment Quality Guideline-Low

ISQG-H คือ Interim Sediment Quality Guideline-High

LCEL คือ Lower Chemical Exceedance Level

UCEL คือ Upper Chemical Exceedance Level

TEC คือ Threshold Effect Level

1.7 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และฤดูกาลของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนบริเวณคลองอู่ตะเภา

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และฤดูกาลของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนบริเวณคลองอู่ตะเภา
2. เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อคาดการณ์แนวโน้มของการสะสมของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมบริเวณคลองอู่ตะเภา และวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ-อุปกรณ์

ภาคสนาม

- ถุงโพลีเอทิลีน (Polyethylene)
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- เครื่องตักตะกอนดิน (Ekman Grab)
- เครื่องหาพิกัดบนพื้นโลกแบบมือถือ (GPS) ยี่ห้อ Garmin รุ่น GPSmap 62s Thai
- เครื่องวัดค่าความต่างศักย์แบบพกพา (Eh Meter) ยี่ห้อ WTW รุ่น pH 3210
- เครื่องวัดค่าพีเอชแบบพกพา (pH Meter) ยี่ห้อ WTW รุ่น pH 3210

ห้องปฏิบัติการ

- กรดไนตริกเข้มข้น (Conc. HNO_3)
- สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์ (30% H_2O_2)
- กระดาษกรอง Whatman No.1
- โกร่งบด (Mortar and Pestle)
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 10 มิลลิลิตร
- หลอดทดลอง (Test Tube) ขนาด 125 มิลลิลิตร
- โถดูดความชื้น (Desiccator)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
- ตู้แช่แข็ง (Freezer) ยี่ห้อ Sanyo
- ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UNB 500
- เครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) ยี่ห้อ Perkin Elmer Optima รุ่น 4300 DV

2.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน คือ คลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา โดยทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนตลอดสาย ตั้งแต่พื้นที่ต้นน้ำ อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา ไปจนถึงปลายน้ำออกสู่ทะเลสาบสงขลา เป็นระยะทางประมาณ 130 กิโลเมตร เก็บดินตะกอนทั้งหมด 10 สถานี (ตารางที่ 2-1 และรูปที่ 2-1) สถานีละ 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่างดินตะกอน 3 ครั้ง ตามช่วงฤดูกาล คือ

ครั้งที่ 1 ฤดูแล้ง ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม พ.ศ. 2556 โดยเก็บตัวอย่างใน

วันที่ 9-10 พฤษภาคม พ.ศ. 2556

ครั้งที่ 2 ฤดูฝน (ตกล้อย) ช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2556 โดยเก็บตัวอย่าง

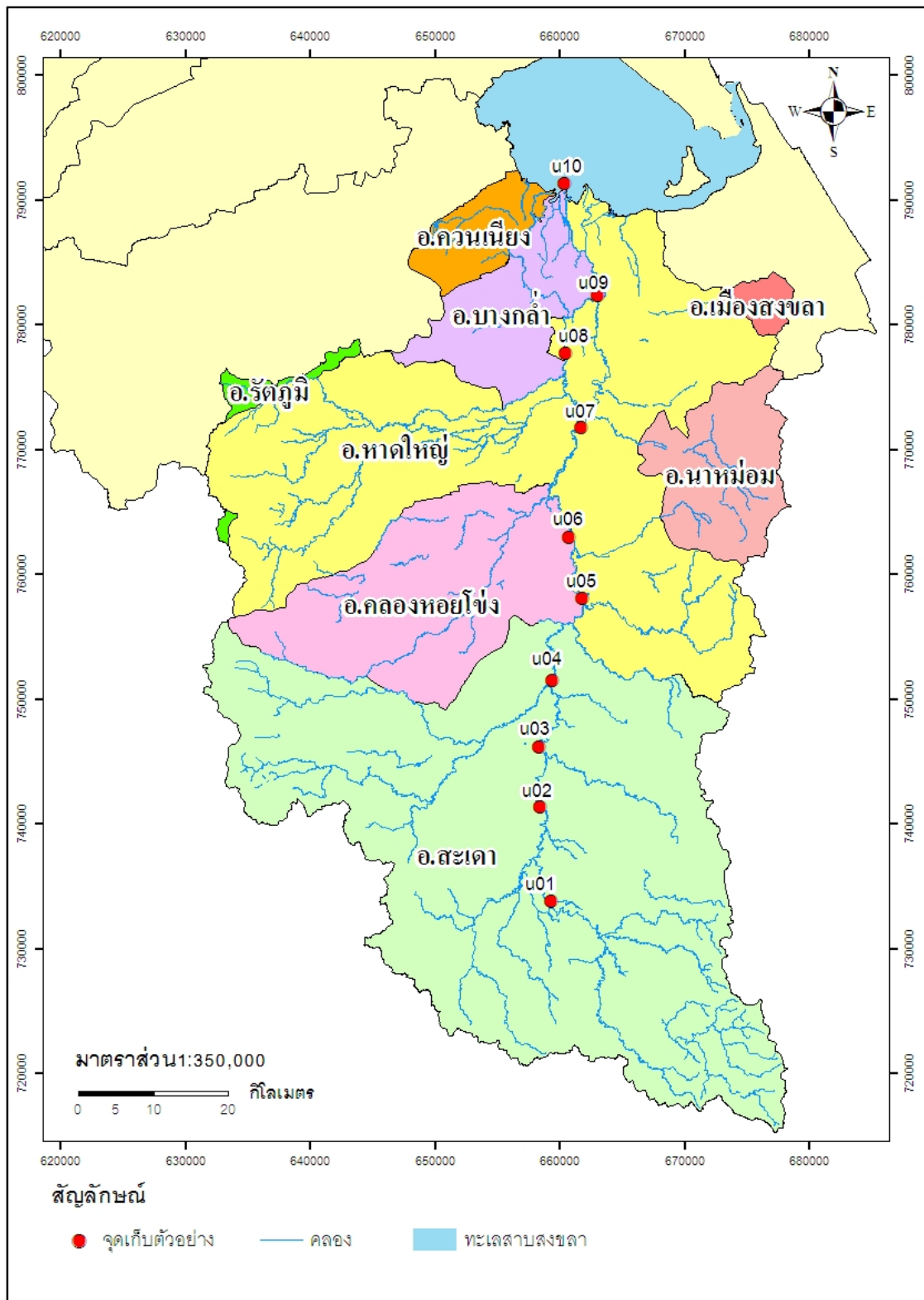
ในวันที่ 21-22 กรกฎาคม พ.ศ. 2556

ครั้งที่ 3 ฤดูฝน (ตกมาก) ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556-มกราคม พ.ศ. 2557

โดยเก็บตัวอย่างในวันที่ 16-17 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556

ตารางที่ 2-1 จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา

station	พิกัด		การใช้ประโยชน์ที่ดิน
	X	y	
u01	659274	733790	สวนยางพารา
u02	658404	741378	สวนยางพารา ชุมชน
u03	658300	746155	โรงงานอุตสาหกรรม สวนยางพารา แหล่งชุมชน
u04	659375	751501	โรงงานอุตสาหกรรม สวนยางพารา แหล่งชุมชน
u05	661812	758108	โรงงานอุตสาหกรรม สวนยางพารา แหล่งชุมชน
u06	660708	762991	สวนยางพารา สวนผลไม้ พืชไร่ นาข้าว
u07	661679	771756	สวนยางพารา แหล่งชุมชน
u08	660439	777718	นาข้าว ชุมชน
u09	662984	782305	สวนยางพารา สวนผลไม้ นาข้าว ชุมชน
u10	660332	791337	นาข้าว บ่อเลี้ยงกุ้งทะเล



รูปที่ 2-1 แผนที่สถานีเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา

2.3 การเก็บตัวอย่างภาคสนาม

2.3.1 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

เก็บตัวอย่างดินตะกอนโดยใช้ เครื่องตักตะกอนดิน (Ekman Grab) เก็บตะกอนดิน 10 สถานี สถานีละ 3 ซ้ำ นำตัวอย่างดินตะกอนทั้ง 3 ซ้ำ ของแต่ละสถานีมารวมกัน บรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีน (Polyethylene) ประมาณถุงละ 0.50 กิโลกรัม รัดยางปิดปากถุงให้แน่น บรรจุลงในกล่องที่บิใส่น้ำแข็งเก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการนำไปเก็บในตู้แช่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและสารหนูต่อไป

2.3.2 การวัดคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินตะกอน ณ จุดเก็บตัวอย่าง

- วัดค่า Redox Potential ด้วยเครื่อง Eh Meter แบบพกพา
- วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH Meter แบบพกพา

2.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

2.4.1 การเตรียมตัวอย่างดินตะกอนสำหรับการวิเคราะห์ นำตัวอย่างดินตะกอนของแต่ละสถานีที่แช่แข็งไว้มาละลายน้ำแข็ง จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยการนำดินใส่ถุงโพลีเอทิลีน เปิดปากถุงอบในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) จนกว่าดินจะแห้ง (กัญญณีจ หลีกภัย, 2549) ใช้เวลาประมาณ 3 วัน จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยโกร่งบด (Mortar and Pestle) ร่อนด้วยตะแกรงขนาดตา 0.63 มิลลิเมตร เก็บในขวดปิดฝาให้สนิท เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่ว

2.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่วโดยวิธี AOAC Official Method 990.08 (AOAC, 2005) ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) เป็นดังนี้

- ชั่งดินประมาณ 0.5000 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 125 มิลลิลิตร
- เติมกรดไนตริกเข้มข้น (Conc. HNO₃) 2 มิลลิลิตร

- ย่อยด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์ (30% H₂O₂) 0.5 มิลลิลิตร
- ย่อยต่อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
- กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ปรับปริมาตรด้วยน้ำ Deionized ให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ได้สารละลาย ใส่ใน Volumetric Flask
- นำสารละลายไปวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-OES

โดยโลหะหนักที่ย่อยจากตะกอนด้วยกรด เป็นโลหะหนักที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ได้ (Leachable) เท่านั้น

2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

2.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เป็นการวิเคราะห์ปริมาณของตะกั่วและสารหนูที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จากตัวอย่างดินของแต่ละสถานี ในแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง สถิติที่ใช้คือการหาค่าเฉลี่ย (Mean), ค่าสูงสุด (Max), ค่าต่ำสุด (Min) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและสารหนูเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเชิงพื้นที่และความแตกต่างเชิงฤดูกาล โดยนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

2.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่วร่วมกับวิธีทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่วร่วมกับวิธีทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นการนำเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการหาแหล่งที่มาของการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน ของคลองอู่ตะเภา ซึ่งข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ทางการเกษตร และลักษณะทางธรณีสัณฐานของกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

บทที่ 3

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

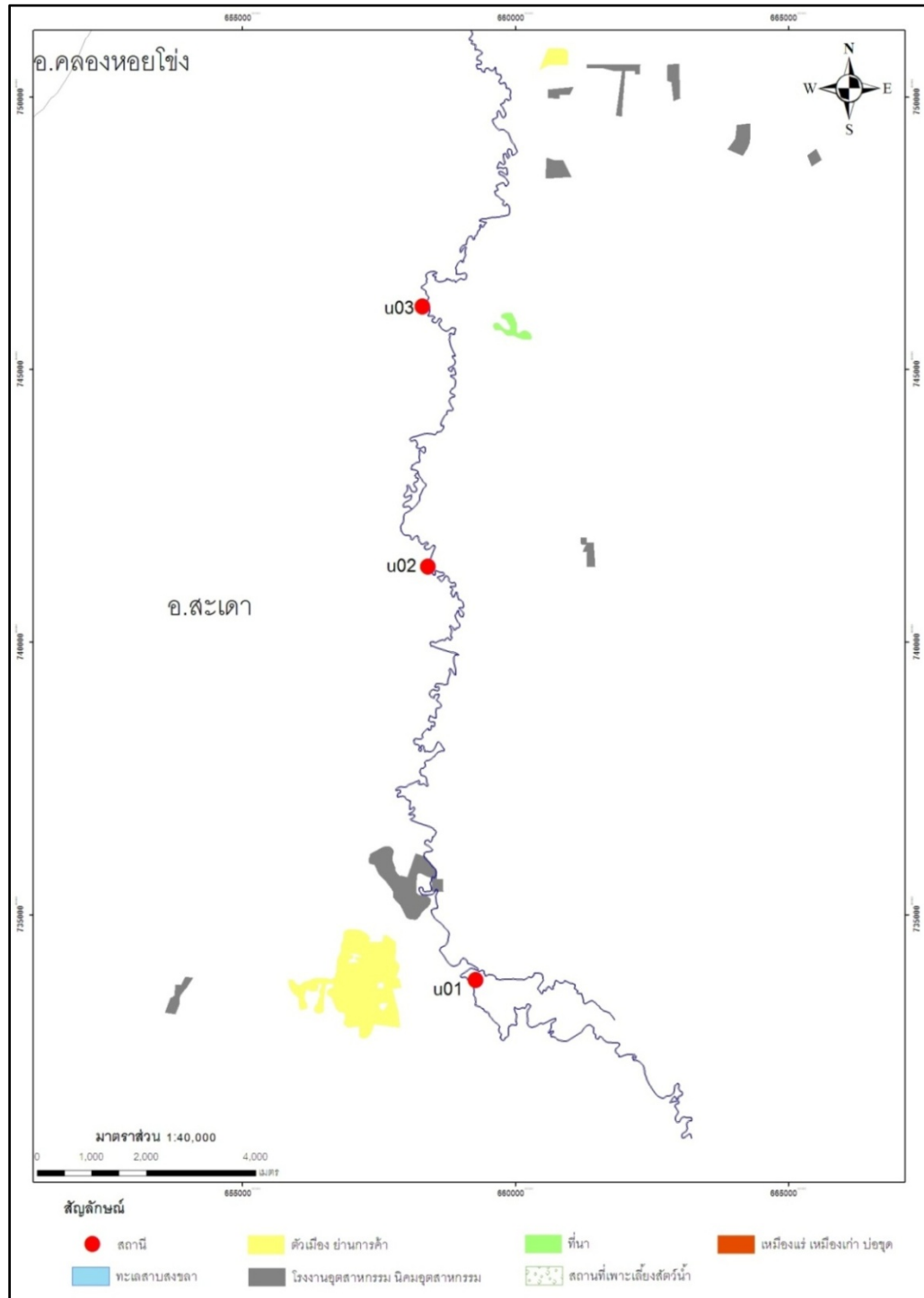
3.1 ลักษณะของคลองอุตะเถา

เขตต้นน้ำ (สถานี u01-u03) ตั้งแต่ตำบลสำนักแก้ว ถึงตำบลปริก อำเภอสะเดา (รูปที่ 3-1) ลักษณะของคลองมีความแคบและคดเคี้ยวมาก ความกว้างประมาณ 6-15 เมตร ตลิ่งคลองมีความลาดชัน และสูงค่อนข้างมาก คลองมีความลึกประมาณ 1-2 เมตร (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2549) การใช้ประโยชน์ที่ดินของคลองอุตะเถา ในเขตต้นน้ำพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมมีการปลูกยางพาราเป็นส่วนใหญ่ และไม้ผลอื่นๆ นอกจากนี้คลองอุตะเถายังไหลผ่านตัวอำเภอเมืองสะเดา ซึ่งเป็นเขตชุมชน และยังมีโรงงานอุตสาหกรรม ตั้งอยู่ริมคลองอุตะเถา ในระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง สถานี u01-u02

