



ปริมาณโลหะหนัก 6 ชนิดที่ตกค้างในน้ำ ดินตะกอน และปูทะเล (*Scylla serrata* Forskal)
 ในป่าชายเลนบริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย
 อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชนบท
 ภัคดีวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
 พ.ศ. 2545

ISBN 974-04-1790-6

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

ฉพ
 ศก 4621
 2545

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ปริมาณโลหะหนัก 6 ชนิดที่ตกค้างในน้ำ ดินตะกอน และปูทะเล (*Scylla serrata* Forskal)

ในป่าชายเลนบริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย

อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี



นายศิริพงศ์ ชอบแต่ง

ผู้วิจัย



ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ นวกวงษ์ วท.ม.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



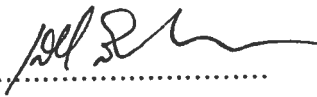
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศันสนีย์ ชูแวว Ph.D.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



อาจารย์พัฒนา ทวีโภค Ph.D.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



ศาสตราจารย์เลียงชัย ถิมล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย



อาจารย์สัญญาชัย สุธิตพันธ์วิหาร วท.ม.

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยี

การวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชนบท

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ปริมาณโลหะหนัก 6 ชนิดที่ตกค้างในน้ำ ดินตะกอน และปูทะเล (*Scylla serrata* Forskal)

ในป่าชายเลนบริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย

อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

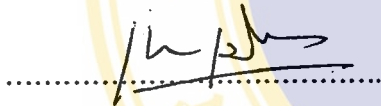
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชนบท

วันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



นายศิริพงศ์ ชอบแต่ง

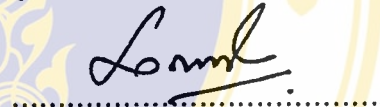
ผู้วิจัย



ศาสตราจารย์นายแพทย์เทพนม เมืองแมน B.A., ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ นวกวงษ์ วท.ม.

M.D., M.P.H., DR.PH.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

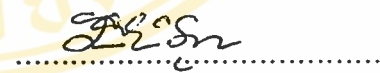


ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



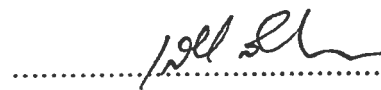
อาจารย์พัฒนา ทวีโกด Ph.D.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ผู้ช่วยศาสตราจารย์สันสนีย์ ชูแวง Ph.D.

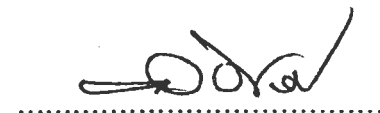
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ศาสตราจารย์เลียงชัย ลี้มล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล



รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงสำลี Ph.D.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือของ ผ.ศ. สุชาติ นวกวงษ์ ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ผ.ศ.ดร. ศันสนีย์ ชูแหวว ดร. พัฒน ทวีโภค กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ได้คำแนะนำข้อคิดเห็น ตลอดจนกระทั่งกรุณาตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณ ศ.ดร.นพ.เทพนม เมืองแมน ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคำแนะนำต่างๆทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณ ศ.ดร.เกษม จันท์แก้ว หัวหน้าโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล รวมทั้งสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ ขอบคุณ คุณกานดิษฐ์ สิงหากัน และเจ้าหน้าที่โครงการฯทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง

ขอบพระคุณ คณาจารย์คณะสิ่งแวดล้อมฯ และอาจารย์พิเศษทุกท่านที่ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ ขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะสิ่งแวดล้อมฯ ทุกๆฝ่ายที่อำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ด้วยดีเสมอมา

ขอบพระคุณอาจารย์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา ทุกๆ ท่าน โดยเฉพาะอาจารย์คณะวิชาประมงที่คอยสั่งสอน อบรม และคำแนะนำต่างๆ ตลอดระยะเวลา 2 ปี ที่ได้ศึกษาอยู่ รวมทั้งเพื่อนๆ “รุ่นเสียดอ” ทุกคนที่คอยเป็นห่วงเป็นใย และให้กำลังใจเสมอมา

ขอบคุณ พี่ชัยศักดิ์ รินเกลื่อน สำหรับคำแนะนำที่ดีเสมอมา ขอบคุณพี่ประยุทธ สมบูรณ์ ที่ช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ขอบคุณ คุณสุกัลยา (ET.25) ที่เอื้อเฟื้อภาพประกอบบางส่วน ขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆชาว RD ทุกคน โดยเฉพาะคุณสุพัต เมืองศรีนุ่น ที่คอยช่วยเหลือในด้านต่างๆ ด้วยดีเสมอมา

กราบขอบพระคุณ ท่านเจ้าคุณพระภัทรธรรมสุธี ผู้ช่วยเจ้าอาวาสวัดราชผาติการามวรวิหาร พระครูวินัยธรรมงคล กิตติมงคลโล พระครูพุทธพจนประกาศ และพระครูปลัดสุจินต์ ฆมมจินฺโธ ที่ให้ความอนุเคราะห์ที่พักอาศัย และอาหารการกินเป็นอย่างดี

ท้ายนี้กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นผู้ให้ที่ดีเสมอมา ทั้งชีวิต กำลังใจ กำลังทรัพย์ และอิสระในการเลือกทางเดินของชีวิต ขอขอบคุณพี่ชายและพี่สาวที่แสนดีทุกคน ที่สนับสนุนด้านการเงินจนสำเร็จการศึกษา และที่จะลืมเสียไม่ได้คือ คุณปู่เข็ญ ผู้ล่วงลับที่ได้เอาใจใส่เลี้ยงดูมาตั้งแต่เด็ก แม้ว่าท่านจะจากโลกนี้ไปแล้วแต่ท่านจะอยู่ในความทรงจำของผู้วิจัยตลอดไป

ประโยชน์ คุณค่า ความดี ที่พึงมีพึงได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทั้งหลาย ที่ได้เอื้อยวมและไม่ได้เอื้อยวม สำหรับข้อผิดพลาดใดๆที่เกิดขึ้นผู้วิจัยขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ศิริพงศ์ ขอบแตง

4036862 ENRD/M : สาขาวิชา : เทคโนโลยีการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชนบท ;

วท.ม. (เทคโนโลยีการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชนบท)

คำสำคัญ : โลหะหนัก / การตกค้าง / ป่าชายเลน

ศิริพงศ์ ขอบแตง : ปริมาณโลหะหนัก 6 ชนิด ที่ตกค้างในน้ำ ดินตะกอน และปูทะเล (*Scylla serrata* Forskal) ในป่าชายเลนบริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (SIX HAEVY METAL RESIDUES IN WATER, SEDIMENTS AND CRABS (*Scylla serrata* Forskal) COLLECTED IN THE MANGROVE FOREST AT ROYAL LEAM PHAK BIA ENVIRONMENTAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER, AMPHOE BAN LEAM PHETCHABURI PROVINCE). คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : สุชาติ นวกวงษ์, วท.ม., ศันสนีย์ ชูแหว, Ph.D., พัฒน ทวีโชค, Ph.D. 150 หน้า. ISBN 974-04-1790-6

การศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ตกค้างในน้ำ ดินตะกอน และปูทะเล (*Scylla serrata* Forskal) ป่าชายเลนบริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ดำเนินการระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2541 – ตุลาคม 2542 โดยการเก็บตัวอย่างน้ำ ดินตะกอน และปูทะเล ในพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมผักเบี้ย และพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน และได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของโลหะหนัก 6 ชนิด ได้แก่ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ได้ผลการศึกษาดังนี้

ผลการศึกษาในน้ำ พบว่า ปริมาณโลหะหนักบริเวณก่อนผ่านระบบป่าชายเลน ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ปรอท ปริมาณของโลหะหนักที่ออกจากป่าชายเลนมีค่ามากกว่าบริเวณก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน ป่าชายเลนบริเวณที่อยู่ใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งมีโลหะหนักมากกว่าป่าชายเลนที่อยู่ห่างออกไปยกเว้นปรอท ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินมีปริมาณโลหะหนักมากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมผักเบี้ยยกเว้นปรอทและตะกั่ว ปริมาณโลหะหนักทั้ง 2 พื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานยกเว้น ปรอท และแคดเมียม การทดสอบทางสถิติของโลหะหนักแต่ละชนิดที่ระยะทางแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่า ปริมาณของแคดเมียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำกับในดินตะกอน พบว่า นิกเกิลมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ส่วนปรอทมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม

ผลการศึกษาในดินตะกอน พบว่า ป่าชายเลนบริเวณที่อยู่ใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งมีปริมาณโลหะหนักมากกว่าบริเวณที่อยู่ห่างออกไป ยกเว้นปรอทและอาร์เซนิก ป่าชายเลนบริเวณบ้านแหลมผักเบี้ยมีปริมาณโลหะหนักมากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินยกเว้นอาร์เซนิก ปริมาณโลหะหนักทั้ง 2 พื้นที่ที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน การทดสอบทางสถิติของโลหะหนักแต่ละชนิดที่ระยะทางแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดในดินตะกอนกับปูทะเล พบว่า ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ส่วนปริมาณของโครเมียม และอาร์เซนิก มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม

ผลการศึกษาในปูทะเล พบว่า ป่าชายเลนบ้านแหลมผักเบี้ยมีค่ามากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินยกเว้นปรอท โลหะหนักแต่ละชนิดส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นตะกั่วบริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมผักเบี้ย การทดสอบทางสถิติของโลหะหนักแต่ละชนิด พบว่า ทั้ง 2 พื้นที่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดในปูทะเลกับในน้ำ พบว่า โครเมียม มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ส่วนปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิก มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม

4036862 ENRD/M : MAJOR : TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PLANNING FOR RURAL DEVELOPMENT ; M.Sc. (TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PLANNING FOR RURAL DEVELOPMENT)

KEY WORDS : HEAVY METAL / RESIDUES / MANGROVE FOREST

SIRIPONG CHOBTANG : SIX HEAVY METAL RESIDUES IN WATER, SEDIMENTS AND CRABS(*Scylla serrata* FORSKAL) COLLECTED IN THE MANGROVE FOREST AT ROYAL LAEM PHAK BIA ENVIRONMENTAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER, AMPHOE BAN LAEM, PHETCHABURI PROVINCE. THESIS ADVISORS : SUCHAT NAWAGAWONG, M.Sc., SANSANEE CHOOWAEW, Ph.D., PHATTHANA THAWEEPPOKE, Ph.D. 150 p. ISBN 974-04-1790-6

A study of the quantity of heavy metal residues in water, sediments and crabs (*Scylla serrata* Forskal) collected in the mangrove forest at Royal Laem Phak Bia Environmental Research and Development Center, Amphoe Ban Laem, Phetchaburi Province was conducted from November 1998 – October 1999. The researcher collected the samples of water, sediments and crabs (*Scylla serrata* Forskal) in the mangrove forest at Ban Laem Phak Bia and the mangrove forest at Ban Laem Phanoen and analysed the quantity of six heavy metal residues : mercury, lead, cadmium, chromium, nickel, and arsenic. The results of the study were as follows:

The study of the water found that the quantity of heavy metal before entering the mangrove forest system was mostly within the standard criteria except for mercury. The quantity of heavy metal which came out of the mangrove forest was more than that from the area before the mangrove forest. The mangrove forest which was near the wastewater releasing point had more heavy metal (except for mercury) than the mangrove forest which was far away. The mangrove forest at Ban Laem Phanoen had more heavy metal (except for mercury and lead) than the mangrove forest at Ban Laem Phak Bia . The quantity of heavy metal in both areas was mostly within the standard criteria except for mercury and cadmium. The statistical test of each kind of heavy metal at 3 different levels found that the quantity of cadmium had a difference at a statistical significance of 0.05. The relation between the quantity of each kind of heavy metal in the water and in the sediments found that nickel had a relation in the same direction. mercury had a relation in the opposite direction.

The study of the sediments found that the mangrove forest which was near the wastewater releasing point had more heavy metal (except for mercury and arsenic) than the area which was far away. The mangrove forest at Ban Laem Phak Bia had more heavy metal (except for arsenic) than the mangrove forest at Ban Laem Phanoen. The quantity of heavy metal in both areas was within the standard criteria. The statistical test of each kind of heavy metal at 3 different levels found that there was any statistical difference. The relation between each kind of heavy metal in the sediments and crabs found that lead, cadmium, and nickel had a relation in the same direction. The quantity of cadmium and arsenic had a relation in the opposite direction.

The study of crabs found that the mangrove forest at Ban Laem Phak Bia had more heavy metal (except for mercury) than the mangrove forest at Ban Laem Phanoen. Each kind of heavy metal was mostly within the standard criteria except for lead in the mangrove forest at Ban Laem Phak Bia. The statistical test of each kind of heavy metal found that neither area had any statistical difference. The relation between each kind of heavy metal in crabs found that chromium had a relation in the same direction. Mercury, lead, cadmium, and arsenic had a relation in the opposite direction.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 แนวคิดในการวิจัย.....	3
1.3 วัตถุประสงค์.....	5
1.4 สมมุติฐาน.....	5
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.6 ขอบเขตการศึกษา.....	6
1.7 นิยามศัพท์ของการวิจัย.....	7
2. ทบทวนวรรณกรรม.....	8
2.1 โลหะหนัก.....	8
2.2 แหล่งกำเนิดของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม.....	9
2.3 การสะสมของโลหะหนักในสัตว์น้ำ ในน้ำ และดินตะกอน.....	10
2.4 ชนิดของโลหะหนักที่ศึกษา.....	15
2.5 มาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ.....	26
2.6 ระบบบำบัดน้ำเสีย.....	30
2.7 พื้นที่ศึกษา.....	33
3. ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย.....	39
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	39
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย.....	40
3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการวิจัย.....	46
4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล.....	47
4.1 คุณสมบัติทั่วไปของน้ำ.....	47
4.2 ปริมาณของปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ในน้ำ ในดินตะกอน และในปูทะเล.....	56
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำ ในดินตะกอน และในปูทะเล..	88
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	97
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	97
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	102
รายการอ้างอิง.....	103
ภาคผนวก ก. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	111
ภาคผนวก ข. ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอน.....	115
ภาคผนวก ค. ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในปูทะเล.....	116
ภาคผนวก ง. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของโลหะหนัก ในน้ำ ดินตะกอน และปูทะเล.....	117
ภาคผนวก จ. ค่ามาตรฐานของโลหะหนักในน้ำ และในดินเพื่อการเกษตร.....	132
ประวัติผู้วิจัย.....	137
EXECUTIVE SUMMARY.....	138

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 มาตรฐานของโลหะหนักในอาหาร.....	26
2.2 มาตรฐานของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่กำหนดโดยประเทศต่าง ๆ.....	27
2.3 มาตรฐานของโลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดิน.....	29
2.4 มาตรฐานของโลหะหนักในน้ำทะเลชายฝั่ง.....	29
2.5 สถานประกอบการในจังหวัดเพชรบุรี.....	34
3.1 ดัชนีคุณภาพน้ำและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	44
3.2 ดัชนีวิเคราะห์คุณภาพดินตะกอน.....	45
3.3 ดัชนีวิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนักในปูทะเล.....	45
4.1 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน.....	47
4.2 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	48
4.3 แสดงค่าความเค็มเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน.....	49
4.4 แสดงค่าความเค็มเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	50
4.5 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยในรอบปีของน้ำบริเวณก่อนผ่านระบบป่าชายเลน.....	51
4.6 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	52
4.7 แสดงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน...	53
4.8 แสดงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	54
4.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน.....	56
4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน.....	59
4.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	59
4.13 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน...	61
4.14 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	62
4.15 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน...	64
4.16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	64
4.17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน.....	66
4.18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	67
4.19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอาร์เซนิกเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน...	69
4.20 ผลการวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	69
4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนัก 6 ชนิดในน้ำ.....	70
4.22 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	71
4.23 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	73
4.24 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	75
4.25 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	77

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

4.26 ผลการวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	79
4.27 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอาร์เซนิกเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	81
4.28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนัก6ชนิดในดินตะกอน.....	83
4.29 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของโลหะหนักแต่ละชนิดของปุ๋ยทะเลเฉลี่ยในรอบปี ในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	83
4.30 แสดงการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ โลหะหนัก แต่ละชนิดที่ตกค้างในดินตะกอนกับในน้ำ.....	88
4.31 แสดงการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ โลหะหนัก แต่ละชนิดที่ตกค้างในน้ำกับในปุ๋ยทะเล.....	90
4.32 แสดงการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ โลหะหนัก แต่ละชนิดที่ตกค้างในดินตะกอนกับในปุ๋ยทะเล.....	93

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
2.1 ลูกโซ่อาหารและการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศป่าชายเลน.....	13
2.2 วงจรชีวิตของปูทะเล.....	14
2.3 ลูกโซ่อาหารและการถ่ายทอดพลังงานของปูทะเลในป่าชายเลน.....	15
2.4 ปฏิกริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์และความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน ระหว่างแบคทีเรียและสาหร่าย.....	31
2.5 แผนที่แสดงที่ตั้งพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม แหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ.....	35
2.6 กระบวนการปฏิกริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อของระบบบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งไร้อากาศ...	36
2.7 ลักษณะบ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี.....	38
3.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่าง.....	42
4.1 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	49
4.2 แสดงค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	51
4.3 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	53
4.4 แสดงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในรอบปีในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	55
4.5 แสดงค่าปรอทเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	58
4.6 แสดงค่าตะกั่วเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	61
4.7 แสดงค่าแคดเมียมเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 แสดงค่าโครเมียมเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	66
4.9 แสดงค่าไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	68
4.10 แสดงค่าปรอทเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	72
4.11 แสดงค่าตะกั่วเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	74
4.12 แสดงค่าแคดเมียมเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	76
4.13 แสดงค่าโครเมียมเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	78
4.14 แสดงค่าไนโตรเจนเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	80
4.15 แสดงค่าอาร์เซนิกเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	82
4.14 แสดงค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในปุ๋ยทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน.....	87

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาน้ำเสียตามแหล่งชุมชนต่างๆ ในทุกภาคของประเทศไทย ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนและระบบนิเวศอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมา เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะตามแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ ทำให้ปริมาณการใช้น้ำเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัวซึ่งโดยปกติแล้ว ประมาณร้อยละ 85-90 ของน้ำที่ใช้แล้วจะแปรสภาพเป็นน้ำเสีย (1) น้ำเสียนอกจากจะมีกลิ่นเหม็นแล้วยังอาจมีสารพิษพวกโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ซึ่งมีความคงทนในธรรมชาติไม่สลายตัว โลหะหนักบางชนิด เช่นปรอท ตะกั่ว แคดเมียม หากมีสะสมในน้ำเสียเกินระดับมาตรฐานก็อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอย่างร้ายแรง แหล่งน้ำโดยทั่วไปมีปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนอยู่เล็กน้อยแตกต่างกัน ปกติแล้วในแหล่งน้ำธรรมชาติปริมาณโลหะหนักมักจะไม่สูงมากจนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต (2) แต่ในแหล่งน้ำบางแห่งที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักอาจเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆจนถึงระดับอันตราย ตัวอย่างเช่น ในแม่น้ำเพชรบุรีตรวจพบชนิดของโลหะหนักหลายชนิด ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก จากการตรวจวัดในเดือนเมษายนและเดือนธันวาคม พ.ศ. 2540 พบว่า มีปริมาณเฉลี่ยตลอดลำน้ำ เท่ากับ 0.002 0.004 $0.004 < 0.001$ 0.015 และ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร และในเดือนมีนาคม 2541 มีปริมาณเท่ากับ 0.004 0.051 $0.004 < 0.001$ 0.027 และ < 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ (3) (4) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจากรายงานของกรมควบคุมมลพิษ (5) จะเห็นได้ว่าปริมาณของโลหะหนักบางชนิดมีปริมาณใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานบางชนิดมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตั้งอยู่บริเวณตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี มีเนื้อที่ประมาณ 2,135 ไร่ จัดสร้างขึ้นเนื่องจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงห่วงใยในปัญหาสภาพแวดล้อม อันเกิดจากน้ำเสียและขยะมูลฝอย ซึ่งกำลังเพิ่มความรุนแรงและกลายเป็นปัญหาที่ยากจะแก้ไขได้ง่าย จึงได้พระราชทาน

แนวทางพระราชดำริแก่เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง ให้ร่วมกันศึกษาหาวิธีแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับน้ำเสีย ขยะมูลฝอย และการรักษาสภาพป่าชายเลน (6)

ในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีและบริเวณใกล้เคียงมีน้ำเสียประมาณ 3,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (1) จากการศึกษาลักษณะของน้ำเสียในบ่อรวมที่สถานีสูบน้ำบ้านคลองยาง ในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย (4) พบว่า คุณภาพของน้ำมีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงเรื่อย ๆ ดังนั้นสมควรที่จะได้รับการบำบัด ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

บ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียที่จัดสร้างขึ้นตามโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ขั้นตอนของการบำบัดน้ำเสียเริ่มจากการนำน้ำเสียจากบ่อรวมน้ำเสีย ในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีที่สถานีสูบน้ำบ้านคลองยาง จากนั้นสูบน้ำส่งไปบำบัดที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย ไปตามท่อส่งน้ำเป็นระยะทางประมาณ 18.5 กิโลเมตร (6) โดยน้ำเสียจะผ่านเข้าสู่บ่อดกตะกอนเพื่อตกตะกอนสารแขวนลอยที่มีน้ำหนักสูงก่อน จากนั้นจึงปล่อยน้ำให้ไหลสู่บ่อบำบัดลำดับ ที่หนึ่ง สอง สาม และบ่อบำบัดปรับคุณภาพน้ำขั้นสุดท้าย ตามลำดับ รวมระยะเวลาประมาณ 28 วัน จากนั้นจะระบายลงสู่พื้นที่ป่าชายเลนเพื่อให้ป่าชายเลนช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนระบายสู่ทะเลต่อไป (7)

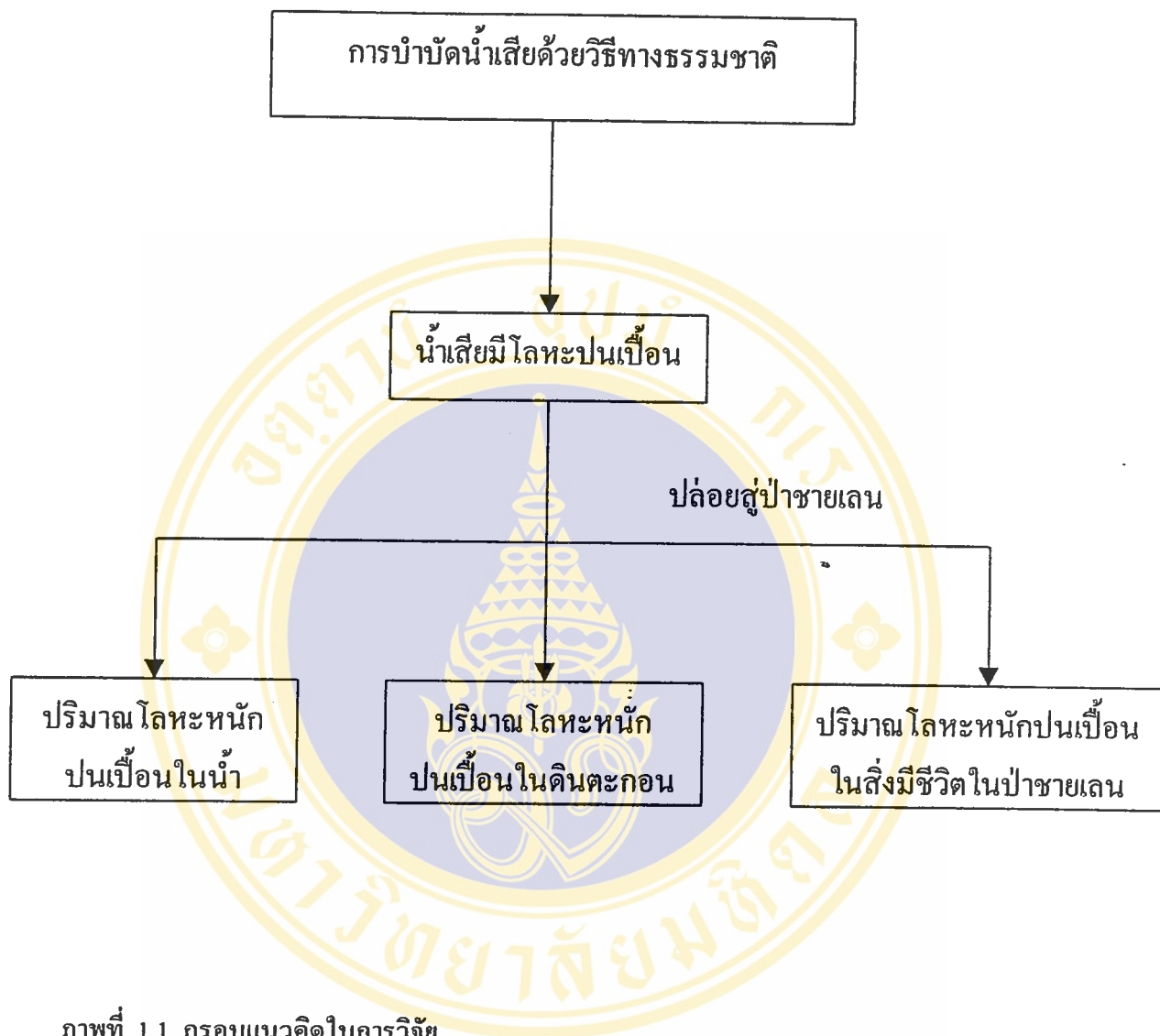
พื้นที่ป่าชายเลนที่รองรับน้ำทิ้งจากเทศบาลเมืองเพชรบุรีมีเนื้อที่ประมาณ 880,000 ตารางเมตร จากการศึกษาของเฉลิมชัย (8) พบว่า สภาพป่าชายเลนที่อำเภอบ้านแหลมมีพันธุ์ไม้กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป โชนจากฝั่งทะเลเข้าสู่ป่า ได้แก่ กลุ่มไม้แสม กลุ่มไม้โกงกาง และกลุ่มพังกาหัวสุมดอกแดง และจากการศึกษาปริมาณของโลหะหนักในน้ำก่อนปล่อยลงสู่พื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมผักเบี้ยในเดือนเมษายนและเดือนธันวาคม พ.ศ. 2540 พบว่า มีปริมาณเฉลี่ยของปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม เท่ากับ 0.004 0.05 และ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (3) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ปริมาณของปรอทมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนตะกั่ว และแคดเมียม มีปริมาณเท่ากับค่ามาตรฐานที่กำหนด (5) เนื่องจากป่าชายเลนทำหน้าที่ดักกรองสารปฏิจุลและสารพิษต่างๆ ในน้ำก่อนไหลลงสู่ทะเล โลหะหนักหลายชนิดเมื่อถูกพัดพามาตามกระแสน้ำก็จะตกตะกอนอยู่ในบริเวณป่าชายเลน (9) ทำให้โลหะหนักเหล่านี้มีโอกาสสะสมในตะกอนดินซึ่งอาจมีผลต่อปริมาณการปนเปื้อนในสัตว์น้ำซึ่งอาศัยในบริเวณป่าชายเลนดังกล่าว

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่า ในน้ำที่ออกจากบ่อบำบัดขั้นสุดท้ายที่พร้อมจะระบายสู่พื้นที่ป่าชายเลน ยังคงมีปริมาณของโลหะหนักตกค้างอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณของโลหะหนักอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เนื่องจากระบบบำบัดไม่ได้ออกแบบมาเพื่อบำบัดโลหะหนักโดยเฉพาะ ทำให้ผู้วิจัยสนใจทำการศึกษาประสิทธิภาพ

ของป่าชายเลนในการช่วยลดปริมาณโลหะหนักดังกล่าว โดยทำการศึกษาการตกค้างของโลหะหนักบางชนิดในดินตะกอน ในน้ำ ในป่าชายเลนที่มีระยะห่างจากบ่อบำบัดแตกต่างกัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักของป่าชายเลนแต่ละระดับ ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ นอกจากนี้จะศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักในน้ำ ในดินตะกอน และปูทะเลที่อาศัยอยู่ในบริเวณป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษา และทำการเปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณบ้านแหลมพะเนินซึ่งอยู่ใกล้เคียง แต่ไม่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเพชรบุรี เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาถึงผลกระทบของการปล่อยน้ำเสียที่มีโลหะปนเปื้อนลงสู่ป่าชายเลน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงต่อโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาแหลมผักเบี้ย นอกจากนี้ยังใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาถึงผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อป่าชายเลนในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

1.2 แนวคิดในการวิจัย

การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่ตกค้างในป่าชายเลน บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีแนวคิดมาจากการที่น้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรี ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสีย (Lagoon treatment) แต่ยังมีโลหะหนักบางชนิดเจือปนอยู่เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้ในการบำบัดโลหะหนักโดยเฉพาะจึงไม่สามารถบำบัดโลหะหนักได้ (4) เมื่อระบายน้ำเสียหลังบำบัดลงสู่ป่าชายเลนสารโลหะหนักเหล่านี้บางส่วนอาจตกตะกอนสะสมอยู่ในตะกอนดิน บางส่วนก็อาจปนเปื้อนในสัตว์น้ำซึ่งอาศัยอยู่ในบริเวณป่าชายเลน บางส่วนก็อาจถูกพืชในป่าชายเลนดูดซับไปเก็บไว้ในลำต้นหรือราก ดังนั้นเมื่อน้ำเสียเหล่านี้ไหลผ่านป่าชายเลนออกไปไกลจากแหล่งที่ปล่อยปริมาณสารปนเปื้อนก็ย่อมน้อยลงตามลำดับ



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาปริมาณการตกค้างของปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิลและอาร์เซนิก ในน้ำ ดินตะกอน และปุ๋ยทะเล ในพื้นที่ป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย

1.3.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิกในน้ำ ดินตะกอน และในปุ๋ยทะเล ในพื้นที่ป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย

1.4 สมมุติฐาน

1.4.1 ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนและในน้ำที่ออกจากป่าชายเลน มีค่าต่ำกว่าก่อนเข้าป่าชายเลน

1.4.2 ป่าชายเลนในบริเวณซึ่งอยู่ใกล้กับจุดปล่อยน้ำทิ้ง จะมีปริมาณโลหะหนักตกค้างมากกว่าป่าชายเลนในบริเวณที่ห่างออกไป หรือระยะทางห่างจากชายฝั่ง มีความสัมพันธ์กับปริมาณโลหะหนักตกค้าง

1.4.3 ป่าชายเลนบริเวณที่ได้ผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย จะมีปริมาณโลหะหนักตกค้างในน้ำ ดินตะกอน และในปุ๋ยทะเลมากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินซึ่งไม่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย

1.4.4 ปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และในปุ๋ยทะเล มีความสัมพันธ์กัน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงความสามารถของป่าชายเลนในการดูดซับโลหะหนักแต่ละชนิด

1.5.2 ทราบถึงปริมาณโลหะหนักที่ตกค้างในน้ำ ดินตะกอน และปุ๋ยทะเล ในพื้นที่ป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย

1.5.3 ทราบถึงความสัมพันธ์ของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำ ดินตะกอน และปุ๋ยทะเล ในพื้นที่ป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย

1.5.4 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

1.5.5 นำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีลักษณะและองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน

1.6 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่ตกค้างในป่าชายเลน บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ส่วนคือ

1.6.1 วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำตัวอย่าง ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2541 มีนาคม กรกฎาคม และตุลาคม พ.ศ. 2542 ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โปรท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก