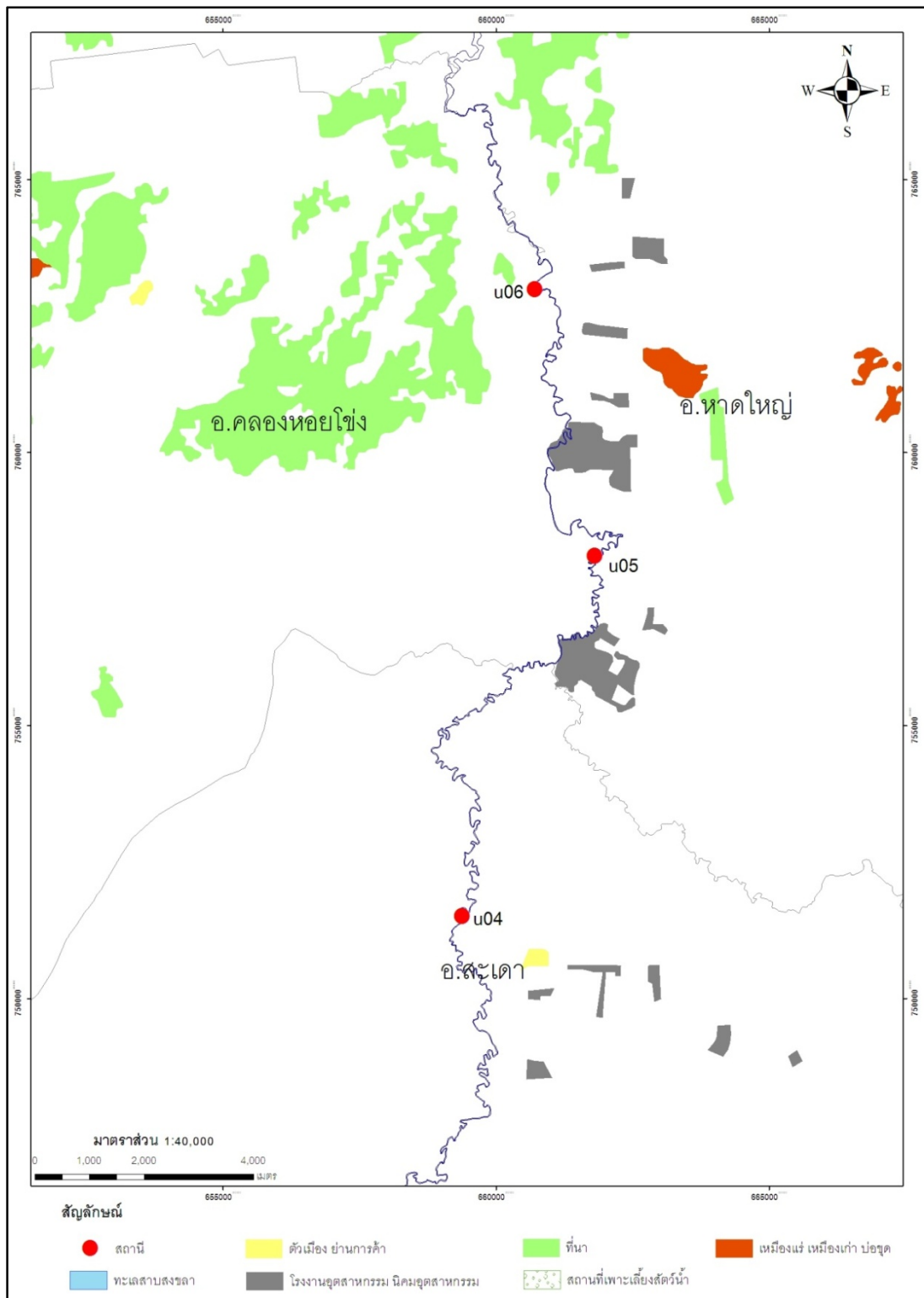
เขตกลางน้ำ (สถานี u04-u06) ตั้งแต่ตำบลพังลา อำเภอสะเดา ถึงตำบลบ้านพรุ อำเภอหาดใหญ่ (รูปที่ 3-2) คลองอุตะเถาในเขตกลางน้ำมีความกว้างประมาณ 15-30 เมตร (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2549) ลักษณะของคลองมีความกว้างและคดเคี้ยวมากขึ้น โดยเฉพาะในสถานี u05 และ สถานี u06 คลองบริเวณนั้นมีลักษณะโค้ง และมีความกว้างมาก ซึ่งอาจเกิดจากการกัดเซาะตลิ่งของกระแสน้ำ บริเวณที่มีการหักเลี้ยวของกระแสน้ำ มีลักษณะโค้ง และทำให้ตลิ่งมีความลาดชันมากการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตกลางน้ำส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมเช่นเดียวกับเขตต้นน้ำ แต่ในเขตกลางน้ำมีเหมืองแร่ดีบุกเก่าตั้งอยู่ในตำบลบ้านพรุ อำเภอหาดใหญ่ ซึ่งอยู่ระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง สถานี u05-u06 และระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง สถานี u04-u06 มีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่หลายโรงงาน

เขตปลายน้ำ (สถานี u07-u10) ตำบลควนลัง ถึงปากคลองอุตะเถา อำเภอหาดใหญ่ (รูปที่ 3-3) ลักษณะมีความคดเคี้ยวและความลาดชันน้อย ซึ่งเกิดจากการขุดลอกคลอง และมีความกว้างประมาณ 30-50 เมตร ความลึกประมาณ 2-5 เมตร (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2549) โดยน้ำคลองอุตะเถาได้แยกออกเป็นสองสาย ที่บริเวณตำบลควนลัง อำเภอหาดใหญ่โดยสายหนึ่งไหลผ่านตัวเมืองหาดใหญ่ และอีกสายหนึ่งไหลเลียบตัวเมืองหาดใหญ่ ไปบรรจบกันที่วัดนารังนก ตำบลคลองแห

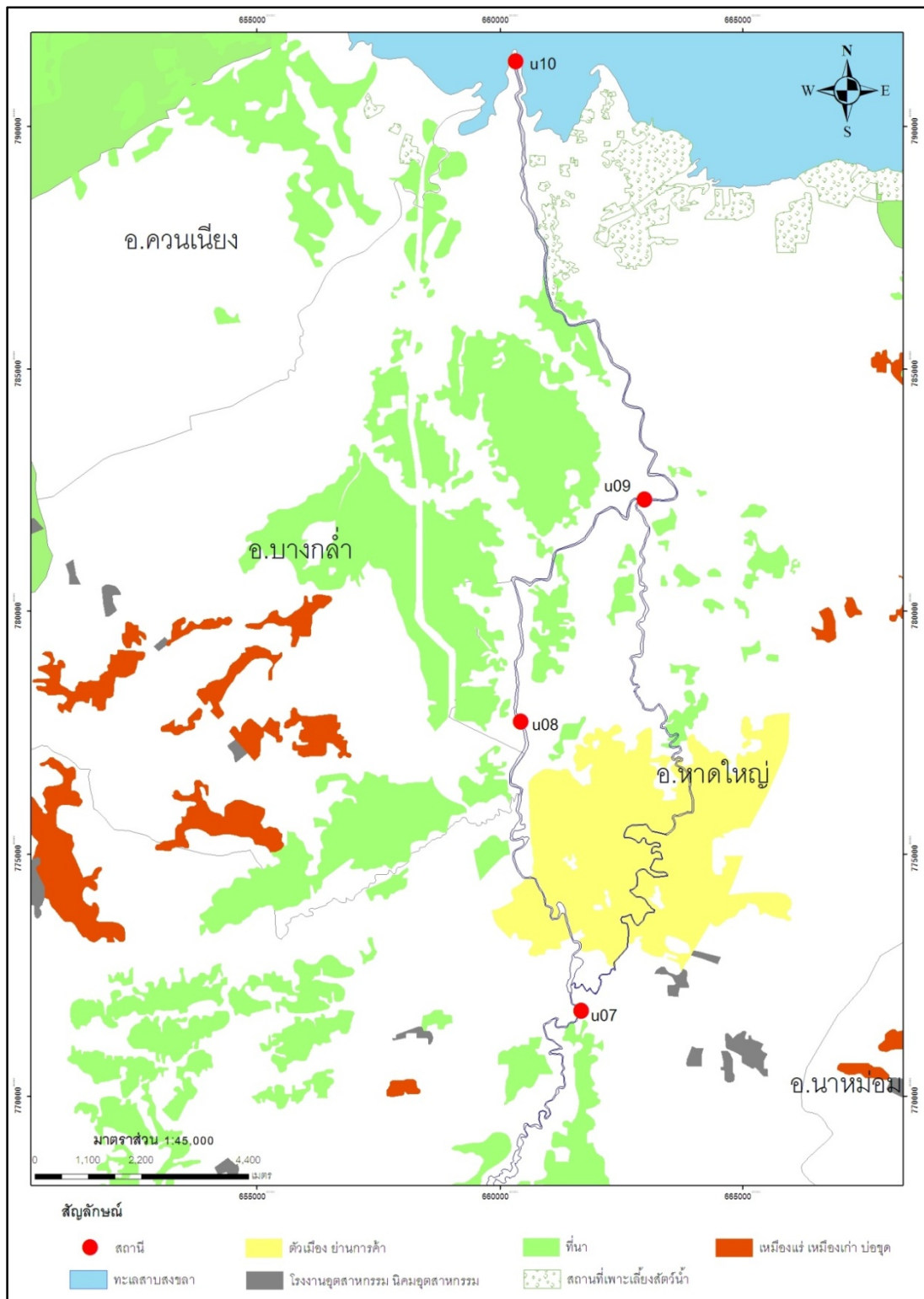
อำเภอหาดใหญ่ ในเขตปลายน้ำนอกจากจะมีชุมชนเมืองขนาดใหญ่ตั้งอยู่แล้ว บริเวณปากคลองยังมี การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นจำนวนมากอีกด้วย



รูปที่ 3-1 แผนที่คลองอู่ตะเภาในเขตต้นน้ำ (จุดเก็บตัวอย่าง u01, u02 และ u03) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน



รูปที่ 3-2 แผนที่คลองอยู่ตะเภาในเขตกลางน้ำ (จุดเก็บตัวอย่าง u04, u05 และ u06) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน



รูปที่ 3-3 แผนที่คลองอู่ตะเภาในเขตปลายน้ำ (จุดเก็บตัวอย่าง u07, u08, u09 และ u10) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.2 ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของดินตะกอนคลองอู่ตะเภา

ฤดูแล้ง การศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีของดินตะกอนในคลองอู่ตะเภา พบว่าอุณหภูมิของดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 27.0-31.0 องศาเซลเซียส (เฉลี่ย 29.3 ± 1.3 องศาเซลเซียส) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) มีค่าอยู่ในช่วง 5.10-7.23 (เฉลี่ย 6.45 ± 0.66) มีค่าต่ำที่สุดในสถานี u02 และมีค่าสูงสุดในสถานี u10 ค่า Redox Potential (Eh) มีค่าอยู่ในช่วง (-221.90)-406.80 มิลลิโวลต์ (เฉลี่ย 93.31 ± 200.68 มิลลิโวลต์) มีค่าต่ำที่สุดในสถานี u10 และมีค่าสูงสุดในสถานี u02 (ตารางที่ 3-1)

ตารางที่ 3-1 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของดินตะกอนคลองอู่ตะเภา ในฤดูแล้ง

สถานี	อุณหภูมิ (°C)	pH	Eh (mV)
u01	27.0	6.50	49.50
u02	29.0	5.10	406.80
u03	31.0	6.60	10.20
u04	29.0	6.20	11.30
u05	29.0	5.75	346.30
u06	28.0	6.97	33.40
u07	31.0	6.83	-53.30
u08	31.0	6.18	328.20
u09	29.0	7.11	22.60
u10	29.0	7.23	-221.90
เฉลี่ย	29.3 ± 1.3	6.45 ± 0.66	93.31 ± 200.68

ฤดูฝน (ตกน้อย) อุณหภูมิของดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 28.0-31.0 องศาเซลเซียส (เฉลี่ย 29.5 ± 0.9 องศาเซลเซียส) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) มีค่าอยู่ในช่วง 6.28-7.14 (เฉลี่ย 6.79 ± 0.24) มีค่าต่ำที่สุดในสถานี u02 และมีค่าสูงสุดในสถานี u03 (เขตต้นน้ำ) ค่า Redox Potential (Eh) มีค่าอยู่ในช่วง (-21.60)-396.00 มิลลิโวลต์ (เฉลี่ย 132.66 ± 164.55 มิลลิโวลต์) มีค่าต่ำที่สุดในสถานี u10 (เขตปลายน้ำ) และมีค่าสูงสุดในสถานี u08 (ตารางที่ 3-2)

ตารางที่ 3-2 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของดินตะกอนคลองอุต๊ะเกา ในฤดูฝน (ตกล้อย)

สถานี	อุณหภูมิ (°C)	pH	Eh (mV)
u01	28.0	6.80	89.53
u02	30.0	6.28	69.20
u03	29.0	7.14	326.60
u04	29.0	6.97	111.10
u05	30.0	6.80	361.30
u06	29.0	6.88	2.70
u07	31.0	6.72	-2.30
u08	29.0	6.54	396.00
u09	29.0	6.80	-5.90
u10	30.5	7.00	-21.60
เฉลี่ย	29.5±0.9	6.79±0.24	132.66±164.55

ฤดูฝน (ตกลมาก) อุณหภูมิของดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 27.2-29.0 องศาเซลเซียส (เฉลี่ย 28.3±0.7 องศาเซลเซียส) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) มีค่าอยู่ในช่วง 6.21-7.50 (เฉลี่ย 6.86±0.41) ค่าต่ำที่สุดในสถานี u03 และมีค่าสูงสุดในสถานี u10 ค่า Redox Potential (Eh) มีค่าอยู่ในช่วง (-170.30)-155.40 มิลลิโวลต์ (เฉลี่ย 3.22±101.68 มิลลิโวลต์) ค่าต่ำที่สุดในสถานี u09 และมีค่าสูงสุดในสถานี u01 (ตารางที่ 3-3)

ตารางที่ 3-3 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของดินตะกอนคลองอุต๊ะเกา ในฤดูฝน (ตกลมาก)

สถานี	อุณหภูมิ (°C)	pH	Eh (mV)
u01	27.2	7.42	155.40
u02	28.2	6.48	61.80
u03	28.5	6.21	127.20
u04	27.7	6.63	17.70
u05	27.5	6.55	14.80
u06	28.9	6.91	-33.80
u07	28.3	7.03	-0.10
u08	29.0	6.99	-5.20
u09	29.0	6.86	-170.30
u10	29.0	7.50	-135.30
เฉลี่ย	28.3±0.7	6.86±0.41	3.22±101.68

3.3 การปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนเชิงพื้นที่

3.3.1 สารหนู

ถดูแล้ง สารหนูในดินตะกอนอยู่ในช่วง 3.87-17.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง (เฉลี่ย 9.35 ± 4.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) มีค่าสูงสุดในสถานี u01 และมีค่าต่ำที่สุดในสถานี u06 (รูปที่ 3-4) พบว่ามีการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนสูงในสถานี u01, u04 และ u10 (รูปที่ 3-5)

สถานี u01 เมื่อพิจารณาจากพื้นที่การเกษตร พบว่ามีการทำสวนยางพาราเป็นจำนวนมากในบริเวณนี้ แต่จากการตรวจสอบชนิดของเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการทำการเกษตรจากร้านขายเคมีภัณฑ์ทางการเกษตร (ภาคผนวก ฉ) พบว่าเคมีภัณฑ์ในการทำการเกษตรเหล่านี้ไม่มีส่วนผสมของสารหนู แสดงให้เห็นว่าสารหนูที่ปนเปื้อนในดินตะกอนของคลองอยู่ตะเภาไม่ได้มาจากเคมีภัณฑ์ทางการเกษตร และเมื่อพิจารณาจากลักษณะทางธรณีฐานของกลุ่มน้ำคลองอยู่ตะเภา พบว่ากลุ่มน้ำคลองอยู่ตะเภา มีลักษณะทางธรณีฐาน 3 ลักษณะ คือ ตะกอน (Sediment) หินอัคนี (Igneous rocks) หินตะกอนและหินแปร (Sedimentary rocks and Metamorphic rocks) (สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552) ซึ่งในสถานี u01 ที่มีการปนเปื้อนของสารหนูสูง พบว่าในบริเวณนี้มีลักษณะทางธรณีฐานเป็น หินตะกอนและหินแปร ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นแหล่งของสารหนูตามธรรมชาติ โดยปกติแล้วสารหนูจะพบมากในหินอัคนี แต่นอกจากนั้นยังพบว่ามีสารหนูมากอยู่ในแร่ Realgar (AsS) และ Cobaltite (CoAsS) ซึ่งแร่เหล่านี้อยู่ในชั้นหินตะกอนและหินแปร (สายสวาท สีล, 2554) โดยคาดว่าสารหนูที่อยู่ในชั้นหินเหล่านี้เกิดการผุกร่อนและถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ และด้วยลักษณะทางกายภาพของคลองในบริเวณนี้มีความแคบและแคบมาก รวมไปถึงในฤดูร้อนกระแสน้ำไหลช้าและปริมาณน้ำน้อย (238.4 มิลลิเมตร: ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก, 2556) ทำให้สารหนูถูกพัดพาไปได้ไม่ไกลและตกทับถมอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดทำให้บริเวณนี้มีการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนมาก

สถานี u04 เมื่อพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่ามีโรงงานแปรรูปน้ำยางพาราตั้งอยู่หลายโรง ในกระบวนการแปรรูปน้ำยางพารามีการเติมกรดอินทรีย์และกรดกำมะถันเพื่อทำให้น้ำยางแข็งตัว จึงทำให้น้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปน้ำยางพารามีสารอินทรีย์สูง (สำนักพัฒนาการ

ถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) สารอินทรีย์จำนวนมากจากน้ำทิ้งเหล่านี้ อาจทำให้สารหนูในแหล่งน้ำจับตัวและตกตะกอนจมสู่พื้นท้องน้ำได้มากขึ้น

สถานี u10 ปากคลองอยู่ตะเภา เมื่อพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่าบริเวณนี้มีแหล่งชุมชน ซึ่งมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นน้ำทิ้งน้ำเสียจากแหล่งชุมชนมีสารอินทรีย์จำนวนมาก และนอกจากนั้นบริเวณนี้ยังมีพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจำนวนมาก จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 TM เดือนมกราคม พ.ศ. 2548 พบว่ามีพื้นที่เลี้ยงกุ้งรวม 2,568.75 ไร่ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2549) สารอินทรีย์จากการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลที่ถูกปล่อยลงสู่คลองอยู่ตะเภาสามารถจับตัวกับสารหนูได้มากขึ้นจมสู่พื้นท้องน้ำในบริเวณนี้

ฤดูฝน (ตกล้น) สารหนูในดินตะกอนอยู่ในช่วง 3.00-15.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง (เฉลี่ย 9.04 ± 3.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) มีค่าสูงที่สุดในสถานี u10 และมีค่าต่ำที่สุดในสถานี u03 (รูปที่ 3-4) พบว่ามีการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนสูงในสถานี u04, u06 และ u10 (รูปที่ 3-6)

สถานี u04 เมื่อพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่ามีโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา ตั้งอยู่หลายโรง สารอินทรีย์จากน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางพาราอาจทำให้สารหนูในแหล่งน้ำจับตัวและตกตะกอนจมสู่พื้นท้องน้ำได้มากขึ้น

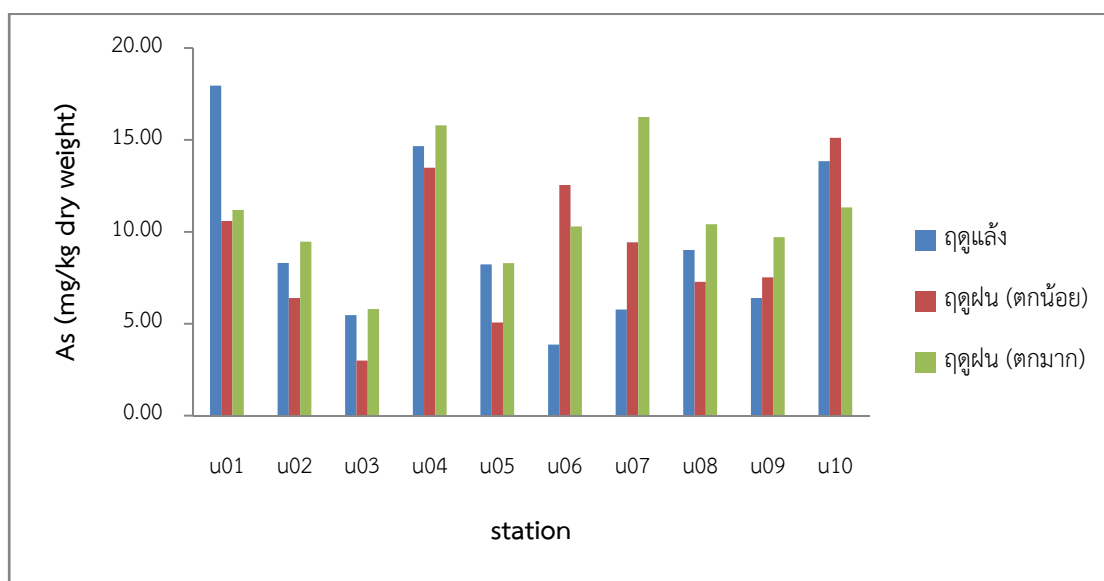
สถานี u06 เมื่อพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่ามีโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา ตั้งอยู่ในบริเวณนี้ นอกจากนั้นระหว่างสถานี u05 กับ u06 มีเหมืองแร่ดีบุกเก่า โดยสารหนูจะปนเปื้อนมากับสายแร่ดีบุก (อรุณศักดิ์ โสภณธรรมภาณ, 2551) น้ำฝนชะล้างสารหนูจากเหมืองแร่เก่าลงสู่คลองอยู่ตะเภา และด้วยปริมาณน้ำและความแรงของกระแสน้ำในคลองเพิ่มขึ้น (253.4 มิลลิเมตร: ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก, 2556) อาจพัดพาสารหนูไปตกตะกอนบริเวณสถานี u06 ทำให้บริเวณนี้มีการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนสูง

สถานี u10 เมื่อพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่าบริเวณนี้มีแหล่งชุมชน ซึ่งมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น และมีการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจำนวนมาก นอกจากนั้นปริมาณน้ำและความแรงของกระแสน้ำที่เพิ่มขึ้นในฤดูนี้ อาจพัดพาตะกอนจากเขตต้นน้ำ กลางน้ำไปได้ไกลมากขึ้น ไปตกทับถมบริเวณสถานี u10 ทำให้บริเวณนี้มีการปนเปื้อนของสารหนูมากที่สุดในฤดูฝนตกล้น

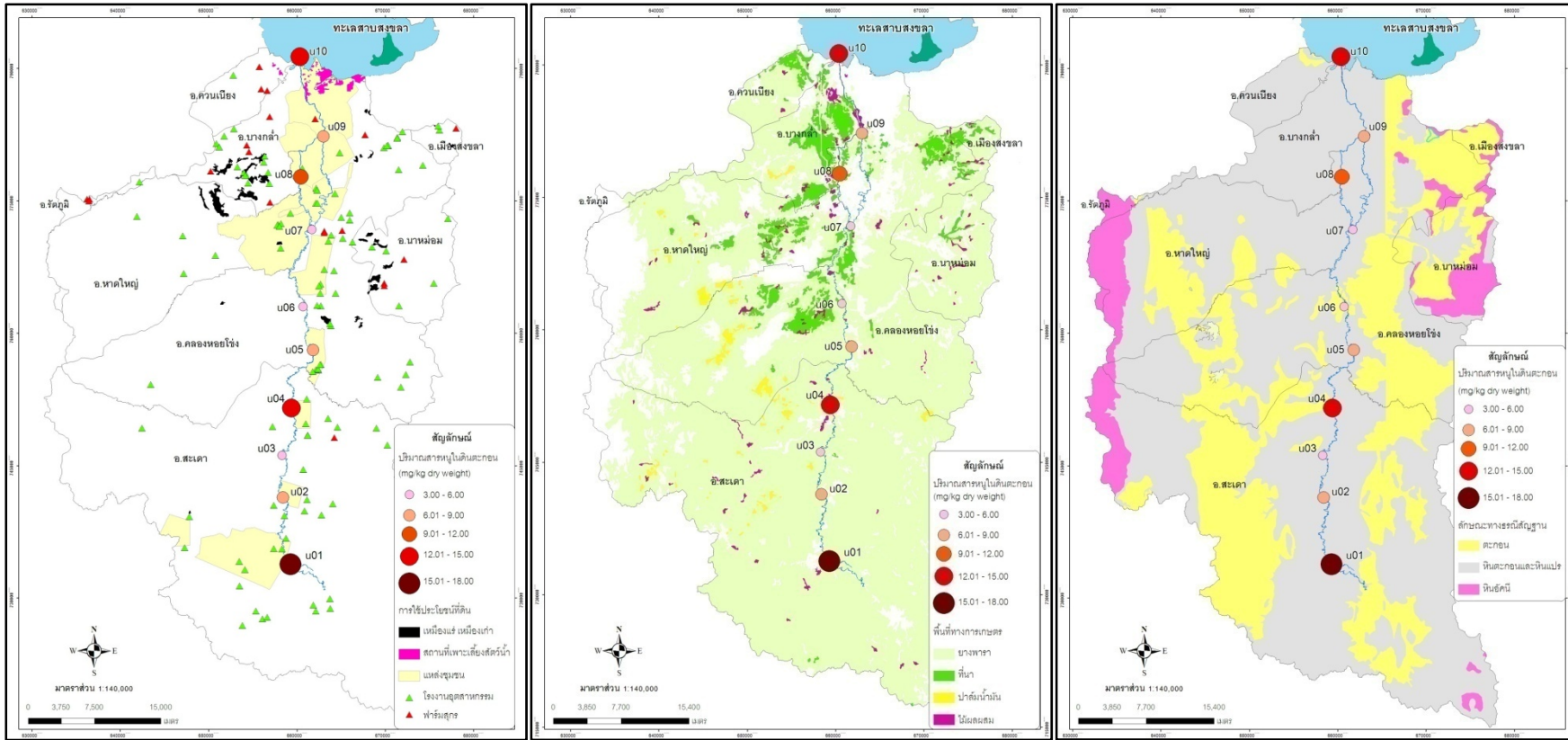
ฤดูฝน (ตกมาก) สารหนูในดินตะกอนอยู่ในช่วง 5.80-16.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง (เฉลี่ย 10.86 ± 3.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) มีค่าสูงสุดในสถานี u07 และมีค่าต่ำที่สุดในสถานี u03 (รูปที่ 3-4) โดยพบการปนเปื้อนสูงในสถานี u04 และ u07 (รูปที่ 3-7)

สถานี u04 เมื่อพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่ามีโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา ตั้งอยู่หลายโรง สารอินทรีย์จากน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางพาราอาจทำให้สารหนูในแหล่งน้ำจับตัวและตกตะกอนจมสู่พื้นท้องน้ำได้มากขึ้น เช่นเดียวกับฤดูอื่นๆ

สถานี u07 เมื่อพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่ามีโรงงานปลาป่น มีสารอินทรีย์จำนวนมากในน้ำทิ้งที่มาจากชิ้นส่วนต่างๆ ของปลาที่เหลือจากกระบวนการผลิตอาจทำให้สารหนูในแหล่งน้ำจับตัวและตกตะกอนจมสู่พื้นท้องน้ำได้มากขึ้น และนอกจากนั้นยังพบว่าตลอดลำน้ำคลองอู่ตะเภา มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ริมคลองอู่ตะเภา 110 โรงงาน โดยพบว่ามีโรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่คลองอู่ตะเภา 23 โรงงาน ซึ่งมีโรงงานแปรรูปยางพารา 18 โรงงาน โรงงานปลาป่น 2 โรงงาน โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง 2 โรงงาน และโรงงานปรับคุณภาพน้ำเสีย 1 โรงงาน ซึ่งทั้ง 24 โรงงานเหล่านี้ส่วนใหญ่มีที่ตั้งอยู่ริมคลองอู่ตะเภาตั้งแต่สถานี u04-u07 (สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552) ซึ่งความแรงของกระแสในฤดูนี้จะพัดพาเอาสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงาน สารแขวนลอยต่างๆ จากเขตต้นน้ำและกลางน้ำมาตกทับถมในบริเวณสถานีนี้ ทำให้มีการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนสูงขึ้น



รูปที่ 3-4 ปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอน คลองอู่ตะเภาตามสถานีและฤดูกาล

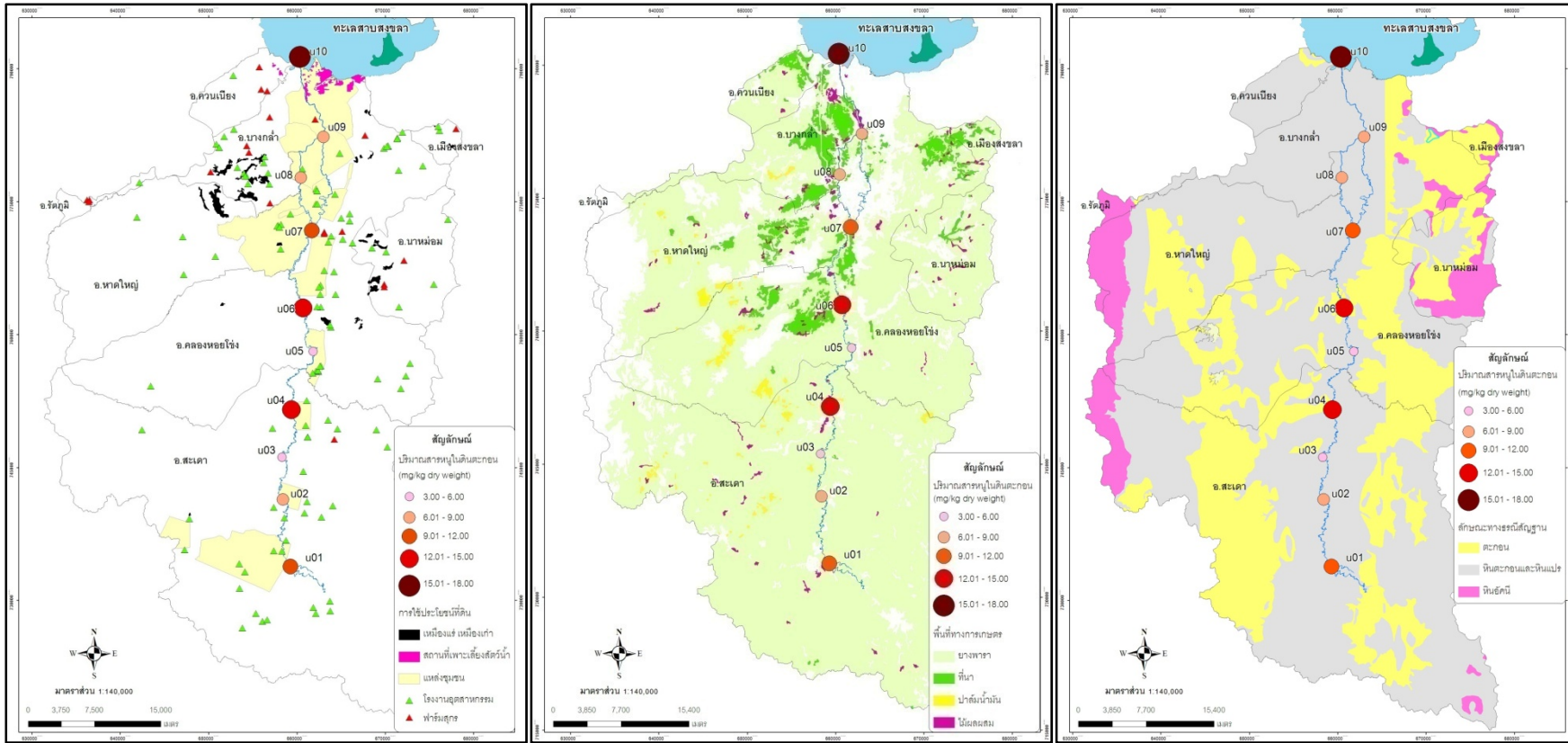


(ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน

(ข) พื้นที่การเกษตร

(ค) ลักษณะทางธรณีสัณฐาน

รูปที่ 3-5 ปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนของฤดูแล้ง ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่ทางการเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีสัณฐานของกลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกา



(ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน

(ข) พื้นที่การเกษตร

(ค) ลักษณะทางธรณีสิ่งแวดล้อม

รูปที่ 3-6 ปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนของฤดูฝน (ตกล้น้อย) ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่ทางการเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีสิ่งแวดล้อมของกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

3.3.2 ตะกั่ว

ฤดูแล้ง ตะกั่วในดินตะกอนอยู่ในช่วง 3.44-14.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง (เฉลี่ย 9.02 ± 3.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) มีค่าสูงที่สุดในสถานี u08 และมีค่าต่ำที่สุดในสถานี u07 (รูปที่ 3-8 และรูปที่ 3-9)

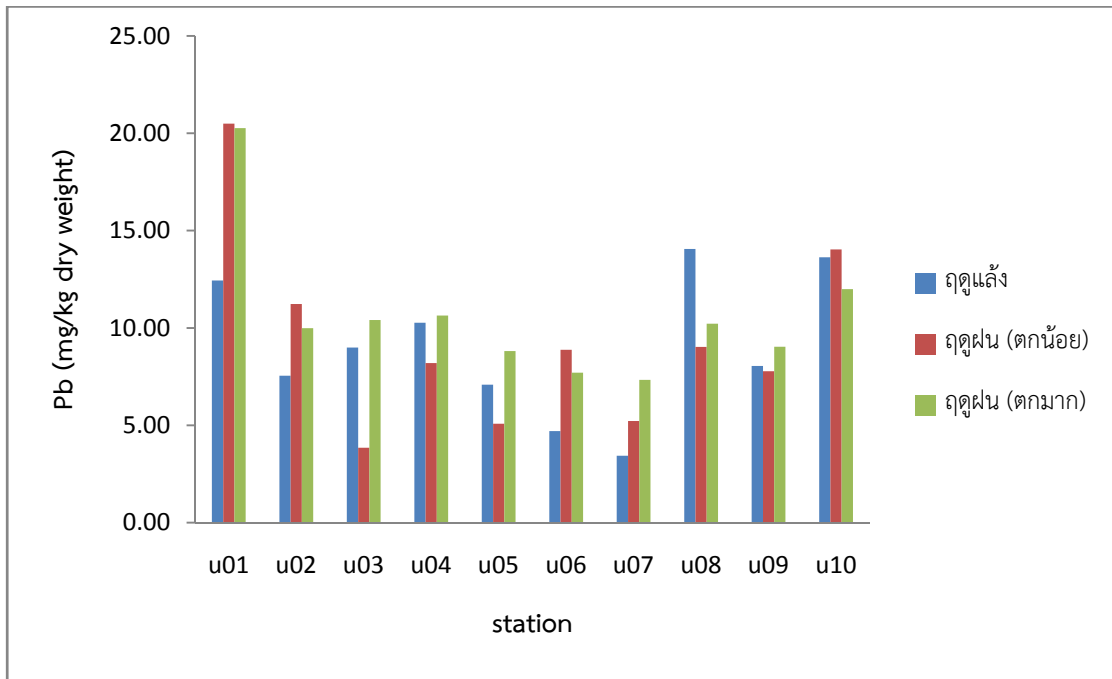
ฤดูฝน (ตกล้น) ตะกั่วในดินตะกอนอยู่ในช่วง 3.85-20.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง (เฉลี่ย 9.38 ± 4.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) มีค่าสูงที่สุดในสถานี u01 และมีค่าต่ำที่สุดในสถานี u03 (รูปที่ 3-8 และรูปที่ 3-10)