1.6.2 วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนตัวอย่าง ได้แก่ โปรท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ในเดือนพฤศจิกายน 2541 – มิถุนายน 2543

1.6.3 วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ โปรท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ที่สะสมในปูทะเลที่จับได้ในบริเวณป่าชายเลน ในเดือนพฤศจิกายน 2541 – ธันวาคม 2542

1.6.4 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณ โปรท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ในน้ำ ดินตะกอน และในปูทะเล

1.7 นิยามศัพท์ของการวิจัย

1.7.1 โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 22 - 34 และ 40 - 52 ในตารางธาตุ (10) ในการศึกษาครั้งนี้คือ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก

1.7.2 น้ำทิ้ง ในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง น้ำเสียจากบ่อรวมของเทศบาลเมืองเพชรบุรี ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัด (Lagoon treatment) ขั้นสุดท้ายแล้ว

1.7.3 ป่าชายเลน หมายถึง สังกมพืชที่ขึ้นอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำหรืออ่าว เป็นบริเวณที่ระดับน้ำทะเลท่วมถึงในช่วงน้ำขึ้นสูงสุด (11)

1.7.4 พื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมผักเบี้ย หมายถึง พื้นที่ป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเพชรบุรี บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

1.7.5 พื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน หมายถึง พื้นที่ป่าชายเลนที่ไม่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเพชรบุรี อยู่ในตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

1.7.6 โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ หมายถึง กลุ่มของกิจกรรมหรืองานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม เพื่อการอนุรักษ์และพัฒนาทรัพยากรอย่างยั่งยืน

1.7.7 ผลกระทบ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ทั้งทางตรงและทางอ้อมซึ่งอาจเป็นผลดีหรือผลเสียก็ได้

บทที่ 2

บททวนวรรณกรรม

2.1 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 22-34 และ 40-52 ในตารางธาตุ รวมทั้งธาตุในอนุกรมแลนทาไนด์ และแอกติไนด์ โลหะหนักที่รู้จักกันโดยทั่วไป เช่น วาเนเดียม (V) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) เงิน (Ag) นิกเกิล (Ni) พรอท (Hg) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และอาร์เซนิก (As) (10) สิ่งมีชีวิตจะตอบสนองต่อโลหะหนักแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน เช่น สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และปรอท จะมีผลโดยตรงต่ออวัยวะของปลา ทำให้ช่องว่างระหว่าง gill filaments ในเหงือกของปลาเต็มไปด้วยเมือกจากตะกอนของโลหะหนัก (mucusmetal precipitate) ซึ่งจะป้องกันไม่ให้น้ำสัมผัสกับ gill filaments ทำให้ขาดออกซิเจนที่จะไปเลี้ยงร่างกาย ทำให้ปลาว่ายน้ำไม่ปกติ และการไหลเวียนของโลหิตสู่เหงือกจะช้าลง ทำให้การทำงานของหัวใจชะงักลง ภาวะที่มีปริมาณของโลหะหนักในน้ำสูงปลาจะตาย เนื่องจากการลดลงของระบบหายใจอย่างเฉียบพลัน (12) โลหะหนักเป็นแร่ธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติมนุษย์นำมาใช้เพื่อผลิตสิ่งต่างๆ ทำให้มีการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากโลหะหนักเป็นสารที่คงตัวและไม่สามารถที่จะถูกย่อยสลายได้ ทำให้คุณสมบัติของโลหะหนักไม่ถูกเปลี่ยนไปในขณะที่ถูกพัดพาไปสู่ที่อื่นๆ และเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเจือปนอยู่ในแหล่งน้ำและเข้าไปสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตต่างๆ ตลอดจนทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไปซึ่งโลหะหนักที่มีอยู่ในน้ำจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ ลักษณะที่ละลายน้ำ และลักษณะที่เกาะติดกับสิ่งแขวนลอยซึ่งเป็นพวกสารอินทรีย์ส่วนใหญ่มักจะเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิต (13)

โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนักสามารถสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตและถ่ายทอดตามห่วงโซ่อาหารได้ (14) โลหะหนักเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตแตกต่างกันออกไป เช่น เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อ อวัยวะต่างๆทำให้เกิดมะเร็งชนิดต่างๆ (15) ความเป็นพิษของโลหะหนักจะมากขึ้นเพียงใดขึ้นอยู่กับขนาดหรือปริมาณที่ได้รับ อายุ ความแตกต่างของความต้านทานในแต่ละบุคคล (16)

2.2 แหล่งกำเนิดของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม

Bruland (17) ได้แบ่งแหล่งกำเนิดของโลหะหนักที่พบในสิ่งแวดล้อมไว้ 7 แหล่งด้วยกัน คือ

1. การชะล้างจากแผ่นดิน โลหะหนักจากแหล่งนี้ถือว่าเป็นค่า background Level ของบริเวณนั้น ๆ ซึ่งพบว่าบริเวณใดเป็นแหล่งแร่ของโลหะหนักได้ก็จะพบว่าน้ำในบริเวณนั้นมีโลหะหนักชนิดนั้น ๆ สูงด้วย

2. อุตสาหกรรมการถลุงแร่และโลหะ ในระหว่างการถลุงแร่ จะมีโลหะหนักปนออกมากับน้ำทิ้งด้วย

3. การใช้โลหะและสารประกอบโลหะ การใช้โลหะในอุตสาหกรรม เช่น ใช้เกลือโครเมียมในการฟอกหนัง ใช้สังกะสีในการทำท่อ และการใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ จะเป็นแหล่งที่มาของโลหะหนักสู่แหล่งน้ำ

4. การเผาไหม้เชื้อเพลิง การผลิตซีเมนต์ และอิฐบล็อก เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน จะมีโลหะหนักบางตัวสูง เช่น อาร์เซนิก สังกะสี แคดเมียม ทองแดงและนิกเกิล ในการผลิตซีเมนต์พบว่ามีคาร์บอนไดออกไซด์ โลหะหนัก สังกะสี ตะกั่ว และอาร์เซนิกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณรอบๆพื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างประเภทอิฐจะมีโลหะสะสมอยู่ค่อนข้างสูง

5. จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น พบอลูมิเนียมจากโรงงานทำภาชนะอลูมิเนียม และโรงงานอัลลอยด์ สารหนูจากโรงงานผลิตสารฆ่าแมลง แคดเมียมจากโรงงานชุบโลหะ โรงงานทำสังกะสี และสารฆ่าแมลง ตะกั่วจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โรงงานสี และโรงงานกลั่นน้ำมัน แมงกานีสจากโรงงานสี โรงงานผลิตแบตเตอรี่แห้งและโรงงานอัลลอยด์ นิกเกิลจากโรงงานชุบโลหะและโรงงานอัลลอยด์

6. จากยานพาหนะซึ่งเป็นแหล่งใหญ่ ในการกระจายตัวในบรรยากาศและแหล่งชุมชน

7. การรั่วออกจากขยะต่าง ๆ การรั่วของโลหะหนักจากขยะ จะมีผลมากต่อแหล่งน้ำบนบกหรือบริเวณชายฝั่งทะเล

สำหรับในพื้นที่ศึกษาพบว่าแหล่งกำเนิดของโลหะหนักจะมาจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากชุมชน ปิมน้ำมัน และขยะตามสถานที่ต่างๆในเทศบาลเมืองเพชรบุรี

2.3 การสะสมของโลหะหนักในสัตว์น้ำ ในน้ำ และดินตะกอน

โลหะหนักที่เข้าสู่แหล่งน้ำ สามารถแพร่กระจายไปได้ 3 ทาง (13)

1. โลหะหนักถูกทำให้กระจกระบายไปในทิศทางต่าง ๆ โดยการไหลของกระแส น้ำซึ่งเป็น การลดความเข้มข้นของสารพิษให้น้อยลงทำให้กระจกระบายไปในทิศทางต่างๆ
2. โลหะหนักถูกพัดพาไปในที่อื่นๆ โดยการเคลื่อนย้ายของของสิ่งมีชีวิต และสิ่งแขวนลอยที่ อยู่ในน้ำ
3. จากขบวนการต่าง ๆ เช่น ขบวนการทางเคมี (chemical process) ฟิสิกส์ (physiological process) และขบวนการทางชีวภาพ (biological process) ทำให้โลหะหนักรวมตัวกับพวกสิ่ง แขวนลอยต่าง ๆ และตกตะกอนไป ทำให้โลหะหนักเข้าไปสะสมและตกค้างอยู่ในสัตว์น้ำได้

2.3.1 การสะสมของโลหะหนักในสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำส่วนใหญ่ได้รับสารโลหะหนักเข้าไป โดยการกินอาหารในลักษณะต่าง ๆ ตามชนิด ของสัตว์น้ำนั้น ๆ การสะสมของโลหะหนักโดยการดูดซึมจากน้ำเข้าไปโดยตรงเป็นไปได้น้อยมาก การสะสมของโลหะหนักในสัตว์น้ำ จะเพิ่มขึ้นตามลำดับการบริโภค ปริมาณมากหรือน้อย ก็จะมีการ ถ่ายทอดปริมาณสารพิษโลหะหนักเหล่านี้ไปตามห่วงโซ่อาหารตามลำดับ จนถึงระดับสูงสุดของห่วง โซ่อาหาร เช่นเดียวกับการถ่ายทอดพลังงาน นั่นคือมนุษย์จะมีการสะสมปริมาณสารพิษโลหะหนักสูง ที่สุด (18)

เปี่ยมศักดิ์ และพิชาน(19) ได้ศึกษาถึงการแพร่กระจายของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมบริเวณ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง พบว่ามีปริมาณโลหะหนักที่สะสมในปลาจะสูงกว่า ในแหล่งน้ำแต่น้อยกว่า ในดินตะกอน ซึ่งปลาที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นปลาผิวน้ำ ไม่ใช่ปลาหน้าดิน ส่วนนกกินปลา จะมี ปริมาณการสะสมของโลหะหนักสูงกว่าปลา แสดงให้เห็นว่าปริมาณการสะสมของโลหะหนักมีการ ขยายทางชีวภาพ เช่นเดียวกับการถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร

ปริมาณโลหะหนักในอาหารจำพวกสัตว์น้ำที่พบในประเทศไทย พบว่า ปริมาณโลหะหนัก ในสัตว์น้ำจะแตกต่างกันไปตามชนิดและขนาดของสัตว์น้ำตลอดจนบริเวณที่ทำการศึกษา โดยทั่วไป พบว่า สัตว์น้ำขนาดใหญ่จะมีปริมาณการสะสมของโลหะหนักมากกว่าสัตว์น้ำชนิดเดียวกันที่มีขนาดเล็ก ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในสัตว์น้ำดินมักสูงกว่าในสัตว์น้ำที่หากินบริเวณผิวน้ำ ทั้งนี้เนื่อง

จากปริมาณโลหะหนักในดินจะสูงกว่าในน้ำ นอกจากนั้นปริมาณของโลหะหนักที่สะสมตามอวัยวะต่างๆ ของสัตว์น้ำ พบว่า บริเวณดักจะมีปริมาณการสะสมของโลหะหนักสูงสุด และบริเวณกล้ำมเนื้อจะมีปริมาณโลหะหนักต่ำสุด (18)

2.3.2 การสะสมของโลหะหนักในน้ำ

โลหะหนักที่สะสมในน้ำ มีทั้งในรูปที่ละลายน้ำ (dissolved) และอยู่ในรูปสารแขวนลอย (suspended solid) ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำ มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เนื่องจากความสามารถ ในการผสมผสานของสารแขวนลอย และพวกที่ละลายน้ำแตกต่างกัน โดยเฉพาะพวกที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยจะมี residence time ยาวนานกว่าพวกที่ละลายน้ำ และจากการที่น้ำมีการเคลื่อนไหลตลอดเวลา มีผลทำให้ตะกอนใต้น้ำลอยตัวขึ้น (resuspention) จึงมีทั้งขบวนการดูดซับ (adsorption) และการคาย (desorption) ของโลหะหนักระหว่างน้ำ และตะกอน (17)

เปี่ยมศักดิ์ (2) กล่าวถึงสิ่งแวดล้อมในทะเลแบ่งออกได้เป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือ ทะเลชายฝั่ง (Coastal Sea) และทะเลเปิด (Open Sea) ทะเลชายฝั่งประกอบไปด้วยบริเวณปากแม่น้ำ ชายทะเลที่อยู่บนไหล่ทวีป (Continental shelves) สำหรับทะเลเปิดคือส่วนของทะเลหรือมหาสมุทรที่มีความลึกตั้งแต่ 1,000 เมตร ขึ้นไป น้ำที่ไหลออกจากบริเวณปากแม่น้ำจะผสมกับน้ำทะเลระดับบน เกิดเป็นมวลของน้ำทะเลที่มีความเค็มไม่มากนัก มวลของน้ำทะเลดังกล่าวจะไหลไปตามชายฝั่งเป็นระยะทางหลายกิโลเมตร ระบบการหมุนเวียนของน้ำในบริเวณชายฝั่งเป็นผลให้ธาตุหรือสารประกอบที่ละลายอยู่ใช้เวลาอยู่ในบริเวณชายฝั่งเป็นเวลานาน เช่น เมื่อไหลไปสู่ทะเลเปิดบางส่วนอาจตกตะกอนบางส่วนถูกกระแสน้ำใต้ผิว (Sub-surface Flow) ผลักดันให้กลับเข้ามาสู่บริเวณชายฝั่งใหม่ได้ ดังนั้นเมื่อธาตุหรือสารประกอบถูกผลักดันกลับมาผสมกับพวกที่ถูกถ่ายเทลงไปแล้ว น้ำมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์สำหรับพืชน้ำทำให้บริเวณดังกล่าวมีกำลังการผลิตสูง นอกจากนั้นสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ถูกพาลงสู่ทะเลต่อไปจะมีการคงรูปอยู่ในสิ่งมีชีวิต อยู่ในน้ำทะเล และติดอยู่กับวัตถุแขวนลอย ต่อมาจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เช่น อาจตกตะกอนลงสู่พื้นท้องทะเลหรือไม่ก็ถูกปล่อยออกมาจากน้ำทะเลสู่บรรยากาศ

โลหะหนักปริมาณน้อยหรือโลหะหนักถูกพาลงสู่ทะเลโดยกระบวนการทางธรรมชาติ และการกระทำของมนุษย์ โดยผ่านทางน้ำ การชะล้างพื้นดิน การทิ้งของเสีย และการผ่านทางอากาศ อีกส่วนออกสู่น้ำทะเลจากพื้นท้องทะเลแหล่งธรรมชาติแหล่งใหญ่ๆ ได้แก่ การผุพังกักร่อนของหินจากภายในโลก การปล่อยจากภูเขาไฟ และการออกจากตะกอนในทะเล ธาตุส่วนใหญ่จะลงสู่ทะเล

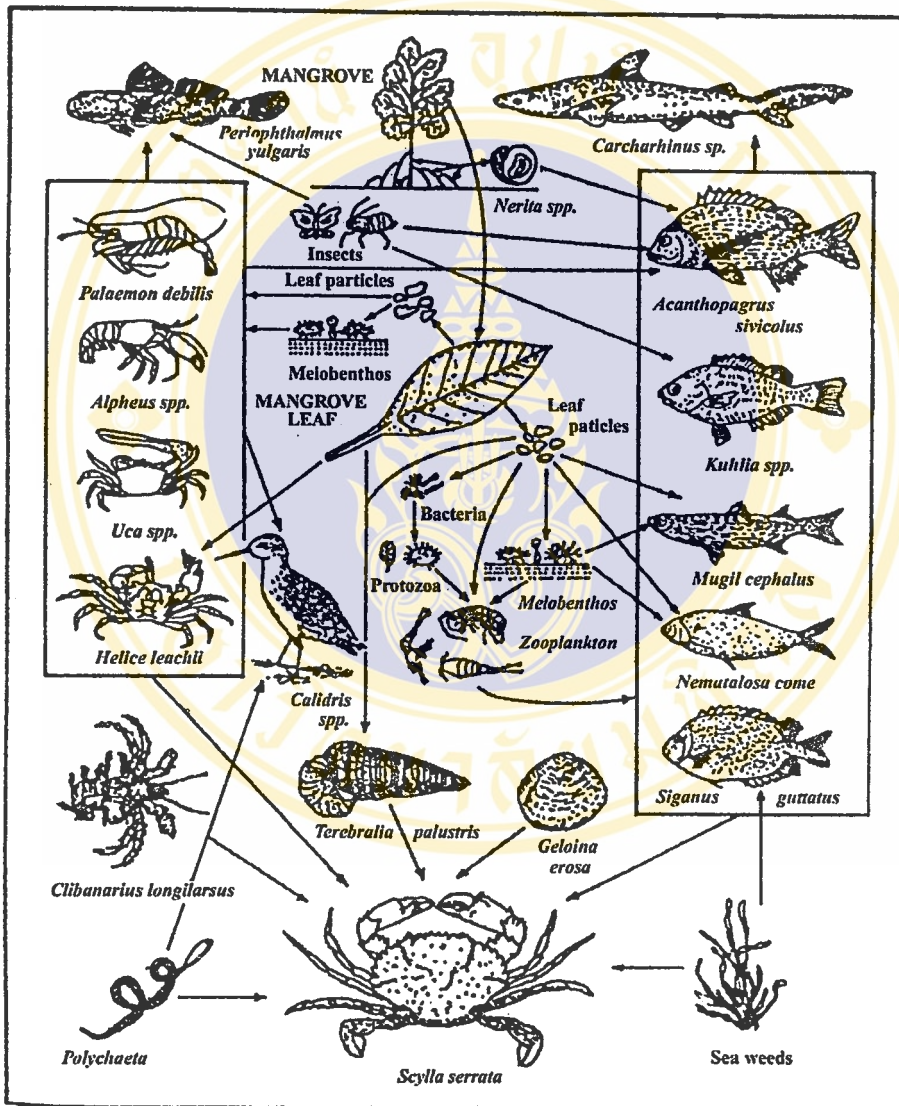
โดยผ่านทางแม่น้ำแต่บางธาตุ เช่น โปรทและตะกั่ว การนำลงสู่ทะเลโดยทางอากาศก็เป็นทางผ่านที่สำคัญเช่นกัน โลหะปริมาณน้อยเหล่านี้ลงสู่ทะเลส่วนหนึ่งจะยังคงละลายอยู่ในน้ำ และอีกส่วนหนึ่งจะสะสมอยู่ในชั้นบางๆที่ผิวหน้า หรือถูกดูดซับไว้บนสารแขวนลอยแล้วค่อยๆตกตะกอนออกจากน้ำไปสู่เบื้องล่าง อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะตกตะกอนไปแล้วก็ยังมีโอกาสที่โลหะปริมาณน้อยเหล่านี้จะกลับคืนสู่น้ำได้อีกโดยกระบวนการทางกายภาพ ขบวนการทางเคมี และขบวนการทางชีวะ ดังนั้นตะกอนจึงทำหน้าที่เหมือนบัฟเฟอร์และสะสมโลหะหนักต่างๆไว้ได้นาน แม้ว่าการปล่อยโลหะหนักลงสู่ทะเลจะได้หยุดลงแล้ว ระดับของโลหะในตะกอนบริเวณต่างๆจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของกลุ่มน้ำที่ไหลผ่านและพัดพาตะกอนลงมา อุตสาหกรรมหลายประเภทปล่อยโลหะหนักปริมาณน้อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งระดับความเข้มข้นของโลหะในน้ำทะเลไม่ค่อยแสดงการเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากภาวะมลพิษขกเว้นในน้ำบริเวณที่ใกล้เคียงกับแหล่งปล่อยโลหะเท่านั้น อย่างไรก็ตามโลหะที่มีในตะกอนและสิ่งมีชีวิตจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนมากกว่า (20)

2.3.3 การสะสมของโลหะหนักในดินตะกอน

การสะสมตัวของโลหะหนักที่อยู่ในดินตะกอนนั้น ส่วนหนึ่งเป็นโลหะหนักที่เกิดขึ้นจากการสะสมตัวตามธรรมชาติ ได้แก่ การชะล้างพวกเกลือแร่ที่อยู่บนพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ หรือโลหะหนักที่เป็นส่วนประกอบของแร่ธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติตามสภาพทางธรณีวิทยา แล้วละลายออกมาปนอยู่ในน้ำ อีกส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการใช้และการปล่อยโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำสามารถเกิดการสะสมอยู่ในดินตะกอน โดยมีปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าที่มีอยู่ในน้ำมาก เนื่องจากมีขบวนการทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพเข้ามาเกี่ยวข้อง องค์ประกอบของดินตะกอนที่มีผลต่อการสะสมโลหะหนัก ได้แก่ พวกคาร์บอนต ออกไซด์ของแมงกานีส และเหล็ก ตลอดจนองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ (17)

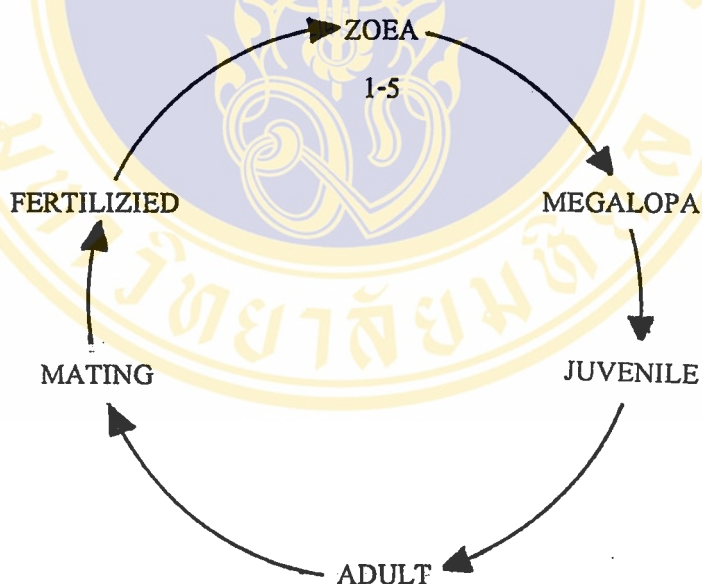
ความสัมพันธ์ของอาหารและการถ่ายทอดพลังงาน ในระบบนิเวศป่าชายเลน(ภาพที่2.1) จะเริ่มจากพันธุ์พืชชนิดต่างๆในป่าชายเลนได้รับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง(Photosynthesis)ทำให้เกิดอินทรีย์วัตถุและการเจริญเติบโตเรียกว่าผู้ผลิต (Producers) ส่วนของต้นไม้โดยเฉพาะใบไม้ กิ่งไม้ และเศษไม้จะร่วงหล่นทับถมในน้ำและดิน ในที่สุดก็จะกลายเป็นแร่ธาตุอาหารของพวกจุลชีวัน (Microorganisms) เช่น แบคทีเรีย รา และพวกสัตว์หน้าดินชนิดต่างๆ เรียกกลุ่มสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ว่า พวกบริโภคอินทรีย์วัตถุ (Detritus consumers) พวกจุลชีวันจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และเป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำเล็กๆสัตว์เหล่านี้เมื่อเจริญเติบโตขึ้นก็จะกลายเป็น

เป็นอาหารของพวกกุ้ง ปู และปลาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆตามระดับของอาหาร(Trophic levels) หรือบางส่วนก็จะตายและผุสลายเป็นธาตุอาหารสะสมอยู่ในป่าชายเลน และในขั้นสุดท้ายพวกกุ้ง ปู และปลาขนาดใหญ่จะเป็นอาหารของสัตว์ที่มีขนาดใหญ่กว่ารวมทั้งมนุษย์เรียกพวก Top Carnivores หรือ Top Consumers ซึ่งเป็นอันดับสูงสุดของการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ (11)



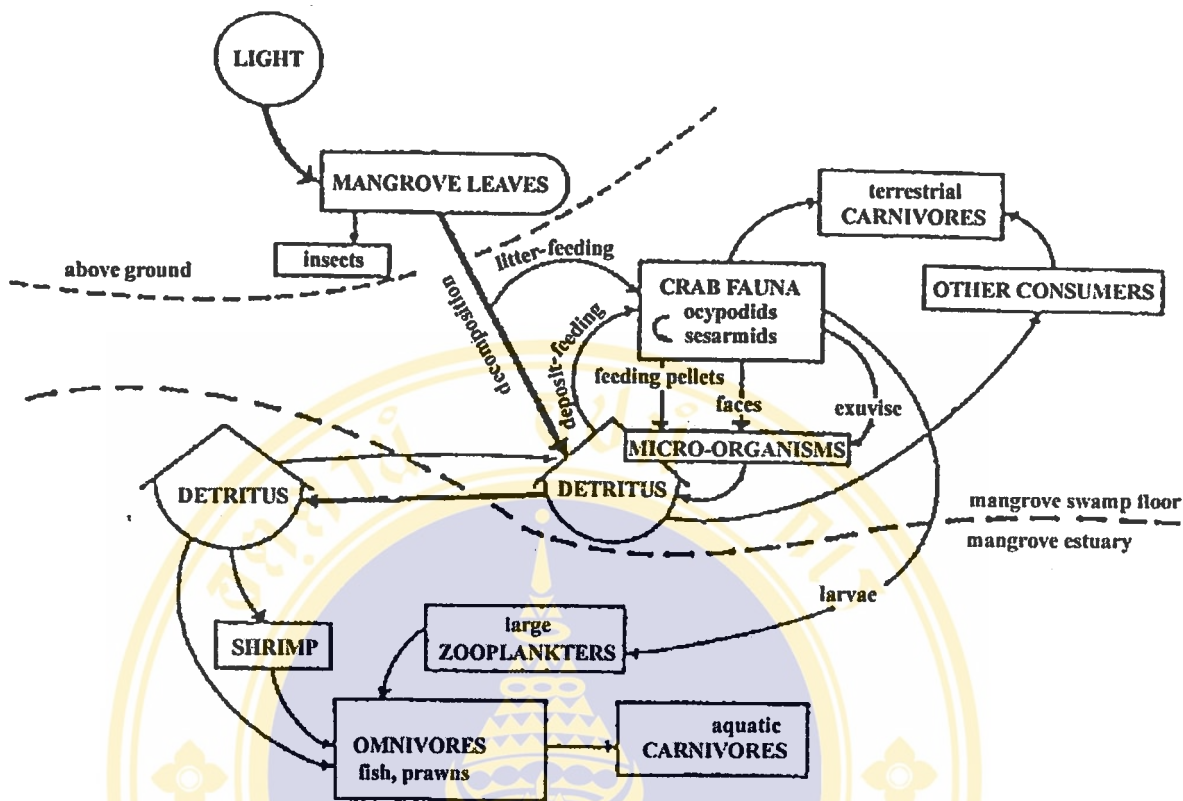
ภาพที่ 2.1 ลูกโซ่อาหารและการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศป่าชายเลน
ที่มา : Shokita (21)

ปูทะเล (*Scylla serrata* Forskal) พบกระจายอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำกร่อย ป่าชายเลน และปากแม่น้ำที่น้ำทะเลท่วมถึง โดยชุกชุมอยู่ตามไต้รากไม้หรือเนินดินบริเวณชายฝั่งทะเล ปูทะเลเป็นสัตว์ที่มีการอพยพย้ายถิ่นเพื่อการแพร่พันธุ์ โดยที่ปูเพศเมียจะอพยพจากแหล่งหากินในบริเวณเขตน้ำกร่อยออกไปวางไข่ในทะเล การอพยพจะเกิดขึ้นหลังจากการจับคู่ผสมพันธุ์แล้วลูกปูวัยอ่อนมี 2 ระยะ ได้แก่ Zoea 1-5 และ Megalopa 1 ระยะ ในระยะ Zoea เป็นระยะที่ระยางค์ว่ายน้ำยังไม่อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้จึงต้องลอยหากินไปตามกระแสน้ำ เมื่อเข้าระยะ Megalopa จะมีการว่ายน้ำสลับกับการหยุดเกาะอยู่กับที่เป็นครั้งคราว ในระยะนี้เริ่มมีการแพร่กระจายเข้ามาหากินในบริเวณน้ำกร่อย เมื่อลูกปูลอกคราบออกจากระยะ Megalopa เป็นตัวปูที่มีลักษณะเหมือนพ่อแม่ทุกประการ ก็จะหากินอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยได้อย่างอิสระ หลังจากนั้นปูเพศเมียที่สมบูรณ์เพศและผ่านการจับคู่ผสมพันธุ์แล้ว จะอพยพออกไปวางไข่เช่นเดียวกับตัวแม่เป็นวัฏจักร ดังภาพที่ 2.2 และ 2.3 (22) (23)



ภาพที่ 2.2 วงจรชีวิตของปูทะเล

ที่มา : ชูชาติ (22)



ภาพที่ 2.3 ลูกโซ่อาหารและการถ่ายทอดพลังงานของปูในป่าชายเลน
ที่มา :Macintosh (23)

2.4 ชนิดของโลหะหนักที่ศึกษา

2.4.1. ปรอท (Mercury)

ปรอทเป็นโลหะสีจาวคล้ายเงิน เป็นของเหลวในอุณหภูมิปกติ สามารถทำให้เป็นของแข็งได้ แต่เปราะ ในอุณหภูมิปกติสามารถระเหยเป็นไอ ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ง่าย (16) ปรอทที่พบในแหล่งน้ำมี 5 รูปแบบ คือ divalent mercury (HG^{2+}) metallic mercury (HG^0) phenylmercury ($C_6H_5HG^+$) methylmercury (CH_3HG^+) และ Alkoxyalkylmercury ($CH_3O-CH_2-CH_2-HG^+$) (24)

ปรอทใช้มากในโรงงานผลิตเครื่องไฟฟ้า โซดาไฟ สี ยาปราบศัตรูพืช กระจกหรืออุปกรณ์ทำพื้น สารปรอทเหล่านี้มักปะปนออกมากับน้ำเสียของโรงงาน แล้วถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนให้อยู่ในรูปปรอทเมทิล (Methyl Mercury) ซึ่งจัดเป็นรูปที่มีอันตรายมากที่สุด ต่อมาปรอทเหล่านี้ก็จะเข้าไปสะสมในห่วงโซ่อาหารตามลำดับต่าง ๆ (25)

ปลาสามารถรับสารปรอทเข้าสู่สะสมไว้ในตัวได้โดยตรงจากน้ำและจากอาหาร อัตราการรับเข้าไว้ในร่างกายจะขึ้นอยู่กับรูปของสารปรอทรวมทั้งส่วนประกอบสิ่งแวดล้อมอื่นๆ (Environmental Factors) (2) อัตราการรับและสะสมของปรอทในปลาจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ความเค็มของน้ำก็มีอิทธิพลต่ออัตราการสะสมของปรอทคือเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นปริมาณของปรอทจะสะสมในร่างกายเพิ่มขึ้นด้วย (26)

Hannerz (27) รายงานว่าอัตราการสะสมของสารปรอทในปลาที่อยู่ในน้ำจืดจะเร็วกว่าในน้ำกร่อย (ความเค็มประมาณ 15 ppt) เช่นเดียวกับการรายงานของ Larsson (28) พบว่าปลาในน้ำทะเลซึ่งมีความเค็มปกติ (ประมาณ 30 ppt.) จะมีอัตราการสะสมของสารปรอทภายในตัวได้เร็วกว่าปลาซึ่งอาศัยอยู่ในน้ำกร่อย ที่เป็นเช่นนี้สันนิษฐานว่าปลาทะเลเค็มน้ำทะเล เพื่อการปรับระดับความเข้มข้นภายในตัว (osmoregulation) ในน้ำทะเลมากกว่าในน้ำกร่อย จึงมีโอกาสที่จะรับสารปรอทเข้าไว้ในร่างกายได้มากกว่า

ปรอทเมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะมีโอกาสสะสมตามห่วงโซ่อาหาร ปรอทเป็นโลหะที่สามารถสะสมในสิ่งมีชีวิต (bioaccumulation) เพิ่มขึ้น (Biological magnification) และความเข้มข้นของปรอทจะเป็นไปตามน้ำหนักของสิ่งมีชีวิตขึ้นตามระดับชั้นอาหาร(29)

พิมลและชัยวัฒน์ (30) ทำการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในปลาน้ำจืดบางชนิด ที่ได้จากแหล่งน้ำภายในบริเวณโรงงานกระดาษบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า มีปริมาณปรอทอยู่ระหว่าง 0.71-1.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานของปริมาณปรอทที่ยอมให้มีได้ในอาหารทั่วไป ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (31)

สาวิกา (32) ดำรวจปริมาณปรอทในปลาจากท่าต่างๆ ของชายฝั่งตะวันออกพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.00-0.243 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่าสูงสุดในปลาช่อนทะเลและค่าต่ำสุดในปลากะเบน เมื่อแยกประเภทปลาตามลักษณะของแหล่งหาอาหาร พบว่า ปลาหน้าดินมีค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทสูงกว่าปลาผิวน้ำมาก ปลาหน้าดินมีค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอท 0.069 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปลาผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอท 0.037 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากปริมาณปรอทในดินตะกอนมีมากกว่าในน้ำทะเลมาก จะเห็นว่าตำแหน่งที่ปลาหาอาหารจะมีอิทธิพลต่อการสะสมของโลหะหนักในตัวปลาด้วย

Burkett (33) รายงานว่าปรอทในตะกอนดินจะอยู่ในรูป methyl mercury และสามารถเปลี่ยนเป็น monoethyl mercury แต่ถ้า pH สูงสารอินทรีย์ของปรอทไม่สามารถเคลื่อนย้ายจากน้ำไปสู่สิ่งมีชีวิตในน้ำได้ นอกจากนั้นอุณหภูมิจะมีผลโดยตรงต่อการสะสม methyl mercury ในน้ำ

สุรพันธ์ (34) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บจากแหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียงโรงงานผลิตโซดาไฟ เขตอุตสาหกรรมพระประแดง พบว่า ในดินตะกอนที่เก็บจากบริเวณบ่อน้ำหน้าโรงงานมีปริมาณปรอทสูงถึง 56.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปรอทสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ได้แก่ ทางจมูก ทางปาก และทางผิวหนัง อาการโดยทั่วไปของโรคพิษจากปรอท มักเป็นอาการทางระบบประสาท เนื่องจากระบบประสาทส่วนกลางถูกทำลาย ได้แก่ สมอง ไขสันหลัง ทำให้อารมณ์อ่อนไหวง่าย หงุดหงิด ความจำเสื่อม เสียการควบคุมเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว เช่น มือสั่น เดินเซ การพูด การฟัง การรับรู้และการมองเห็นจะเสียไป เหนื่อย ปาก และผิวหนังอักเสบ ปวดตามข้อ ถ้าเป็นมากอาจชักกระตุก คื่นชุนทรุช และเสียชีวิตได้ (35) (36) ถ้าเป็นอาการจากการหายใจหรือกินปรอทเข้าไปอาการก็จะแตกต่างกันไปบ้าง ได้แก่ ปอดอักเสบ เจ็บหน้าอก หายใจไม่ออก หรืออาเจียน ท้องร่วง และปวดท้องอย่างแรง อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญที่สุด คือ เมื่อเกิดขึ้นแล้วก็จะเกิดในสภาพการรักษาไม่หาย และจะแฝงอยู่ได้หลายชั่วอายุคน (37)

สารปรอทเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะมีปฏิกิริยากับน้ำย่อยบางชนิด ปฏิกิริยาตอบสนองมีสองแบบคือ ยับยั้งการทำงาน และกระตุ้นให้ทำงานมากกว่าเดิม อย่างไรก็ตามสารปรอทจะมีผลในด้านยับยั้งการทำงานของน้ำย่อยเป็นส่วนใหญ่ มีน้ำย่อยบางชนิดที่สารปรอทสามารถกระตุ้นให้ทำงานมากกว่าเดิมได้น้ำย่อยชนิดนี้ ได้แก่ น้ำย่อยที่มีหน้าที่ต่อต้านความเป็นพิษ (detoxification enzyme)

2.4.2 แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียมเป็นธาตุที่เกิดขึ้นในธรรมชาติในแหล่งน้ำธรรมชาติมีแคดเมียมอยู่ระหว่าง 0.1-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (38) พบได้ทั้งในแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดิน เนื่องจาก การปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมประเภททำโลหะผสม ชุบโลหะ เซรามิค อุตสาหกรรมถ้ำรูป และจากท่อโลหะที่เสื่อมสภาพ (39) ปริมาณความเป็นพิษขึ้นอยู่กับความกระด้างของน้ำและพวกเกลือ นอกจากนั้น ปริมาณแคดเมียมในน้ำและดินตะกอนจะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะกำเนิดดิน สภาวะแวดล้อม

และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง พบว่า ดินเหนียวและดินที่เป็นด่างสามารถดูดซับแคดเมียมในรูปคาร์บอเนตที่ละลายน้ำได้มาก ส่วนดินทรายและดินที่เป็นกรดจะดูดซับแคดเมียมได้น้อยกว่า(40) (41)

มีการนำแคดเมียมมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ชุบโลหะด้วยไฟฟ้าเพื่อป้องกันสนิม อุตสาหกรรมรถยนต์ ผสมสีผง ยาง แบตเตอรี่ ใช้กำจัดเชื้อรา ใช้ในเซลล์สุริยะ ใช้ในทางการแพทย์ ทันตแพทย์ ทำโลหะผสม เช่น แคดเมียม-ทองแดง ซึ่งมีความคงทนต่อแรงกระแทกและทนต่ออุณหภูมิสูง โลหะผสมแคดเมียม-นิกเกิล ใช้ในการทำแบตเตอรี่ที่สามารถประจุไฟใหม่ได้ โลหะผสมแคดเมียม-เงิน ใช้ผสมเพื่อไม่ให้เงินด้านเมื่อสัมผัสกับซัลไฟด์ (42) (43)

พิษของแคดเมียมที่มีผลต่อปลาจะทำให้ความสมดุลของเกลือแร่ และการขับถ่ายของเสียในร่างกายเปลี่ยนไป และหากในน้ำมีแคดเมียมปริมาณเพียง 200 ไมโครกรัมต่อลิตร สามารถก่อให้เกิดพิษกับปลาและถ้ามีความเข้มข้นมากๆก็อาจทำให้ตายได้ (44) (39)

จารุวรรณและทองสา (45) ทำการศึกษาแคดเมียมในสัตว์น้ำที่เก็บจากแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณเหนือเขื่อนและใต้เขื่อนในเดือนมีนาคม 2535 พบว่า ค่าเฉลี่ยแคดเมียมเท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในสัตว์น้ำบริเวณใต้เขื่อนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าแคดเมียมที่ตรวจพบในสัตว์น้ำบริเวณเหนือเขื่อน เนื่องจากบริเวณใต้เขื่อนเจ้าพระยาลงมาเป็นแหล่งที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก ทำให้ปริมาณของแคดเมียมในสัตว์น้ำบริเวณใต้เขื่อนมีค่าสูงกว่าบริเวณเหนือเขื่อนซึ่งไม่มีแหล่งของโรงงานอุตสาหกรรมอยู่เลย

ประยูทธ (46) ทำการศึกษากการแพร่กระจายของแคดเมียมและสังกะสีในดิน จากกิจกรรมเหมืองแร่สังกะสี: ธรณีศึกษาเหมืองสังกะสี อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พบว่า ปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมและสังกะสีทั้งหมดในดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนและพื้นที่ใกล้เคียง คือ พื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างมีค่าแคดเมียมและสังกะสีเฉลี่ยเท่ากับ 50.84 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 1,908.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนมีค่าแคดเมียมและสังกะสีเฉลี่ยเท่ากับ 0.9384 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 37.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพื้นที่ข้างเคียงมีปริมาณแคดเมียมและสังกะสีเฉลี่ยเท่ากับ 1.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 42.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สุรพลและกัลยา (47) รายงานว่า จากการเก็บตะกอนท้องน้ำและน้ำจากบริเวณใต้เขื่อนบาง
นางจนถึงอ่าวปัตตานี พบแคดเมียมในตะกอนท้องน้ำเท่ากับ 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม บริเวณเหมือง
บิณเยาะและเหมืองแร่ถ้ำทะลุ มีแคดเมียมในน้ำเท่ากับ 40 ไมโครกรัมต่อลิตร

นิตยาพรและจรูไร (48) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียม ในพื้นที่ใกล้เคียงโรงงานถลุง
สังกะสี จังหวัดตาก พบว่า บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงโรงงานถลุงสังกะสี มีปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย
21.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่น้ำที่เคยได้รับน้ำเสียจากโรงงานถลุง
สังกะสีมาก่อน ส่วนดินบริเวณเหมืองสังกะสี อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พบแคดเมียมในดินตะกอน
มีปริมาณเฉลี่ย 228.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สาเหตุเกิดมาจากการชะล้างพังทลายของกองสินแร่

องอาจ (49) ศึกษาการสะสมของแคดเมียมในดินตะกอน ทางฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก
ของอ่าวไทย พบว่า ฤดูฝน และฤดูหนาวจะมีการสะสมของแคดเมียมเท่ากับ 0.73 และ 1.39 มิลลิกรัม
ต่อกิโลกรัม จากการศึกษาปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่า ตั้งแต่บริเวณ
อำพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการถึงจังหวัดนครสวรรค์ ในช่วงเดือนมีนาคม กรกฎาคม และ
พฤศจิกายน 2535 พบว่า มีปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย 0.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่า
มาตรฐานของแคดเมียมในดินตะกอนของโลกที่กำหนดไว้เท่ากับ 0.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สาเหตุ
เนื่องมาจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำเสียจากบ้านเรือนที่ไม่ได้บำบัดก่อนที่จะระบายลงสู่
แหล่งน้ำ ทำให้ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนมีการสะสมเพิ่มขึ้น (45)

แคดเมียมเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะสะสมในร่างกาย และปริมาณการสะสมจะเพิ่มขึ้นตามอายุ
ประมาณการว่าคนที่อายุ 50 ปี มีแคดเมียมสะสมในร่างกาย 10 มิลลิกรัมถึง 50-60 มิลลิกรัมแล้วแต่ว่า
คนๆนั้นอยู่ส่วนไหนของโลก ส่วนเด็กที่เพิ่งเกิดใหม่มีแคดเมียมในร่างกายเพียง 1 ไมโครกรัม (35)
เมื่อร่างกายมีการสะสมแคดเมียมเพิ่มมากขึ้น แคดเมียมจะไปรบกวนเมตาโบลิซึมของเหล็ก สังกะสี
ทองแดงและฟอสฟอรัส ขัดขวางการทำงานของ sulfhydryl enzyme ทำให้เกิดความดันโลหิตสูงและ
โลหิตจางนอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง ถ้าตับและไตสะสมแคดเมียมในปริมาณสูง
จะมีโครงสร้างและการทำงานผิดปกติ ทำให้มีโปรตีนปะปนออกมาในน้ำปัสสาวะ (30) (39) (41)
นอกจากนั้นแคดเมียมเป็นสาเหตุของโรคอิไต-อิไตในญี่ปุ่น อาการเริ่มแรกจะปวดบั้นเอวตามมาด้วย
อาการคล้ายกระดูกหักและเดินได้เตาะเตาะ ถ้าเคลื่อนไหวน้อยก็จะเจ็บปวดอย่างมาก ผู้ป่วย
โรคนี้โรคนี้ส่วนใหญ่จะเป็นเพศหญิงอายุวัยกลางคนขึ้นไป (44)

ชชาติ (50) พบว่า ถ้าให้คนไทยรับประทานอาหารได้ครบมาตรฐานการบริโภค ปริมาณ แคดเมียมที่ได้จากพืช 28.82 ไมโครกรัมต่อวัน แคดเมียมทำให้เกิดพิษต่อร่างกายได้หลายลักษณะ ในกรณีที่มีการสูดควันออก ไซด์ของแคดเมียมจะเป็นอันตรายต่อปอดเฉียบพลัน ทำให้เกิดปอดอักเสบ (pneumonitis) หรือน้ำท่วมปอด (pulmonary edema)

2.4.3 ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วเป็นโลหะชนิดหนึ่งมีสีน้ำเงินปนเทา คุณสมบัติทั่วไปคือ เป็นโลหะหนักหลอมเหลวได้ มีลักษณะอ่อนดัดแปลงให้มีรูปร่างลักษณะต่างๆได้ตามต้องการและสามารถกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิ สูงๆในวงการอุตสาหกรรมได้แบ่งตะกั่วออกเป็น 2 ชนิด คือ สารประกอบตะกั่วของอนินทรีย์ (Inorganic Lead Compounds) เช่น โลหะตะกั่ว ตะกั่วอะซิเตต ตะกั่วซัลเฟต ตะกั่วซัลไฟด์ และ ออกไซด์ของตะกั่ว ส่วนอีกชนิดหนึ่งคือสารประกอบตะกั่วของอินทรีย์ (Organic Lead Compounds) เช่น ตะกั่วเตตราเอทิล ตะกั่วเตตราเมทิล เป็นต้น (35)

ตะกั่วมีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมทั้งในดิน น้ำ อากาศ และสิ่งมีชีวิต การที่ตะกั่วเจือปนในสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นนั้นทำให้มีโอกาสสะสมในสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วสูง จนทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นมีความเข้มข้นของตะกั่วในร่างกายสูงมากกว่าปกติ (2)

ประมาณการว่าในปีหนึ่งๆ มนุษย์นำตะกั่วมาใช้เป็นปริมาณ 3,000,000 ตัน โดยใช้ในรูปของ โลหะอิสระ 40 เปอร์เซ็นต์ สารประกอบ 35 เปอร์เซ็นต์ และโลหะผสม 5 เปอร์เซ็นต์ รูปแบบ การนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์ได้แก่ ใช้ในการบัดกรี เชื่อมโลหะ ทำขั้วไฟฟ้าในแบตเตอรี่ สายเคเบิล เซรามิก ยาปราบศัตรูพืช หล่อตัวพิมพ์ เป็นฉากป้องกันอันตรายจากการทะลุทะลวงของกัมมันตภาพรังสี นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมในสีทาบ้าน และเติมในน้ำมันเบนซิน เพื่อเพิ่มค่าออกเทนในการช่วยลด การกระตุกของเครื่องยนต์ (51)

เปี่ยมศักดิ์และกัลยา (52) รายงานว่า ปลา กุ้ง และหอยที่อาศัยอยู่ในหนองน้ำของหมู่บ้านแห่ง หนึ่งในตำบลบางครุ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ มีการเจือปนของตะกั่วอย่างรุนแรงมี ความเข้มข้นของตะกั่วภายในตัวสูง 16.5 - 33.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักสด) ซึ่งเกินมาตรฐาน ของตะกั่วที่ยอมให้มีได้ในอาหารทั่วไป ค่าที่กำหนดไว้คือไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (31) ความ เข้มข้นระดับนี้ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่นำสัตว์น้ำเหล่านี้ไปบริโภค

แหวดตาและคณะ (53) ทำการศึกษาปริมาณการสะสมของโลหะหนักบางชนิดในหอยนางรม จากฟาร์มเลี้ยงหอยบริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ในช่วงเดือนตุลาคม 2530 ถึง กันยายน พบว่า มีค่าเฉลี่ยของตะกั่วเท่ากับ 5.296 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักสด) ซึ่งสูงกว่าปริมาณของตะกั่วเฉลี่ยในปลา หมึก กุ้ง ตั๊กแตน และปูลาย ในอ่าวไทยตอนบนที่มีค่าเท่ากับ 0.84 0.77 0.74 และ 0.62 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักสด)

ปลาเป็นสัตว์ที่มีความไวต่อตะกั่วมากที่สุด ในน้ำที่มีตะกั่วเพียง 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาที่ไม่สามารถทนอยู่ได้ ในขณะที่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่นๆยังสามารถอยู่ได้เป็นปกติถึงระดับความเข้มข้น 3-6 มิลลิกรัมต่อลิตร (54)

จิระ (55) ทำการศึกษาของตะกั่วที่ผิวหน้าดินตะกอน (0.5 เซนติเมตร) บริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่า ในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำและพื้นที่ใกล้เคียง มีการสะสมของตะกั่วสูงกว่าชายฝั่งทะเลตะวันตกและบริเวณกลางอ่าวไทยมาก ในอ่าวไทยตอนบนจะแบ่งออกเป็น 2 บริเวณตามลักษณะการกระจายตัวของตะกั่ว กล่าวคือ อ่าวทางตอนเหนือจะมีการสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ และอ่าวทางตอนใต้จะมีปริมาณตะกั่วในดินตะกอนใกล้เคียงกับปริมาณที่เกิดขึ้นเองตามกระบวนการธรรมชาติ

อารมณ (56) ทำการศึกษาปริมาณของโลหะหนักในตะกอนสำธาร ของคลอง 4 สาย ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา คือ คลองลำสิน คลองชะร็ด คลองพะเนียด และคลองปากพล พบว่า มีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 4.17 – 21.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ลักษณะการกระจายของปริมาณตะกั่วในตะกอนลำน้ำจะเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะห่างจากเหมืองแร่ คือจุดที่ใกล้มีปริมาณตะกั่วสูงกว่าบริเวณที่ห่างออกไปคืออยู่ในช่วง 15 – 21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจะมีปริมาณลดต่ำลงเรื่อยๆตามระยะทาง

เปี่ยมศักดิ์ และกัลยา (52) ได้ศึกษาระดับของตะกั่วในน้ำที่ตำบลบางครุ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ พบว่า น้ำที่ชาวบ้านใช้ซักเสื้อผ้ามีปริมาณตะกั่ว เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำจากหนองน้ำข้างบ้านผู้ป่วยมีปริมาณตะกั่ว เท่ากับ 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำในหนองน้ำฝั่งโรงเรียนมีปริมาณตะกั่ว เท่ากับ 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำบาดาลที่ใช้ดื่มและประกอบอาหารมีปริมาณตะกั่ว เท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าน้ำที่ใช้ซักเสื้อผ้า และน้ำบาดาล มีปริมาณตะกั่วต่ำกว่าน้ำ

ประเภทอื่น น้ำจากหนองน้ำข้างบ้านผู้ป่วยมีตะกั่วอยู่ในปริมาณที่สูง แสดงว่า น้ำในหนองน้ำไม่มีการถ่ายเทมากนักจึงมีระดับตะกั่วในปริมาณที่สูง

ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทาง คือ ทางอาหารและทางลมหายใจ อาหารในแต่ละวันมีตะกั่วเจือปนอยู่เฉลี่ย 300 ไมโครกรัม แต่ร้อยละ 5 หรือ 15 ไมโครกรัม จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ส่วนที่เหลือถูกถ่ายออกมากับอุจจาระ เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วส่วนใหญ่จะไปสะสมไว้ในเนื้อเยื่อโครงสร้าง เช่นที่เส้นผมและกระดูก ทั้งนี้เพราะตะกั่วมีลักษณะคล้ายแคลเซียมหากร่างกายได้รับตะกั่วในปริมาณสูงแบบเฉียบพลันจะทำให้มีอาการปวดศีรษะ คิดสับสน นอนไม่หลับกระวนกระวาย ซึม ตาพร่า ปวดท้องรุนแรงกับอาเจียนเป็นพักๆ ส่วนอาการเรื้อรังของพิษตะกั่ว ได้แก่ อาการปวดศีรษะเรื้อรัง ความจำเสื่อม การทรงตัวไม่ดี เหนื่อย ง่าย งุนงง เวียนศีรษะ คิดช้า ขาเป็นตะกิวบ้อย ปวดกล้ามเนื้อและข้อสำหรับพิษแบบเรื้อรังที่สำคัญคือ โรคโลหิตจางเพราะตะกั่วจะเข้าไปขัดขวางการสร้าง hemoglobin ของเม็ดเลือดแดง hemoglobin ประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วนด้วยกันคือ “heme” heme ถูกสังเคราะห์โดยปฏิกิริยาทางชีวเคมี ALA - dehydrase ซึ่งเป็นน้ำย่อยเมื่อทำปฏิกิริยากับ amino acid ชนิดหนึ่งชื่อ ALA จะทำให้เกิด porphyrin ซึ่งต่อมาเหล็กจะถูกเติมเข้าไปติดใน porphyrin ทำให้เกิด heme เมื่อ heme รวมตัวกับ globulin protein จึงทำให้เกิด hemoglobin ขึ้น ตะกั่วขัดขวางการสร้าง hemoglobin สองจุดด้วยกันคือ จุดแรกขัดขวางการทำงานของ ALA dehydrase ฉะนั้น porphyrin จึงถูกผลิตขึ้นมาได้น้อยมาก จุดที่สองนั้นตะกั่วขัดขวางการรวมตัวระหว่าง globulin protein กับ heme ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดโรคโลหิตจาง (2) (57)

2.4.4 อาร์เซนิก (Arsenic)

อาร์เซนิก หรือสารหนู ปกติในรูปของธาตุจะไม่มีพิษแต่จะมีพิษรุนแรงถ้าอยู่ในรูปของสารประกอบ เช่น อาร์เซนิกไดรอกไซด์ อาร์เซนไนต์ หรือไดเมทิลอาร์ซีน ซึ่งมีพิษรุนแรงคล้ายปรอทเมทิล อาการที่เกิดจากการแพ้พิษอาร์เซนิก ได้แก่ ผิวหนังอักเสบ ระบบย่อยอาหารผิดปกติ มีการอักเสบของระบบประสาทส่วนปลาย กล้ามเนื้ออ่อนแอ และหากมีปริมาณการสะสมในร่างกายมากจะทำให้ปวด ตับ ตับอ่อน ไต กระเพาะ หัวใจ และเลือดเสื่อมประสิทธิภาพ แต่ถ้ามีปริมาณการสะสมไม่มากนักจะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ปวดหลัง หนาวสั่น และอ่อนเพลีย (36)

สุนันท์ และคณะ (58) ทำการศึกษาปริมาณของอาร์เซนิกตกค้างในหอยหลอด บริเวณแหล่งเลี้ยงตัวหอยที่ปากแม่น้ำแม่กลองและบริเวณชายฝั่ง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง ธันวาคม 2534

พบว่า มีอาร์เซนิกอยู่ในตัวหอยปริมาณ 0.001 – 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณดังกล่าวถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค

แหล่งกำเนิดสารหนูในธรรมชาติ เกิดจากการสีก่อนของพื้นผิวโลกจะพบในรูปของสารประกอบ Arsenide ในอากาศและน้ำจะพบอนุภาคของสารหนู ทั้งในรูปของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ ปริมาณสารหนูบนพื้นผิวโลกจะมีปริมาณ 1.5-2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแหล่งกำเนิดของสารหนูที่มีการใช้ในกิจกรรมทางการเกษตร เช่น การใช้สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชรวมไปถึงการใช้ในกิจกรรมอุตสาหกรรมผลิตแก้ว กระจกเงา การฟอกหนัง เป็นสาเหตุให้สารหนูปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม (59)

ปริมาณของอาร์เซนิกในน้ำบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนธันวาคม 2534 พบว่า มีอาร์เซนิกในน้ำเท่ากับ 0.001 – 0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร (58)

อาร์เซนิกเป็นสาเหตุของโรคใช้คำในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีผู้ป่วยเป็นจำนวนมาก โดยเกิดที่ ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ พบว่า มีปริมาณของอาร์เซนิกปนเปื้อนในน้ำดื่มน้ำใช้ อยู่ระหว่าง 0.02 - 2.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่องค์การอนามัยโลกกำหนดมาตรฐานการมีสารหนูปนเปื้อนในน้ำดื่มน้ำใช้เพียง 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่านั้น อาร์เซนิกมาจากแหล่งน้ำ และดินบริเวณดังกล่าว จากการทำเหมืองแร่และอุตสาหกรรมร่อนแร่ดีบุก โดยธรรมชาติอาร์เซนิกจะฝังตัวอยู่ในดินลึกมาก เมื่อถูกขุดขึ้นมาเพื่อทำเหมืองจึงละลายปนเปื้อนอยู่ในน้ำเป็นปริมาณมาก และไหลออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เมื่อประชาชนนำน้ำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ทำให้เกิดการเจ็บป่วยอันเนื่องจากความเป็นพิษของอาร์เซนิก พบผู้ป่วยที่เริ่มมีอาการจำนวน 259 ราย ผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรง 24 รายและเสียชีวิต 1 ราย (57)

โดยทั่วไปร่างกายจะได้รับอาร์เซนิกวันละไม่เกิน 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดให้เครื่องดื่ม รวมถึงเครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ต้องละลายก่อนบริโภค มีอาร์เซนิกได้ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อาหารที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทมีอาร์เซนิกได้ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (60)

2.4.5 โครเมียม (Chromium)

โครเมียมในธรรมชาติจะไม่พบในรูปของธาตุบริสุทธิ์ พบมากในรูปของสินแร่ Chromite โครเมียมเป็นโลหะชนิดหนึ่งสีขาวคล้ายเงิน แข็งและเปราะพบได้ในธรรมชาติในประเทศต่างๆ ได้แก่ รัสเซีย ตุรกี ภาคใต้ของโรดีเชีย และอาฟริกาใต้ (38) (16)

โครเมียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับทำให้โลหะผสมแข็ง มีความเหนียวและทนทาน ป้องกันไม่ให้เกิดสนิม และคงทนต่อการผุกร่อน โลหะโครเมียมบริสุทธิ์ใช้ในการชุบโครเมียมด้วยไฟฟ้า สารประกอบโครเมียมของตะกั่ว สังกะสี และเบเรียม ใช้ทำสีต่างๆ ทำพรมน้ำมัน ทำยาง และใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมฟอกหนัง การย้อมสีขนสัตว์ไหม และหนังสัตว์ เป็นต้น (35)

การแพร่กระจายของโครเมียมสู่สิ่งแวดล้อม โดยการผุกร่อนพังทลายของวัตถุต้นกำเนิดในเปลือกโลกและการกระทำของมนุษย์ มนุษย์นำโครเมียมมาใช้ในอุตสาหกรรมจึงให้แพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมและแหล่งน้ำ โครเมียมในน้ำมีสองรูปคือ Cr^{+6} และ Cr^{+3} โดยที่ Cr^{+6} จะมีพิษรุนแรงกว่า Cr^{+3} (16) (39)

เสาวลักษณ์ (61) ทำการศึกษาการปนเปื้อนของโครเมียม ในดินป่าชายเลนที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมฟอกหนัง ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ พบว่าการปนเปื้อนของโครเมียมทั้งหมด เฉลี่ยเท่ากับ 769.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนการปนเปื้อนของโครเมียมที่ถูกดูดซับในดินมีปริมาณเฉลี่ย 756.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปนเปื้อนของโครเมียมในรูปที่ละลายน้ำได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าที่เกินมาตรฐานที่ยอมรับได้ในดิน

สุนันท์ และ คณะ (58) ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักตกค้างในน้ำทะเล บริเวณแหล่งเลี้ยงตัวหอยที่ปากแม่น้ำแม่กลองและชายฝั่ง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงธันวาคม 2534 พบว่ามีปริมาณของโครเมียมในน้ำทะเลเท่ากับ 0.001-0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร

โครเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางอาหาร การหายใจ และทางผิวหนัง ความเป็นพิษของโครเมียม จะเริ่มที่รอยถลอกของผิวหนัง และจะพบมากที่สุดที่โคนเล็บมือ ตามข้อที่นิ้วมือ หรือหลังเท้า มีลักษณะเป็นแผลวงกลมขอบค่อนข้างเรียบ บวมเล็กน้อย ปกติมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร

หรือเล็กกว่า จะมองคล้ายกับถูกเจาะด้วยตะปู แผลจะไม่เจ็บปวดแต่จะคันมากในเวลากลางคืน ต่อไปแผลนี้อาจเกิดการติดเชื้อขึ้น และทำให้ตุ่มลามไปถึงข้อต่อใกล้เคียง ซึ่งอาจต้องตัดนิ้วทิ้งนอกจากนี้ ยังทำให้เกิดการอักเสบ บริเวณ มือ แขน ใบหน้า และหน้าอก ในรายที่เกิดรุนแรงใบหน้าจะมีสีแดง เข้มและบวม (35) (16)

2.4.6 นิกเกิล (Nickel)

นิกเกิลมีหลายรูปแบบที่สำคัญคือ pentiondite หรือ millerite นิกเกิลในน้ำทะเลปกติมีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0.005 - 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร (38) ความเข้มข้นของนิกเกิลในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีค่า 0.002-0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร (62) จากการศึกษาของ Suttipong (63) พบว่า ผักตบชวาขนาดใหญ่ (150 กรัม/นิกเกิลต่อต้น จากน้ำหนักเปียก) มีประสิทธิภาพในการกำจัดนิกเกิลถึง 94.65 เปอร์เซ็นต์

นิกเกิล นำมาใช้ประโยชน์และอุตสาหกรรมต่างๆ คือ นิกเกิลบริสุทธิ์ใช้เป็นขั้ว anode ในตัวต้านทานของวิทยุและหลอดอิเล็กทรอนิกส์ ใช้ทำโลหะผสมมากกว่า 3,000 ชนิด เช่น นิกเกิลผสมเหล็ก ใช้ทำเครื่องยนต์หนัก และส่วนประกอบของเครื่องใช้ไฟฟ้า นิกเกิลผสมทองแดงใช้ทำเหรียญกษาปณ์ นิกเกิลผสมโครเมียมและเหล็กใช้ทำโลหะสแตนเลส ทำแบตเตอรี่ หัวเทียน Rancey nickel ใช้เป็นตัวกระตุ้นเพื่อให้เกิด hydrogenation ของน้ำมัน นิกเกิลไฮดรอกไซด์และเกลือของนิกเกิลใช้ในกระบวนการทำแม่พิมพ์ เครื่องสำอาง สีทาบ้านชนิดแห้งเร็ว เกลือซัลเฟตของนิกเกิลใช้ทำสีน้ำ และสีน้ำมัน (64) Hungspreugs (65) ได้ศึกษาความเข้มข้นของนิกเกิลในดินตะกอน ในประเทศอินโดนีเซีย พบว่า มีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0.004-0.015 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

นิกเกิลเป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายแต่ร่างกายต้องการเพียงเล็กน้อย นิกเกิลมีความจำเป็นต่อเมตาบอลิซึมหลายประการ (15) คนได้รับนิกเกิลจากอาหารวันละ 0.3 - 0.6 มิลลิกรัมต่อวัน แต่อาจจะมากหรือน้อยกว่านี้ขึ้นอยู่กับอาหารที่รับประทาน (66) สำหรับผู้ใหญ่จะมีนิกเกิลในปัสสาวะ 4 - 31 ไมโครกรัมต่อลิตร นิกเกิลจะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ และอุจจาระ โดยถูกขับออกจากอุจจาระถึง 90 เปอร์เซ็นต์ (41)

นิกเกิดเข้าสู่ร่างกายได้ทางผิวหนัง ทางอาหาร และการหายใจ เมื่อร่างกายได้รับเข้าไป จะมีอาการในระยะแรก คือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศรีษะและเจ็บหน้าอก มีอาการเกี่ยวกับโรคปอดอย่าง ร้ายแรง หัวใจเต้นเร็ว อ่อนเพลีย นอกจากนี้ยังมีอาการปวดหลัง ตัวเขียว ปวดร้าวที่หน้าอก ไอ หายใจไม่สะดวก ปวดท้อง และตายภายใน 4 - 13 วัน (41) (67)

Underwood (66) รายงานว่าคนงานในโรงงานทำนิกเกิดให้บริสุทธิ์ เป็นโรคเนื่องอกในทางเดินหายใจและผิวหนังอักเสบ เนื่องจากพิษของนิกเกิด