ฤดูฝน (ตกลม) ตะกั่วในดินตะกอนอยู่ในช่วง 7.33-20.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง (เฉลี่ย 10.64 ± 3.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) มีค่าสูงที่สุดในสถานี u01 และมีค่าต่ำที่สุดในสถานี u07 (รูปที่ 3-8 และรูปที่ 3-11)

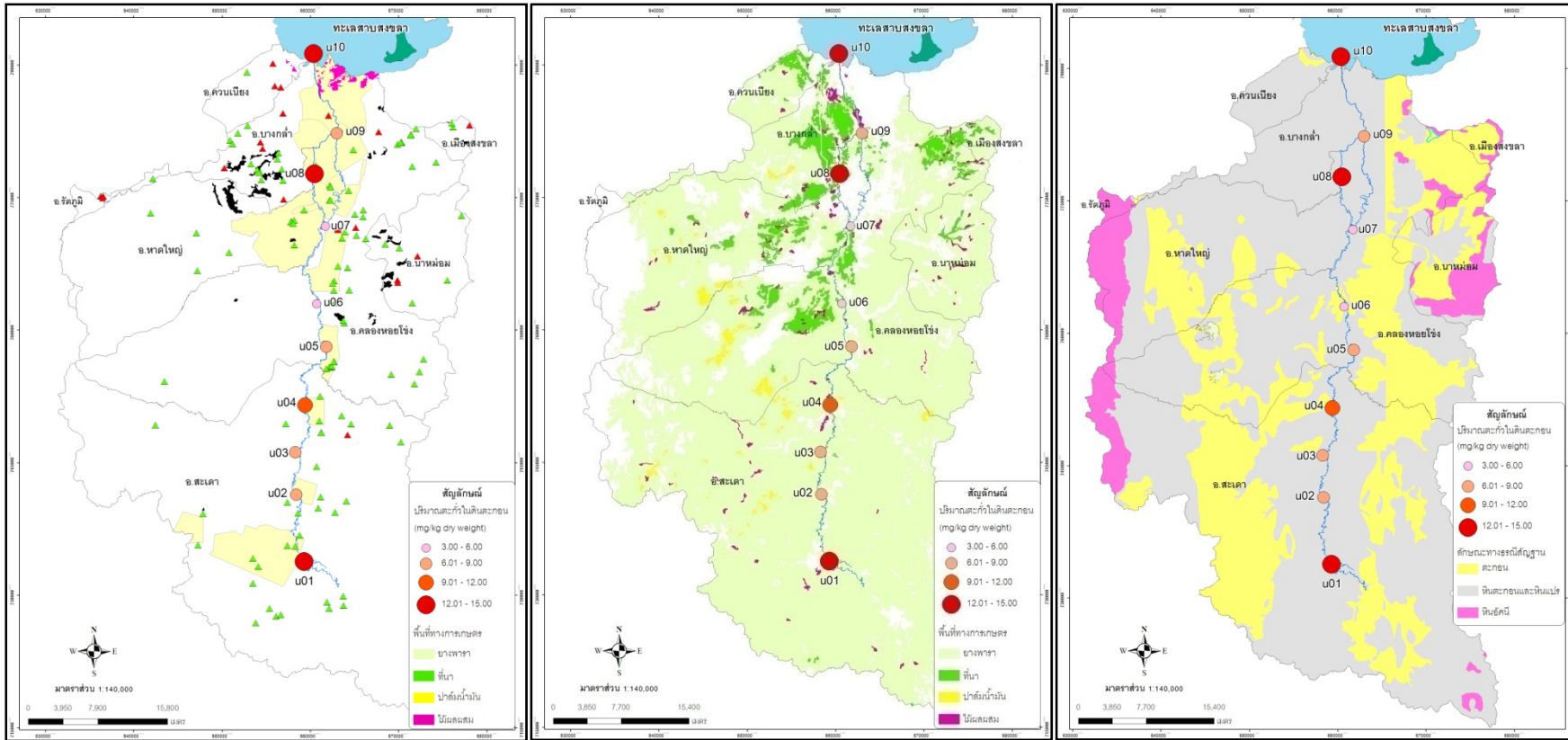
โดยสาเหตุการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนสูง ในสถานี u01 เมื่อพิจารณาจากพื้นที่การเกษตร พบว่าบริเวณนี้มีการทำสวนยางพารา แต่จากการตรวจสอบชนิดของเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการทำการเกษตรจากร้านขายเคมีภัณฑ์ทางการเกษตรทั่วไป (ภาคผนวก ฉ) พบว่าเคมีภัณฑ์ในการทำการเกษตรเหล่านี้ไม่มีส่วนผสมของตะกั่ว แสดงให้เห็นว่าตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินตะกอนของคลองอยู่ตะเภาไม่ได้มาจากเคมีภัณฑ์ทางการเกษตรและเมื่อพิจารณาจากลักษณะทางธรณีสัณฐาน พบว่าบริเวณนี้เป็นหินตะกอนและหินแปร ซึ่งพบว่าโดยเฉลี่ยในหินปูนมีตะกั่วประมาณ 5-10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หินทรายมีประมาณ 10-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และหินดินดานมีประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ, 2557) ตะกั่วที่อยู่ในชั้นหินในบริเวณนี้เกิดการผุกร่อนโดยน้ำฝนซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และถูกชะล้างพัดพาไปสู่คลองอยู่ตะเภาและตกทับถมลงสู่พื้นที่ท้องน้ำในบริเวณนี้

ในสถานี u08 เมื่อพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่าบริเวณนี้ มีโรงงานปลาปนตั้งอยู่ใกล้ๆ บริเวณนี้ สารอินทรีย์จำนวนมากในน้ำทิ้งที่มาจากชิ้นส่วนต่างๆ ของปลาที่เหลือจากกระบวนการผลิต หากมีการปล่อยน้ำทิ้งเหล่านี้ลงสู่คลองอยู่ตะเภา สารอินทรีย์จำนวนมากจากน้ำทิ้งเหล่านี้ อาจทำให้ตะกั่วในแหล่งน้ำจับตัวและตกตะกอนจมสู่พื้นที่ท้องน้ำได้มากขึ้น และเมื่อพิจารณาจากพื้นที่การเกษตร พบว่าบริเวณนี้มีการทำสวนยางพารา และนาข้าว แต่จากการตรวจสอบชนิดของ

เคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการทำการเกษตรจากร้านขายเคมีภัณฑ์ทางการเกษตรทั่วไป (ภาคผนวก ฉ) พบว่าเคมีภัณฑ์ในการทำการเกษตรเหล่านี้ไม่มีส่วนผสมของตะกั่ว



รูปที่ 3-8 ปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอน คลองอุ้มะภูตามสถานีและฤดูกาล

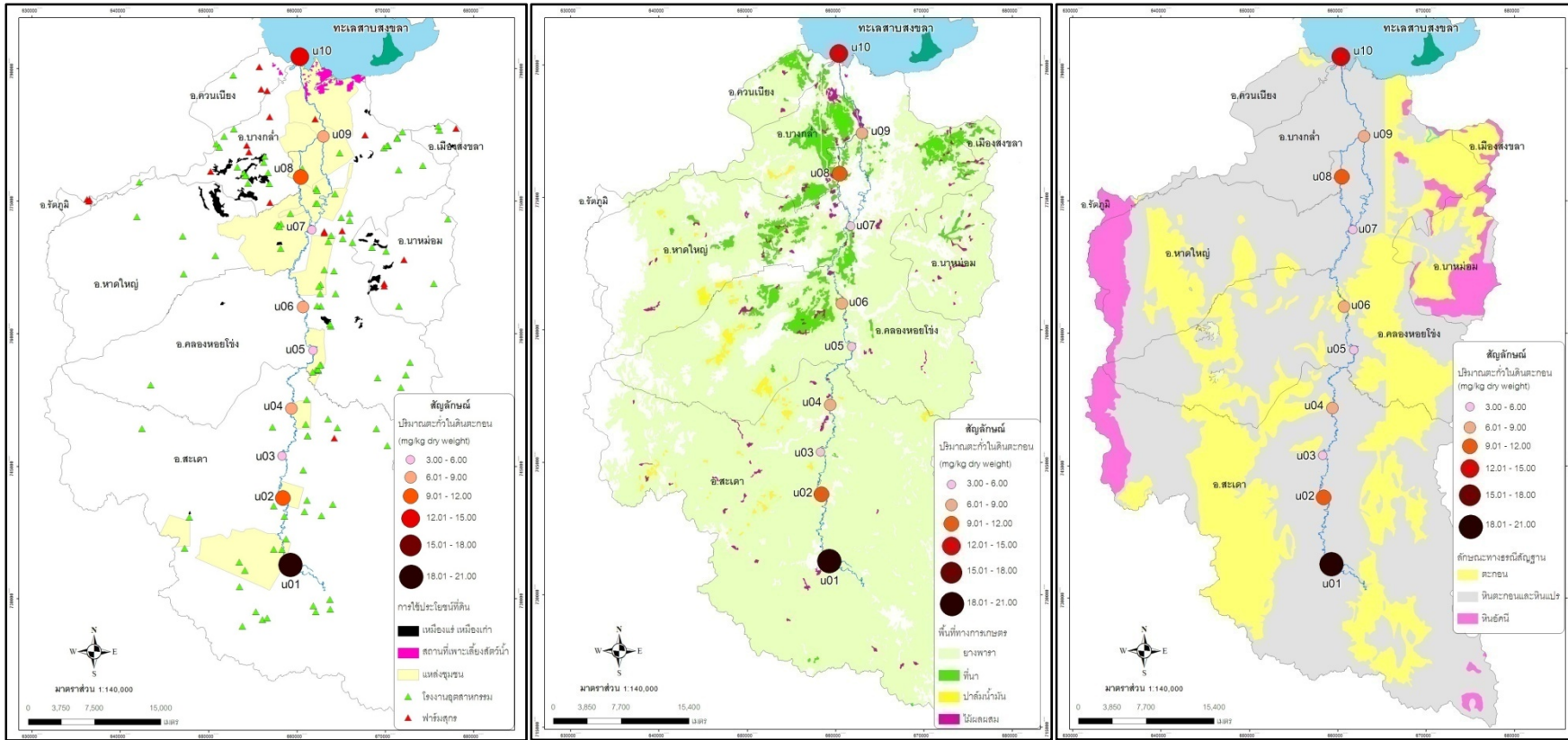


(ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน

(ข) พื้นที่การเกษตร

(ค) ลักษณะทางธรณีสิ่งแวดล้อม

รูปที่ 3-9 ปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนของฤดูแล้ง ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่ทางการเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีสิ่งแวดล้อมของกลุ่มน้ำคลองอุตะเกา

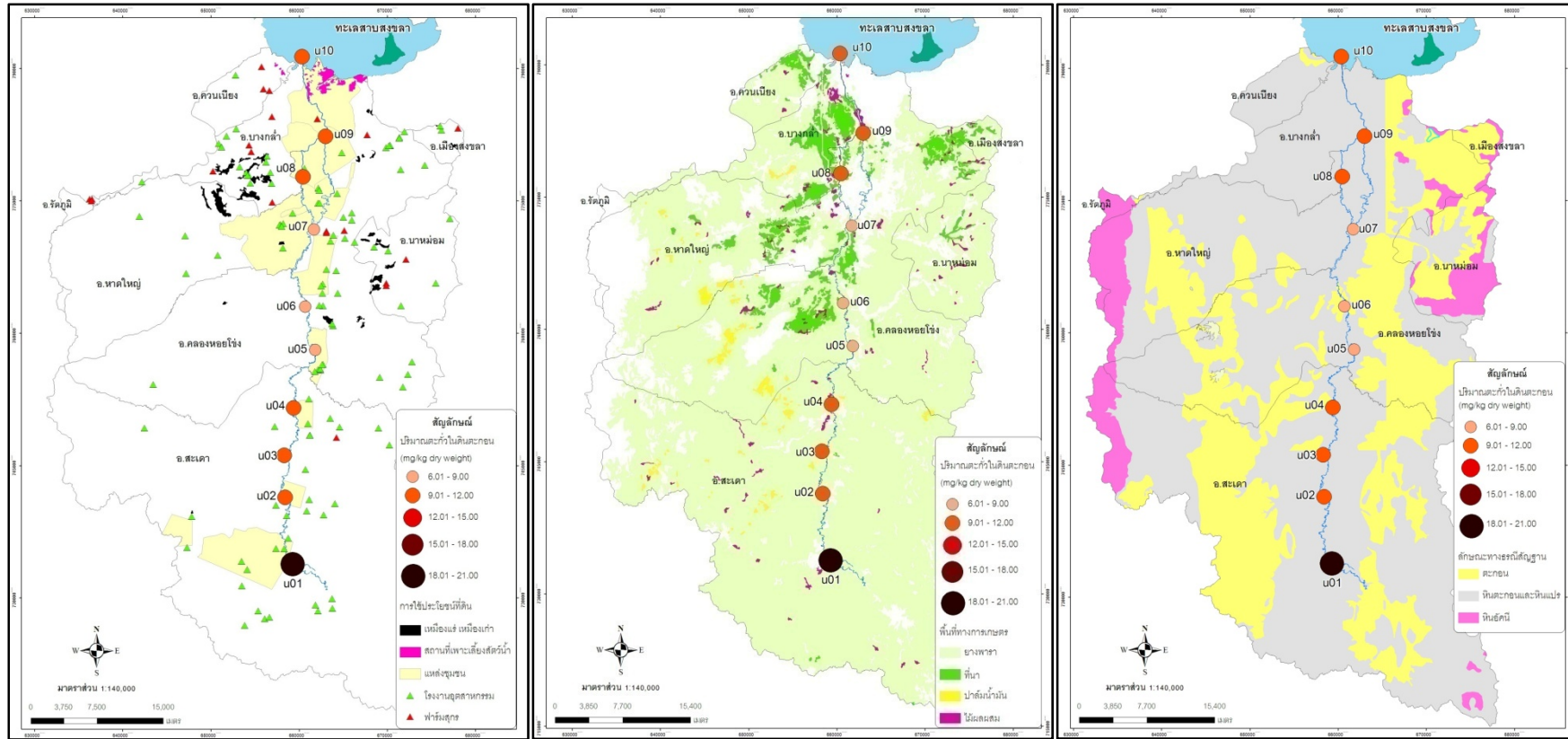


(ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน

(ข) พื้นที่การเกษตร

(ค) ลักษณะทางธรณีสิ่งแวดล้อม

รูปที่ 3-10 ปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนของฤดูฝน (ตกน้อย) ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่ทางการเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีสิ่งแวดล้อมของกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา



(ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน

(ข) พื้นที่การเกษตร

(ค) ลักษณะทางธรณีวิทยา

รูปที่ 3-11 ปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนของฤดูฝน (ตกมาก) ร่วมกับ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข) พื้นที่ทางการเกษตร และ (ค) ลักษณะทางธรณีวิทยาของกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

3.4 การปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนเชิงฤดูกาล

จากการศึกษาการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน พบว่าคลองอุ้ตะเภามีค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนของสารหนูมากที่สุดในฤดูฝน (ตกมาก) รองลงมาคือฤดูแล้ง และน้อยที่สุดคือฤดูฝน (ตกน้อย) มีค่าเท่ากับ 10.85 ± 3.16 , 9.35 ± 4.61 และ 9.04 ± 3.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนมีมากที่สุดในฤดูฝน (ตกมาก) รองลงมาคือฝน (ตกน้อย) และน้อยที่สุดคือฤดูแล้ง มีค่าเท่ากับ 10.64 ± 3.66 , 9.38 ± 4.94 และ 9.02 ± 3.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ธัญชนก จันทร์คง (2552) ที่ศึกษาระดับของสารหนูที่ผิวหน้าดินตะกอนในอ่าวปากพนังโดยพบว่าในฤดูฝนมีสารหนูในดินตะกอนมากกว่าในฤดูแล้ง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 3-4) พบว่าในแต่ละฤดูค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน บริเวณคลองอุ้ตะเภามีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3-4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารหนูและตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) ในดินตะกอนระหว่างฤดูด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ฤดู	N	Subset for alpha = 0.05	
		สารหนู	ตะกั่ว
แล้ง	10	9.35300	9.02400
ฝน (ตกน้อย)	10	9.04300	9.37800
ฝน (ตกมาก)	10	10.85500	10.63900
Sig.		0.340	0.415

3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารหนูและตะกั่ว กับค่าความเป็นกรดต่าง และค่า Redox Potential (Eh)

จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ค่า Redox Potential (Eh) ปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 3-5)

ฤดูแล้ง พบว่าค่า Eh มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่า pH ($r = -0.869$) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ปริมาณการปนเปื้อนของสารหนู มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอน ($r = 0.705$) อย่างมีนัยสำคัญ โดยในบริเวณที่มีการปนเปื้อนสารหนูในดินตะกอนสูง จะพบว่าปริมาณตะกั่วในดินตะกอนสูงขึ้นด้วยเช่นกัน มีความเป็นไปได้ว่าแหล่งที่มาของสารหนูและตะกั่ว น่าจะมาจากแหล่งเดียวกัน ซึ่งไม่มีอิทธิพลของกระแสน้ำมาเกี่ยวข้อง เนื่องจากในฤดูแล้ง ปริมาณน้ำฝนมีน้อย ในฤดูฝน (ตกน้อย) สารหนูมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่า Eh อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยในดินตะกอนที่มีค่า Eh สูง ดินตะกอนอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจน สารหนูส่วนใหญ่อยู่ในรูป As^{5+} ทำให้จับกับวัตถุอื่นได้ง่าย โอกาสการแพร่กระจายเกิดขึ้นได้น้อย (Dickerson, 1980)

ตารางที่ 3-5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารหนูและตะกั่ว กับ pH และ Eh ในดินตะกอน แต่ละฤดู

(ก) ฤดูแล้ง

	pH	Eh	As	Pb
pH	1	-0.869**	-0.067	0.020
Eh		1	-0.187	-0.050
As			1	0.705*
Pb				1

(ข) ฤดูฝน (ตกน้อย)

	pH	Eh	As	Pb
pH	1	-0.011	0.234	-0.160
Eh		1	-0.655*	-0.356
As			1	0.495
Pb				1

(ค) ฤดูฝน (ตกมาก)

	pH	Eh	As	Pb
pH	1	-0.315	0.415	0.482
Eh		1	-0.165	0.474
As			1	-0.035
Pb				1

หมายเหตุ : * คือ $p < 0.05$

** คือ $p < 0.01$

3.6 เปรียบเทียบระดับของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนบริเวณคลองอุตะเภากับพื้นที่อื่นๆ และการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

สารหนู จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในฤดูแล้ง ฤดูฝน (ตกล้น) และฤดูฝน (ตกมาก) การปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอน บริเวณคลองอุตะเภา มีค่าในช่วง 3.87-17.96, 3.00-15.11 และ 5.80-16.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของัญชนก จันทร์คง (2552) ที่ศึกษาบริเวณอ่าวปากพนัง ในฤดูร้อน และฤดูฝน พบค่าในช่วง < 0.30 -13.80 และ 3.30-10.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกับงานวิจัยของ ธงชัย สุธีรศักดิ์ และไตรภพ ผ่องสุวรรณ (2551) ซึ่งศึกษาปริมาณสารหนูที่ปนเปื้อนในดินตะกอนคลองบางใหญ่ จังหวัดภูเก็ต มีค่า 18.0-92.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่าสารหนูในคลองอุตะเภา อาจเนื่องมาจากคลองบางใหญ่มีความยาวเพียง 8 กิโลเมตร เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากเหมืองดีบุกในอดีต และเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งน้ำเสียและสิ่งปฏิกูลของชุมชนอำเภอเมืองและอำเภอกระทุ่มด้วยระยะทางที่สั้น และมีการปล่อยน้ำทิ้งน้ำเสียจำนวนมากลงในคลองบางใหญ่ ทำให้คลองบางใหญ่มีการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนมากกว่าคลองอุตะเภาซึ่งมีความยาว 130 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนของทะเลสาบสงขลา จากการศึกษาของ Pradit et al. (2010) และประดิษฐ์ มีสุข (2542) มีค่าสูงกว่าค่าในคลองอุตะเภา เนื่องจากทะเลสาบเป็นแหล่งรองรับทุกสิ่งอย่างที่มาจากแผ่นดิน น้ำทิ้งน้ำเสีย สิ่งปฏิกูล และโลหะหนักที่มาพร้อมกับน้ำท่าน้ำฝน จะไหลมารวมกันในทะเลสาบทำให้ทะเลสาบสงขลา มีการปนเปื้อนของสารหนูมากกว่าคลองอุตะเภา

ตะกั่ว ในฤดูแล้ง ฤดูฝน (ตกล้น) และฤดูฝน (ตกมาก) การปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอน บริเวณคลองอุตะเภา มีค่าในช่วง 3.44-14.06, 3.85-20.49 และ 7.33-20.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของกัญญณี หลีกภัย (2549) ที่ศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา พบมีค่าอยู่ในช่วง < 3.3 -17.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง แต่มีค่าต่ำกว่าค่าจากงานวิจัยของ ธงชัย สุธีรศักดิ์ และไตรภพ ผ่องสุวรรณ (2551) ซึ่งศึกษาตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินตะกอนคลองบางใหญ่ จังหวัดภูเก็ต มีค่า 37.0-113.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ต่ำกว่าผล

การศึกษาของ วิกันดา ชัยบุตร (2541) ซึ่งศึกษาในแม่น้ำแม่กลอง ฤดูร้อน (เมษายน) ฤดูฝน (กรกฎาคม) และฤดูหนาว (ตุลาคม) มีค่าในช่วง 0.35-24.65, 11.16-58.97 และ 24.49-81.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และต่ำกว่าการศึกษาของศรัณย์ เพ็ชรพิรุณ และณรงค์ฤทธิ์ เลิศเกษตรวิทยา (2548) ที่ศึกษาในอ่าวไทยตอนบน พบตะกั่วในดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 11.47-35.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง

จากการเปรียบเทียบสารหนูและตะกั่วกับเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนหลายสถานที่มีค่าเกินค่ามาตรฐาน (9.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) ของสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ (2556) ซึ่งเป็นเกณฑ์คุณภาพดินตะกอนสำหรับการคุ้มครองแหล่งน้ำจากสารอันตรายที่เป็นพิษต่อสัตว์หน้าดิน สำหรับการปนเปื้อนของตะกั่ว นั้นพบว่าในทุกสถานที่มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (35.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) ของสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ (2556)

สำหรับวิธีการกำจัดสารหนูออกจากดินตะกอนในแหล่งน้ำ มีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่น่าจะเหมาะกับคลองอุต๊ะเถา ซึ่งเป็นคลองที่มีการใช้ประโยชน์มากมาย ควรเป็นวิธีการตักหน้าดินในส่วนที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักในปริมาณสูงออกจากแหล่งน้ำ (อัจฉราพร ขำโสภา, 2552) แล้วนำดินตะกอนที่ตักออกนี้ไปบำบัดด้วยวิธีการอื่น เช่น การเพิ่มค่า pH ในดินให้มากกว่า 6.5 เนื่องจากโลหะหนักสามารถละลายน้ำได้ดีในค่า pH ที่ต่ำลง เมื่อค่า pH ในดินสูงขึ้นโลหะหนักจะอยู่ในรูปของแข็ง การระบายน้ำเข้าออกช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในดิน โดยออกซิเจนทำให้โลหะหนักถูกออกซิไดซ์ อยู่ในรูปแบบของแข็ง เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยลดการปนเปื้อนของโลหะหนักที่ป้องกันการเกิดมลพิษทางน้ำ เนื่องจากการใช้สารเคมีตัวอื่นเติมลงไป

ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการแก้ปัญหาและป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากสารหนูและตะกั่ว ควรมีการเผยแพร่ข้อมูลสถานการณ์ความเข้มข้นของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนคลองอุต๊ะเถาให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการหาวิธีการแก้ไขรับมือ และป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากสารหนูและตะกั่วต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากกรณีศึกษาการแก้ปัญหาสารหนูที่อำเภอรัตนบุรี จังหวัดนครศรีธรรมราช (พงค์เทพ สุธีรวุฒิ, 2549) มีแนวทางในการดำเนินการแก้ไขปัญหา ที่สามารถนำไปปรับใช้สำหรับการป้องกันและแก้ปัญหา ดังนี้

- 1) จัดตั้งศูนย์ข้อมูลข่าวสารเตือนภัยและให้ความรู้
- 2) ประสานงานให้เกิดความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- 3) เผื่อระวางด้านสุขภาพและด้านสิ่งแวดล้อม
- 4) จัดทะเบียน และดูแลผู้ได้รับผลกระทบจากสารหนูและตะกั่ว
- 5) ให้ความรู้ ความเข้าใจ ตลอดจนการศึกษาวิจัยเพื่อการแก้ปัญหาในพื้นที่

บทที่ 4

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผล

สารหนู จากการศึกษาในครั้งนี้มีหลายจุดของคลองอุ้ตะเภาที่มีการปนเปื้อนของสารหนูในดิน ตะกอนสูงตั้งแต่พื้นที่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ ซึ่งมีสาเหตุมาจากลักษณะทางกายภาพของคลองอุ้ตะเภา รวมไปถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การทำการเกษตร และลักษณะทางธรณีสัณฐานของกลุ่มน้ำอุ้ตะเภา ซึ่งบริเวณที่ควรเฝ้าระวังได้แก่

สถานี u01 (เขตต้นน้ำ) แหล่งที่มาของสารหนูในบริเวณนี้อาจมาจากธรรมชาติซึ่งเป็นสารประกอบที่มีสารหนูอยู่ในหินตะกอนและหินแปรในบริเวณนี้

สถานี u04 (เขตกลางน้ำ) แหล่งที่มาของสารหนูในบริเวณนี้อาจมาจากการจับตัวของสารหนูในน้ำคลองอุ้ตะเภาที่ปนเปื้อนกับสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งน้ำเสียของโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา

สถานี u06 (เขตกลางน้ำ) แหล่งที่มาของสารหนูในบริเวณนี้อาจมาจากการจับตัวของสารหนูในน้ำคลองอุ้ตะเภาที่ปนเปื้อนกับสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งน้ำเสียของโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา และจากการชะล้างและพัดพาสารหนูที่มาจากการทำเหมืองแร่ดีบุกในอดีต

สถานี u07 (เขตปลายน้ำ) แหล่งที่มาของสารหนูในบริเวณนี้อาจเกิดจากการจับตัวของสารหนูในน้ำคลองอุ้ตะเภาที่ปนเปื้อนกับสารอินทรีย์จำนวนมากที่มาจากน้ำทิ้งจากโรงงานปลาปน

สถานี u10 (เขตปลายน้ำ) แหล่งที่มาของสารหนูในบริเวณนี้อาจเกิดมาจากการปล่อยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งประกอบไปด้วยสารอินทรีย์จำนวนมากจากของเสียจากการขับถ่ายของกุ้งทะเลที่เลี้ยง

ตะกั่ว มีการปนเปื้อนในดินตะกอนแต่ยังไม่มีจุดที่ควรเฝ้าระวัง เนื่องจากมีค่าการปนเปื้อนในดินตะกอนไม่เกินค่ามาตรฐาน

ในเชิงฤดูกาลการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจเนื่องมาจาก ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ลักษณะทางธรณีวิทยาของคลองอุตะเภา และกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณคลองอุตะเภาซึ่งเป็นตัวแปรที่กำหนดปริมาณสารหนูและตะกั่วที่ปนเปื้อนในดิน ตะกอนคลองอุตะเภา ระหว่างฤดูกาลไม่แตกต่างกัน

4.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการวิเคราะห์รูปแบบทางเคมี (Metal speciation) ของโลหะหนัก เนื่องจากความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของสารประกอบของโลหะหนักแต่ละชนิด เพื่อใช้ในการประเมินระดับความเป็นพิษของโลหะหนักที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต

บรรณานุกรม

- กลุ่มงานพิษวิทยาและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข. 2556. สารหนูได้รับแล้วตาย
 ผ่อนส่ง. ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา.
http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_txR_search.asp?info_id=119 (สืบค้น
 เมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2556).
- กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2531. รายงานผลการศึกษาเรื่องปัญหาสารหนูเป็นพิษที่ร้อนพิบูลย์. *วารสาร
 อนามัยและสิ่งแวดล้อม* 11(1): 7-29.
- กัญญูนิจ หลีกภัย. 2549. การผันแปรเชิงพื้นที่ของความเข้มข้นโลหะหนักในดินระดับผิวหน้าในกลุ่มน้ำ
 ทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน . 2551. โลหะกับการพัฒนาประเทศ. รายงานวิชาการ ฉบับที่ สอพ. 3/2551.
 สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน, กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.
- กุลธิดา ถาวรกิจการ และกอบชัย ศิริวัฒน์. 2556. พิษจากตะกั่ว. ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา.
http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=41 (สืบค้น
 เมื่อ 8 เมษายน 2556).
- เกศ สัตยพงศ์. 2555. Arsenic. มุลนิธิสมมาอาชีวะ อาชีวเวชศาสตร์คู่ศาสนา.
http://www.summacheeva.org/index_thaitox_arsenic.htm (สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม
 2556).
- เกษตรเซ็นเตอร์. 2557. สินค้า. <http://www.kasetcenter.com/product/detail-120607.html>
 (สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2557).
- เกษม จันทจรูญพงษ์. 2519. ธรณีเคมีของธาตุสารหนูและประโยชน์ในการสำรวจแหล่งแร่. *วารสาร
 ข่าวสารธรณี* 21(12): 36-43.
- คลองอู่ตะเภา. 2549. ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป. รัักษ์คลองอู่ตะเภาฟื้นชีวิตให้สายน้ำ.
<http://www.khlong-u-taphao.com/index.php?file=info> (สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน
 2556).

- ธงชัย สุธีรศักดิ์ และไตรภพ ผ่องสุวรรณ. 2551. การปนเปื้อนของโลหะหนัก Al, As, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn และ Fe ในดินตะกอนท้องน้ำคลองบางใหญ่ จังหวัดภูเก็ต. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี* 31(4): 765-799.
- ธัญชนก จันท์คง. 2552. การศึกษาเปรียบเทียบการแพร่กระจายของสารหนูและปรอทในตะกอนดินผิวหน้าของทะเลสาบสงขลาตอนใน นอกปากทะเลสาบสงขลา และอ่าวปากพนัง. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.
- นงภัท ไขษวิฑิตกุล. 2555. คู่มือข้อมูลเครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูง ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*. http://cste.sut.ac.th/cste/web1/web/mainfile/downloadfileupdate8673400824_1.pdf (สืบค้นเมื่อ 26 มกราคม 2557).
- นันทฤทธิ์ โชคถาวร และไมตรี สุทธิจิตต์. 2556. อันตรายและความเป็นพิษของสารหนู. ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_txR_search.asp?info_id=121 (สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2556).
- บริษัท ป.เคมีเทค จำกัด. 2544. ผลิตภัณฑ์. <http://www.pchemitech.com/index.html> (สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2557).
- บริษัท ศรีภัณฑ์เคมีเกษตร จำกัด. 2557. ผลิตภัณฑ์. <http://sriphanac.blogspot.com/> (สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2557).
- ประดิษฐ์ มีสุข. 2542. การหาปริมาณสารหนูและโลหะหนักในดินตะกอนจากทะเลสาบสงขลา. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ* 2(2): 77-82.
- ปราณี พัฒนพิพิธไพศาล. 2551. การปนเปื้อนของสารหนูในน้ำใต้ดินเขตลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี* 10(2): 27-39.
- ปิยวรรณ นาคินชาติ. 2549. การแพร่กระจายของแคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในดินตะกอนทะเลสาบสงขลา. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.

- ปุ๋ย-ยา ออนไลน์ ดอทคอม. 2553. สิ้นค้า. <http://www.puiyaonline.com/> (สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2557).
- แผนงานผักปลอดภัยจากสารพิษ จ.ขอนแก่น. มปป. วัตถุประสงค์รายทางการเกษตร. ภาควิชาเกษตรศาสตร์สังคมและการบริหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พงศ์เทพ สุธีรวิทย์. 2549. การจัดการความรู้และงานวิจัย กรณีการแก้ปัญหาสารหนูที่อำเภอร้อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. Gotoknow. <http://www.gotoknow.org/posts/4834> (สืบค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2556).
- พีระทิพย์ พีชมงคล. 2543. การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำคลองอุต๊ะเกาะในอำเภอดอนตาล จังหวัดสงขลา. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 22(4): 545-552.
- ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ. 2557. ชนิดของสินแร่ตะกั่ว. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. <http://www.mne.eng.psu.ac.th/knowledge/student/Lead/xsort.htm> (สืบค้นเมื่อ 19 มิถุนายน 2557).
- วิกันดา ชัยบุตร. 2541. การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในน้ำ ดินตะกอนและเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของปลาบางชนิดในแม่น้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วินิตา อธิไกริน. 2538. การศึกษาการปนเปื้อนของปรอท ตะกั่วและแคดเมียมในน้ำและตะกอนดินคลองอุต๊ะเกาะ อำเภอดอนตาล จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา และนิตินัย ขำมาลัย. 2556. สารหนูกับสิ่งแวดล้อม. Articles. <http://digital.lib.kmutt.ac.th/magazine/issue2/articles/art2.html> (สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2556).
- ศรัณย์ เพ็ชรพิรุณ และณรงค์ฤทธิ์ เลิศเกษตรวิทยา. 2548. การสะสมของทองแดง แคดเมียม และตะกั่วในดินตะกอน บริเวณอ่าวไทยตอนบน. ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาประมง สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม (หน้า 18-26). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์ศึกษาลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา. 2552. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. <http://www.careutapao.com/gis/> (สืบค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2556).

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก. 2556. หาดใหญ่ (สถานีคอหงส์). ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก. <http://www.songkhla.tmd.go.th/rain/ampore/shatyai.html> (สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2556).

สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2552. คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ . ติดต่อด้วยตนเอง.