2.5 มาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ

การศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และในปูทะเล ค่าที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับ มาตรฐานของโลหะหนักในอาหาร มาตรฐานของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ สัตว์น้ำที่กำหนดโดยประเทศต่างๆ และมาตรฐาน โลหะหนักในน้ำทะเลชายฝั่ง ดังตารางที่ 2.1 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานของโลหะหนักในอาหาร

โลหะหนักที่ศึกษา	หน่วย	ปริมาณสูงสุดที่ขอมให้มีได้
ตะกั่ว	ppm	ไม่เกิน 1.0 *
ปรอท	ppm	ไม่เกิน 0.02 * ไม่เกิน 0.05 **
อาร์เซนิก	ppm	ไม่เกิน 2.0 *

หมายเหตุ

* อาหารทั่ว ๆ ไป

** อาหารทะเล

ที่มา : ดัดแปลงจากกระทรวงสาธารณสุข (31)

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่กำหนดโดยประเทศต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม(mg /kg)

ประเทศ	ชนิดของโลหะหนัก	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้
อิตาลี	ตะกั่ว	2
	แคดเมียม	2
	ปรอท	0.5
สเปน	ตะกั่ว	1
	แคดเมียม	0.2
	ปรอท	0.5
กรีซ	ตะกั่ว	1
	แคดเมียม	0.2
	ปรอท	0.5
เดนมาร์ก	ตะกั่ว	1
	แคดเมียม	0.2
	ปรอท	0.5
สหราชอาณาจักร	ตะกั่ว	1
	แคดเมียม	0.2
	ปรอท	0.5
สวีเดน	ตะกั่ว	1
	แคดเมียม	0.2
	ปรอท	0.5
เนเธอร์แลนด์	ตะกั่ว	0.5
	แคดเมียม	0.2
	ปรอท	0.5
เยอรมัน	ตะกั่ว	0.5
	แคดเมียม	0.5
	ปรอท	0.5

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg / kg)

ประเทศ	ชนิดของโลหะหนัก	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้
สหรัฐอเมริกา	ตะกั่ว	1
	แคดเมียม	0.2
	ปรอท	1
ชิลี	ตะกั่ว	2
	แคดเมียม	0.2
	ปรอท	0.5
ญี่ปุ่น	ตะกั่ว	1
	แคดเมียม	0.2
	ปรอท	0.4
นิวซีแลนด์	ตะกั่ว	0.5
	แคดเมียม	1
	ปรอท	0.5
ออสเตรเลีย	ตะกั่ว	0.5
	แคดเมียม	0.2
	ปรอท	0.5

หมายเหตุ : โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิกไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานไว้

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมประมง (68)

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานของโลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดิน

โลหะหนัก	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์				
		ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5
		1	2	3	4	5
นิกเกิล	mg/kg	๖	0.1	0.1	0.1	-
แคดเมียม	mg/kg	๖	0.005*	0.005*	0.005*	-
			0.05**	0.05**	0.05**	-
โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์	mg/kg	๖	0.05	0.05	0.05	-
ตะกั่ว	mg/kg	๖	0.05	0.05	0.05	-
ปรอททั้งหมด	mg/kg	๖	0.002	0.002	0.002	-
อาร์เซนิก	mg/kg	๖	0.01	0.01	0.01	-

หมายเหตุ

๖ เป็นไปตามธรรมชาติ

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานของโลหะหนักในน้ำทะเลชายฝั่ง

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

ชนิดของโลหะหนัก	เกณฑ์กำหนดสูงสุด
ปรอททั้งหมด	0.0001
แคดเมียม	0.005
โครเมียม	0.1
โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์	0.05
ตะกั่ว	0.05

หมายเหตุ : นิกเกิลและอาร์เซนิกไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานไว้

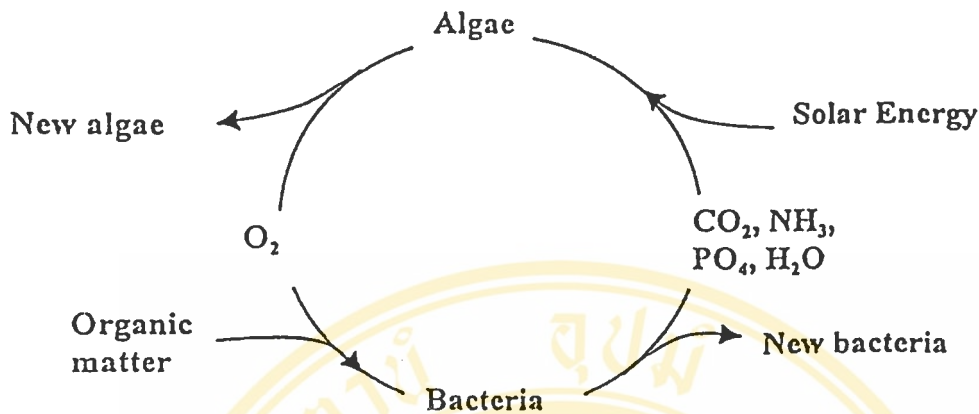
ที่มา : ดัดแปลงจากกรมควบคุมพิษ (5)

2.6 ระบบบำบัดน้ำเสีย (Lagoon Treatment)

การศึกษาครั้งนี้จะศึกษาปริมาณของโลหะหนักที่ตกค้างในป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงประเภทของบ่อบำบัดน้ำเสีย และหลักการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี ซึ่งมีประเภทและหลักการทำงานของบ่อบำบัดดังนี้

ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียเป็นระบบที่ต้องพึ่งพาธรรมชาติ สร้างเป็นบ่อดินอาจเป็นบ่อเดี่ยวหรือหลายๆบ่อต่อกัน การบำบัดเป็นแบบต่อเนื่อง กล่าวคือ น้ำเสียจะไหลเข้าและออกจากบ่อบำบัดตลอดเวลา การบำบัดจะอาศัยออกซิเจนในบรรยากาศและจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย (Photosynthesis) เป็นตัวสร้างออกซิเจนให้แก่แบคทีเรีย แบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้คาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นสาหร่ายจะดูดเอาคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง และอาศัยธาตุอาหารบางอย่างในน้ำเสียมาใช้ในการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนมากขึ้นเมื่อได้แสงสว่างอย่างเพียงพอ ดังนั้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะถูกจำกัดด้วยปริมาณออกซิเจน อัตราปฏิกิริยาของการทำลายบีโอดี (BOD, Biochemical Oxygen Demand) จึงค่อนข้างช้าต้องมีบ่อที่มีขนาดใหญ่กินเนื้อที่มาก ระบบนี้จะใช้ได้ผลดีในบริเวณที่มีแสงแดดมาก ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียแบบนี้อาจเรียกในชื่ออื่นอีก เช่น บ่อฝัง บ่อปรับเสถียร บ่อไม่เติมอากาศ Waste Stabilization Pond และ Oxidation Pond (69)

ปฏิกิริยาการสลายสารอินทรีย์ และความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiotic relationship) ระหว่างแบคทีเรียและสาหร่ายในบ่อบำบัด ส่งผลให้สาหร่ายสีเขียวเกิดขึ้นในบ่อมากมายประมาณ 100-260 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้สภาพน้ำมีสีเขียว การระบายน้ำออกจากระบบบำบัดควรกำจัดสาหร่ายออกก่อนเพื่อไม่ให้ก่อปัญหาความสกปรกต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ สาหร่ายเหล่านี้เมื่อตายลงจะเป็นซากอินทรีย์และตกตะกอนลงสู่ก้นบ่อ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ปฏิกริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์และความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน ระหว่างแบคทีเรียและสาหร่าย

ที่มา : บรรจงและเอนก (69)

บรรจงและเอนก (69) ได้แบ่งประเภทของบ่อบำบัดน้ำเสียออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

1. บ่อบำบัดน้ำเสียใช้อากาศ (Aerobic pond) บ่อบำบัดน้ำเสียเป็นบ่อที่มีความลึกไม่มากนัก ประมาณ 0.5 - 1.0 เมตร จึงทำให้ก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศสามารถถ่ายเทได้ทั่วบ่อ เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีความสกปรกไม่มากนัก ส่วนใหญ่จะบำบัดน้ำเสียต่อการบำบัดอื่นๆ เพื่อลดความสกปรกให้ต่ำลงก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากบ่อบำบัดน้ำเสียมีความลึกไม่มาก ทำให้แสงแดดสามารถส่องถึงก้นบ่อ จึงส่งผลให้สาหร่ายสีเขียวสามารถสังเคราะห์แสงได้เป็นอย่างดี จากปฏิกริยาการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย (photosynthesis) จะช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับน้ำ ซึ่งจุลินทรีย์ใช้อาศัยออกซิเจนดังกล่าวในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และได้พลังงานเพื่อสร้างเซลล์ใหม่ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งได้สารประกอบอินทรีย์อื่นๆที่สาหร่ายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง อันเป็นลักษณะที่พึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน ส่งผลให้ปริมาณสาหร่ายสีเขียวเกิดขึ้นในบ่ออย่างมากมาประมาณ 100 - 260 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้สภาพน้ำมีสีเขียวเข้ม ดังนั้นการระบายน้ำที่ออกจากบ่อประเภทนี้ควรกำจัดสาหร่ายออกก่อนเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาความสกปรกต่อแหล่งน้ำธรรมชาติอื่น ๆ ต่อไป

การกำจัดสาหร่ายนั้นมีหลายวิธี ได้แก่ ใช้เครื่องกรอง ใช้บ่อปรับคุณภาพน้ำขั้นสุดท้าย (Polishing Pond) พร้อมทั้งเลี้ยงปลา ระบบบึงวัชพืช (constructed wetland) เป็นตัวกรอง หรือใช้สารเคมีพวกคอปเปอร์ซัลเฟตละลายน้ำ ฉีดพ่นให้ทั่วเพื่อฆ่าสาหร่าย ทั้งนี้ต้องทำการทดลองหาปริมาณ

ความเข้มข้นสารเคมีที่จะใช้ให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้ในสภาพจริง เพราะก๊าซปริมาณมากเกินไป อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำบางประเภท อีกทั้งปริมาณสาหร่ายที่ตายแล้วก็จะต้องหาวิธีแยกออกจากน้ำทิ้ง ซึ่งอาจใช้บ่อเก็บกักน้ำชั้นสุดท้าย เพื่อแยกสาหร่ายออกจากน้ำทิ้ง

2. บ่อไร้อากาศ (Anaerobic pond) บ่อไร้อากาศเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีความลึกมากตั้งแต่ 2.5 เมตรขึ้นไป บางแห่งลึกถึง 6.1 เมตร เหมาะสำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความสกปรกสูงๆ ดังนั้นจึงใช้เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียขั้นต้นของระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อลดค่าความสกปรกที่มีค่าสูงๆ ให้น้อยลง ก่อนที่จะปล่อยลงสู่บ่อบำบัดแบบกึ่งไร้อากาศ บ่อใช้อากาศ หรือบ่อปรับคุณภาพน้ำชั้นสุดท้ายต่อไป

หลักการการทำงานของบ่อไร้อากาศ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นแรกเริ่มต้นด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนกลุ่มหนึ่ง เรียกว่า Acid forming bacteria ซึ่งจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดอะซิติก(Acetic)และโพรพิโอนิก(Propionic) หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อีกประเภทหนึ่งเรียกว่า Methane forming bacteria ทำการย่อยสลายกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นให้กลายเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยาชีวเคมีที่ทำให้เกิดกรดอินทรีย์นี้จะส่งผลให้มีกลิ่นเหม็นรุนแรง อีกทั้งยังมีปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นเหม็นที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) อีกด้วย

3. บ่อกึ่งไร้อากาศ (Facultative pond) บ่อกึ่งไร้อากาศเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีความลึกมากกว่าบ่อใช้อากาศแต่น้อยกว่าบ่อไร้อากาศ คือ มีความลึกประมาณ 1.0 - 2.5 เมตร เหมาะสำหรับบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากแหล่งชุมชน อีกทั้งยังนิยมใช้เป็นบ่อปรับปรุงคุณภาพน้ำชั้นสุดท้ายก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ลักษณะสภาพแวดล้อมที่มีอากาศค่อนข้างร้อนอย่างประเทศไทย ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส จะทำให้การบำบัดน้ำเสียโดยใช้บ่อกึ่งไร้อากาศ มีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งยังสามารถออกแบบให้รับปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ต่อพื้นที่ผิวของบ่อ (Surface loading) ได้สูง หลักการทำงานของบ่อกึ่งไร้อากาศแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 เป็นส่วนที่อยู่ชั้นบนของผิวน้ำที่แสงแดดสามารถส่องถึง เรียกว่า Aerobic zone จะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic digestion) มีลักษณะการทำงานเหมือนกับบ่อใช้อากาศ

ขั้นตอนที่ 2 เป็นส่วนที่อยู่ชั้นล่างจนถึงก้นบ่อที่แสงแดดไม่สามารถส่องถึง เรียกว่า Anaerobic zone จะเกิดเป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) มีลักษณะการทำงานเหมือนกับบ่อไร้อากาศ

ขั้นตอนที่ 3 จะมีความลึกอยู่ตรงกลางระหว่าง Aerobic zone และ Anaerobic zone ในขั้นนี้ บางส่วนจะมีออกซิเจนอิสระบ้างเล็กน้อย บางครั้งอาจไม่มีดังนั้นจึงต้องอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์



ประเภท Faculative bacteria เป็นตัวย่อยสลายความสกปรกในชั้นนี้ ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์ประเภทนี้สามารถทำงานได้ทั้งสภาพมีออกซิเจนและไร้ออกซิเจน

บ่อบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งไร้อากาศซึ่งเหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน เนื่องจากน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรีส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียจากชุมชน ดังนั้นลักษณะของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งไร้อากาศจะมีผลต่อปริมาณของโลหะหนักที่ตกค้างเมื่อระบายลงสู่ป่าชายเลน กล่าวคือ สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการบำบัดโลหะหนักของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งไร้อากาศได้

2.7 พื้นที่ศึกษา

2.7.1 ความเป็นมาของโครงการ

โครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย ตั้งอยู่บริเวณตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี มีเนื้อที่ประมาณ 2,135 ไร่ ซึ่งได้มีการแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ป่าชายเลนที่เป็นส่วนของป่าสงวนแห่งชาติ ป่าบ้านแหลม และป่าปากทะเล ซึ่งสภาพเดิมของพื้นที่ป่าชายเลนแหลมผักเบี้ยพื้นที่ป่าชายเลนที่เสื่อมสภาพ และเมื่อวันที่ 13 กันยายน 2533 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงพระราชทานพระราชดำริ ให้สำนักงานคณะกรรมการพิเศษ เพื่อประสานงานตามโครงการตามพระราชดำริ และกรมชลประทานร่วมกันศึกษาหาวิธีแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับขยะมูลฝอย น้ำเสียและการรักษาสภาพป่าชายเลน (6) จึงได้จัดตั้งโครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย ขึ้นเพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการกำจัดน้ำเสีย และกำจัดขยะมูลฝอย โดยเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อนำผลผลิตที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียและการกำจัดขยะมูลฝอยให้เกิดประโยชน์ต่อไป เพื่อสนองความต้องการในการบำบัดน้ำเสียและขยะมูลฝอยในเทศบาลเมืองเพชรบุรี เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรชายฝั่งทะเล เช่น สัตว์น้ำ และป่าชายเลนให้มีสภาพสมบูรณ์ เพื่อเป็นโครงการนำร่อง เป็นตัวอย่างสำหรับโครงการอื่นต่อไป (70)

2.7.2 เทศบาลเมืองเพชรบุรี

เทศบาลเมืองเพชรบุรี ตั้งอยู่พื้นที่ของอำเภอมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรีมีพื้นที่ทั้งสิ้น 5.4 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็น 2 ตำบล คือ ตำบลท่าราบและตำบลคลองกระแซง โดยมีแม่น้ำเพชรบุรีไหลผ่านกลาง ด้านทิศเหนือของตำบลคลองกระแซงมีภูเขาามโหสวรรณซึ่งเป็นที่ตั้งของพระนครคีรีและภูเขาพนมขวิด พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบมีสถานี่ราชการ สถานศึกษา และที่อยู่อาศัยเป็นส่วนใหญ่ ส่วนฝั่งตำบลท่าราบ พื้นที่เป็นที่ราบลุ่มการใช้ที่ดินส่วนใหญ่เพื่อการพานิชยกรรม ที่อยู่อาศัย และเกษตรกรรมบ้างทางตอนล่าง แม่น้ำเพชรบุรีช่วงที่ไหลผ่านเทศบาลเมืองเพชรบุรี

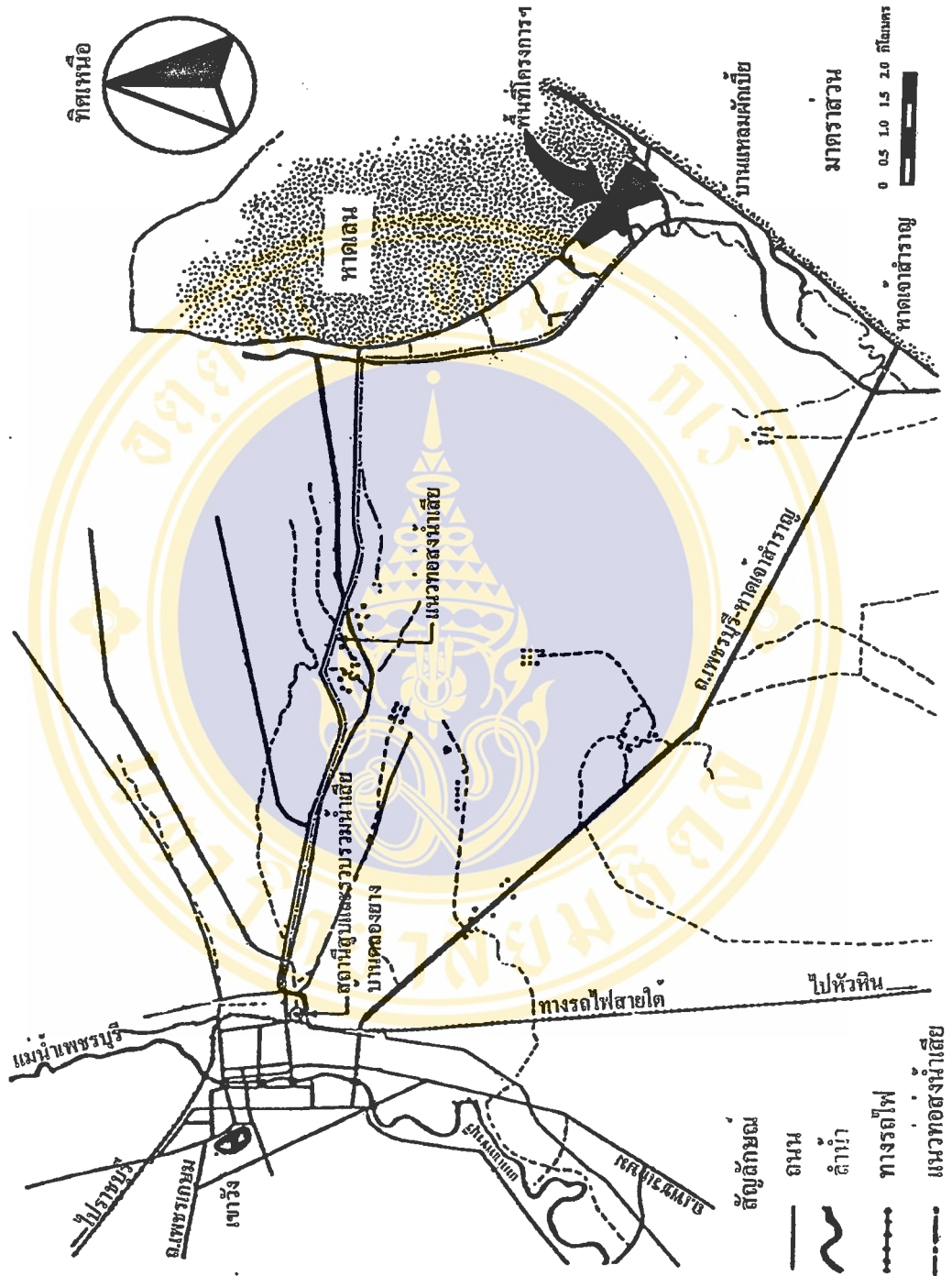
มีความยาวประมาณ 3.7 กิโลเมตร ความกว้างประมาณ 6 - 10 เมตร เทศบาลเมืองเพชรบุรี มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 31,462 คน มีสถานประกอบการและสถานบริการ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 สถานประกอบการในจังหวัดเพชรบุรี

สถานประกอบการ	จำนวน/แห่ง
โรงงาน	54
โรงแรม	8
สถานขนานูบาล	1
ธนาคารพาณิชย์	11
พุทธสถาน	32
ศาลเจ้า	6
สุสานและฌาปนสถาน	13
สถานที่ราชการและรัฐวิสาหกิจ	25
โรงเรียนและวิทยาลัย	21
ศูนย์บริการสาธารณสุข	1
โรงพยาบาลของรัฐ	1
โรงพยาบาลเอกชน	5
สถานพยาบาลของสภากาชาดไทย	1
โรงแรมหรู	1
ตลาดสด	5
โรงฆ่าสัตว์ของเทศบาล	1
สถานบริการน้ำมัน	3

ที่มา : บุปผา (71)

การจัดการน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี ได้มีการสร้างท่อระบายน้ำรวมเพื่อรองรับน้ำจากบ้านเรือน โรงแรม โรงพยาบาล และสถานประกอบการต่างๆ ในเขตเทศบาลเมือง และนำน้ำเสียทั้งหมดไปรวมไว้ที่สถานีสูบน้ำและบ่อบรรณน้ำเสียบ้านคลองยาง หลังจากนั้นจึงส่งน้ำเสียไปตามท่อซึ่งฝังไว้ใต้ดินไปบำบัดยังพื้นที่บ่อบำบัดน้ำเสีย ที่ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งอยู่ห่างจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี ประมาณ 18.5 กิโลเมตร (ภาพที่ 2.5)

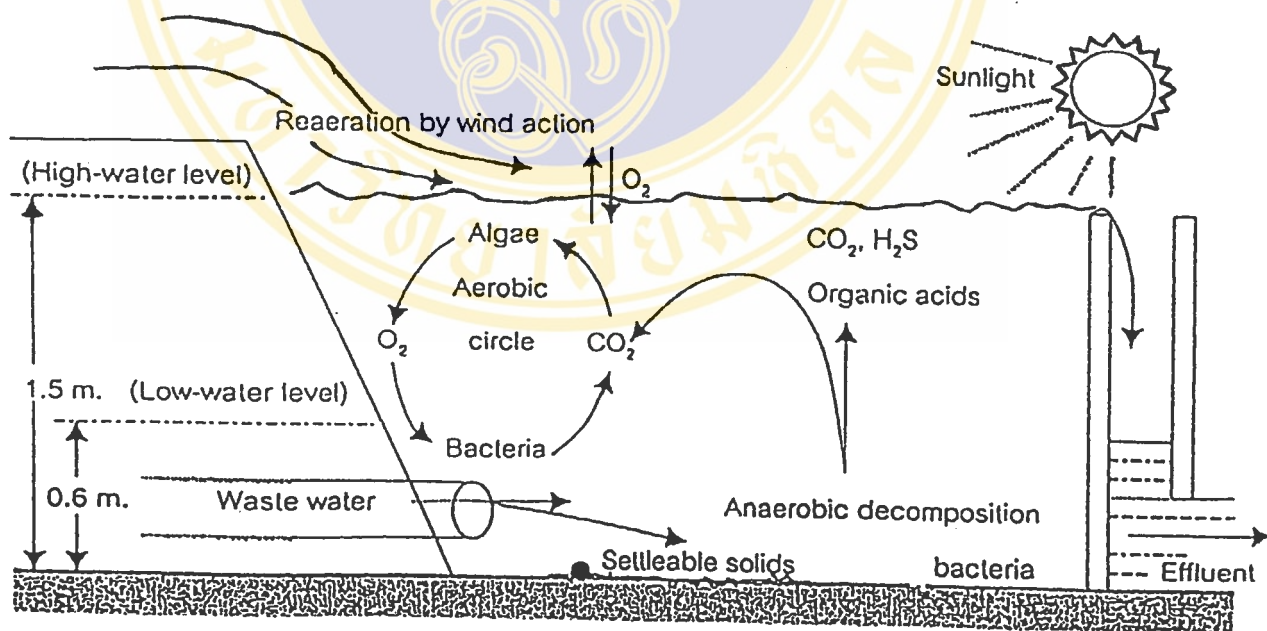


ภาพที่ 2.5 แผนที่แสดงที่ตั้งพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

2.7.3 บ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเพชรบุรี

บ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี จัดสร้างขึ้นตามโครงการศึกษาวิจัย และพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี มีลักษณะเป็นบ่อดิน จำนวน 5 บ่อ ต่อกันโดยบ่อแรกจัดให้เป็นบ่อตกตะกอน (Sedimentation pond) บ่อที่ 2 ถึงบ่อที่ 4 เป็นบ่อฝุ้ง สำหรับบ่อที่ 5 เป็นบ่อปรับสภาพ (Polishing pond) บ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี จัดเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียประเภทกึ่งไร้อากาศมีกระบวนการปฏิกริยาทางชีวเคมี ดังแสดงใน (ภาพที่ 2.6) รวมพื้นที่ของระบบบ่อบำบัดน้ำเสียทั้งหมดประมาณ 96.33 ไร่ (ภาพที่ 2.7)

1. บ่อตกตะกอน	มีพื้นที่	6.39 ไร่	ระดับน้ำลึก	2.30 เมตร
2. บ่อฝุ้งที่ 1	มีพื้นที่	19.01 ไร่	ระดับน้ำลึก	2.00 เมตร
3. บ่อฝุ้งที่ 2	มีพื้นที่	21.81 ไร่	ระดับน้ำลึก	1.90 เมตร
4. บ่อฝุ้งที่ 3	มีพื้นที่	22.14 ไร่	ระดับน้ำลึก	1.80 เมตร
5. บ่อปรับสภาพ	มีพื้นที่	26.98 ไร่	ระดับน้ำลึก	1.70 เมตร



ภาพที่ 2.6 กระบวนการปฏิกริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อของระบบบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งไร้อากาศ
ที่มา : ดัดแปลงมาจาก เกษมและคณะ (72)

ระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี สามารถรองรับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนได้วันละ 4,500-10,000 ลูกบาศก์เมตร โดยมีลักษณะของน้ำเสียดังนี้

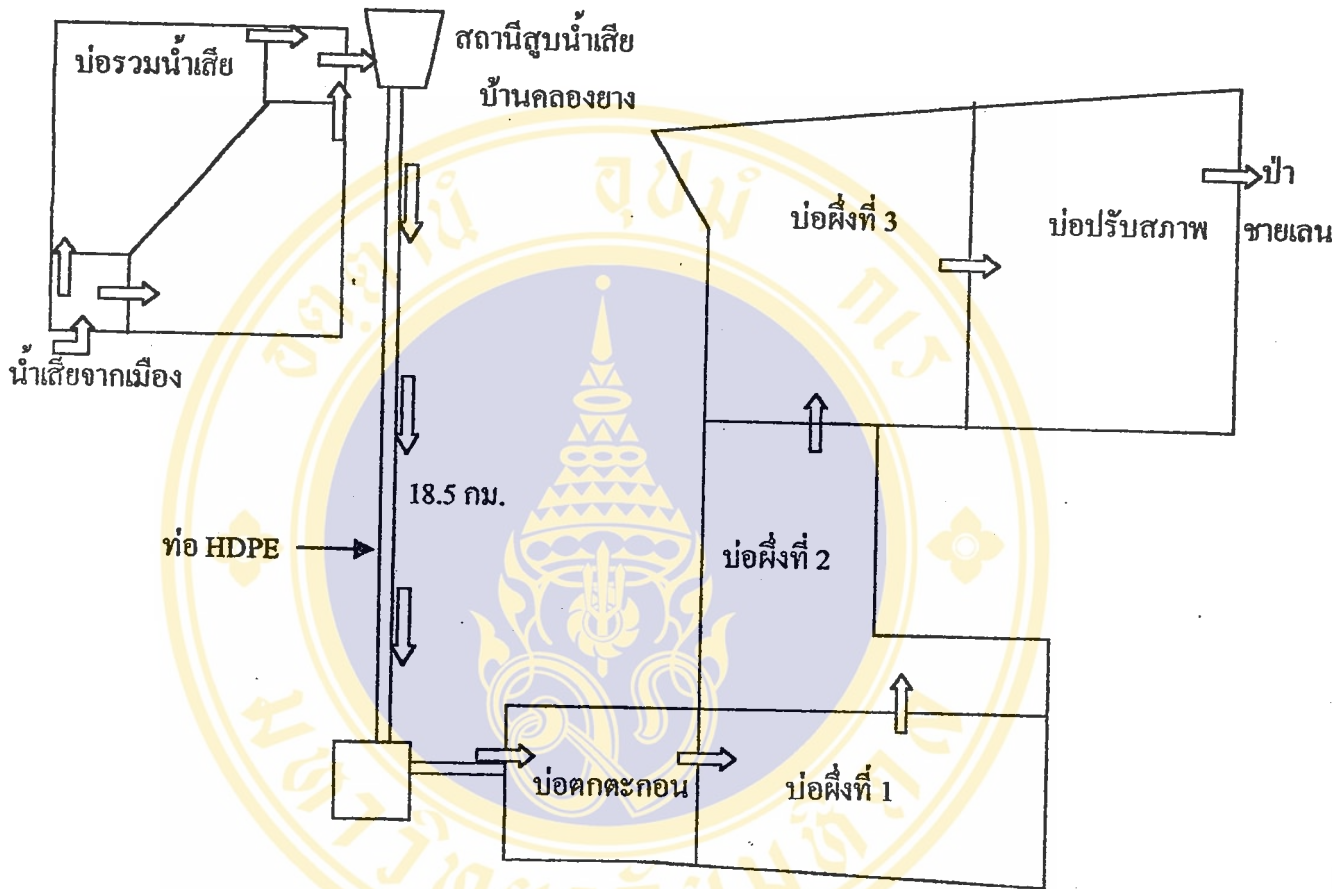
บีโอดี (BOD)	150	มิลลิกรัมต่อลิตร
ซีโอดี (COD)	200-300	มิลลิกรัมต่อลิตร
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	300-500	มิลลิกรัมต่อลิตร
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	100-150	มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟอสฟอรัส (Phosphorous)	1-5	มิลลิกรัมต่อลิตร
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	6-8	

น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่าบีโอดี (BOD) ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (73) (69)

ปริมาณของโลหะหนักในบ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี พบว่าโลหะหนักในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีปริมาณของปรอท ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล โครเมียม และอาร์เซนิกเฉลี่ยเท่ากับ 0.014 0.057 0.004 < 0.001 0.017 และ 0.014 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อผ่านระบบบำบัดขั้นสุดท้ายแล้วมีปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดเฉลี่ยเท่ากับ 0.013 0.052 0.006 0.003 0.016 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (3) จะเห็นได้ว่าปริมาณของโลหะหนักแต่ละชนิดก่อนผ่านระบบบำบัด และหลังจากผ่านระบบบำบัดแล้วยังมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แสดงว่า ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรีมีประสิทธิภาพในการบำบัด โลหะหนักอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

2.7.4 พื้นที่ป่าชายเลนที่ศึกษา

ป่าชายเลนที่ศึกษา ได้แก่ ป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย ของเทศบาลเมืองเพชรบุรี ในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย มีพื้นที่ประมาณ 550 ไร่



หมายเหตุ : ➡ ทิศทางการไหลของน้ำเสีย

ภาพที่ 2.7 ลักษณะบ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างปุ๋ยทะเล

- 1) ลอบ
- 2) ถังน้ำแข็ง
- 3) ถุงพลาสติก

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บดินตะกอน

- 1) กระบอกพลาสติกขนาด 1 ลิตร
- 2) ถุงพลาสติกสำหรับบรรจุดินตะกอน

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์โลหะหนัก

- 1) เครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer
- 2) เครื่องแก้วชนิดต่าง ๆ
- 3) เครื่องชั่งชนิดหยาบและละเอียด
- 4) กระดาษกรองขนาด 0.42 ไมครอน
- 5) เตาแผ่น (Hot plate)
- 6) Fume Hood
- 7) Flame Atomic absorption Spectrophotometer
- 8) Muffle Furnace
- 9) Autosampler for AAS
- 10) Graphite Furnace AAS
- 11) Flow Injection Analysis System
- 12) Gas Liquid Chromatograph
- 13) สารละลายมาตรฐานของปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก

3.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

- 1) เทอร์โมมิเตอร์
- 2) เครื่องมือวัดความเค็ม (Salino meter)
- 3) เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH. meter)
- 4) เครื่องวัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO. meter)
- 5) ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ
- 6) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

3.2.1.1 ตัวอย่างน้ำก่อนระบายสู่ป่าชายเลน

ผู้วิจัยจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนจะระบายน้ำทิ้งสู่ป่าชายเลนจำนวน 4 จุดดังนี้
จุดที่ 1, 2, 3 และ 16.