สายสวาท สีลอ. 2554. เทคนิคการวิเคราะห์สารหนูและพลวงปริมาณน้อยด้วยวิธีไฮโดรด์เจเนเนอรัชัน. รายงานวิชาการ ฉบับที่ สวท. 2/2554. สำนักวิเคราะห์วิจัยทรัพยากรธรณี, กรมทรัพยากรธรณี.

สายสิริ ไชยชนะ. 2544. การกระจายตัวของโลหะหนักในตะกอนและน้ำระหว่างตะกอน ณ ปากคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สาโรจน์ เริ่มดำริห์, สาวิตรี แกเรียส และเกริก วงศ์สอนธรรม. 2552. การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและตะกอนดินบริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนบน. ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47: สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (หน้า 221-228). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการเลือกตั้งประจำจังหวัดสงขลา. 2557. จำนวนประชากร ณ 31 ธันวาคม 2554. สำนักงานคณะกรรมการเลือกตั้งประจำจังหวัดสงขลา. <http://www2.ect.go.th/about.php?Province=songkhla&SiteMenuID=5587> (สืบค้นเมื่อ 13 พฤษภาคม 2557).

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548. โครงการจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาหลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเล่มที่ 5 ทรัพยากรน้ำ. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16. 2549. การประเมินความสกปรกเพื่อการฟื้นฟูคุณภาพน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภา. สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

- สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ. 2556. รายงานการศึกษา การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดิน ในแหล่งน้ำผิวดิน. กรมควบคุมมลพิษ. http://infofile.pcd.go.th/law/Report_std_soil.pdf?CFID=8009402& (สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2557).
- สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. การจัดการน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิตแผ่นยางพารา. คลังข้อมูล สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี. <http://actech.agritech.doae.go.th/> (สืบค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2557).
- อรพินท์ จันทรผ่องแสง. 2520. ปริมาณการสะสมของโลหะหนักบางชนิดตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของปลาทะเล และในเนื้อสัตว์ทะเลบางชนิด ในอ่าวไทยซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรุณศักดิ์ โสภณธรรมภาณ. 2551. อันตรายจากการปนเปื้อนสารหนูในแหล่งน้ำ. ศูนย์ความเป็นเลิศด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและบริหารจัดการสารเคมี. <http://www.etm.sc.mahidol.ac.th/a2.shtml> (สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2556).
- อัจฉราพร ขำโสภณ. 2552. เทคโนโลยีการฟื้นฟูทางชีวภาพ (Bioremediation Technology). The Center of Excellence on Environmental Health, Toxicology and Management of Chemicals (ETM). <http://www.etm.sc.mahidol.ac.th/a10.shtml> (สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2557).
- อาทิตย์ มุกดาดี. 2555. การกำจัดตะกั่วที่ปนเปื้อนในดิน/ตะกอน. สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ.
- AOAC. 2005. Official methods of analysis of AOAC International, 18th ed. In: *Metals and Other Elements*, Horwitz, W. and Latimer, G. W. (eds.). pp. 46-50. Maryland: Gaithersburg.
- Belkin, H. E. and H. M. Sparck. 1993. Mercury, arsenic, antimony, and selenium contents of sediment from the Kuskokwim River, Bethel, Alaska, USA. *Environmental Geology* 22(2): 106-110.

- Buajan, S. and N. Pumijumnong. 2010. Distribution of heavy metals in mangrove sediment at the Tha Chin estuary, Samut Sakhon Province, Thailand. *Journal Environmental Research* 32(2): 61-77.
- Chapagain, S.K., S. Shrestha, G.D. Laing, M. Verloo and F. Kazama. 2009. Spatial distribution of arsenic in the intertidal sediments of River Scheldt, Belgium. *Environment International* 35(1): 461-465.
- Dickerson, O.B. 1980. Arsenic. In: *Metal in the Environment*, H.A. Waldron (ed.). pp. 1-22. London: Academic Press.
- Duinker, J.C. and R.F. Nolting. 1978. Mixing, removal and mobilization of trace metals in the Rhine estuary. *Netherlands Journal of Sea Research* 12(2): 205-223.
- Elder, J.F. 1988. Metal Biogeochemistry in surface-water systems a review of principles and concepts. U.S. Geological Survey Circular 1013.
- Ferguson, J. F. and J. Gavis. 1972. A review of the arsenic cycle in natural water. *Water Research* 6 (11): 1259-1274.
- Francis, J. P. 2004. Historical use of lead arsenate insecticides, resulting soil contamination and implications for soil remediation. Tree Fruit Research and Extension Center. <http://soils.tfrec.wsu.edu/leadhistory.htm> (Retrieved May 20, 2014).
- Glasswarechemical. 2014. Inductively Coupled Plasma (ICP). <http://glasswarechemical.com/scientific-instrument/inductively-coupled-plasma-icp/#more-659> (Retrieved January 15, 2014).
- He, Z.L., A.K. Alva, D.V. Calvert and D.J. Banks. 2000. Effects of leaching solution properties and volume on transport of metals and cations from a Riviera fine sand. *Journal of Environmental Science and Health* 35(7): 981-998.
- Jain, C. and I. Ali. 2000. Arsenic: Occurrence, toxicity and speciation techniques. *Water Research* 34(17): 4304-4312.
- Lozet, J. and C. Mathieu. 1991. *Dictionary of Soil Science*, 2nd ed. Rotterdam: Balkema.

Merckmillipore. 2014. อะตอมิกสเปกโตรสโกปี-หลักการในการวิเคราะห์.

http://www.merckmillipore.com/thailand/chemicals/the-analytical-principle/thai/c_K2eb.s1OFCYAAAEde1RbT2M (สืบค้นเมื่อ 26 มกราคม 2557).

Pradit, S., G. Wattayakorn, S. Angsupanich, M. Leemaker and W. Baeyens. 2010.

Distribution of trace elements in sediments and biota of Songkhla Lake, Southern Thailand. *Water Air Soil Pollut* 206(1): 155-174.

Salomon, W., N.M. de Rooij, H. Kerdijk and J. Bril. 1987. Sediment as a source of sediment. *Hydrobiologia* 149(1): 13-30.

Sharma, V .K. and M. Sohn. 2009. Aquatic arsenic: Toxicity, speciation, transformations, and remediation. *Environment International* 35(4): 743-759.

Yang, Y., F. Chen, L. Zhang, J. Liu, S. Wu and M. Kang. 2012. Comprehensive assessment of heavy metal contamination in sediment of the Pearl River Estuary and adjacent shelf. *Marine Pollution Bulletin* 64(9): 1947-1955.

Zhang, W., H. Feng, J. Chang, J. Qu, H. Xie and L. Yu. 2009. Heavy metal contamination in surface sediments of Yangtze River intertidal zone: An assessment from different indexes. *Environmental Pollution* 157(5): 1533-1543.

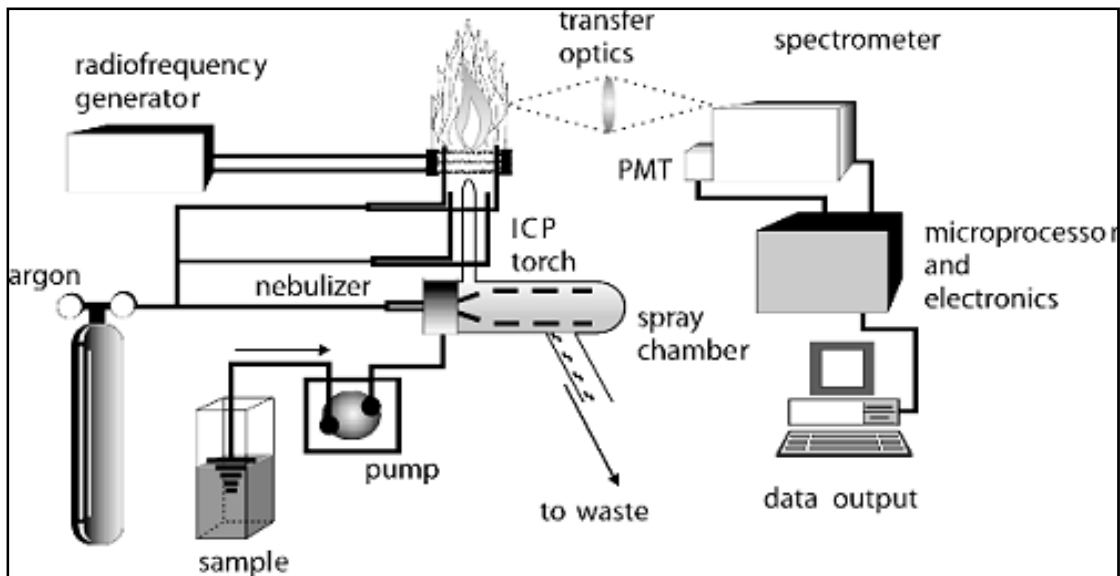
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)

หลักการทำงานของเครื่อง ICP-OES

เป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณและคุณภาพของธาตุต่างๆ ซึ่งสามารถวัดได้ครั้งละหลายๆ ธาตุ การทำงานของเครื่องนี้ (ดังรูปที่ ก-1) แยกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ส่วนแรกคือ Inductively Couple Plasma (ICP) ธาตุที่จะถูกวิเคราะห์จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะอะตอมอิสระในเครื่องสร้างอะตอม โดยพลังงานความร้อนที่ให้เข้าไป ด้วยการปล่อยก๊าซอาร์กอนผ่านเข้าไปในคบ (Torch) ที่ปลายคบจะมีท่อกลวงทำด้วยทองแดงล้อมรอบคบอยู่ ซึ่งต่อกับเครื่องส่งความถี่วิทยุ (Radiofrequency Generator) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ปลายคบแล้วชักนำให้มีกระแสไฟฟ้า เพื่อให้เกิดอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูง และอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงนี้ ไม่สามารถอยู่ในระดับสถานะพลังงานสูงได้นาน ดังนั้นอิเล็กตรอนจะคายพลังงานออกมาเพื่อกลับเข้าสู่สถานะพื้น หรือกลับเข้าสู่สถานะพลังงานกระตุ้นระดับต่ำ และจะชนกับอิเล็กตรอนอื่นอีกกลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ กลายเป็นพลาสมา ส่วนที่ 2 คือ Optical Emission Spectrometer (OES) เป็นวิธีการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการทำให้สารเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นเพื่อให้สารที่จะวิเคราะห์นั้นคายพลังงานออกมาอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงสเปกตรัมต่างๆ โดยธาตุที่ถูกกระตุ้นแต่ละชนิดจะปล่อยสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่นเฉพาะของแต่ละธาตุออกมา ความเข้มของสเปกตรัมจะแปรผันตามจำนวนอะตอมที่ดูดพลังงานเข้าไป ซึ่งเครื่องนี้สามารถวัดสเปกตรัมแสงในช่วงทั้งความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและช่วงอุลตราไวโอเล็ต (Visible and Ultraviolet Region) (นงภัส ไชยวิชิตกุล, 2555; Glasswarechemical, 2014; Merckmillipore, 2014) ค่าที่วัดได้จะถูกส่งเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมกันไว้ (รูปที่ ก-2 และ ก-3)



รูปที่ ก-1 หลักการทำงานของเครื่อง ICP-OES

แหล่งที่มา: Glasswarechemical, 2014



รูปที่ ก-2 เครื่อง ICP-OES



รูปที่ ก-3 หน้าจอแสดงผลการทำงานของเครื่อง ICP-OES

ภาคผนวก ข

จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอน



รูปที่ ข-1 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานี u01 สะพานข้างโรงเรียนน้ำลัด ตำบลสำนักแก้ว อำเภอสระเดา



รูปที่ ข-2 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานี u02 สะพาน (สำนักชลประทานที่ 16) ตำบลปริก อำเภอสระเดา



รูปที่ ข-3 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานี u03 สะพานบ้านพังลาตก ตำบลปริก อำเภอสระเดา



รูปที่ ข-4 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานี u04 สะพานท่าโพธิ์ ตำบลพังลา อำเภอสระเดา



รูปที่ ข-5 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานี u05 สะพานหลังตลาดทุ่งลุง ตำบลพังลา อำเภอสระเดา



รูปที่ ข-6 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานี u06 สะพานบ้านไร่ ตำบลบ้านพรุ อำเภอดงใหญ่



รูปที่ ข-7 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานี u07 สะพานหน้า ม.หาดใหญ่ ตำบลควนลัง อำเภอหาดใหญ่



รูปที่ ข-8 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานี u08 สะพานคลองอู่ตะเภา ถนนลพบุรีราเมศวร์
ตำบลคลองแห อำเภอหาดใหญ่



รูปที่ ข-9 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานี u09 สะพานวัดนารังนก ตำบลบ้านหาร อำเภอบางกล่ำ



รูปที่ ข-10 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานี n10 ปากคลองอุตะเถา ตำบลคูเต่า อำเภอลาดใหญ่

ภาคผนวก ค

ปัจจัยทางกายภาพ ปัจจัยทางเคมี และค่าการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่ว

ตารางที่ ค-1 ปัจจัยทางกายภาพ ปัจจัยทางเคมี และค่าการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดิน

ตะกอน คลองอุ้ตะเภา ในฤดูแล้ง

สถานี	Tem (°C)	pH	Eh (mV)	As (mg/kg dry weight)	Pb (mg/kg dry weight)
u01	27.0	6.50	49.50	17.96	12.44
u02	29.0	5.10	406.80	8.30	7.55
u03	31.0	6.60	10.20	5.47	9.00
u04	29.0	6.20	11.30	14.67	10.27
u05	29.0	5.75	346.30	8.23	7.09
u06	28.0	6.97	33.40	3.87	4.71
u07	31.0	6.83	-53.30	5.77	3.44
u08	31.0	6.18	328.20	9.01	14.06
u09	29.0	7.11	22.60	6.40	8.05
u10	29.0	7.23	-221.90	13.85	13.63
เฉลี่ย	29.3±1.3	6.45±0.66	93.31±200.68	9.35±4.61	9.02±3.60

หมายเหตุ: Minimum Detection Limit ของสารหนู (As) = 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

Minimum Detection Limit ของตะกั่ว (Pb) = 0.0005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ ค-2 ปัจจัยทางกายภาพ ปัจจัยทางเคมี และค่าการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดิน

ตะกอน คลองอุ้มตะเภา ในฤดูฝน (ตกล้น)

สถานี	Tem (°C)	pH	Eh (mV)	As (mg/kg dry weight)	Pb (mg/kg dry weight)
u01	28.0	6.80	89.53	10.59	20.49
u02	30.0	6.28	69.20	6.40	11.23
u03	29.0	7.14	326.60	3.00	3.85
u04	29.0	6.97	111.10	13.49	8.19
u05	30.0	6.80	361.30	5.06	5.08
u06	29.0	6.88	2.70	12.55	8.88
u07	31.0	6.72	-2.30	9.43	5.22
u08	29.0	6.54	396.00	7.28	9.03
u09	29.0	6.80	-5.90	7.52	7.78
u10	30.5	7.00	-21.60	15.11	14.03
เฉลี่ย	29.5±0.9	6.79±0.24	132.66±164.55	9.04±3.89	9.38±4.94

หมายเหตุ: Minimum Detection Limit ของสารหนู (As) = 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

Minimum Detection Limit ของตะกั่ว (Pb) = 0.0005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ ค-3 ปัจจัยทางกายภาพ ปัจจัยทางเคมี และค่าการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่วในดิน

ตะกอน คลองอุ้ต๊ะเกา ในฤดูฝน (ตกมาก)

สถานี	Tem (°C)	pH	Eh (mV)	As (mg/kg dry weight)	Pb (mg/kg dry weight)
u01	27.2	7.42	155.4	11.19	20.26
u02	28.2	6.48	61.8	9.47	9.99
u03	28.5	6.21	127.2	5.80	10.41
u04	27.7	6.63	17.7	15.79	10.64
u05	27.5	6.55	14.8	8.30	8.81
u06	28.9	6.91	-33.8	10.30	7.70
u07	28.3	7.03	-0.1	16.25	7.33
u08	29.0	6.99	-5.2	10.41	10.22
u09	29.0	6.86	-170.3	9.71	9.04
u10	29.0	7.50	-135.3	11.33	11.99
เฉลี่ย	28.3±0.7	6.86±0.41	3.22±101.68	10.85±3.16	10.64±3.66

หมายเหตุ: Minimum Detection Limit ของสารหนู (As) = 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

Minimum Detection Limit ของตะกั่ว (Pb) = 0.0005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ง-1 แสดงค่าสถิติพื้นฐาน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
As ฤดูแล้ง	10	9.35300	4.615922	1.459683	6.05097	12.65503	3.870	17.960
ฤดูแล้ง (ตกล้น)	10	9.04300	3.890467	1.230274	6.25993	11.82607	3.000	15.110
ฤดูแล้ง (ตกล้น)	10	1.08550E1	3.155497	.997856	8.59769	13.11231	5.800	16.250
Total	30	9.75033	3.879128	.708229	8.30184	11.19882	3.000	17.960
Pb ฤดูแล้ง	10	9.02400	3.597098	1.137502	6.45079	11.59721	3.440	14.060
ฤดูแล้ง (ตกล้น)	10	9.37800	4.935159	1.560634	5.84760	12.90840	3.850	20.490
ฤดูแล้ง (ตกล้น)	10	1.06390E1	3.659497	1.157235	8.02115	13.25685	7.330	20.260
Total	30	9.68033	4.028321	.735467	8.17613	11.18453	3.440	20.490

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ของปริมาณสารหนู
และตะกั่วในแต่ละฤดู

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
As	Between Groups	18.785	2	9.392	.607	.552
	Within Groups	417.597	27	15.467		
	Total	436.381	29			
Pb	Between Groups	14.412	2	7.206	.427	.657
	Within Groups	456.181	27	16.896		
	Total	470.594	29			

ภาคผนวก จ

โรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำคลองอุตะเถา

ตารางที่ จ-1 รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ประเภท	ที่อยู่	ตำบล	อำเภอ	แหล่งระบายน้ำทิ้ง
1	ห้างหุ้นส่วนจก. เอกพลคลองแงะ	รมควันยางพารา	521/3 ม.5	พังลา	สะเตา	คลองอุตะเถา
2	บ. หาดใหญ่มารีนโปรดักส์ จก.	ถนอมสัตว์น้ำโดยวิธีอบ	106/18 ม.7	คอหงส์	หาดใหญ่	-
3	บ. สยามเซมเพอร์เมต จก.	ถุงมือยาง	109 หมู่ 8	หาดใหญ่	หาดใหญ่	คลองพะวง
4	บ. เท็นโค รับเบอร์ เทคโนโลยี จก.	ทำถุงมือยางและถุงมือยาง	40/40 ม.2	พะตง	หาดใหญ่	คลองอุตะเถา
5	บ. ไฮแคร์ อินเตอร์เนชั่นแนล จก.	ทำถุงมือยาง	457/2 ม.3	ควนลิ่ง	หาดใหญ่	คลองตำ
6	บ. ไชยาพราเท็กซ์ จก.	ทำน้ำยางชั้น	99/3-4 ม.10	ท่าช้าง	บางกล่ำ	คลองบางกล่ำ
7	บ. หาดสินรับเบอร์ จก.	ทำน้ำยางชั้น	108 ม.8	พะตง	หาดใหญ่	คลองอุตะเถา
8	บ. หาดทิพย์ จก. (มหาชน)	ทำน้ำอัดลม	87/1 ม.1	บ้านพรุ	หาดใหญ่	คลองหวะ
9	บ. โรงงานปลาป่นภาคใต้(1969) จก.	ทำปลาป่น	628/2 ม.5	บ้านพรุ	หาดใหญ่	คลองอุตะเถา
10	บ. ทรอปีคอลแคนนิง(ปท.)จก.(มหาชน)	ทำปลาป่น	1/1 ม.2	ทุ่งใหญ่	หาดใหญ่	-
11	บ. สินวัฒนาเทรดดิ้งหาดใหญ่ จก.	ทำผลไม้แห้งบรรจุกระป๋องและน้ำผลไม้	89/9 ม.3	ป่าดงเบขาร์	สะเตา	-
12	ห้างหุ้นส่วนจก. นำเสียงหาดใหญ่	ทำแปปลาและห้องเย็นเก็บสัตว์น้ำ	91-93	หาดใหญ่	หาดใหญ่	-
13	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านแปดร้อยไร่ จก.	ทำยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.8	สำนักแต้ว	สะเตา	-
14	สหกรณ์กองทุนสวนยางโคกสูง 35 จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.5	สำนักแต้ว	สะเตา	-

ตารางที่ จ-1 (ต่อ) รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ประเภท	ที่อยู่	ตำบล	อำเภอ	แหล่งระบายน้ำทิ้ง
15	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านเก่าร้างพัฒนา จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	-	คลองหอยโข่ง	คลองหอยโข่ง	-
16	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านเขามิเกียรติ จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.3	เขามิเกียรติ	สะเดา	-
17	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านควนเสม็ด จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.10	ปริก	สะเดา	-
18	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทุ่งหลุมนก จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	-	ปริก	สะเดา	-
19	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านพรุเตาะ จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.5	ทุ่งใหญ่	หาดใหญ่	-
20	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านไร่ตง จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.6	สำนักขาม	สะเดา	-
21	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหนองบัวพัฒนา จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.5	ท่าข้าม	หาดใหญ่	-
22	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหน้าดอก จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.6	ท่าโพธิ์	สะเดา	-
23	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหัวควน จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.6	สำนักแต้ว	สะเดา	-
24	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านยางงาม จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.10	ท่าช้าง	บางกล่ำ	-
25	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านห้วยคู จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.9	สำนักแต้ว	สะเดา	-
26	สหกรณ์กองทุนสวนยางคลองช้าง จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.9	บางเหริยง	ควนเนียง	-
27	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านปายาง จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.9	ท่าช้าง	บางกล่ำ	-
28	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านพรุชบาพัฒนา จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.7	ทุ่งตำเสา	หาดใหญ่	-
29	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านยูงทอง จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.4	ท่าช้าง	บางกล่ำ	-
30	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านแหลมยาง จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.17	ท่าช้าง	บางกล่ำ	-
31	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านวังพา จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.9	ทุ่งตำเสา	หาดใหญ่	-
32	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหุแระ จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.3	ทุ่งตำเสา	หาดใหญ่	-

ตารางที่ จ-1 (ต่อ) รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ประเภท	ที่อยู่	ตำบล	อำเภอ	แหล่งระบายน้ำทิ้ง
33	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านตันปริง จก.	ทำยางแผ่นดิบ ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.5	คลองหรีง	นาหม่อม	-
34	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทับโกบ จก.	ทำยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.4	สำนักขาม	สะเดา	-
35	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านนา จก.	ทำยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.5	ป่าดงเบขาร์	สะเดา	-
36	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านพญา จก.	ทำยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.5	ทุ่งหมอ	สะเดา	-
37	สหกรณ์กองทุนสวนยางปรีกตก จก.	ทำยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.4	ปรีก	สะเดา	-
38	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านควนซีแรด จก.	ทำยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.6	พะตง	หาดใหญ่	-
39	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทุ่งโพธิ์ จก.	ทำยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.6	ทุ่งขมิ้น	นาหม่อม	-
40	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหัวถนน จก.	ทำยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.8	ปรีก	สะเดา	-
41	สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทุ่งปรีอ จก.	ทำยางแผ่นดิบ/ยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควันยาง	ม.7	พะตง	หาดใหญ่	-
43	บ. ศรีตรัง แอโกร อินดัสทรี จก. (มหาชน)	ทำยางแผ่นรมควัน	99/3 ม.7	พังงา	สะเดา	หมูนเวียน
44	บ. สะเดา พี.เอส.รับเบอร์ จก.	ทำยางแผ่นรมควัน	207/1	สะเดา	สะเดา	-
45	บ. นิยมรับเบอร์ จก.	ทำยางแผ่นรมควัน	298/2 ม.5	พังงา	สะเดา	คลองอุตะเถา
46	บ. บี.ไรท์ รับเบอร์ จก.	ทำยางแผ่นรมควัน	39 ม.9	กำแพงเพชร	รัตภูมิ	คลองวาด
47	บ. ถาวรอุตสาหกรรมยางพารา (1982) จก.	ทำยางแผ่นรมควันและทำน้ำยางข้น	33	สะเดา	สะเดา	คลองอุตะเถา
48	บ. อี ฮับ ฮวด จก.	ทำยางสกีมเครฟ ทำน้ำมันยางข้น	152 ม.3	ท่าโพธิ์	สะเดา	คลองอุตะเถา
49	แสงสวัสดิ์	ทำลูกชิ้นเนื้อ	-	คองหงส์	หาดใหญ่	-
50	บ.ดิสโก้บอลส์ จก.	ทำลูกชิ้นเนื้อและลูกชิ้นปลา	-	หาดใหญ่	หาดใหญ่	-
51	ลูกชิ้นปลาอุบลรัตน์	ทำลูกชิ้นปลา เนื้อปลาสด	-	พะวง	เมือง	-

ตารางที่ จ-1 (ต่อ) รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ประเภท	ที่อยู่	ตำบล	อำเภอ	แหล่งระบายน้ำทิ้ง
52	บ. วงศ์สวัสดิ์ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ จก.	ทำห้องเย็น ขนาดความจุ 120 ตัน	36/1	ทุ่งใหญ่	หาดใหญ่	คลองน้ำน้อย
53	บ. ทropicคอลแคนนิ่ง จก. (มหาชน)	ทำห้องเย็นเก็บสัตว์น้ำ	67/2 ม.8	น้ำน้อย	หาดใหญ่	คลองน้ำน้อย
55	บ. ณรงค์ซีฟูด จก.	ทำห้องเย็นเก็บอาหารทะเลแช่แข็ง	282/2 ม.2	ควนลัง	หาดใหญ่	คลองต่ำ
56	บ. รอยแลแคนนิ่ง จก.	ทำอาหารกระป๋อง	118 ม.1	ท่าข้าม	หาดใหญ่	คลองน้ำน้อย
57	บ. โชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จก.	ทำอาหารทะเลแช่แข็งและอาหารทะเลกระป๋อง	84/22 ม.7	คองหงส์	หาดใหญ่	คลองหวัะ
58	บ. ห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จก. (มหาชน)	ทำอาหารทะเลแช่แข็งได้ปีละ 10,100 ตัน	4/2 ม.3	นาหม่อม	นาหม่อม	คลองหวัะ
59	บ. เอส.วี.รับเบอร์ อินดัสตรี จก.	น้ำยางข้นและยางสกีมเครฟ	69 ม.2	พิจิตร	นาหม่อม	-
60	โรงปลาโฮเฮงฮวด	บรรจุสัตว์น้ำในภาชนะ และห้องเย็นเก็บสัตว์	300/1	หาดใหญ่	หาดใหญ่	อ่าวไทย
61	บ. ทropicคอลแคนนิ่ง จก. (มหาชน)	ปรับคุณภาพของเสียรวม	ม.2	ทุ่งใหญ่	หาดใหญ่	คลองวง
62	ห้างหุ้นส่วนจก. หาดใหญ่อุตมกิจมงคล	ผลิตซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว น้ำปลา น้ำส้มสายชู	116/1 ม.5	คองหงส์	หาดใหญ่	-
63	โรงงานซีอิ๊วนิยมสินธุ์	ผลิตซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว (เครื่องปรุงรส)	44 ม.9	นาหม่อม	นาหม่อม	-
64	บ. สยามเซมเพอร์เมต จก. โรงงาน 2	ผลิตถุงมือแพทย์	8 ม.8	พะตง	หาดใหญ่	-
65	บ. ท็อปโกลฟ เมดิคอล (ไทยแลนด์) จก.	ผลิตถุงมือยาง	188 ม.5	สำนักขาม	สะเดา	-
66	บ. รอสเนอร์-เม้าท์บี เมดิเทรต จก.	ผลิตถุงมือยาง	199 ม.11	บ้านพรุ	หาดใหญ่	คลองปอม
67	บ. สยามเซมเพอร์เมต จก.	ผลิตถุงมือยาง	110 ม.8	พะตง	หาดใหญ่	-
68	บ. อินโนเวทีฟ โกลฟส์ จก.	ผลิตถุงมือยาง	500 ม.4	ควนลัง	หาดใหญ่	คลองต่ำ
69	บ. เซฟสกิน คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จก.	ผลิตถุงมือยาง ถุงมือแพทย์	119 ม.8	พะตง	หาดใหญ่	คลองอุตะเถา
70	บ. ออมนิเกรซ (ประเทศไทย) จก.	ผลิตถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง	116/1 ม.5	บ้านพรุ	หาดใหญ่	คลองหมอ

ตารางที่ จ-1 (ต่อ) รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ประเภท	ที่อยู่	ตำบล	อำเภอ	แหล่งระบายน้ำทิ้ง
71	บ. เมตไลน์ โปรดักส์ จก.	ผลิตถุงมือยาง	85 ม.4	นาหม่อม	นาหม่อม	คลองอุตะเถา
72	บ. เซฟสกิน เมตติคอลล แอนด์ ไฮเอินทิฟิค	ผลิตถุงมือยางธรรมชาติ และถุงมือยาง	200 ม.8	ปรีก	สะเดา	คลองอุตะเถา
74	บ. รับเบอร์แลนด์โปรดักส์ จก.	ผลิตน้ำยางข้น	109 ม.8	พะตง	หาดใหญ่	คลองอุตะเถา
75	บ. เซาท์แลนด์ลาเท็กซ์ จก.	ผลิตน้ำยางข้น	99/9 ม.6	ท่าช้าง	บางกล่ำ	-
76	บ. เอ็กซ์เซลรับเบอร์ จก.	ผลิตน้ำยางข้น ยางแผ่นจากเศษยาง ยางแท่ง	124 ม.11	บ้านพรุ	หาดใหญ่	คลองปอม
77	บ. ทรีพีมีลาเท็กซ์ จก.	ผลิตน้ำยางข้น ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นอบแห้ง	574/1 ม.5	พังงา	สะเดา	คลองแงะ
78	บ. สะเดาอุตสาหกรรม ยางพารา (1988) จก.	ผลิตน้ำยางข้น และ Skim Crepe	120/1 ม.5	สำนักแต้ว	สะเดา	คลองอุตะเถา
79	บ. ไทยฮิว์ยางพารา จก. (มหาชน)	ผลิตน้ำยางข้น หางน้ำยาง ยางแผ่น/ก้อน	5 ม.10	ท่าช้าง	บางกล่ำ	-
80	บ. เอส เค ลาเท็กซ์ จก.	ผลิตน้ำยางข้น 60% ยางสกินเครฟ	89/2 ม.9	ท่าช้าง	บางกล่ำ	-
81	บ. มาร์เทรรับเบอร์ จก.	ผลิตน้ำยางข้นและยางแท่งเอสทีอาร์	3 ม.6	สะเดา	สะเดา	คลองอุตะเถา
82	บ. หาดสินลาเท็กซ์ จก.	ผลิตน้ำยางข้น ยางสกินเครฟ สกินบลิ๊อค	58 ม.7	ปรีก	สะเดา	คลองอุตะเถา
83	ตราปลาทองคู่	ผลิตปลากรอบทรงเครื่องแปรรูป ปูปรุงรสอาหาร	405/20 ม.4	คลองแห	หาดใหญ่	-
84	บ. ไทยเจริญอาหารสัตว์ จก.	ผลิตปลาป่น	628/1	บ้านพรุ	หาดใหญ่	คลองอุตะเถา
85	บ. ถาวรอุตสาหกรรมยางแท่ง จก.	ผลิตยางแท่ง	-	สะเดา	สะเดา	คลองอุตะเถา
86	บ. ไทยฮิว์ยางพารา จก. (มหาชน)	ผลิตยางแท่ง ทีทีอาร์	130 ม.1	ฉลุง	หาดใหญ่	-
87	บ. บริดจสโตน เนเซอร์ล รับเบอร์	ผลิตยางแท่ง เอส.ที.อาร์.	ม.3	ปรีก	สะเดา	คลองอุตะเถา
88	บ. เซ้าแลนด์รีซอร์ซ จก. (สาขาบางกล่ำ)	ผลิตยางแท่งมาตรฐาน	ม.4	ท่าช้าง	บางกล่ำ	-
89	บ. ไทยเมต เบบีโปรดักส์ จก.	ผลิตหัวนมยางจากธรรมชาติ ได้ปีละ 90 ตัน	125 ม.11	บ้านพรุ	หาดใหญ่	-

ตารางที่ จ-1 (ต่อ) รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ประเภท	ที่อยู่	ตำบล	อำเภอ	แหล่งระบายน้ำทิ้ง
90	สุรียาซีฟู้ด	ผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง	20/1 ม.3	คลองอุตะเถา	หาดใหญ่	คลองอุตะเถา
91	บ. โรยัล ซี โปรดักส์ จก.	ผลิตอาหารทะเลบรรจุภาชนะพนิก	132/1	บ้านพรุ	หาดใหญ่	-
93	บ. เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จก. (มหาชน)	ผลิตอาหารสัตว์	73 ม.8	น้ำน้อย	หาดใหญ่	-
94	บ. เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จก. (มหาชน)	ผลิตอาหารสัตว์น้ำ	125 ม.8	บ้านพรุ	หาดใหญ่	ทะเลสาบสงขลา
95	สหกรณ์กองทุนสวนยางฉลุงพัฒนา จก.	ยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง รมควัน ยางเครฟ	-	ฉลุง	หาดใหญ่	-
96	สหกรณ์กองทุนสวนยางพะตง จก.	ยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง รมควัน ยางเครฟ	-	พะตง	หาดใหญ่	-
97	บ.เซาท์-อีสต์ รีบเบอร์ จก.	ยางแผ่นรมควันอัดแท่ง	108/4 ม.8	พะตง	หาดใหญ่	คลองอุตะเถา
98	บ. แสงทองรีบเบอร์ จก.	ยางแผ่นรมควันอัดแท่ง	420	ควนลัง	หาดใหญ่	คลองต่ำ
99	บ. เซาท์แลนด์รีบเบอร์ จก.	รมควันยางพารา	99/9	ท่าช้าง	บางกล่ำ	คลองนกระทุง
100	บ. ไทยฮิวายางพารา จก. (มหาชน)	รมควันยางพารา	26/2 ม.3	พังลา	สะเดา	-
101	บ. มอนเทอเรียเอเชีย จก. (มหาชน)	รมควันยางพารา	457 ม.3	ควนลัง	หาดใหญ่	-
102	บ. สู่พัฒนาการยางพารา จก.	รมควันยางพารา	87 ม.2	พังลา	สะเดา	คลองอุตะเถา
103	บ. แสงทองรีบเบอร์ จก.	รมควันยางพารา	420 ม.1	ควนลัง	หาดใหญ่	คลองอุตะเถา
104	ห้างหุ้นส่วนจก. นำสินคลองแงะ	รมควันยางพารา	532/2 ม.5	พังลา	สะเดา	ไม่ระบาย
105	บ. หวาไ้รับเบอร์ จก.	โรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียรวม	26/9	พังลา	สะเดา	คลองอุตะเถา
106	บ.ภาคใต้ซินตง จก.	ห้องเย็นเก็บสัตว์น้ำ	-	บ้านพรุ	หาดใหญ่	-
107	บ. ซี.เอส.คอมเพล็กซ์ จก.	ห้องเย็นเก็บสัตว์น้ำ และแช่แข็งสัตว์น้ำ	13	บ้านพรุ	หาดใหญ่	คลองอุตะเถา
108	บ.จอมธนา จก.สาขาหาดใหญ่	ห้องเย็นเก็บไอศกรีม	-	พะวง	เมือง	-