3.2.1.2 ตัวอย่างน้ำในบริเวณป่าชายเลนชายฝั่งทะเล

น้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี ที่ได้รับการบำบัดแล้วจะถูกปล่อยสู่ป่าชายเลน ซึ่งคาดว่าจะมีการแพร่กระจายและมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมบริเวณป่าชายเลนใกล้เคียงดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำและผลกระทบของน้ำเสียเป็น 2 ลักษณะด้วยกันคือ

- 1) บริเวณพื้นที่ป่าชายเลนตามแนวชายฝั่งทะเล กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำทะเลเป็น 3 Transect Line แต่ละ Transect Line มีจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 4 จุด ในแต่ละ Transect Line ห่างกัน 250 เมตร (ภาพที่ 3.1)

Transect Line ที่ 1 ได้แก่

จุดที่ 4, 5, 6 และ 7.

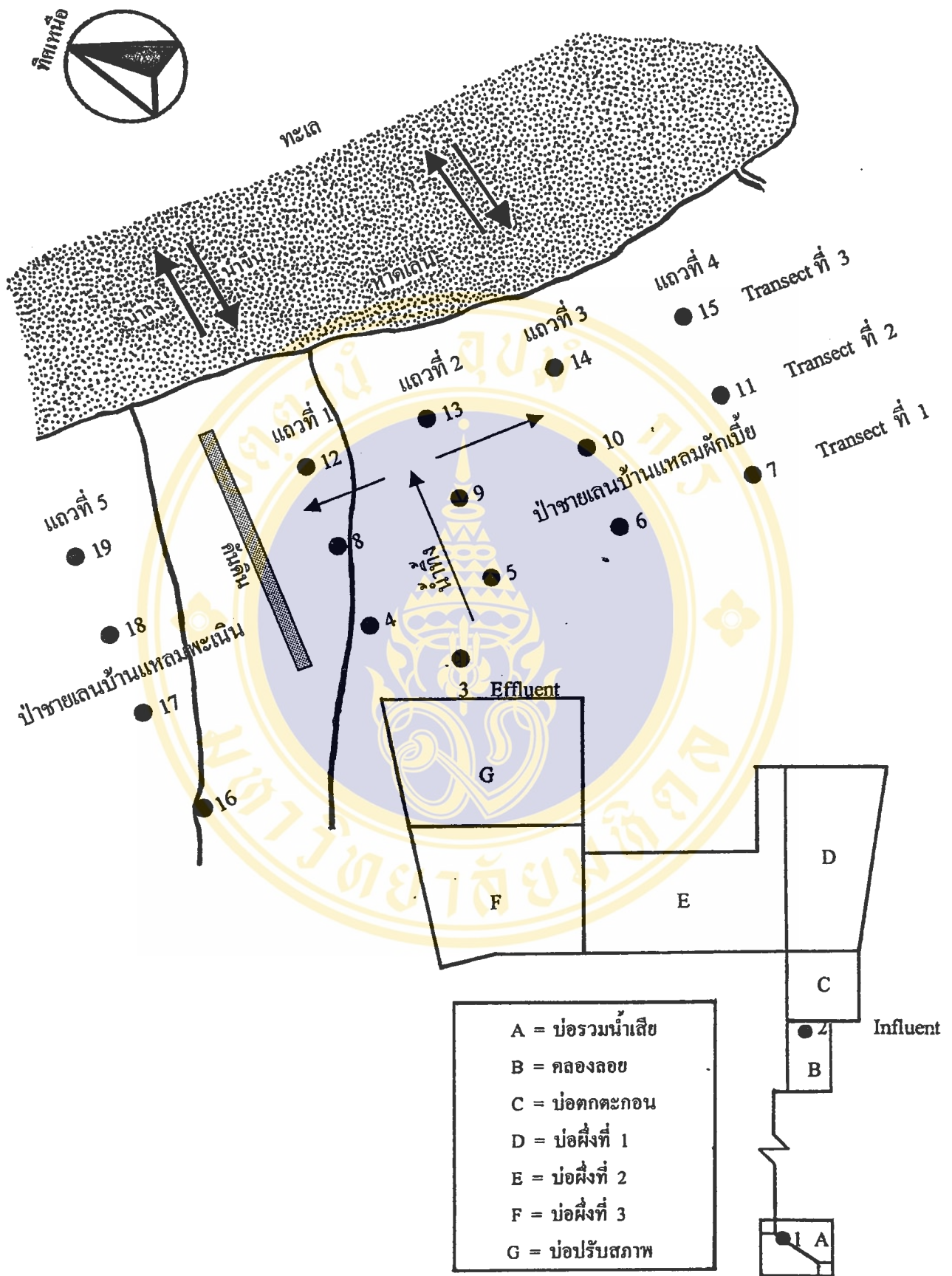
Transect Line ที่ 2 ได้แก่

จุดที่ 8, 9, 10 และ 11.

Transect Line ที่ 3 ได้แก่
จุดที่ 12, 13, 14 และ 15.

2) บริเวณบ้านแหลมพะเนิน ได้แก่ ป่าชายเลนที่อยู่ใกล้เคียงกับแนวที่ 1 และคาด
ว่าไม่ได้รับผลกระทบของน้ำเสีย ที่ผ่านการบำบัดแล้วของเทศบาลเมืองเพชรบุรี ซึ่งผู้วิจัยกำหนดไว้
3 จุด และเรียกว่าเป็นจุดตรวจสอบคุณภาพน้ำอ้างอิง (Reference Point) ดังนี้
จุดที่ 17, 18 และ 19





ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่าง

3.2.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

3.2.2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำตามจุดที่กำหนดไว้โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 4 ครั้งตลอดการทดลองเป็นเวลา 1 ปี ในเดือนพฤศจิกายน มีนาคม กรกฎาคม และ เดือนตุลาคม การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บด้วยกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร ใส่ขวดบีโอดี (BOD) แล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้นประมาณ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขียนผลภาคตัดข้างขวดระบุ เวลา สถานที่ และวันที่เก็บตัวอย่าง แล้วนำตัวอย่างน้ำมาเก็บรักษาโดยแช่ในถังเก็บน้ำตัวอย่างซึ่งมีฝาปิดสนิทที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียสเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.2.2.2 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

ในการเก็บตัวอย่างดินตะกอนเพื่อศึกษาปริมาณของโลหะหนักที่ตกค้างแต่ละชนิด ในแต่ละช่วงความยาวของป่าชายเลนจะเก็บตามจุดที่กำหนดไว้ โดยใช้กระบอกตวงน้ำพลาสติกขนาด 1 ลิตร ตักตัวอย่างดินตะกอนจุดละประมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติกชนิดที่มีความหนาแน่นสูง ปิดปากถุงให้แน่นแล้วนำตัวอย่างดินตะกอนมาเก็บรักษาไว้ในถังไม่ให้อุณหภูมิและความชื้นสูง แล้วนำไปวิเคราะห์โลหะหนักต่อไป การเก็บตัวอย่างดินตะกอนจะเก็บ 2 ครั้งตลอดการทดลอง คือ เดือนแรกของการทดลองในเดือนพฤศจิกายน และเดือนสุดท้ายของการทดลองในเดือนตุลาคม

3.2.2.3 การเก็บตัวอย่างปูทะเล

การเก็บตัวอย่างปูทะเลเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่ตกค้าง จะทำการเก็บตัวอย่างปูทะเลโดยใช้ลอบไปวางตามร่องน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย และบ้านแหลมพะเนินในช่วงน้ำขึ้นและทำการกู้ในช่วงน้ำลง ขนาดของปูทะเลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะใช้ขนาดของปูทะเลที่มีความยาวของกระดองประมาณ 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่นิยมบริโภคประมาณครั้งละ 3-4 ตัว จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดแล้วนำไปแช่ในถังที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่ตกค้างในปูทะเล การเก็บตัวอย่างจะทำการเก็บ 3 ครั้งตลอดการทดลอง คือจะเก็บในเดือน พฤศจิกายน เดือนเมษายน และเดือนตุลาคม

3.2.3 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.2.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำใน 2 ลักษณะ คือ วิเคราะห์ภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความเค็มสำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจะวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ดังตารางที่ 6 โดยนำตัวอย่างน้ำมาสกัดเพื่อวิเคราะห์หาโลหะหนักตามวิธีของ AWWA, APHA, WEF(74) แล้ววัดปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

ตารางที่ 3.1 ดัชนีคุณภาพน้ำและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
อุณหภูมิ	Thermometer
ออกซิเจนละลายน้ำ	DO. meter
ความเป็นกรดเป็นด่าง	pH. meter
ความเค็ม	Salinometer
ตะกั่วทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
แคดเมียม	Atomic Absorption Spectrophotometer
ปรอททั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
โครเมียมทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
นิกเกิลทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
อาร์เซนิกทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer

3.2.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนไปตากผึ่งลมไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง นำไปบดให้ละเอียดและร่อนด้วยตะแกรง ขนาด 0.3 มิลลิเมตร แล้วร่อนด้วยตะแกรงละเอียดขนาด 0.15 มิลลิเมตรอีกครั้ง นำดินตะกอนมาชั่งให้ได้ปริมาณ 3 กรัม ย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 3 ชั่วโมง ตั้งให้เย็นละลายด้วย 2 เปอร์เซนต์ของกรดไนตริก กรองด้วยกระดาษกรองแล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ตามวิธีของไมตรี (67) ดังแสดงใน ตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ดัชนีวิเคราะห์คุณภาพดินตะกอน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
ตะกั่วทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
แคดเมียม	Atomic Absorption Spectrophotometer
ปรอททั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
โครเมียมทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
นิกเกิลทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
อาร์เซนิกทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer

3.2.3.3 การวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักในปูทะเล

นำตัวอย่างปูทะเลมาล้างทำความสะอาด ตัดขา ก้าม และกระดองส่วนนอกออกและเอาเฉพาะส่วนของเนื้อมาสับให้ละเอียด นำเนื้อปูมาสกัดเพื่อวิเคราะห์หาโลหะหนักตกค้าง แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะหนักที่ตกค้างด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ดัชนีวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักในปูทะเล

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
ตะกั่วทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
แคดเมียม	Atomic Absorption Spectrophotometer
ปรอททั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
โครเมียมทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
นิกเกิลทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer
อาร์เซนิกทั้งหมด	Atomic Absorption Spectrophotometer

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติหาปริมาณโลหะหนักที่ตกค้างในน้ำ ดินตะกอน และปุทะเล ในป่าชายเลนบริเวณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย สถิติที่ใช้แบ่งออกเป็น

3.3.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณ โปรอท ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล โครเมียม และอาร์เซนิก ในน้ำและดินตะกอนตามระยะทางที่แตกต่างกัน คือ 250 500 และ 750 เมตร จากบ่อน้ำบาดน้ำเสียชั้นสุดท้ายสู่ป่าชายเลน โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

3.3.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณ โปรอท ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล โครเมียม และอาร์เซนิก ในน้ำ ดินตะกอน และปุทะเล โดยใช้ค่า Correlation coefficient ในการเปรียบเทียบ (75)

3.3.3 เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดที่ตกค้างในปุทะเล บริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมผักเบี้ยที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อน้ำบาดน้ำเสีย กับพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินโดยใช้สถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 (75)

3.4 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ทำการทดลองในพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมผักเบี้ย ที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อน้ำบาดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี ตามโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณบ้านแหลมพะเนิน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

ระยะเวลาดำเนินการวิจัยตั้งแต่ พฤศจิกายน 2541 - ตุลาคม 2542

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่ตกค้างในป่าชายเลนบริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541-ตุลาคม พ.ศ. 2542 รวมเป็นเวลา 1 ปี ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 คุณสมบัติทั่วไปของน้ำ

4.1.1 อุณหภูมิ (temperature)

ผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และในคลองบ้านแหลมพะเนินก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน ที่ไม่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อน้ำบาดาลเสีย (ดังแสดงในภาพที่ 3.1) มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.1, 4.2 และภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

หน่วย : องศาเซลเซียส

จุดเก็บตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ
1	บ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง	25.87
2	คลองลอย	26.17
3	บ่อน้ำบาดาลเสียชั้นสุดท้าย	26.27
16	คลองบ้านแหลมพะเนิน*	25.00
เฉลี่ย		25.82

หมายเหตุ : * แสดงอุณหภูมิของน้ำในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542

ค่าอุณหภูมิของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และในคลองบ้านแหลมพะเนินก่อนเข้าสู่ป่าชายเลนที่ไม่ได้รับผลกระทบจากบ่อน้ำบาดาลเสีย พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 25.00-26.27 องศาเซลเซียส

ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในรอบปี พบว่า อุณหภูมิของน้ำสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27.03 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนตุลาคม มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25.00 องศาเซลเซียส (ดังตารางที่ 1, ตารางที่ 4 ภาคผนวก ก)

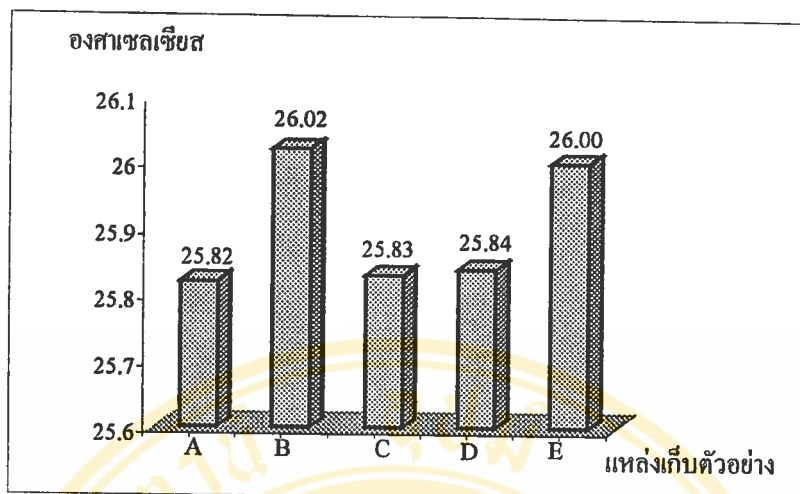
ตารางที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : องศาเซลเซียส

ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย		
250	25.70	25.97	26.02	26.40	26.02	25.92	
500	25.33	25.87	26.10	26.02	25.83	25.72	
750	25.97	25.72	26.00	25.67	25.84	26.37	
	เฉลี่ย					25.89	26.00

ค่าอุณหภูมิของน้ำในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25.83 - 26.02 องศาเซลเซียส ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า ที่ระยะทางห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดคือ 26.02 องศาเซลเซียส และที่ระยะทางห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 25.83 องศาเซลเซียส สำหรับในพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน พบว่า ที่ระยะ 750 เมตร มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 26.37 องศาเซลเซียส และที่ระยะ 500 เมตรจะมีค่าอุณหภูมิต่ำที่สุด เท่ากับ 25.27 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในระยะทางที่แตกต่างกัน พบว่า จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

ระยะทางที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในป่าชายเลน ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอากาศหรือฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติจะค่อยเป็นค่อยไป ปกติอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติ จะผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูง สภาพภูมิประเทศ ความเข้มของแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก และสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำ (76) (77) ประเทศไทยอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 23 - 32 องศาเซลเซียส (78)



ภาพที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หมายเหตุ A : ก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร

C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร

D : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร

E : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.1.2 ความเค็ม (salinity)

ผลการตรวจวัดค่าความเค็มของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าดังตารางที่ 4.3 ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความเค็มเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

จุดเก็บตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	หน่วย : ส่วนในพัน (ppt) ความเค็ม
1	บ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง	0.15
2	คลองลอย	0.15
3	บ่อบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้าย	0.15
16	คลองบ้านแหลมพะเนิน*	20.00
เฉลี่ย		5.11

หมายเหตุ *แสดงค่าความเค็มของน้ำตรวจวัดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1-3 เป็นน้ำจืด

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 16 เป็นน้ำเค็ม

ความเค็มของน้ำบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1-3 มีค่าคงที่คือ 0.15 ppt เนื่องจากลักษณะของน้ำมีคุณสมบัติเป็นน้ำจืด ค่าความเค็มของน้ำในระดับนี้ถือเป็นค่าปกติของน้ำจืดทั่วไป สอดคล้องกับการศึกษาของสมสุข (79) ที่ได้กำหนดค่าความเค็มของน้ำจืด (fresh water) อยู่ในช่วง 0.00-0.50 ppt สำหรับจุดเก็บตัวอย่างที่ 16 ค่าความเค็มของน้ำมีค่าเท่ากับ 20.00 ppt เนื่องจากบริเวณนี้จะอยู่ในคลองก่อนเข้าสู่ป่าชายเลนจึงได้รับอิทธิพลของน้ำทะเล ทำให้ค่าความเค็มสูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1-3 (น้ำจืด)

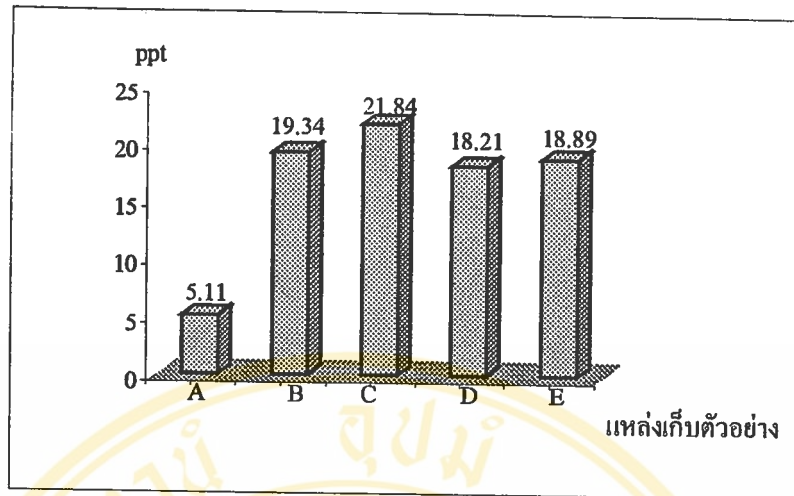
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความเค็มเฉลี่ยในรอบปีของน้ำบริเวณป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : ส่วนในพัน (ppt)

ระยะห่างจากบ่อบำบัด น้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้าน แหลมพะเนิน	
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย		
250	22.05	19.20	17.30	18.82	19.34	19.67	
500	28.00	20.77	19.95	18.67	21.84	19.67	
750	19.07	18.55	16.35	18.90	18.21	17.35	
	เฉลี่ย					19.79	18.89

ความเค็มของน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 18.21 – 21.84 ppt ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากแต่ละจุดเก็บตัวอย่างแต่ละแนวจะได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลในช่วงน้ำขึ้นเหมือนกัน ทำให้ระยะทางที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าความเค็มแตกต่างกันมากนัก ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 3 (ตารางที่ 3 ภาคผนวก จ) กำหนดให้ค่าความเค็มของน้ำไม่ควรเปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติเกิน 10% จะเห็นได้ว่าค่าความเค็มของน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งเหมาะสมต่อการอนุรักษ์ป่าชายเลน เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งแพร่พันธุ์ แหล่งอนุบาลตัวอ่อน และแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเค็มในรอบหนึ่งปี พบว่า ในเดือนมีนาคมซึ่งย่างเข้าสู่ฤดูร้อนมีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 24.26 ppt (ดังตารางที่ 2 ภาคผนวก ก) แต่ในเดือนพฤศจิกายนซึ่งอยู่ในช่วงปลายฤดูฝน ความเค็มของน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.41 ppt (ดังตารางที่ 1 ภาคผนวก ก) ทั้งนี้เนื่องจากมวลของน้ำฝนซึ่งเป็นน้ำจืดจะไหลไปรวมกับน้ำทะเลทำให้ความเค็มของน้ำลดลง (77)



ภาพที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หมายเหตุ A : ก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร

C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร

D : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร

E : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.1.3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)

ผลการตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) บริเวณก่อนผ่านระบบป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าดังตารางที่ 4.5 ตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยในรอบปีของน้ำบริเวณก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

จุดเก็บตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	ความเป็นกรดเป็นด่าง
1	บ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง	8.06
2	คลองลอย	7.89
3	บ่อนำบดน้ำเสียขั้นสุดท้าย	7.85
16	คลองบ้านแหลมพะเนิน*	7.60
เฉลี่ย		7.85

หมายเหตุ *แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำตรวจวัดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยในรอบปีของน้ำ ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านพะเนิน

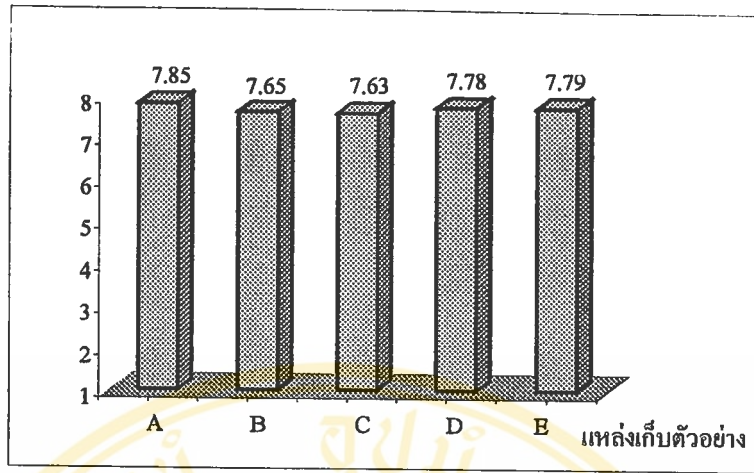
ระยะห่างจากบ่อบำบัด น้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้าน แหลมพะเนิน	
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย		
250	7.64	7.51	7.80	7.67	7.65	7.68	
500	7.47	7.71	7.69	7.66	7.63	7.84	
750	7.88	7.72	7.86	7.67	7.78	7.87	
	เฉลี่ย					7.68	7.79

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เฉลี่ยของน้ำอยู่ในช่วง 7.63 – 7.85 ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก การเปลี่ยนค่าความเป็นกรดเป็นด่างในรอบปี พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยมีค่าสูงในช่วงเดือนพฤศจิกายน มีค่าเท่ากับ 8.20 และมีค่าต่ำสุดในช่วงเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 7.57 (ตารางที่ 1, ตารางที่ 2 ภาคผนวก ก)

แหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยทั่วไปจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6.5-9.0 แต่มีกรณีที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อาจสูงหรือต่ำกว่านี้ เช่น ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ในดินเปรี้ยวอาจได้รับอิทธิพลจากความเป็นกรดของดิน ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำมีค่าต่ำจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่สัตว์น้ำจะตายเมื่อมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) น้อยกว่า 4.0 และมากกว่า 11.0 น้ำในธรรมชาติส่วนใหญ่มีค่าเป็นด่างเล็กน้อย เนื่องจากมีคาร์บอเนตและ ไบคาร์บอเนตละลายอยู่ (80) (81)

สำหรับระยะทางที่แตกต่างกัน พบว่า มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำแตกต่างกันเล็กน้อย คือเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นแนวโน้มของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำก็จะเพิ่มขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.6) แต่ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของสัตว์น้ำ เนื่องจากค่าที่เพิ่มขึ้นยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 3 (ตารางที่ 2 ภาคผนวก จ) กำหนดให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำอยู่ในช่วง 7.0-8.5 ซึ่งเหมาะสมต่อการอนุรักษ์ป่าชายเลน แหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งแพร่พันธุ์ แหล่งอนุบาลตัวอ่อน และแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ

ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล โดยในช่วงที่มีปริมาณฝนมากหรือในฤดูฝนค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำจะต่ำ เนื่องจากมวลน้ำจืดได้พัดพาอินทรีย์สารสู่แม่น้ำ และเกิดการเน่าสลายของอินทรีย์สาร ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในช่วงหน้าฝนมีค่าค่อนข้างต่ำ (82)



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หมายเหตุ A : ก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร

C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร

D : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร

E : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.1.4 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) บริเวณก่อนผ่านระบบป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าดังตารางที่ 4.7 ตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) เฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร(mg/l)

จุดเก็บตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
1	บ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง	2.42
2	คลองลอย	2.50
3	บ่อบำบัดน้ำเสียบ้านสุดท้าย	3.08
16	คลองบ้านแหลมพะเนิน*	6.25
เฉลี่ย		3.56

หมายเหตุ *แสดงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำตรวจวัดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำบริเวณก่อนผ่านระบบป่าชายเลน ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1-3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ซึ่งค่าที่กำหนดไว้คือ ไม่ต่ำกว่า 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (5) นอกจากนี้พบว่า ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำเมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายแล้วมีปริมาณเพิ่มขึ้น

สำหรับจุดเก็บตัวอย่างที่ 16 บริเวณคลองบ้านแหลมพะเนินก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน มีค่าเท่ากับ 6.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งค่าที่กำหนดไว้คือ ไม่ต่ำกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (5)

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) เฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

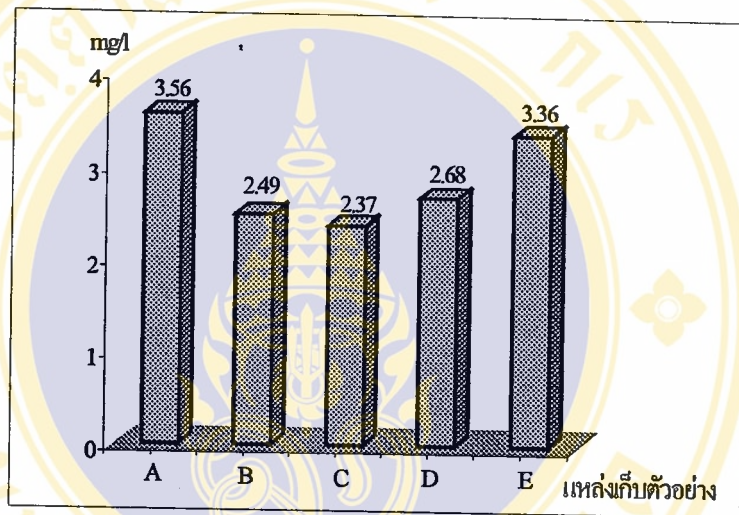
หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย		
250	2.85	1.85	2.46	2.82	2.49	3.50	
500	1.97	2.00	2.88	2.66	2.37	3.68	
750	2.85	2.53	2.90	2.44	2.68	2.91	
	เฉลี่ย					2.51	3.36

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำบริเวณป่าชายเลนที่ศึกษาทั้ง 3 ระดับ คือ 250 500 และ 750 เมตร และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน (ตารางที่ 4.8) มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ซึ่งค่าที่กำหนดไว้คือ ไม่ต่ำกว่า 4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (5)

ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิของน้ำ ความกดดันของอากาศ ความเค็ม ความเร็วของกระแสน้ำ และอัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น (83) ประกอบกับช่วงที่เก็บตัวอย่างเป็นเวลากลางคืน เนื่องจากเป็นช่วงที่น้ำขึ้นเพราะช่วงน้ำลงจะไม่มีน้ำในป่าชายเลน ทำให้ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าต่ำเนื่องจากในช่วงเวลากลางคืนไม่มีกระบวนการสังเคราะห์แสง แต่สิ่งมีชีวิตในน้ำจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนที่ละลายน้ำเพื่อการหายใจ จึงมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าลดลง (78)

สำหรับระยะทางที่ต่างกัน พบว่า มีผลทำให้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำแตกต่างกันเล็กน้อย คือเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ค่าที่เพิ่มขึ้นก็ยังมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 3 (ตารางที่ 2 ภาคผนวก จ) ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินยังไม่เหมาะต่อการอนุรักษ์ป่าชายเลน แหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งแพร่พันธุ์ แหล่งอนุบาลตัวอ่อน และแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ



ภาพที่ 4.4 แสดงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในรอบปี ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

- หมายเหตุ A : ก่อนผ่านระบบป่าชายเลน
- B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร
- C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร
- D : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร
- E : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2 ปริมาณของปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ในน้ำ ในดินตะกอน และในปูทะเล

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ในน้ำ

4.2.1.1 ปริมาณปรอทในน้ำ

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

จุดเก็บตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
1	บ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง	0.044
2	คลองลอย	0.063
3	บ่อบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้าย	0.038
16	คลองบ้านแหลมพะเนิน*	< 0.001
	เฉลี่ย	0.036

หมายเหตุ *ปริมาณของปรอทในน้ำตรวจวัดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542

ปริมาณของปรอทในรูปโลหะหนักทั้งหมดของจุดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน (จุดที่ 1-3 ตารางที่ 4.9) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ค่าที่กำหนดไว้คือ ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร (5)

ปริมาณของปรอทจะมีค่าลดลงเมื่อผ่านระบบบำบัดขั้นสุดท้ายแล้ว คือจาก 0.044 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 0.038 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดังตารางที่ 4.9) สำหรับจุดเก็บตัวอย่างน้ำ บริเวณคลองบ้านแหลมพะเนินก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน (จุดที่ 16 ภาพที่ 3.1) มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ค่าที่กำหนดคือไม่เกิน 0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร (5)

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

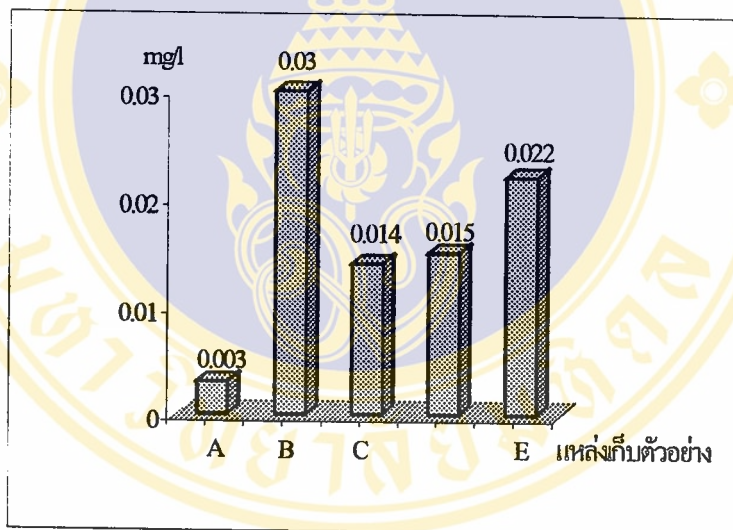
ระยะห่างจากบ่อบำบัด น้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้าน แหลมพะเนิน
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย	
250	0.114	0.122	0.119	0.103	0.115	0.123
500	0.090	0.122	0.117	0.135	0.116	0.109
750	0.109	0.115	0.132	0.120	0.119	0.103
เฉลี่ย					0.116	0.111

ปริมาณของปรอทในรูปโลหะหนักทั้งหมดของพื้นที่ป่าชายเลนที่ศึกษา มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ค่าที่กำหนดไว้คือ 0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร (5) แต่พบว่าในระยะทางที่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของปรอทก็จะแตกต่างกันด้วย กล่าวคือ เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นปริมาณของปรอทในน้ำก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาดูในแต่ละแถว พบว่า แถวที่ 1 กับแถวที่ 3 และแถวที่ 2 กับแถวที่ 4 (ตารางที่ 4.10 ภาพที่ 3.1) จะไปในทิศทางเดียวกัน คือแถวที่ 1 กับแถวที่ 3 ปริมาณของปรอทที่ระยะ 250 เมตรเมื่อไหลเข้าสู่ระยะ 500 เมตรค่าของปรอทจะลดลง และจะเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะ 750 เมตร สำหรับแถวที่ 2 และแถวที่ 4 จะตรงกันข้ามกับแถวที่ 1 และแถวที่ 3 คือปริมาณของปรอทที่ไหลออกจากระยะ 250 เมตร เมื่อเข้าสู่ระยะ 500 เมตร ค่าของปรอทจะเพิ่มขึ้น และจะลดลงเมื่อไหลเข้าสู่ระยะ 750 เมตร

การไหลของน้ำจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งมีผลทำให้ตะกอนลอยตัวขึ้น จึงมีทั้งขบวนการดูดซับ และการคายของปรอทระหว่างในน้ำและในตะกอน ส่งผลให้ระยะทางที่ไกลกว่ามีโอกาสสะสมปริมาณของปรอทมากกว่า (84) นอกจากนี้ความลาดเทและความสูงต่ำของพื้นที่ก็มีส่วนทำให้ปริมาณของปรอทในแต่ละระยะทางแตกต่างกัน กล่าวคือ บริเวณที่มีความลาดเทของพื้นที่ต่ำ ก็จะมีโอกาสสะสมปริมาณของปรอทได้มากกว่าบริเวณอื่น ส่งผลให้ระยะทางที่แตกต่างกันปริมาณของปรอทก็จะแตกต่างกันด้วย

ปริมาณปรอทเฉลี่ยก่อนเข้าสู่ระบบป่าชายเลน มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทเมื่อเข้าสู่ระบบป่าชายเลนที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร (ตารางที่ 4.9,4.10) เนื่องจากป่าชายเลนมีความสามารถในการดักกรองสารปฏิจุล และสารพิษต่างๆในน้ำก่อนไหลลงสู่ทะเล โลหะหนักหลายชนิดเมื่อถูกพัดพามาตามกระแสน้ำ ก็จะตกตะกอนอยู่ในบริเวณป่าชายเลน (9) ทำให้ปริมาณของปรอทที่ปะปนมากับน้ำทิ้งของบ่อบำบัดน้ำเสียมีโอกาสไปสะสมในน้ำและในตะกอนดิน เมื่อระยะเวลาการสะสมนานขึ้น ทำให้ปริมาณของปรอทในป่าชายเลน ที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณปรอทในแต่ละระยะทาง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 2 ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.5 แสดงค่าปรอทเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หมายเหตุ A : ก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร

C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร

D : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร

E : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2.1.2 ปริมาณตะกั่วในน้ำ

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

จุดเก็บตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
1	บ่อรวมน้ำเลียบ้านคลองยาง	0.003
2	คลองลอย	0.001
3	บ่อน้ำบาดน้ำเลียชั้นสุดท้าย	0.001
16	คลองบ้านแหลมพะเนิน	< 0.001
เฉลี่ย		0.001

หมายเหตุ *ปริมาณตะกั่วในน้ำตรวจวัดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542

ปริมาณของตะกั่วในน้ำของจุดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนเข้าสู่ระบบป่าชายเลน (จุดที่ 1-3, ตารางที่ 4.11, ภาพที่ 3.1) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.001 – 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่จากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ค่าที่กำหนดไว้คือไม่เกิน 0.200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1, ภาคผนวก จ) สำหรับจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณคลองบ้านแหลมพะเนิน (จุดที่ 16, ภาพที่ 3.1) มีค่าน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง คือไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2, ภาคผนวก จ)

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

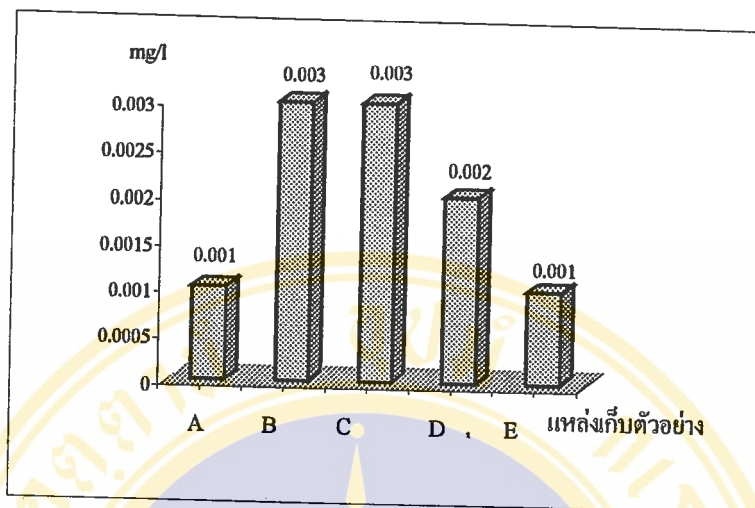
ระยะห่างจากบ่อน้ำบาดน้ำเลียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย	
250	0.003	0.003	0.001	0.003	0.003	0.001
500	0.002	0.003	0.004	0.001	0.003	0.001
750	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002
เฉลี่ย					0.002	0.001

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของตะกั่วบริเวณป่าชายเลนที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 3 ค่าที่กำหนดไว้คือ ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2, ภาคผนวก จ) แสดงว่า ปริมาณของตะกั่วในรูปโลหะหนักทั้งหมดในน้ำที่จากบ่อบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัย และพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย ไม่ส่งผลกระทบต่อแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งแพร่พันธุ์ แหล่งอนุบาลตัวอ่อน และแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ

นอกจากนี้ระยะทางที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณของตะกั่วแตกต่างกันด้วย กล่าวคือ เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นปริมาณของตะกั่วในน้ำมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความลาดเทและความสูงต่ำของพื้นที่มีผลทำให้ปริมาณของตะกั่วในแต่ละระยะทางแตกต่างกัน กล่าวคือ บริเวณที่มีความลาดเทของพื้นที่ต่ำ ก็จะมีโอกาสสะสมปริมาณของตะกั่วได้มากกว่าบริเวณอื่น ส่งผลให้ระยะทางที่แตกต่างกันปริมาณของตะกั่วก็จะแตกต่างกันด้วย

ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยก่อนเข้าสู่ป่าชายเลนมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่ว เมื่อเข้าสู่ระบบบำบัดป่าชายเลนที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร (ตารางที่ 4.11, 4.12) เนื่องจากป่าชายเลนมีความสามารถในการดักกรองสารปฏิจุล และสารพิษต่างๆในน้ำก่อนไหลลงสู่ทะเล โลหะหนักหลายชนิดเมื่อถูกพัดพามาตามกระแสน้ำก็จะตกตะกอนอยู่ในบริเวณป่าชายเลน(9) ทำให้ปริมาณของตะกั่วที่ปะปนมากับน้ำทิ้งของบ่อบำบัดน้ำเสีย มีโอกาสไปสะสมในน้ำและในตะกอนดิน เมื่อระยะเวลาการสะสมนานขึ้น ทำให้ปริมาณของตะกั่วในป่าชายเลนที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณตะกั่วในแต่ละระยะทาง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 5, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.6 แสดงค่าตะกั่วเหล็กของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

- หมายเหตุ
- A : ก่อนผ่านระบบป่าชายเลน
 - B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร
 - C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร
 - D : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร
 - E : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2.1.3 ปริมาณแคดเมียมในน้ำ

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

จุดเก็บตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
1	บ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง	0.005
2	คลองลอย	0.003
3	บ่อบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้าย	0.005
16	คลองบ้านแหลมพะเนิน*	<0.001
เฉลี่ย		0.003

หมายเหตุ *แสดงปริมาณแคดเมียมในน้ำตรวจวัดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542

ปริมาณแคะเมียมของจุดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลนมีค่าอยู่ในช่วง $<0.001-0.005$ มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ค่าที่กำหนดไว้คือ ไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1, ภาคผนวก จ)

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคะเมียมเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

ระยะห่างจากบ่อน้ำบาด น้ำเสียดอกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้าน แหลมพะเนิน	
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย		
250	0.040	0.026	0.023	0.030	0.030	0.016	
500	0.014	0.012	0.013	0.017	0.014	0.037	
750	0.017	0.014	0.016	0.014	0.015	0.015	
	เฉลี่ย					0.019	0.022

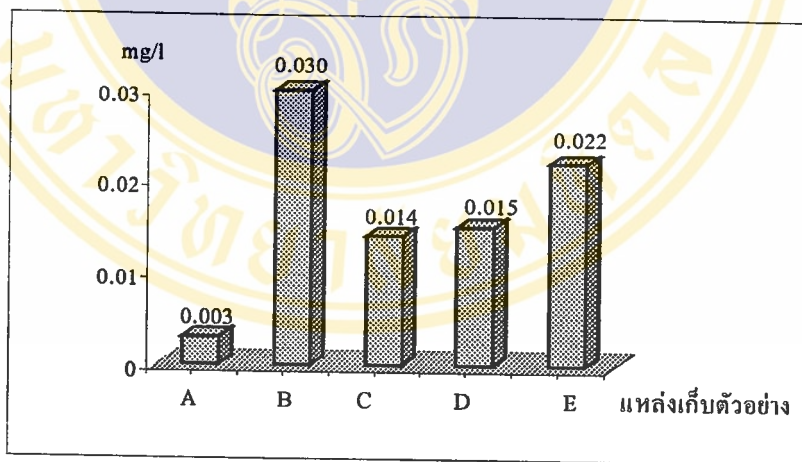
ปริมาณแคะเมียมของพื้นที่ป่าชายเลนที่ศึกษาและบริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ค่าที่กำหนดไว้คือ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2, ภาคผนวก จ) เนื่องจากป่าชายเลนได้รับปริมาณของโลหะหนักชนิดต่างๆ รวมทั้งแคะเมียมที่ระบายออกมากับน้ำทิ้งตลอดเวลา จึงทำให้ปริมาณของแคะเมียมมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

ปริมาณแคะเมียมเฉลี่ยก่อนเข้าสู่ระบบป่าชายเลน มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของแคะเมียมเมื่อเข้าสู่ระบบป่าชายเลนที่ระยะห่างจากบ่อน้ำบาดน้ำเสียดอก 250 เมตร (ตารางที่ 4.13 4.14) เนื่องจากป่าชายเลนมีความสามารถในการดักกรองสารปฏิจุล และสารพิษต่างๆ ในน้ำก่อนไหลลงสู่ทะเล โลหะหนักหลายชนิดเมื่อถูกพัดพามาตามกระแสน้ำ ก็จะตกตะกอนอยู่ในบริเวณป่าชายเลน (9) ทำให้ปริมาณแคะเมียมที่ปะปนมากับน้ำทิ้งของบ่อน้ำบาดน้ำเสียดอกมีโอกาสไปสะสมอยู่ในน้ำและในดินตะกอน เมื่อระยะเวลาการสะสมนานเข้าทำให้ปริมาณแคะเมียมในพื้นที่ป่าชายเลน ที่ระยะห่างจากบ่อน้ำบาดน้ำเสียดอก 250 เมตร มีค่ามากกว่าปริมาณของแคะเมียมก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน



ระยะทางที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณของแคดเมียมแตกต่างกันด้วย กล่าวคือเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นปริมาณของแคดเมียมจะลดลง แสดงว่า ที่ระยะห่างจากบ่อน้ำบาดน้ำเสีย 250 เมตร มีแนวโน้มที่จะรับและสะสมแคดเมียมไว้มากกว่า นอกจากนั้นปริมาณแคดเมียมในน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะแหล่งกำเนิดของดิน สภาวะแวดล้อม และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง โดยพบว่าดินเหนียวสามารถดูดซับแคดเมียมในรูปคาร์บอเนตที่ละลายน้ำได้มาก (40) ประกอบกับลักษณะของดินในป่าชายเลนของพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นดินเหนียว จึงทำให้เมื่อน้ำทิ้งจากบ่อน้ำบาดน้ำเสียระบายลงสู่ป่าชายเลนแล้วทำให้ที่ระยะห่างจากบ่อน้ำบาดน้ำเสีย 250 เมตร ได้ดูดซับแคดเมียมเอาไว้ทำให้ปริมาณของแคดเมียมที่ระยะห่างออกไปมีปริมาณลดลง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคดเมียมในน้ำที่ระยะทางแตกต่างกัน พบว่า ในแต่ละระยะทางมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อทดสอบความแตกต่างโดยวิธี (Least Significant Difference : LSD) พบว่า ที่ระยะทางห่างจากบ่อน้ำบาดน้ำเสีย 250 เมตร แตกต่างกับระยะทาง 500 และ 750 เมตร กล่าวคือ ที่ระยะทางห่างจากบ่อน้ำบาดน้ำเสีย 250 เมตร มีปริมาณของแคดเมียมมากกว่าที่ระยะทาง 500 และ 750 เมตร (ตารางที่ 1, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.7 แสดงค่าแคดเมียมเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

- หมายเหตุ A : ก่อนผ่านระบบป่าชายเลน
- B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร
- C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร
- D : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร
- E : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2.1.4 ปริมาณโครเมียมในน้ำ

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

จุดเก็บตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
1	บ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง	0.005
2	คลองลอย	0.003
3	บ่อบำบัดน้ำเสียชั้นสุดท้าย	0.010
16	คลองบ้านแหลมพะเนิน*	<0.001
เฉลี่ย		0.004

หมายเหตุ *แสดงปริมาณโครเมียมในน้ำ ตรวจวัดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542

ปริมาณของโครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium) ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง น้อยกว่า 0.001 – 0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ค่าที่กำหนดไว้คือไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1, ภาคผนวก จ)

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

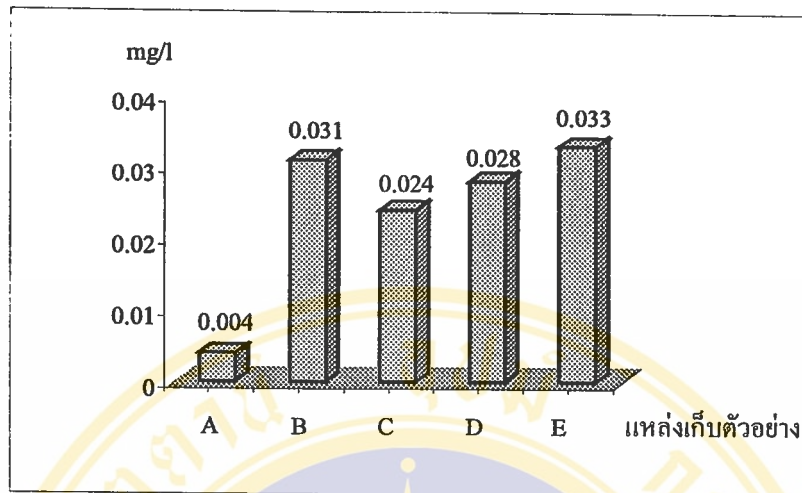
ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย	
250	0.030	0.023	0.042	0.028	0.031	0.033
500	0.023	0.024	0.024	0.025	0.024	0.031
750	0.026	0.029	0.027	0.028	0.028	0.036
เฉลี่ย					0.027	0.033

ปริมาณของโครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium) ของป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 3 (ตารางที่ 2, ภาคผนวก จ) ค่าที่กำหนดไว้คือไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าปริมาณของโครเมียมในพื้นที่ป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อน้ำเค็ม และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน ไม่ส่งผลกระทบต่อการอนุรักษ์ป่าชายเลน แหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอนุบาลตัวอ่อน แหล่งแพร่พันธุ์ และแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ

ปริมาณของโครเมียมก่อนเข้าสู่ระบบป่าชายเลน มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าปริมาณของโครเมียมเมื่อเข้าสู่ระบบป่าชายเลนที่ระยะห่างจากบ่อน้ำเค็ม 250 เมตร (ตารางที่ 4.15, 4.16) เนื่องจากป่าชายเลนมีความสามารถในการดักกรองสารปฏิจุ และสารพิษต่างๆในน้ำก่อนไหลลงสู่ทะเล โลหะหนักหลายชนิดเมื่อถูกพัดพามาตามกระแสน้ำ ก็จะตกตะกอนอยู่ในบริเวณป่าชายเลน (9) ทำให้ปริมาณโครเมียมที่ปะปนมากับน้ำทิ้งของบ่อน้ำเค็ม มีโอกาสไปสะสมอยู่ในน้ำและในดินตะกอน เมื่อระยะเวลาการสะสมนานเข้าทำให้ปริมาณโครเมียมในพื้นที่ป่าชายเลน ที่ระยะห่างจากบ่อน้ำเค็ม 250 เมตร มีค่ามากกว่าปริมาณของโครเมียมก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน

ระยะทางที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณของโครเมียมแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นปริมาณของโครเมียมมีแนวโน้มที่จะลดลง แสดงว่า ที่ระยะห่างจากบ่อน้ำเค็ม 250 เมตร มีแนวโน้มที่จะรับและสะสมปริมาณของโครเมียมเอาไว้ ทำให้ที่ระยะห่างออกไปปริมาณของโครเมียมจึงลดลง สำหรับป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน พบว่า เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นปริมาณของโครเมียมมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นแต่ในปริมาณที่เล็กน้อย ทั้งนี้ปริมาณของโครเมียมในพื้นที่ป่าชายเลนทั้ง 2 บริเวณยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโครเมียมในแต่ละระยะทาง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 3, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.8 แสดงค่าโครเมียมเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หมายเหตุ A : ก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร

C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร

D : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร

E : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2.1.5 ปริมาณนิกเกลิน้ำ

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

จุดเก็บตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
1	บ่อบรรณน้ำเสียบ้านคลองยาง	0.025
2	คลองลอย	0.043
3	บ่อบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้าย	0.033
16	คลองบ้านแหลมพะเนิน*	<0.001
เฉลี่ย		0.025

หมายเหตุ *แสดงปริมาณนิกเกิลในน้ำตรวจวัดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542

ปริมาณของนิกเกิลของจุดเก็บตัวอย่างน้ำ ก่อนผ่านระบบป่าชายเลนมีค่าเฉลี่ยในช่วง น้อยกว่า 0.001 – 0.043 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งค่าที่กำหนดไว้คือ ไม่เกิน 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1, ภาคผนวก จ)

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลเฉลี่ยในรอบปีของน้ำ ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

ระยะห่างจากบ่อบำบัด น้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้าน แหลมพะเนิน	
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย		
250	0.152	0.126	0.134	0.127	0.135	0.135	
500	0.113	0.115	0.124	0.146	0.125	0.123	
750	0.143	0.109	0.146	0.125	0.131	0.144	
	เฉลี่ย					0.130	0.134

ปริมาณของนิกเกิลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนบ้านพะเนิน มีค่าเฉลี่ยในช่วง 0.125–0.135 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับค่าของนิกเกิลมิได้กำหนดไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

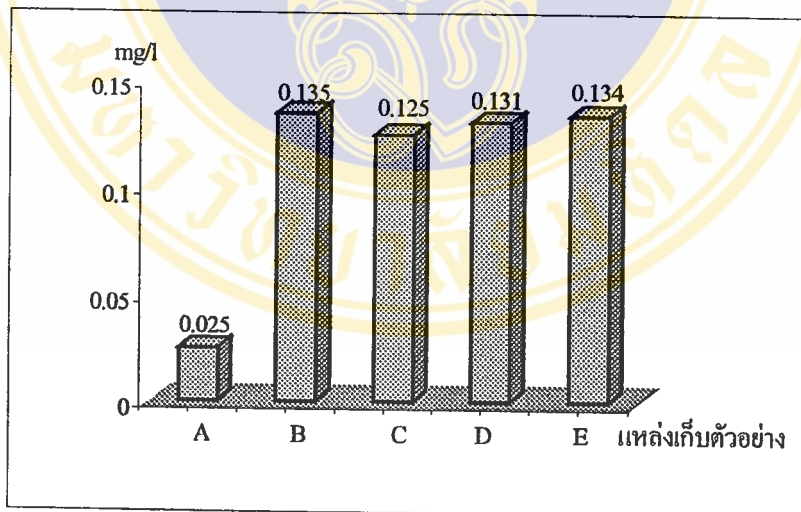
จากการศึกษาของ Mc Neely และคณะ (38) พบว่า นิกเกิลในน้ำทะเลปกติมีค่าความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0.005 – 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่า ปริมาณของนิกเกิลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินมีค่ามากกว่าค่านิกเกิลปกติในน้ำทะเล สำหรับผลกระทบที่เกิดขึ้นยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัด เนื่องจากไม่ได้มีการกำหนดว่าปริมาณเท่าใดจึงจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ

ปริมาณของนิกเกิลก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของนิกเกิลเมื่อเข้าสู่ระบบป่าชายเลน (ตารางที่ 4.17, 4.18) เนื่องจากป่าชายเลนมีความสามารถในการดักกรองสารปนเปื้อน และสารพิษต่างๆ ในน้ำก่อนไหลลงสู่ทะเล โลหะหนักหลายชนิดเมื่อถูกพัดพามาตามกระแสน้ำก็จะตกตะกอนอยู่ในบริเวณป่าชายเลน (9) ทำให้ปริมาณนิกเกิลที่ปะปนมากับน้ำทิ้งของบ่อบำบัดน้ำเสียมีโอกาสไปสะสมอยู่ในน้ำ

และในดินตะกอน เมื่อระยะเวลาการสะสมนานขึ้นทำให้ปริมาณนิกเกิลในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีค่ามากกว่าปริมาณของนิกเกิลก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน

ระยะทางที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณของนิกเกิลแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ปริมาณนิกเกิลมีแนวโน้มที่จะลดลง แสดงว่า ที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีแนวโน้มที่จะรับและสะสมปริมาณของนิกเกิลเอาไว้ทำให้ที่ระยะห่างออกไปปริมาณของนิกเกิลมีค่าลดลง สำหรับพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน พบว่า เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นปริมาณของนิกเกิลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจาก จุดเก็บตัวอย่างน้ำในคลองบ้านแหลมพะเนิน (จุดที่ 16) ปริมาณของนิกเกิลมีค่าน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงเป็นไปได้ที่ปริมาณของนิกเกิลจะมาจากในทะเลประกออบกับช่วงน้ำขึ้นในป่าชายเลนที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 750 เมตร จะได้รับผลกระทบเป็นจุดแรกทำให้มีโอกาสที่จะได้รับและสะสมปริมาณของนิกเกิลเอาไว้ ทำให้ที่ระยะ 500 และ 250 เมตร มีปริมาณของนิกเกิลลดลงตามลำดับ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณนิกเกิลในน้ำแต่ละระยะทาง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 4, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.9 แสดงค่านิกเกิลเฉลี่ยของน้ำในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หมายเหตุ A : ก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร

C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร

D : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร

E : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2.1.6 ปริมาณอาร์เซนิกในน้ำ

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอาร์เซนิกเฉลี่ยในรอบปีของน้ำก่อนผ่านระบบป่าชายเลน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

จุดเก็บตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
1	บ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง	<0.001
2	คลองลอย	<0.001
3	บ่อบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้าย	<0.001
16	คลองบ้านแหลมพะเนิน*	<0.001
เฉลี่ย		<0.001

หมายเหตุ *แสดงปริมาณอาร์เซนิกในน้ำตรวจวัดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542

ปริมาณของนิเกิลของจุดเก็บตัวอย่างน้ำ ก่อนผ่านระบบป่าชายเลนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง น้อยกว่า 0.001 – 0.043 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งค่าที่กำหนดไว้คือ ไม่เกิน 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1, ภาคผนวก จ)

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอาร์เซนิกเฉลี่ยในรอบปีของน้ำในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย	
250	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
500	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
750	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
เฉลี่ย					<0.001	<0.001

ปริมาณอาร์เซนิกในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาและบริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับค่าของอาร์เซนิกไม่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

จากการศึกษาของสุนันท์ และคณะ (58) พบว่า ปริมาณของอาร์เซนิกในน้ำบริเวณปากแม่น้ำแม่กลองระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-ธันวาคม 2534 มีอาร์เซนิกในน้ำเท่ากับ 0.001 – 0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่า ปริมาณของอาร์เซนิกในป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินไม่ส่งผลกระทบต่อการอนุรักษ์ป่าชายเลนแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งแพร่พันธุ์ แหล่งอนุบาลตัวอ่อน และแหล่งอาหารของสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลน

จากการศึกษาความแตกต่างของปริมาณ โปรท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ในน้ำบริเวณป่าชายเลนที่ศึกษา พบว่า ปริมาณของโปรท ตะกั่ว โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ทั้ง 3 ระดับไม่แตกต่างกัน เนื่องจาก ระยะทางในการเก็บตัวอย่างน้ำมีระยะห่างกันไม่มากนักคือ 250 500 และ 750 เมตร จากบ่อน้ำบาดาลเสียชั้นสุดท้าย ซึ่งเปี่ยมศักดิ์ (2) กล่าวไว้ว่า น้ำที่ไหลออกจากบริเวณปากแม่น้ำจะผสมกลมกลืนกับน้ำทะเล เกิดเป็นมวลของน้ำทะเลที่ไหลไปตามชายฝั่งเป็นระยะทางหลายกิโลเมตร และระบบการหมุนเวียนของน้ำบริเวณชายฝั่งอาจถูกกระแสน้ำใต้ผิว (Surface flow) ผลักดันให้ธาตุหรือสารต่างๆ กลับเข้ามาสู่บริเวณชายฝั่งใหม่ได้ นอกจากนี้พบว่าสภาพป่าชายเลนที่ศึกษามีความกว้างจากบ่อน้ำบาดาลเสียถึงชายฝั่งทะเลประมาณ 1,000 เมตร ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ ทำให้ไม่สามารถเพิ่มระยะทางในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างให้เพิ่มขึ้นได้

สำหรับแคดเมียมในแต่ละระยะทางมีความแตกต่างกันคือ ที่ระยะทาง 250 เมตร แตกต่างจากระยะทาง 500 เมตร และ 750 เมตร กล่าวคือ ที่ระยะทางห่างจากบ่อน้ำบาดาลเสีย 250 เมตรมีการรับและสะสมปริมาณของแคดเมียมในน้ำมากกว่าที่ระยะทาง 500 และ 750 เมตร

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนัก 6 ชนิดในน้ำ

โลหะหนัก	df	F	Sig.
โปรท	2	0.027	0.973 ^{ns}
ตะกั่ว	2	0.064	0.938 ^{ns}
แคดเมียม	2	4.942	0.011*
โครเมียม	2	0.377	0.688 ^{ns}
นิกเกิล	2	0.064	0.938 ^{ns}
อาร์เซนิก	-	-	-

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

- ทดสอบค่าทางสถิติไม่ได้

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิลและอาร์เซนิก ในดินตะกอน

4.2.2.1 ปริมาณปรอทในดินตะกอน

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอทเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอน ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

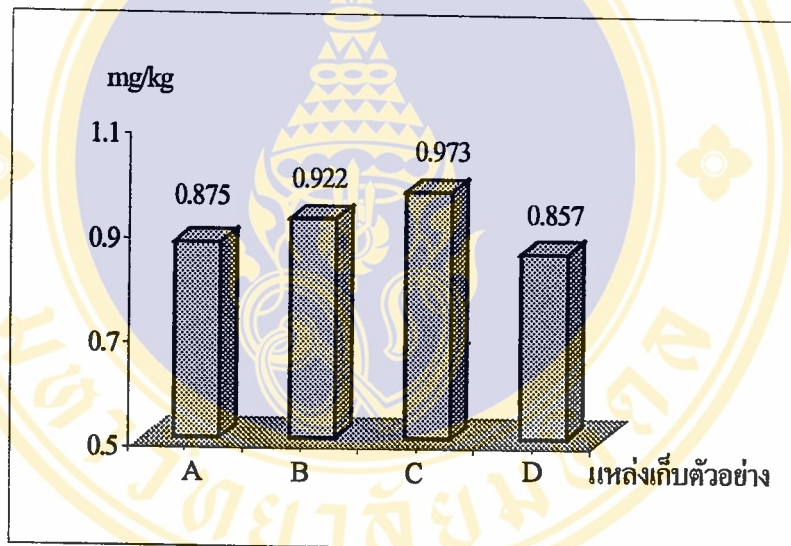
หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย	
250	0.752	0.501	0.682	0.711	0.875	0.810
500	0.864	0.885	0.765	1.177	0.922	0.885
750	1.033	0.914	0.915	1.031	0.973	0.877
เฉลี่ย					0.923	0.857

ปริมาณของปรอทในรูปโลหะหนักทั้งหมดของป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะทางแตกต่างกัน 3 ระดับ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.875-0.973 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 750 เมตร มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาคือ ที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 500 เมตร และที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.973 0.922 และ 0.875 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.810 – 0.885 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะ 500 เมตร จากจุดก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน (จุดที่16,ภาพที่ 3.1) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 0.885 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 750 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.877 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 250 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.810 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบว่า ปริมาณของปรอทในดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนทั้ง 2 พื้นที่จะไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นปริมาณของปรอทในดินตะกอนก็มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นด้วย

ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทมากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน แต่ค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอททั้ง 2 พื้นที่ยังมีค่าน้อยกว่าปรอทในดินตะกอนที่เก็บจากโรงงานผลิตโซดาไฟ ในเขตอุตสาหกรรมพระประแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 56.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (34) โดยที่ค่าเฉลี่ยของปรอทในพื้นที่ป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความเข้มข้นของโลหะหนักที่มีค่าปกติ และยอมรับได้สูงสุดในดินเพื่อการเกษตร คือไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3, ภาคผนวก จ)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณปรอทในดินตะกอน แต่ละระยะทางไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 8, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.10 แสดงค่าปรอทเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

- หมายเหตุ A : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร
 B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร
 C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร
 D : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2.2.2 ปริมาณตะกั่วในดินตะกอน

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย		
250	39.80	37.55	66.70	41.80	46.46	37.30	
500	37.00	37.95	36.30	42.85	38.52	33.45	
750	32.05	32.65	30.40	33.25	32.08	26.85	
	เฉลี่ย					39.02	32.53

ปริมาณของตะกั่วในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษา ที่ระยะทางแตกต่างกัน 3 ระดับมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 32.08 – 46.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 46.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 500 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 750 เมตรมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 32.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