ตารางที่ จ-1 (ต่อ) รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ประเภท	ที่อยู่	ตำบล	อำเภอ	แหล่งระบายน้ำทิ้ง
109	บ. เอ็น เค ซีพีริช จก.	ห้องเย็นเพื่อเก็บผลิตภัณฑ์แปรรูปอาหารทะเล	ม.7	คอหงส์	หาดใหญ่	-
110	บ. หน้าฮั่วรับเบอร์ จก.	อบและรมควันยางพารา ทำน้ำยางข้น	99 ม.3	สำนักขาม	สะเดา	คลองอุตะเถา

แหล่งที่มา: สถาบันวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552

ภาคผนวก ฉ

เคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการเกษตร

ตารางที่ ฉ-1 สารกำจัดวัชพืช

	<p>ชื่อทางการค้า: กรั่มม็อกโซน</p> <p>ชื่อสามัญ: พาราควอต</p> <p>กลุ่มสารเคมี: Bipyridylum</p> <p>สารสำคัญ: 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium,dichloride</p> <p>ประโยชน์: กำจัดวัชพืชหลังงอก ที่มีสีเขียวทุกชนิด ในพื้นที่ทำการเกษตร สวนไม้ผล สวนยางพารา สวนปาล์ม พืชไร่ต่างๆ และพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: พาราควอต</p> <p>ชื่อสามัญ: พาราควอต ไดคลอไรด์</p> <p>กลุ่มสารเคมี: Bipyridylum</p> <p>สารสำคัญ: 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium,dichloride</p> <p>ประโยชน์: กำจัดวัชพืชหลังงอก ที่มีสีเขียวทุกชนิด ในพื้นที่ทำการเกษตร สวนไม้ผล สวนยางพารา สวนปาล์ม พืชไร่ต่างๆ และพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: มาร์เก็ต</p> <p>ชื่อสามัญ: glyphosate isopropylammonium</p> <p>กลุ่มสารเคมี: Glycine derivative</p> <p>สารสำคัญ: N-(phosphonomethyl) glycine, isopropylammonium</p> <p>ประโยชน์: กำจัดวัชพืชหลังงอก ในพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร เพื่อกำจัดวัชพืชประเภทใบแคบ วัชพืชประเภทใบกว้าง วัชพืชประเภทกก</p>

ตารางที่ ฉ-1 (ต่อ) สารกำจัดวัชพืช

	<p>ชื่อทางการค้า: ราวด์อ็อป</p> <p>ชื่อสามัญ: glyphosate isopropylammonium</p> <p>กลุ่มสารเคมี: Glycine derivative</p> <p>สารสำคัญ: N-(phosphonomethyl) glycine, isopropylammonium</p> <p>ประโยชน์: กำจัดวัชพืชชนิดดูดซึม ใช้ในสวนผลไม้ สวนยางพารา และพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร กำจัดวัชพืชได้หลายชนิดทั้งใบแคบ ใบกว้าง</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: ออสติน60</p> <p>ชื่อสามัญ: บิวทาคลอร์</p> <p>กลุ่มสารเคมี: Chloroacetamide</p> <p>สารสำคัญ: N-butoxymethyl-2-chloro-2',6'diethylacetanilide</p> <p>ประโยชน์: กำจัดวัชพืชในข้าวนาหว่านน้ำตม เพื่อกำจัดวัชพืชประเภทใบแคบ ใบกว้าง และกก</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: ฟีนาคลอร์</p> <p>ชื่อสามัญ: บิวทาคลอร์</p> <p>กลุ่มสารเคมี: Chloroacetamide</p> <p>สารสำคัญ: N-butoxymethyl-2-chloro-2',6'diethylacetanilide</p> <p>ประโยชน์: กำจัดวัชพืชในข้าวนาหว่านน้ำตม เพื่อกำจัดวัชพืชประเภทใบแคบ ใบกว้าง และกก</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: ทิลเลอร์</p> <p>ชื่อสามัญ: fenoxaprop-p-ethyl + ethoxysulfuron</p> <p>กลุ่มสารเคมี: -</p> <p>สารสำคัญ: (R)-2-(4-(6-chloro-1,3-benzoxazol-2-yloxy) phenoxy) propionic acid และ dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-(2-ethoxyphenoxy sulfonyl) urea</p> <p>ประโยชน์: กำจัดวัชพืชได้ทั้ง วัชพืชใบแคบ ใบกว้าง และ กก</p>

ตารางที่ ฉ-1 (ต่อ) สารกำจัดวัชพืช

	<p>ชื่อทางการค้า: หมาแดง-น้ำ</p> <p>ชื่อสามัญ: 2,4-D dimethyl ammonium</p> <p>กลุ่มสารเคมี: phenoxyacetic acid</p> <p>สารสำคัญ: Dimethyl ammonium (2,4-dichlorophenoxy) acetate</p> <p>ประโยชน์: กำจัดวัชพืช ใช้หลังวัชพืชงอก ในข้าวนาหว่านน้ำตม เพื่อกำจัดวัชพืชประเภทใบกว้าง และใบกุก</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: ไตรคลอริค</p> <p>ชื่อสามัญ: ไตรโคลเพอร์ บิวทอกซีเอทิล เอสเทอร์</p> <p>กลุ่มสารเคมี: Pyridinecarboxylic acid</p> <p>สารสำคัญ: Acetic acid,[(3,5,6-trichloro-2-pyridinyl) oxy]-, 2-butoxyethyl ester</p> <p>ประโยชน์: กำจัดวัชพืช ใช้หลังวัชพืชงอกในสวนยางพารา เพื่อกำจัดวัชพืชประเภทใบกว้าง และพืชคลุมดินตระกูลถั่ว</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: ซุปเปอร์ซีน</p> <p>ชื่อสามัญ: อาหารซีน</p> <p>กลุ่มสารเคมี: 1,3,5-triazine</p> <p>สารสำคัญ: 6-chloro-N2-ethyl-N4-isopropyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine</p> <p>ประโยชน์: กำจัดวัชพืช ใช้ก่อนวัชพืชงอก ในข้าวโพดหวาน เพื่อกำจัดวัชพืชประเภทใบแคบ และใบกว้าง</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: อลิซ</p> <p>ชื่อสามัญ: อะลาคลอร์ (alachlor)</p> <p>กลุ่มสารเคมี: chloroacetamide</p> <p>สารสำคัญ: 2-chloes-2,6-diethyl-N-methoxymethylacetanilide</p> <p>ประโยชน์: ใช้กำจัดวัชพืชก่อนงอกในพืชไร่และพืชผัก</p>

แหล่งที่มา: บริษัท ป.เคมีเทค จำกัด, 2544

ปุ๋ย-ยา ออนไลน์ ดอทคอม, 2553

เกษตรเซ็นเตอร์, 2557

ตารางที่ ฉ-2 สารฆ่าแมลง

	<p>ชื่อทางการค้า: ไชแอมนูรอน</p> <p>ชื่อสามัญ: ลูเฟนนูรอน</p> <p>กลุ่มสารเคมี: Benzoylurea</p> <p>สารสำคัญ: (RS)-1-[2,5-dichloro-4-(1,1,2,3,3,3hexafluoropropoxy)-phenyl]-3-(2,6-difluorobenzoyl)-urea</p> <p>ประโยชน์: ยับยั้งการลอกคราบของหนอน (Insect growth regulator) โดยจะไปหยุดยั้งกระบวนการสร้างไคติน ซึ่งจะมีผลทำให้หนอนไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นตัวแก่ต่อไปได้</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: ฟาโมไซ</p> <p>ชื่อสามัญ: ฟิโพรนิล (fipronil)</p> <p>กลุ่มสารเคมี: -</p> <p>สารสำคัญ: 5-amino-1-(2,6-dichloro-trifluoro-p-tolyl)-4-trifluoromethylsulfinylpyrazole-3-carbonitrile</p> <p>ประโยชน์: ใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่น เพลี้ยไฟ หนอนกอ หนอนม้วนใบข้าว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: เคเม็กติน</p> <p>ชื่อสามัญ: อะบาเม็กติน (abamectin)</p> <p>กลุ่มสารเคมี: avermectin</p> <p>สารสำคัญ: abamectin</p> <p>ประโยชน์: ใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชต่างๆ ดังนี้ หนอนม้วนใบ หนอนใยผัก หนอนกระทู้หอม หนอนซอนใบส้ม เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ ไรสนิม ไรแดง แมลงหวี่ขาว</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: คลอริไพริฟอส 40</p> <p>ชื่อสามัญ: คลอริไพริฟอส (chlorpyrifos)</p> <p>กลุ่มสารเคมี: Organophosphorus</p> <p>สารสำคัญ: chlorpyrifos</p> <p>ประโยชน์: กำจัดแมลง เช่น เพลี้ยอ่อน ไรสนิมส้ม เพลี้ยหอย เพลี้ยแป้ง ทุเรียน มอดเจาะลำต้นทุเรียน หนอนเจาะผลทุเรียน</p>

ตารางที่ ฉ-2 (ต่อ) สารฆ่าแมลง

	<p>ชื่อทางการค้า: แชนพอส 40</p> <p>ชื่อสามัญ: คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos)</p> <p>กลุ่มสารเคมี: Organophosphorus</p> <p>สารสำคัญ: O,O-diethyl 0-3.5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate</p> <p>ประโยชน์: ป้องกันและกำจัดเพลี้ยหอย เพลี้ยแป้ง หนอนเจาะเปลือก หนอนม้วนใบข้าว หนอนกอข้าว แมลงสิง</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: เซฟวิน</p> <p>ชื่อสามัญ: คาร์บาริล (carbaryl)</p> <p>กลุ่มสารเคมี: carbamates</p> <p>สารสำคัญ: 1-naphthyl methylcarbamate</p> <p>ประโยชน์: กำจัดแมลงได้หลายชนิด ทั้งปากดูดและปากกัด โดยเฉพาะด้วงและแมลงปีกแข็ง</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: อะบาเม็กติน</p> <p>ชื่อสามัญ: อะบาเม็กติน (abamectin)</p> <p>กลุ่มสารเคมี: avermectin</p> <p>สารสำคัญ: abamectin</p> <p>ประโยชน์: กำจัดแมลงศัตรู</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: มาร์เชล 5 จี</p> <p>ชื่อสามัญ: คาร์โบซัลแฟน (carbosulfan)</p> <p>กลุ่มสารเคมี: carbamates</p> <p>สารสำคัญ: Dibutylaminothio methylcarbamate</p> <p>ประโยชน์: กำจัดแมลงได้หลายชนิด ทั้งปากดูดและปากกัด โดยเฉพาะด้วงและแมลงปีกแข็ง</p>

แหล่งที่มา: บริษัท ป.เคมีเทค จำกัด, 2544

ปุ๋ย-ยา ออนไลน์ ดอทคอม, 2553

เกษตรเซ็นเตอร์, 2557

ตารางที่ ๓-3 ปุ๋ยเคมี

	<p>ชื่อทางการค้า: ปุ๋ยแกลบโตะฟอรัท</p> <p>ตรา: ม้าคู่กระต่าย</p> <p>ธาตุอาหาร: ไนโตรเจน (N) ฟอสเฟต (P_2O_5) โพแทสเซียม (K_2O) แมกนีเซียม (MgO) แคลเซียม (CaO) กำมะถัน (S)</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: ปุ๋ยไข่มุก</p> <p>ตรา: เรือใบไวคิง</p> <p>ธาตุอาหาร: ไนโตรเจน (N) ฟอสเฟต (P_2O_5) โพแทสเซียม (K_2O) แมกนีเซียม (MgO)</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: ปุ๋ยไข่มุก</p> <p>ตรา: กระต่าย</p> <p>ธาตุอาหาร: ไนโตรเจน (N) ฟอสเฟต (P_2O_5) โพแทสเซียม (K_2O) แมกนีเซียม (MgO) แคลเซียม (CaO)</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: ปุ๋ยยารา</p> <p>ตรา: ยารา</p> <p>ธาตุอาหาร: ไนโตรเจน (N) ฟอสเฟต (P_2O_5) โพแทสเซียม (K_2O) แมกนีเซียม (MgO) แคลเซียม (CaO) กำมะถัน (S)</p>

ตารางที่ ฉ-3 (ต่อ) ปุ๋ยเคมี

	<p>ชื่อทางการค้า: ปุ๋ยไอซีพี</p> <p>ตรา: ม้าบิน</p> <p>ธาตุอาหาร: ไนโตรเจน (N) ฟอสเฟต(P_2O_5) โพแทสเซียม (K_2O) แมกนีเซียม (MgO) แคลเซียม (CaO) กำมะถัน (S)</p>
	<p>ชื่อทางการค้า: ปุ๋ยเทอรากอร์</p> <p>ตรา: มงกุฏ</p> <p>ธาตุอาหาร: ไนโตรเจน (N) ฟอสเฟต (P_2O_5) โพแทสเซียม (K_2O) แมกนีเซียม (MgO) แคลเซียม (CaO)</p>

แหล่งที่มา: ปุ๋ย-ยา ออนไลน์ ดอทคอม, 2553

เกษตรเซ็นเตอร์, 2557

บริษัท ศรีภัณฑ์เคมีเกษตร จำกัด, 2557

ตารางที่ ฉ-4 รายชื่อวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มีส่วนประกอบของสารหนูและตะกั่ว ที่ห้ามใช้และห้ามมีไว้ในครอบครอง

ลำดับที่ 1	ชื่อสามัญ:	โซเดียมอาร์ซีไนต์ (sodiumarsenite)
	ชื่อการค้า:	PESTICIDES CONTAININGSODIUM ARSENITE
	ประเภทการใช้:	กำจัดแมลง
	เดือนปีที่ห้าม:	มกราคม 2524
	เหตุผล:	ทำให้เกิดพิษสะสมในดินได้นาน เป็นอันตรายต่อมนุษย์ โดยเป็นสารที่ทำให้ทารกในครรภ์พิการหากได้รับสาร
ลำดับที่ 2	ชื่อสามัญ:	คอปเปอร์อาร์ซีเนทไฮดรอกไซด์ (Copper arsenate hydroxide)
	ชื่อการค้า:	-
	ประเภทการใช้:	กำจัดแมลงและกำจัดโรคพืช
	เดือนปีที่ห้าม:	ธันวาคม 2544
	เหตุผล:	มีพิษเฉียบพลันสูง มีพิษเรื้อรัง และอาจก่อให้เกิดการกลายพันธุ์หรือเกิดมะเร็ง
ลำดับที่ 3	ชื่อสามัญ:	แคลเซียม อาร์ซีเนท (calcium arsenate)
	ชื่อการค้า:	-
	ประเภทการใช้:	กำจัดแมลงและกำจัดวัชพืช
	เดือนปีที่ห้าม:	มิถุนายน 2543
	เหตุผล:	มีพิษเฉียบพลันสูง บางประเทศห้ามใช้
ลำดับที่ 4	ชื่อสามัญ:	ลีด อาร์ซีเนท (lead arsenate)
	ชื่อการค้า:	-
	ประเภทการใช้:	กำจัดแมลง
	เดือนปีที่ห้าม:	ธันวาคม 2544
	เหตุผล:	มีพิษเฉียบพลันสูง มีพิษเรื้อรัง อาจทำให้เกิดเนื้องอก ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์และมะเร็ง

แหล่งที่มา: แผนงานผักปลอดภัยจากสารพิษ จ.ขอนแก่น, มปป.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นางสาวนันทวรรณ อุ๋นจางวาง		
รหัสประจำตัวนักศึกษา	5510023001		
วุฒิการศึกษา	วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีทางทะเล)	มหาวิทยาลัยบูรพา	2554

ทุนการศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

นันทวรรณ อุ๋นจางวาง, สมหมาย เขียววารีสัจจะ และศิริพร ประดิษฐ์. 2556. การปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอน คลองอู่ตะเภา. ใน เรื่องเต็มการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 29: สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (หน้า ST311-ST318). เชียงราย: มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.