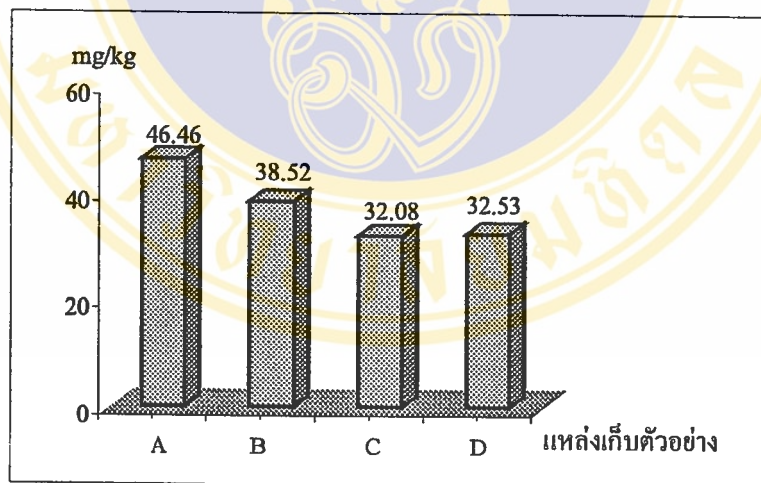
ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินมีค่าเฉลี่ยของตะกั่วอยู่ในช่วง 26.85-37.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะ 250 เมตรห่างจากจุดก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน (จุดที่ 16, ภาพที่ 3.1) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 37.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 500 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 750 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 26.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณของตะกั่วในดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนทั้ง 2 พื้นที่ มีความสอดคล้องกันคือปริมาณของตะกั่วจะลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น เนื่องจากป่าชายเลนที่ระยะ 250 เมตร จะรับและสะสมปริมาณของตะกั่วเอาไว้ทำให้เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นปริมาณของตะกั่วจึงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอารมณี (56) ที่ศึกษาปริมาณของตะกั่วในตะกอนลำธารของคลอง 4 สาย ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา พบว่า ลักษณะการกระจายของปริมาณตะกั่วจะเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะห่างจากเหมืองแร่ คือจุดที่ใกล้จะมีปริมาณตะกั่วสูงกว่า และปริมาณของตะกั่วจะลดลงเรื่อยๆตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น

ปริมาณของตะกั่วในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษา มีค่าสูงกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน แต่ปริมาณของตะกั่วในป่าชายเลนทั้ง 2 พื้นที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความเข้มข้นของโลหะหนักที่มีค่าปกติและยอมรับได้สูงสุดในดินเพื่อการเกษตร ค่าที่กำหนดคือไม่เกิน 550 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3, ภาคผนวก จ)

ตะกั่วมีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมทั้งในดิน น้ำ อากาศ และสิ่งมีชีวิต ตะกั่วสามารถเกาะรวมตัวกับดินตะกอนได้ทั้งชนิด sand silt และ clay แต่จะอยู่ในรูป clay มากที่สุด ในแหล่งน้ำโดยทั่วไปจะมีปริมาณตะกั่วปะปนอยู่ในดินตะกอนเสมอ เนื่องจากพื้นที่รองรับแหล่งน้ำประกอบไปด้วยหิน ดิน และแร่ธาตุ ที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบโดยธรรมชาติอยู่แล้ว เมื่อมีการชะล้างพังทลายของดิน และหิน ตะกั่วก็จะถูกพัดพาไปสู่แหล่งน้ำเกิดการตกตะกอนรวมตัวในแหล่งน้ำ ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนจะมีค่ามากกว่าตะกั่วในดินและในน้ำเสมอ (85)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณตะกั่วในดินตะกอนแต่ละระยะทาง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 11, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.11 แสดงค่าตะกั่วเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

- หมายเหตุ A : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร
 B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร
 C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร
 D : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2.2.3 ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอน

ตารางที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

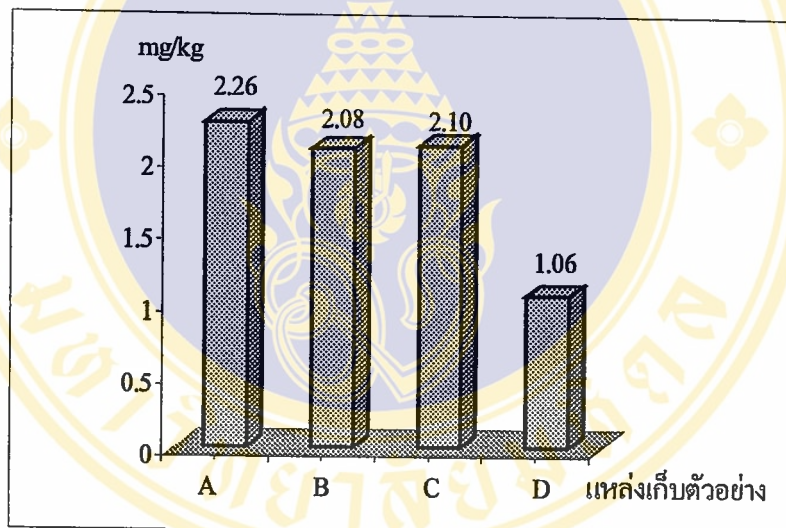
ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย	
250	2.60	1.15	2.20	3.10	2.26	1.15
500	2.70	1.75	1.90	2.00	2.08	1.00
750	2.70	1.10	2.35	2.25	2.10	1.05
เฉลี่ย					2.14	1.06

ปริมาณของแคดเมียมในดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนที่ศึกษา ที่ระยะทางแตกต่างกัน 3 ระดับ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.10 – 2.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 2.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 750 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 500 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.00-1.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะ 250 เมตรห่างจากจุดก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน (จุดที่ 16, ภาพที่ 3.1) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 1.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 750 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 500 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณของแคดเมียมในดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินมีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ ปริมาณของแคดเมียมมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ประยุทธ์ (46) ที่ศึกษาการแพร่กระจายของแคดเมียมในดินจากกิจกรรมเหมืองแร่สังกะสี อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พบว่า ปริมาณของแคดเมียมทั้งหมดในดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน และพื้นที่ข้างเคียง คือมีปริมาณของแคดเมียมเท่ากับ 50.84, 0.93, และ 1.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษามีปริมาณของแคดเมียมเฉลี่ยสูงกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินคือ 2.14 และ 1.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.24) โดยพบว่า ปริมาณเฉลี่ยของแคดเมียมในป่าชายเลนทั้ง 2 พื้นที่ มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของแคดเมียมในดินตะกอน บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (44) แต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความเข้มข้นของโลหะหนักที่มีค่าปกติ และขอมให้มีได้สูงสุดในดินเพื่อการเกษตร คือไม่เกิน 3.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3, ภาคผนวก จ)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคดเมียม ในดินตะกอนแต่ละระยะทาง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 6, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.12 แสดงค่าแคดเมียมเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

- หมายเหตุ A : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร
 B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร
 C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร
 D : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2.2.4 ปริมาณโครเมียมในดินตะกอน

ตารางที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอน ในป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย		
250	33.30	38.55	36.55	42.90	37.82	39.05	
500	28.20	38.45	45.30	32.60	36.13	14.60	
750	37.30	38.05	30.35	24.20	32.47	27.85	
	เฉลี่ย					35.47	27.16

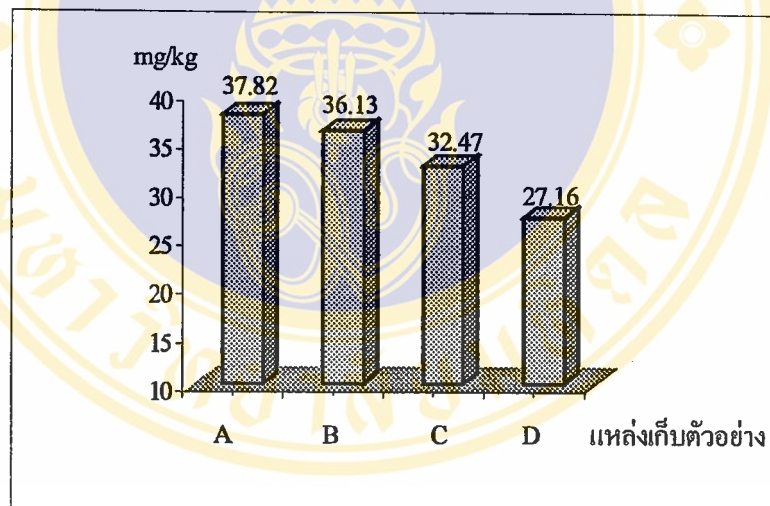
ปริมาณของโครเมียมในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา ที่ระยะทางแตกต่างกัน 3 ระดับ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 32.47 – 37.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 37.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 500 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 750 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 32.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14.60-39.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะ 250 เมตรห่างจากจุดก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน (จุดที่ 16, ภาพที่ 3.1) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 39.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 750 เมตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 500 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 14.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณของโครเมียมในพื้นที่ป่าชายเลนทั้ง 2 พื้นที่ที่มีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ ปริมาณของโครเมียมมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น โดยที่บริเวณที่อยู่ห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีความสามารถที่จะดูดซับและสะสมปริมาณของโครเมียมเอาไว้ ทำให้ในระยะทางที่อยู่ห่างออกไปมีปริมาณการสะสมโครเมียมน้อยลง

ปริมาณของโครเมียมในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา มีค่าเฉลี่ยมากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน คือ 35.47 และ 27.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ก็ยังมีค่าน้อยกว่าปริมาณของโครเมียมในดินตะกอน บริเวณป่าชายเลนที่ได้รับอิทธิพลน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมฟอกหนังในอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 756.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (61)

สำหรับค่ามาตรฐานของโลหะหนักที่มีค่าปกติ และยอมรับได้สูงสุดในดินเพื่อการเกษตร คือไม่เกิน 600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3, ภาคผนวก จ) แสดงว่า ปริมาณของโครเมียมในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโครเมียมในดินตะกอนแต่ละระยะทาง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 7, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.13 แสดงค่าโครเมียมเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

- หมายเหตุ A : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร
 B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร
 C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร
 D : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2.2.5 ปริมาณนิกเกิลในดินตะกอน

ตารางที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

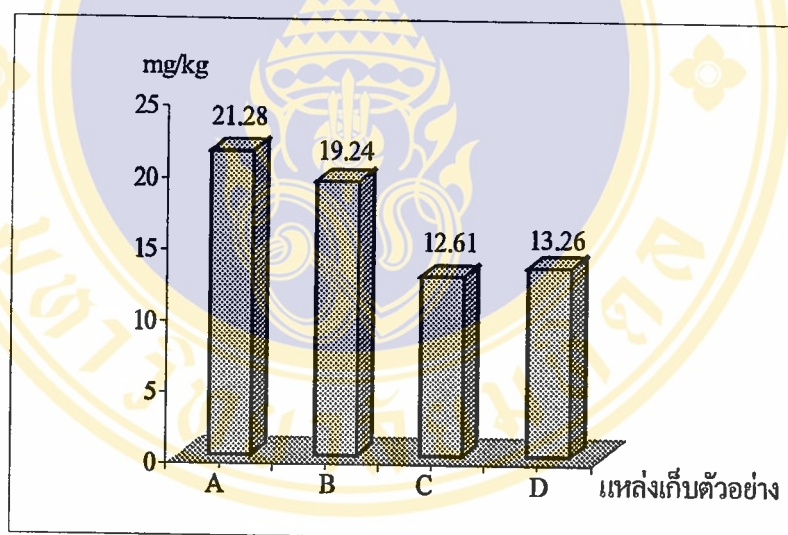
ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย		
250	15.15	18.60	14.70	36.70	21.28	14.90	
500	17.20	22.00	20.22	17.55	19.24	11.85	
750	13.05	13.60	9.05	14.70	12.61	13.05	
	เฉลี่ย					17.71	13.26

ปริมาณของนิกเกิลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12.61-21.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 21.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 500 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 750 เมตรมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 12.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินมีปริมาณของนิกเกิลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.85-14.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะ 250 เมตร ห่างจากจุดก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน (จุดที่ 16, ภาพที่ 3.1) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 14.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 750 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 500 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 11.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณของนิกเกิลในพื้นที่ป่าชายเลนทั้ง 2 พื้นที่ มีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ มีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น โดยป่าชายเลนที่อยู่ห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 250 เมตร มีความสามารถในการดูดซับและสะสมปริมาณของนิกเกิลเอาไว้ ทำให้ปริมาณของนิกเกิลในระยะทางที่อยู่ห่างออกไปมีปริมาณการสะสมน้อยลงตามลำดับ

ปริมาณของนิกเกิลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินคือ 17.71 และ 13.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ปริมาณของนิกเกิลที่ตกค้างในป่าชายเลนทั้ง 2 บริเวณ ก็ยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของโลหะหนักที่มีค่าปกติ และยอมรับได้สูงสุดในดินเพื่อการเกษตร ค่าที่กำหนดคือไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3, ภาคผนวก จ) แสดงว่า ปริมาณนิกเกิลในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ ไม่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศในป่าชายเลนทั้ง 2 บริเวณ กล่าวคือ ป่าชายเลนมีศักยภาพที่จะช่วยลดปริมาณของนิกเกิลให้เหลือน้อยก่อนไหลลงสู่ทะเลต่อไป

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณนิกเกิลในดินตะกอนแต่ละระยะทาง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 10, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.14 แสดงค่านิกเกิลเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

- หมายเหตุ A : ป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร
 B : ป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร
 C : ป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร
 D : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.2.2.6 ปริมาณอาร์เซนิกในดินตะกอน

ตารางที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอาร์เซนิกเฉลี่ยในรอบปีของดินตะกอน ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

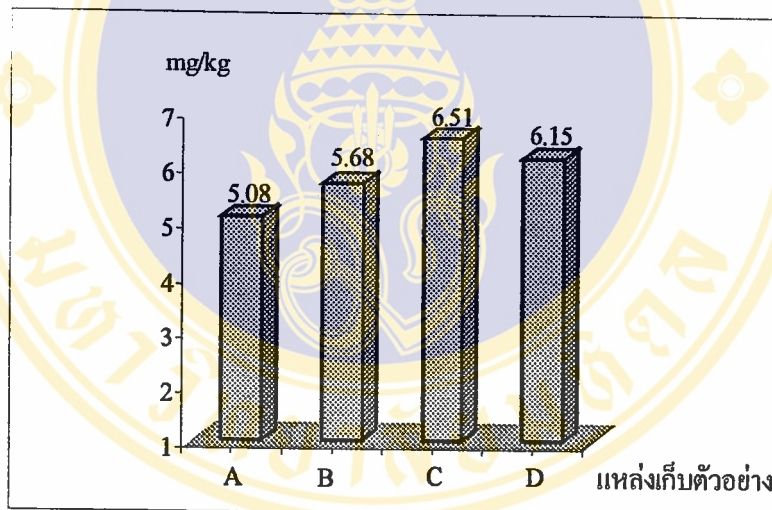
ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสียออกสู่ป่าชายเลน (เมตร)	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา					ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	
	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4	เฉลี่ย		
250	4.80	6.90	4.95	3.70	5.08	5.50	
500	4.70	6.35	5.50	6.20	5.68	6.60	
750	9.35	5.65	4.85	6.20	6.51	6.35	
	เฉลี่ย					5.75	6.15

ปริมาณของอาร์เซนิกในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.08 – 6.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 750 เมตร มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 500 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 250 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 5.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีปริมาณของอาร์เซนิกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.50-6.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะ 500 เมตร ห่างจากจุดก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน (จุดที่ 16, ภาพที่ 3.1) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 6.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือที่ระยะ 750 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระยะ 250 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 5.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณของอาร์เซนิกในพื้นที่ป่าชายเลนทั้ง 2 บริเวณมีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะทางโดยที่ระยะห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 750 เมตร มีความสามารถในการดูดซับและสะสมปริมาณของอาร์เซนิกเอาไว้มากกว่าที่ระยะ 500 และ 250 เมตร

ปริมาณของอาร์เซนิกในพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าเฉลี่ยมากกว่าป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาคือ 6.15 และ 5.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากป่าชายเลนทั้ง 2 บริเวณ ได้รับปริมาณของอาร์เซนิกจากแหล่งอื่นๆที่ไหลปะปนมากับน้ำทะเล เนื่องจากการตรวจวัดปริมาณของอาร์เซนิกในบ่อน้ำบาดาลเสียขั้นสุดท้าย พบว่า ปริมาณของอาร์เซนิกมีค่าน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.19) ทำให้ป่าชายเลนทั้ง 2 บริเวณไม่ได้อยู่ภายใต้อิทธิพลน้ำทิ้ง จากบ่อน้ำบาดาลเสียของโครงการฯ จึงทำให้โอกาสที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีปริมาณการตกค้างของอาร์เซนิกในดินตะกอนมากกว่าป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาร์เซนิกในดินตะกอนแต่ละระยะทาง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 9, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.15 แสดงค่าอาร์เซนิกเฉลี่ยของดินตะกอนในรอบปีในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

- หมายเหตุ A : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 250 เมตร
 B : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 500 เมตร
 C : ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ระยะห่าง 750 เมตร
 D : ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

ตารางที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนัก 6 ชนิดในดินตะกอน

โลหะหนัก	df	f	Sig.
ปรอท	2	0.356	0.704 ^{ns}
ตะกั่ว	2	2.953	0.074 ^{ns}
แคดเมียม	2	0.134	0.876 ^{ns}
โครเมียม	2	0.285	0.755 ^{ns}
นิกเกิล	2	3.260	0.055 ^{ns}
อาร์เซนิก	2	1.481	0.250 ^{ns}

^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ในปุ๋ยทะเล

จากการวิเคราะห์ปริมาณของโลหะหนัก 6 ชนิด ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และอาร์เซนิก ผลการวิเคราะห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.29 ,ภาพที่ 4.16

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของโลหะหนักแต่ละชนิดของปุ๋ยทะเลเฉลี่ยในรอบปี ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาและป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม(mg/kg)

โลหะหนัก	ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา	ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	มาตรฐานที่กำหนด
ปรอท	0.005	0.018	ไม่เกิน 0.05
ตะกั่ว	1.041*	0.052	ไม่เกิน 1.00
แคดเมียม	0.137	0.068	ไม่เกิน 0.20
โครเมียม	0.355	0.033	-
นิกเกิล	0.869	0.100	-
อาร์เซนิก	0.572	0.566	ไม่เกิน 2.00

* เกินค่ามาตรฐาน

- ไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐาน

4.2.3.1 ปริมาณปรอทในปูทะเล

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของปรอทในปูทะเลในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ที่ศึกษากับ ปริมาณของปรอทในปูทะเล บริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน (ตารางที่ 4.29) พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของโลหะหนักในอาหาร ซึ่งค่าที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (31)

ปรอทเมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะมีโอกาสสะสมตามห่วงโซ่อาหาร ปรอทเป็นโลหะหนักที่สามารถสะสมในสิ่งมีชีวิต (bioaccumulation) เพิ่มขึ้น (Biological magnification) และความเข้มข้นของปรอทจะเป็นไปตามน้ำหนักของสิ่งมีชีวิตขึ้นตามระดับชั้นอาหาร (29) แสดงว่า น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ ไม่มีผลต่อการสะสมของปริมาณปรอทในปูทะเล ที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลน นอกจากนี้ปูทะเลบริเวณป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย สามารถนำมาบริโภคได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณปรอทในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ที่ศึกษากับป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 12, ภาคผนวก ง)

4.2.3.2 ปริมาณตะกั่วในปูทะเล

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของตะกั่วในปูทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ที่ศึกษากับ ปริมาณของตะกั่วในปูทะเลบริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน (ตารางที่ 4.29) พบว่า ค่าเฉลี่ยของตะกั่วในปูทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา มีค่าสูงกว่ามาตรฐานของโลหะหนักในอาหาร ซึ่งค่าที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (31) ส่วนค่าเฉลี่ยของตะกั่วบริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

เนื่องจากป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา มีค่าเฉลี่ยของตะกั่วตกค้างในดินตะกอนอยู่ในระดับที่สูงคือ 39.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4.23) ทำให้ปริมาณตะกั่วในปูทะเลมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากปูทะเลจะกินพวกเศษซากอินทรีย์ที่เน่าเปื่อยตามพื้นดินในป่าชายเลนเป็นอาหาร ทำให้โอกาสที่ตะกั่วจะเข้าไปสะสมในปูทะเลมากตามไปด้วย

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณตะกั่วในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 13, ภาคผนวก ง)

4.2.3.3 ปริมาณแคดเมียมในปูทะเล

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแคดเมียมในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับปริมาณของแคดเมียมในปูทะเล บริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน(ตารางที่ 4.29) พบว่า ค่าเฉลี่ยของแคดเมียมในปูทะเล มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่กำหนดโดยประเทศต่าง ๆ ซึ่งมีค่าไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (68)

สอดคล้องกับจากการศึกษาของ จารุวรรณ และคณะ (45) ที่พบว่าปริมาณของแคดเมียมในสัตว์น้ำ ที่เก็บจากแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณเหนือเขื่อน และได้เขื่อนคือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงว่า ปริมาณของแคดเมียมที่สะสมในปูทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 14, ภาคผนวก ง)

4.2.3.4 ปริมาณโครเมียมในปูทะเล

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของโครเมียมในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับปริมาณของโครเมียมในปูทะเลบริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน พบว่า ค่าเฉลี่ยของโครเมียมในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยมากกว่า ปริมาณของโครเมียมในป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินประมาณ 10 เท่า

ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของโครเมียมในดินตะกอน ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษามีค่ามากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน (ตารางที่4.25) ทำให้ปูทะเลที่กินอาหารมีโอกาสได้รับโครเมียมเข้าไปในร่างกายได้มากกว่าปูทะเลที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโครเมียมในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 15, ภาคผนวก ง)

4.2.3.5 ปริมาณนิกเกิลในปูทะเล

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของนิกเกิลในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับปริมาณของนิกเกิลในปูทะเลบริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน (ตารางที่ 4.29) พบว่า ปริมาณของนิกเกิลในปูทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา มีค่าเฉลี่ยมากกว่าปริมาณของนิกเกิลในปูทะเลบริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน ประมาณ 8.6 เท่า

เนื่องจากปริมาณของนิกเกิลในดินตะกอนในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา มีค่ามากกว่าปริมาณของนิกเกิลในดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน ทำให้การสะสมของนิกเกิลในปูทะเลบริเวณป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย มีค่ามากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

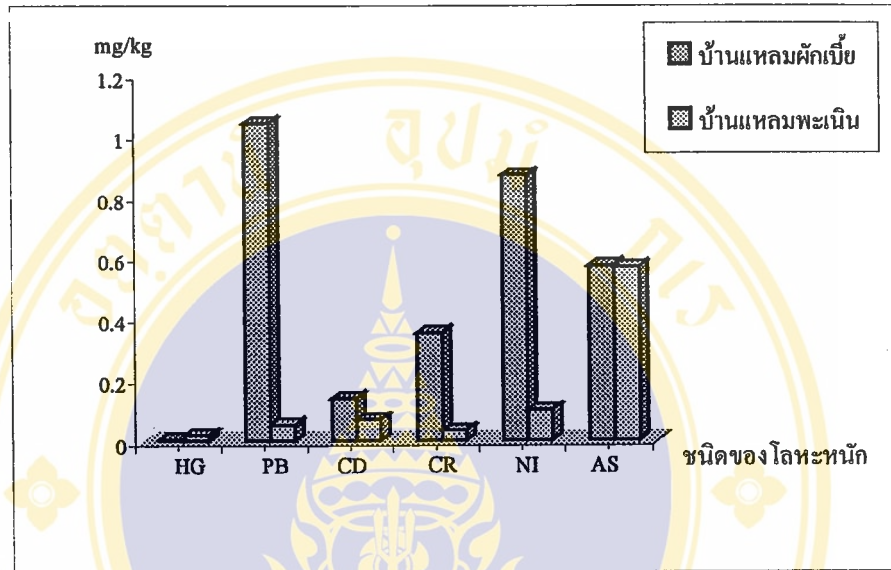
การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณนิกเกิลในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 16, ภาคผนวก ง)

4.2.3.6 ปริมาณอาร์เซนิกในปูทะเล

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของอาร์เซนิกในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับป่าชายเลนบริเวณบ้านแหลมพะเนิน (ตารางที่ 4.29) พบว่า มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน คือ มีค่าเท่ากับ 0.572 และ 0.566 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ปริมาณของอาร์เซนิกที่ตกค้างในปูทะเลบริเวณป่าชายเลนทั้ง 2 พื้นที่ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของโลหะหนักในอาหาร ค่าที่กำหนดไว้คือไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (31) แสดงว่า ปริมาณของอาร์เซนิกที่สะสมอยู่ในปูทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณอาร์เซนิกในปุุทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับป่าชายเลนบริเวณบ้านแหลมพะเนิน พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 17, ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.16 แสดงค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในปุุทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา และป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำ ในดินตะกอน และในปูทะเล

4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำและในดินตะกอน

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดที่ตกค้างในน้ำ ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก กับปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดที่ตกค้างในดินตะกอน ว่าจะมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด โดยการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient)

ตารางที่ 4.30 แสดงการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดที่ตกค้างในน้ำกับดินตะกอน

น้ำ	ดินตะกอน					
	ปรอท	ตะกั่ว	แคดเมียม	โครเมียม	นิกเกิล	อาร์เซนิก
ปรอท	-0.863*					
ตะกั่ว		-0.054				
แคดเมียม			-0.048			
โครเมียม				0.178		
นิกเกิล					0.289	
อาร์เซนิก						-

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทในน้ำกับดินตะกอน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทในน้ำกับดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า ปริมาณของปรอทในน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณปรอทในดินตะกอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.863 (ตารางที่ 4.30) พบว่า ปริมาณปรอทในน้ำมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณปรอทในดินตะกอน กล่าวคือ เมื่อปริมาณปรอทในน้ำเพิ่มขึ้นปริมาณของปรอทในดินตะกอนจะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณ

ปรอทในน้ำลดลงปริมาณของปรอทในดินตะกอนก็จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการดูดซับของโลหะหนักที่ผิวของดินตะกอนในน้ำ และพร้อมที่จะตกตะกอนลงมาหรืออาจละลายเพิ่มมากขึ้นถ้าอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม (86)

4.3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำกับในดินตะกอน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำกับในดินตะกอนในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.054 (ตารางที่ 4.30) ซึ่งถือว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ ปริมาณของตะกั่วในน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกั่วในดินตะกอน

4.3.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในน้ำกับดินตะกอน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในน้ำกับดินตะกอนในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.048 (ตารางที่ 4.30) ถือว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ ปริมาณของแคดเมียมในน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแคดเมียมในดินตะกอน

4.3.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมในน้ำกับดินตะกอน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมในน้ำกับดินตะกอนในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.178 (ตารางที่ 4.30) ซึ่งถือว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ ปริมาณของโครเมียมในน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณโครเมียมในดินตะกอน

4.3.1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนิกเกิลในน้ำกับดินตะกอน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนิกเกิลในน้ำกับดินตะกอนในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.289 (ตารางที่ 4.30) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อปริมาณของนิกเกิลในน้ำเพิ่มขึ้น

ปริมาณของนิกเกิลในดินตะกอนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของนิกเกิลในน้ำลดลง ปริมาณนิกเกิลในดินตะกอนก็จะลดลงด้วย

4.3.1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอาร์เซนิกในน้ำกับดินตะกอน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอาร์เซนิกในน้ำกับดินตะกอนในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า ค่าของอาร์เซนิกในน้ำมีค่าน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ทำให้ค่าความสัมพันธ์ไม่มี เนื่องจาก ค่าของอาร์เซนิกในน้ำมีค่าน้อยมาก

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำและในปูทะเล

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดที่ตกค้างในน้ำ ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก กับปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดที่ตกค้างในปูทะเลว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด โดยการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient)

ตารางที่ 4.31 แสดงการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิด ที่ตกค้างในน้ำกับในปูทะเล

น้ำ	ปูทะเล					
	ปรอท	ตะกั่ว	แคดเมียม	โครเมียม	นิกเกิล	อาร์เซนิก
ปรอท	-1.000**					
ตะกั่ว		-0.496*				
แคดเมียม			-0.631*			
โครเมียม				0.539*		
นิกเกิล					-0.097	
อาร์เซนิก						-0.958*

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทในน้ำกับในปูทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทในน้ำกับในปูทะเลในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า ปริมาณของปรอทในน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณปรอทในปูทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -1.000 (ตารางที่ 4.31) พบว่า ปริมาณปรอทในน้ำมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณปรอทในปูทะเล คือเมื่อปริมาณปรอทในน้ำเพิ่มขึ้นปริมาณของปรอทในปูทะเลจะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณปรอทในน้ำลดลงปริมาณของปรอทในปูทะเลก็จะเพิ่มขึ้น

โลหะหนักมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยที่ปูทะเลจะกินพวกเศษซากอินทรีย์เป็นอาหาร จากการศึกษาความสัมพันธ์ของปรอทในดิน และในน้ำ พบว่าหากปริมาณของปรอทในน้ำลดลง ปริมาณของปรอทในดินก็จะเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อปูทะเลกินอาหารเข้าไปก็จะได้รับสารปรอทมากตามไปด้วย

4.3.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำกับในปูทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำกับในปูทะเลในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.496 (ตารางที่ 4.31) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อปริมาณตะกั่วในน้ำเพิ่มขึ้นปริมาณของตะกั่วในปูทะเลจะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณตะกั่วในน้ำลดลงปริมาณของตะกั่วในปูทะเลก็จะเพิ่มขึ้น

4.3.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในน้ำกับในปูทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในน้ำกับในปูทะเลในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.631 (ตารางที่ 4.31) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อปริมาณแคดเมียมในน้ำเพิ่มขึ้นปริมาณของแคดเมียมในปูทะเลจะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณแคดเมียมในน้ำลดลงปริมาณของแคดเมียมในปูทะเลก็จะเพิ่มขึ้น

4.3.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมในน้ำกับในปูทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมในน้ำกับในปูทะเลในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.539 (ตารางที่ 4.31) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อปริมาณของโครเมียมในน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณของโครเมียมในปูทะเลก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของโครเมียมในน้ำลดลง ปริมาณโครเมียมในปูทะเลก็จะลดลงด้วย

4.3.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนิกเกิลในน้ำกับในปูทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนิกเกิลในน้ำกับในปูทะเลในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.097 (ตารางที่ 4.31) ซึ่งถือว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ ปริมาณของนิกเกิลในน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณนิกเกิลในปูทะเล

4.3.2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอาร์เซนิกในน้ำกับในปูทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอาร์เซนิกในน้ำกับในปูทะเลในป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.958 (ตารางที่ 4.31) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อปริมาณอาร์เซนิกในน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณของอาร์เซนิกในปูทะเลจะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณอาร์เซนิกในน้ำลดลง ปริมาณของอาร์เซนิกในปูทะเลก็จะเพิ่มขึ้น

ความสัมพันธ์ของปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิกในน้ำ กับในปูทะเลเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม เนื่องจาก สัตว์น้ำส่วนใหญ่จะได้รับสารโลหะหนักเข้าไปโดยการกินในลักษณะต่างๆตามชนิดของสัตว์น้ำนั้นๆ การสะสมของโลหะหนักในสัตว์น้ำโดยการดูดซับเข้าไปโดยตรงเป็นไปได้น้อยมาก (18) ประกอบกับปูทะเลเป็นสัตว์ที่หากินอยู่ตามพื้นดินตะกอนในป่าชายเลน เป็นส่วนใหญ่ทำให้โอกาสที่จะรับปริมาณของ ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิก จากในน้ำเข้าไปในร่างกายเป็นไปได้น้อย โดยที่ปูทะเลจะได้รับปริมาณของ ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิกจากดินตะกอนเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายแทน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ



ตะกั่วและแคดเมียมในดินตะกอนกับในปูทะเล พบว่า ความสัมพันธ์จะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นปริมาณของอาร์เซนิกที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ฤดูกาลค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้การตกตะกอน การเพิ่มและลดลงของโลหะหนักแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน เช่น แคดเมียมในน้ำจะลดลงถ้าปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำละลายอยู่น้อย ทำให้แคดเมียมทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนซัลไฟด์ในน้ำ เกิดเป็นโลหะซัลไฟด์ซึ่งละลายน้ำได้น้อย จึงเกิดการตกตะกอนสะสมอยู่ในดินตะกอนแทน (2)

4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดในดินตะกอนและในปูทะเล

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดที่ตกค้างในดินตะกอน ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิกกับปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดที่ตกค้างในปูทะเล ว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด โดยการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient)

ตารางที่ 4.32 แสดงการวิเคราะห์สหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิด ที่ตกค้างในดินตะกอนกับในปูทะเล

ดินตะกอน	ปูทะเล					
	ปรอท	ตะกั่ว	แคดเมียม	โครเมียม	นิกเกิล	อาร์เซนิก
ปรอท	-					
ตะกั่ว		1.000**				
แคดเมียม			1.000**			
โครเมียม				-1.000**		
นิกเกิล					1.000**	
อาร์เซนิก						-1.000**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

4.3.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทในดินตะกอนกับในปุทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทในดินตะกอน กับในปุทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า ค่าของปรอทในปุทะเลมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าของปรอทในดินตะกอนทำให้ไม่สามารถหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปรอทในดินตะกอนกับในปุทะเลได้

4.3.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในดินตะกอนกับในปุทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในดินตะกอน กับในปุทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 1.000 (ตารางที่ 4.32) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อปริมาณของตะกั่วในดินตะกอนมีค่าเพิ่มขึ้นปริมาณของตะกั่วในดินตะกอนก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของตะกั่วในดินตะกอนมีค่าลดลงปริมาณของตะกั่วในปุทะเลก็จะลดลงด้วย

เนื่องจากปุทะเลเป็นสัตว์ที่กินพวกเศษซากอินทรีย์ตามพื้นดินในป่าชายเลนเป็นอาหาร ทำให้ตะกั่วที่สะสมอยู่ตามพื้นดินจะเข้าไปสะสมอยู่ในปุทะเล และถ้าปริมาณของตะกั่วในดินตะกอนมีปริมาณสูงก็จะทำให้ปริมาณของตะกั่วในปุทะเลสูงตามไปด้วย

4.3.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแคดเมียมในดินตะกอนกับในปุทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในดินตะกอน กับในปุทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 1.000 (ตารางที่ 4.32) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อปริมาณของแคดเมียมในดินตะกอนมีค่าเพิ่มขึ้น ปริมาณของแคดเมียมในปุทะเลก็จะเพิ่มขึ้นด้วยในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของแคดเมียมในดินตะกอนมีค่าลดลง ปริมาณของแคดเมียมในปุทะเลก็จะลดลงด้วย

เนื่องจากปุทะเลเป็นสัตว์ที่กินพวกเศษซากอินทรีย์ตามพื้นดินในป่าชายเลนเป็นอาหาร ทำให้แคดเมียมที่สะสมอยู่ตามพื้นดินจะเข้าไปสะสมอยู่ในปุทะเล และถ้าปริมาณของแคดเมียมในดินตะกอนมีปริมาณสูงก็จะทำให้ปริมาณของแคดเมียมในปุทะเลสูงตามไปด้วย

3.3.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโครเมียมในดินตะกอนกับในปุทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมในดินตะกอน กับในปุทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -1.000 (ตารางที่ 4.32) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกล่าวคือ เมื่อปริมาณของโครเมียมในดินตะกอนมีค่าเพิ่มขึ้นปริมาณของโครเมียมในปุทะเลจะมีค่าลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของโครเมียมในดินตะกอนมีค่าลดลงปริมาณของโครเมียมในปุทะเลก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

4.3.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของนิกเกิลในดินตะกอนกับในปุทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนิกเกิลในดินตะกอน กับในปุทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 1.000 (ตารางที่ 4.32) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อปริมาณของนิกเกิลในดินตะกอนมีค่าเพิ่มขึ้นปริมาณของนิกเกิลในปุทะเลก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของนิกเกิลในดินตะกอนมีค่าลดลงปริมาณของนิกเกิลในปุทะเลก็จะลดลงด้วย

เนื่องจากปุทะเลเป็นสัตว์ที่กินพวกเศษซากอินทรีย์ตามพื้นดินในป่าชายเลนเป็นอาหาร ทำให้นิกเกิลที่สะสมอยู่ตามพื้นดินจะเข้าไปสะสมอยู่ในปุทะเล และถ้าปริมาณของนิกเกิลในดินตะกอนมีปริมาณสูงก็จะทำให้ปริมาณของนิกเกิลในปุทะเลสูงตามไปด้วย

4.3.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของอาร์เซนิกในดินตะกอนกับในปุทะเล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอาร์เซนิกในดินตะกอน กับในปุทะเล ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -1.000 (ตารางที่ 4.32) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อปริมาณของอาร์เซนิกในดินตะกอนมีค่าเพิ่มขึ้นปริมาณของอาร์เซนิกในปุทะเลจะมีค่าลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของอาร์เซนิกในดินตะกอนมีค่าลดลง ปริมาณของอาร์เซนิกในปุทะเลก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

ความสัมพันธ์ของ ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิก ในดินตะกอน และในปุุทะเลมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน เนื่องจาก ปุุทะเลจะหากินอยู่ตามพื้นดินอาหารส่วนใหญ่ ได้แก่ เศษซากอินทรีย์ที่นำเปื้อยเมื่อปุุทะเลกินอาหารเข้าไป ก็จะมีโอกาสรับเอาโลหะหนักที่ตกตะกอนสะสมอยู่ตามพื้นดินเข้าไปด้วย ประกอบกับถ้าบริเวณแหล่งหาอาหาร มีปริมาณโลหะหนักสะสมอยู่มาก โอกาสที่ปุุทะเลจะรับเอาโลหะหนักเหล่านั้นเข้าไปในร่างกายก็มากขึ้นด้วย ส่วนปริมาณของโครเมียม และอาร์เซนิก ในดินตะกอน และในปุุทะเล จะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ฤดูกาล ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้การเพิ่มขึ้นและลดลงของโลหะหนักแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ทำให้ความสัมพันธ์ของโครเมียม และอาร์เซนิก ในดินตะกอน กับในปุุทะเลมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษাপริมาณโลหะหนัก 6 ชนิด ที่ตกค้างในน้ำ ดินตะกอน และปุ๋ยทะเล ในป่าชายเลน บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. จุดก่อนผ่านระบบป่าชายเลน ได้แก่ บริเวณบ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองขาง บริเวณคลองลอย บริเวณบ่อน้ำบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้าย (จุดที่ 1-3) และบริเวณคลองบ้านแหลมพะเนินก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน (จุดที่ 16)

2. พื้นที่ป่าชายเลนในบริเวณพื้นที่ศึกษา มีแนวเก็บตัวอย่างน้ำ 3 แนว ขนานกับชายฝั่งทะเล แต่ละแนวเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ ระยะห่างจากบ่อน้ำบำบัดน้ำเสียเข้าไปในป่าชายเลน 250, 500 และ 750 เมตร ตามลำดับ รวมเก็บตัวอย่างทั้งหมด 12 จุด (จุดที่ 4-15)

3. พื้นที่ป่าชายเลนบริเวณบ้านพะเนิน เป็นพื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ห่างจากบ่อน้ำบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย และคาดว่าจะไม่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อน้ำบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ มีแนวเก็บตัวอย่าง 3 แนว ขนานกับชายฝั่งทะเล 250, 500 และ 750 เมตร ตามลำดับ รวมจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุด (จุดที่ 17-19)

คุณสมบัติทั่วไปของน้ำทางด้านกายภาพและเคมี การศึกษาปริมาณการตกค้างของปรอท แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิก ในดินตะกอน ในน้ำ และในปุ๋ยทะเล โดยทำการศึกษาดังแต่เดือนพฤศจิกายน 2541 – ตุลาคม 2542 รวมระยะเวลา 1 ปี สรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของน้ำ

น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัย และพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย ยังไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในป่าชายเลน ในภาพรวมคุณสมบัติทั่วไปของน้ำยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และใช้ในการอุตสาหกรรมสำหรับคุณสมบัติทั่วไปของน้ำในป่าชายเลน พบว่า ส่วนใหญ่จะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 3 ซึ่งเหมาะสมต่อการอนุรักษ์ป่าชายเลน แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า แหล่งแพร่พันธุ์ แหล่งอนุบาลตัวอ่อน และแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ

5.1.2 ปริมาณการตกค้างของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำ

น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ พบว่าส่วนใหญ่จะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ยกเว้นปริมาณของปรอทที่มีค่าเกินมาตรฐาน ปริมาณของโลหะหนักที่ตกค้างในป่าชายเลน พบว่า ตะกั่วและโครเมียมมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 3 ส่วนปริมาณของปรอท และแคดเมียมมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 3 สำหรับนิกเกิล และอาร์เซนิก ไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานเอาไว้

ป่าชายเลนบริเวณที่อยู่ใกล้กับจุดปล่อยน้ำทิ้ง (250 เมตร จากบ่อบำบัดน้ำเสีย) มีปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดมากกว่าระยะทางที่อยู่ห่างออกไป (ระยะ 500 และ 750 เมตร) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ (ป่าชายเลนบริเวณที่อยู่ใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้ง จะมีปริมาณโลหะหนักตกค้างมากกว่าป่าชายเลนบริเวณที่อยู่ห่างออกไป) ยกเว้นปริมาณของปรอทและอาร์เซนิก

ปริมาณโลหะหนักที่ออกจากป่าชายเลน (ที่ระยะห่างจากบ่อบำบัด 750 เมตร) จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ (ปริมาณโลหะหนักในน้ำที่ออกจากป่าชายเลน มีค่าต่ำกว่าจุดก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน) เนื่องจากน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียมีการระบายสู่ป่าชายเลนอยู่ตลอดเวลา ปริมาณของโลหะหนักแต่ละชนิดเมื่อระบายออกมากับน้ำทิ้งก็จะมี การตกตะกอนสะสมอยู่ในน้ำและดินตะกอน เมื่อระยะเวลาการตกตะกอนและสะสมยาวนานขึ้น ทำให้ปริมาณของโลหะหนักที่ออกจากป่าชายเลนมีค่ามากกว่าบริเวณก่อนเข้าสู่ป่าชายเลน

ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา มีปริมาณของ โปรท ตะกั่ว มากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ส่วนปริมาณของ แคดเมียม โครเมียม และนิกเกิล ในป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินจะมีค่ามากกว่า ป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ แสดงว่าน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของป่าชายเลน

5.1.3 ปริมาณการตกค้างของโลหะหนักแต่ละชนิดในดินตะกอน

ปริมาณของโลหะหนักแต่ละชนิดที่ตกค้างในดินตะกอน ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความเข้มข้นของโลหะหนักที่มีค่าปกติ และยอมรับได้สูงสุดในดินเพื่อการเกษตร ป่าชายเลนที่อยู่ใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้ง (ระยะห่าง 250 เมตร จากบ่อบำบัดน้ำเสีย) มีปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิด มากกว่าบริเวณที่อยู่ห่างออกไป (ระยะ 500 และ 750 เมตร) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ (ป่าชายเลนบริเวณที่อยู่ใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้ง จะมีปริมาณโลหะหนักตกค้างในดินตะกอน มากกว่าบริเวณที่อยู่ห่างออกไป) ยกเว้นปริมาณของ โปรท และ อาร์เซนิก ที่ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ปริมาณการตกค้างของโลหะหนักแต่ละชนิดในดินตะกอน ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา มีปริมาณของ โปรท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล มากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ (ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษามีโลหะหนักตกค้างในดินตะกอนมากกว่าป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน) สำหรับอาร์เซนิกจะไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากปริมาณของอาร์เซนิกก่อนระบายลงสู่ป่าชายเลนมีค่าน้อยมาก (<0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทำให้ปริมาณของอาร์เซนิกที่ตกค้างในดินตะกอนอาจมาจากแหล่งอื่นๆ โดยการไหลปะปนมากับน้ำทะเลในช่วงที่น้ำขึ้น ทำให้โอกาสที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนินมีปริมาณของอาร์เซนิกตกค้างได้มากกว่าป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา

5.1.4 ปริมาณการตกค้างของโลหะหนักแต่ละชนิดในปูทะเล

ปริมาณของ โปรท แคดเมียม และอาร์เซนิก มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในอาหารของกระทรวงสาธารณสุข ส่วนปริมาณของ ตะกั่ว ที่ตกค้างในปูทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา มีค่าเกินมาตรฐานโลหะหนักในอาหารของกระทรวงสาธารณสุขเล็กน้อย โดยภาพรวมยังถือว่าปูทะเลที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค

ปูทะเลในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษามีปริมาณการตกค้างของโลหะหนักมากกว่าปูทะเลในป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ (ปริมาณโลหะหนักตกค้างในปูทะเลบริเวณพื้นที่ศึกษา มากกว่าปูทะเลที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน) ยกเว้นปริมาณของโปรทพบว่า ปูทะเลที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน มีค่ามากกว่าปูทะเลที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษาแต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในอาหารของกระทรวงสาธารณสุข สำหรับปริมาณของโครเมียม และนิกเกิล ไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานเอาไว้

5.1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำ ในดินตะกอน และในปูทะเล

5.1.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิด ในน้ำและในดินตะกอน

ปริมาณของ โปรท และนิกเกิลในน้ำ มีความสัมพันธ์กับปริมาณของ โปรท และนิกเกิลในดินตะกอน ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสมมุติฐานที่ตั้งไว้ (ปริมาณโลหะหนักในน้ำ และในดินตะกอนมีความสัมพันธ์กัน) โดยที่ปริมาณของโปรทจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อปริมาณของโปรทในน้ำเพิ่มขึ้นปริมาณของโปรทในดินตะกอนก็จะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของโปรทในน้ำลดลงปริมาณของโปรทในดินตะกอนก็จะเพิ่มขึ้น

ปริมาณของนิกเกิลมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อปริมาณของนิกเกิลในน้ำเพิ่มขึ้นปริมาณของนิกเกิลในดินตะกอนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามเมื่อปริมาณของนิกเกิลในน้ำลดลงปริมาณของนิกเกิลในดินตะกอนก็จะลดลงด้วย ส่วนปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในดินตะกอน ซึ่งไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสมมุติฐานที่ตั้งไว้

5.1.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิด ในน้ำและในปุทะเล

ปริมาณของ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม อาร์เซนิก และโครเมียมในน้ำ มีความสัมพันธ์กับปริมาณของ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม อาร์เซนิก และโครเมียมในปุทะเล ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ (ปริมาณโลหะหนักในน้ำ และในปุทะเลมีความสัมพันธ์กัน) โดยที่ปริมาณของ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิก มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิกในปุทะเล กล่าวคือ ถ้าปริมาณของ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิกในน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณของ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิกในปุทะเลก็จะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิกในน้ำลดลง ปริมาณของ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิกในปุทะเลก็จะเพิ่มขึ้น โครเมียมจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้าปริมาณของโครเมียมในน้ำเพิ่มขึ้นปริมาณของโครเมียมในปุทะเลก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของโครเมียมในน้ำลดลงปริมาณของโครเมียมในปุทะเลก็จะลดลงด้วย สำหรับปริมาณของนิกเกิลในน้ำและในปุทะเลจะไม่มีความสัมพันธ์กัน

5.1.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิด ในดินตะกอนและในปุทะเล

ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิกในดินตะกอน มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และอาร์เซนิกในปุทะเล ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสมมุติฐานที่ตั้งไว้ (ปริมาณของโลหะหนักในดินตะกอน และในปุทะเลมีความสัมพันธ์กัน) โดยที่ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้าปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในดินตะกอนมีปริมาณเพิ่มขึ้น ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในปุทะเลก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในดินตะกอนลดลง ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในปุทะเลก็จะลดลงด้วย สำหรับปริมาณของโครเมียม และอาร์เซนิก มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ ถ้าปริมาณของโครเมียม และอาร์เซนิกในดินตะกอนเพิ่มขึ้นปริมาณของโครเมียม และอาร์เซนิกในปุทะเลจะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของโครเมียม และอาร์เซนิกในดินตะกอนลดลง ปริมาณของโครเมียม และอาร์เซนิก ในปุทะเลก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

จากการศึกษาปริมาณโลหะหนัก 6 ชนิดในน้ำ ดินตะกอน และปูทะเล ที่ตกค้างในป่าชายเลน บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่า โลหะหนักแต่ละชนิดมีการปนเปื้อนในปริมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากในปัจจุบันมีการนำโลหะหนักมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆมากขึ้น ดังนั้นควรที่จะมีการศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดค่ามาตรฐานการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำเสียชุมชน ในสัตว์น้ำ ในน้ำ และในดินตะกอน เพื่อเป็นการควบคุม ป้องกัน และแก้ไขปัญหการปนเปื้อนของโลหะหนัก ในสิ่งแวดล้อมต่อไป นอกจากนี้ นำผลการศึกษาที่ได้ไปเผยแพร่ ประชาสัมพันธ์ แก่ประชาชนที่อาศัยอยู่รอบๆโครงการฯ ได้รับทราบข้อมูลผลการศึกษาเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลนและสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลน โดยเฉพาะปูทะเลสามารถนำมาบริโภคได้ตามปกติ

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 จากการศึกษานี้พบว่า การเก็บข้อมูลในแต่ละพื้นที่ค่อนข้างน้อย เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของงบประมาณ ดังนั้นจึงควรที่จะแยกทำการศึกษาโลหะหนักแต่ละชนิด โดยเฉพาะเพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ละเอียดในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา

5.2.2.2 ควรมีการศึกษาการตกค้างของโลหะหนัก ในสัตว์น้ำอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนที่ได้รับผลกระทบน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย

5.2.2.3 ควรมีการศึกษาการตกค้างของโลหะหนักแต่ละชนิด ในพันธุ์ไม้ป่าชายเลน เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนแต่ละชนิด ว่าชนิดใดบ้างที่มีความสามารถในการดูดซับ และช่วยลดปริมาณของโลหะหนักได้มากกว่า

รายการอ้างอิง

- 1.เกษม จันทร์แก้ว. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี : ระยะที่ 2. กรุงเทพมหานคร :มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2540.
2. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ; 2534 : 307.
3. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.รายงานการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: แชนอี 68 ; 2540. (อัดสำเนา).
4. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.รายงานการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: แชนอี 68 ; 2541. (อัดสำเนา).
5. กรมควบคุมมลพิษ.เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม; 2540.
- 6.ศรรัตน์ ลีไพบูลย์. การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติตามโครงการอันเนื่องมาจากแนวพระราชดำริที่ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. สารพัฒนาหลักสูตร ; 2539 : 15: 3-7.
- 7.เกษม จันทร์แก้ว, เสกสรรค์ เทพพิทักษ์. การเกิดตะกอนและการลดสมรรถนะการบรรจุของบ่อบำบัด. กรุงเทพมหานคร:เอกสารสัมมนาวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีการบำบัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ วันที่ 25-28 สิงหาคม2542 :มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2542:16-1 – 8.
- 8.เฉลิมชัย โชติกมาศ. ลักษณะโครงสร้างป่าชายเลนและลักษณะดินท้องที่อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2539 :191.
- 9.สนิท อักษรแก้ว,บรรณาธิการ. ป่าชายเลน. มุฉินวิศุ่ยมครองสัตว์ป่าและพรรณพืชแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชินูปถัมภ์. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ; 2534 : 25.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

- 10.Hawley, G.G. The Condensed Chemical Dictionary. London : 9 th ed, Van nostrand reinhold. Co.; 1977 : 957.
- 11.สนิท อักษรแก้ว. ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ. กรุงเทพมหานคร. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์;2541:277.
- 12.วราพร ศรีสุพรรณ. ปัญหาและการควบคุมภาวะมลพิษ. นครปฐม. ภาควิชาศึกษาศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ; 2532 : 269.
- 13.แหวดตา ทองระอา. สารพิษตกค้างใน กุ้ง หอย ปู ปลา : น้ำเสียและปัญหาน้ำเสียในประเทศไทย (3).กรุงเทพมหานคร ; วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2524 :4 :6.7.1 - 6.7.16.
- 14.Hammond, B.and R.R.Belile. Metals in Casarett and Dall'sToxicology : The Basic Science of Pioson. New York : 2d ed, McMillan Publishing. Co., Inc.; 1980 : 182.
- 15.Sunderman,F.E.JR.Metal Carcinogenesis in Experimental Animal.Fed Cosmet Toxicol.; 1971:9:105-20.
- 16.สุรภี โรจน์อารยนนท์. สภาวะแวดล้อมของเรา ตอนมลพิษสภาวะแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร ; 2526 : 119.
- 17.Bruland, K.W. In Chemical Oceanography. London : Academic Press; 1983:230.
- 18.ณัฐวรรธน์ ปภาวสิทธิ์, สมเกียรติ ปิยะธีร์จิตวิกรกุล. การสำรวจเอกสาร เรื่องสารมีพิษและพยาธิที่พบในอาหารจำพวกสัตว์น้ำในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2526 : 358.
- 19.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต,พิชาน สว่างวงศ์. การแพร่กระจายของโลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง.ในปัญหามลภาวะโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : รายงานการสัมมนาทางวิชาการ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2520 : 107 - 45.
- 20.มนูวดี หังสพฤกษ์. สมุทรศาสตร์เคมี. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2532 :329.
- 21Shokita, S. Macrofauna Community Structure and Food Chain at the Mangrove. Bangkok. Training Course on Life History of Selected Species of Flora and Fauna in Mangrove Ecosystems, 2-6 October, NRCT; 1985.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

- 22.ชูชาติ ชัยรัตน์. การศึกษาเกี่ยวกับปูทะเล. กรุงเทพมหานคร : เอกสารวิชาการฉบับที่1/2531 ฝ่ายแผนงานและติดตามผล กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง ; 2531:44.
- 23.Macintosh,D.J.1984.ในสนธิอักษรแก้ว.ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและการจัดการ. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์;2541:277.
- 24.Winterringham, P.P.W. Introduction to Mercury Contamination in Man and His Environment. Vienna : International Atomic Energy Agency; 1972:197.
- 25.พัคตร์พริ้ง แสงดี. พิษวิทยาของปรอทและสารประกอบของปรอท. กรุงเทพมหานคร : เอกสารวิชาการ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2523 : 6:13.
- 26.Macleod,C.andE.Pessah. Temperature Effects on Mercury Accumulation Toxicity and Metabolic rate in Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J.Fish. Res. Bd Can; 1973:30:485-92.
- 27.Hannerz, L.Experimental Investigations on the Accumulation of Mercury in Water Organism. Sweden : Fishery Board of Sweden; 1969 : 43: 120-76.
- 28.Larsson,J.R.E.Environmental Mercury Research in Sweden. Drothingholm : Swedish Environmental Protection Board Research Secretariat Sweden; 1970:205.
- 29.Beckett, S.J. and H.C. Freeman. Mercury in Swordfish and Other Pelagic Species from the Western Atlantic Ocean. Canada: Research Board Canada ; 1972 : 2 : 154 – 56.
- 30.พิมล เรียงวัฒนา, ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์. เคมีสภาวะแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์ ; 2525 : 213.
- 31.กระทรวงสาธารณสุข. พระราชบัญญัติโลหะหนักในอาหาร. กรุงเทพมหานคร: ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98; 2529. (อัดสำเนา)
- 32.สาวิภา เกษมศรี. การวิเคราะห์หาปริมาณปรอท ในปลาทะเลชายฝั่งตะวันออกของประเทศไทย (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต).กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ; 2525.
- 33.Burkett,D.R.The Influence of Temperature on uptake of Methylmercury - 203 by Bluntnose minnow-B. Env. Contam & Tox ; 1974 : 12 (6): 703-09.
- 34.สุรพันธ์ บริสุทธิ์. การแพร่กระจายของปรอทในแหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียงโรงงานผลิตโซดาไฟ ในเขตอุตสาหกรรมพระประแดง(วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ; 2523.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

- 35.สุรกี ไรจน์อารยนนท์. สภาวะแวดล้อมของเรา ตอนมลพิษสภาวะแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม ; 2532 : 100 - 27.
- 36.อุทุมพร ศรีทองคำ. การสะสมของสารพิษในร่างกายมนุษย์ : น้ำและปัญหาน้ำเสียในประเทศไทย (3). กรุงเทพมหานคร : วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2524: 4:6.81 - 6.8.14.
- 37.ปราณี อุดมพงษ์านนท์. ผลทางสรีระที่เกิดจากราตุเจือปนบางชนิดในน้ำ. กรุงเทพมหานคร : ข่าวสารวิทยุมีพิษทางการเกษตร ; 2521 : 5 (2) : 13 - 18.
- 38.McNeely,R.N.,V.P. Neimunis and L.Dwyer. Water Quality Sourcebook a Guide to Water Quality Parameter. Ottawa: Inland Water Directorate, Water Quality Branch ; 1979:89.
- 39.มันสิน ตันจุลเวศม์. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2540 : 351.
- 40.Zievers,F.J. and C.J. Novotny.Specific Pollution in Water Pollution. Amer. Chem. Soc; 1974:13 (7) 224-56.
- 41.Berman, E. Toxic Metals and their Analysis.London :Cambridge University Press ; 1980 : 293.
- 42.Reilly, C.Metal Contamination of Food. London : Applied Science Publishers Ltd ; 1980 :225.
- 43.Lonnerdol,B. and C.L.Keen. In T.W. Clarkson,G.F. Norberg andP.R.Sager(eds).Reproductive and Developmental Toxicity of Metals. New York : Press ; 1983.
- 44.อรพินท์ จันท์ฟองแสง. ปริมาณการสะสมของโลหะหนักบางชนิด ตามเนื้อเยื่อของปลาทะเล และในเนื้อสัตว์ทะเลบางชนิดในอ่าวไทย ซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ. กรุงเทพมหานคร: แผนกวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2520:85.
- 45.จารุวรรณ สมศิริ, ทองสา ราชเดช. คุณภาพน้ำและโลหะหนักตกค้างในดินตะกอนและในสัตว์น้ำบางชนิดจากแม่น้ำเจ้าพระยา. กรุงเทพมหานคร : เอกสารวิชาการฉบับที่ 172 สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง ; 2538 : 28.
- 46.ประยูทธ สมบูรณ์. การแพร่กระจายของแคดเมียม และสังกะสีในดินจากกิจกรรมเหมืองแร่ สังกะสี : กรณีศึกษาเหมืองสังกะสี อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). นครปฐม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ; 2542.
- 47.สุรพล อารีขกุล และกัลยาณี คุปตานนท์. โลหะหนักในลุ่มน้ำตาปี.วารสารรัฐสมิเล.2536;47:74-49.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

48. นิตยาพร ตันมณี และ จูไร ทองมาก. การปนเปื้อนของธาตุแคดเมียมในดินในพื้นที่บางแห่งของประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : กรมพัฒนาที่ดิน ; 2537.
49. อองอาจ ชูทอง. การศึกษาปริมาณโลหะหนัก ในสาหร่ายทะเลบางชนิดในอ่าวไทย.(วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร:บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2522.
50. ชุชาติ โชคสถาพร. ปริมาณแคดเมียมในพื้นที่ใช้ในการบริโภค (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหิดล ; 2528.
51. สิทธิชัย ดันธนะสฤณี. การวิเคราะห์ปรอท แคดเมียม ตะกั่วในน้ำ และดินตะกอนของลำธารจากบริเวณการใช้ที่ดินประเภทต่างๆบนที่สูง จังหวัดเชียงใหม่ (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพมหานคร:บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2525.
52. เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวด และกัลยา วัฒนากร. การสำรวจระดับของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมของหมู่บ้านที่นำกากแบตเตอรี่ไปถมที่: การศึกษาปัญหาพิษตะกั่ว RR-4-TS-4-Pb-76. กรุงเทพมหานคร:สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2520 : 85.
53. แหวตาทองระอา, พรทิพย์ ตัดตะวะศาสตร์, รวีวรรณ สังขศิลา, สุพจน์ จูฑธรรมโม. ปริมาณการสะสมของโลหะหนักบางชนิดในหอยนางรมจากฟาร์มเลี้ยงหอยบริเวณอ่างศิลาจังหวัดชลบุรี. ชลบุรี : เอกสารงานวิจัยฉบับที่ 36/2532 สถาบันทางวิทยาศาสตร์ทางทะเลมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตบางแสน ; 2532 : 19.
54. Jones, J.R.E. Fish and River Pollution. London : Butterworths; 1964: 203.
55. จิระ จตุรานนท์ การกระจายตามแนวตั้งของโลหะหนักบางชนิดในดินตะกอนของอ่าวไทย (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2526.
56. อารมณี เชาวลิท. การปนเปื้อนของโลหะหนักในตะกอนธารน้ำจากการทำเหมืองแร่ตะกั่วพัทลุง (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). สงขลา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ; 2534.
57. ปัญญา เมฆบุตร. มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม. ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 76 ภาคพัฒนาตำราและสารวิชาการ กรมการฝึกหัดครู ; 2537 : 176.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

- 58.สุนันท์ ทวยเจริญ, วัลลพ คุ่มสุภา, สุนิตย์ ปัทมาพงษ์. ปริมาณสารโลหะหนักตกค้างในหอย
หอดอนน้ำทะเล และในดินตะกอน บริเวณแหล่งเลี้ยงตัวหอย จังหวัดสมุทรสงคราม.
กรุงเทพมหานคร : เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2537 กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรม
ประมง ; 2537 : 16.
59. World Health Organization. Arsenic. Environmental Health Criteria; 1981:18:33-9.
- 60.เสถียร วิชัยลักษณ์, สืบวงศ์ วิชัยลักษณ์. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522. กรุงเทพมหานคร :
นิติเวช ; 2523 : 65.
- 61.เสาวลักษณ์ ศิริวรรณ. การศึกษาการปนเปื้อนของโครเมียมในดินบริเวณป่าชายเลน (วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต).นครปฐม : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหิดล ; 2542 :
152.
62. Onodera, S. A Case Study on Water Quality Evaluation of Lower Chao Phraya River and Klong
(Canals) along the River. Bangkok: Laboratory and Research Section on Environmental
Quality Standard Division; 1985:275.
63. Suttipong, V. Removal of Heavy Metal by Water Hyacinth (M.S Thesis). Phatumtani: Department
of Engineering Asian Institute of Technology; 1980.
64. Stokinger, H.E. The Metals. In F.A. Patty (ed). New York: Industrial Hygiene and Toxicology
Inter Science Publisher; 1963 : 1073-1188.
65. Hungspreugs, M. Heavy Metals and Other non- Oil Pollutants in Southeast Asia. J.
Human Environ ; 1988 : 17(3) 178-82.
66. Underwood, E.J. Trace Element in Human and Animal Nutrition. New York: 4 th ed., Academic
Press; 1977: 543.
67. ไมตรี สุทธิจิตต์. สารพิษรอบตัวเราสาเหตุ กลไกการเกิดพิษและการป้องกัน. เชียงใหม่ : ภาควิชา
เคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ; 2531 : 180.
68. กรมประมง. ค่ามาตรฐานเคมีในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำส่งออก. กรุงเทพมหานคร : กองควบคุมคุณภาพ
และผลิตภัณฑ์ประมง กรมประมง ; 2539. (อัดสำเนา).
69. บรรจง วรรณพงษ์ และ เอนก ก้านสังวร. ระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร : เอกสาร
การบรรยายการประชุมเชิงปฏิบัติการ. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม
ฝักบัว อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี กรมชลประทาน; 2537 : 12. (อัดสำเนา).

รายการอ้างอิง (ต่อ)

- 70.สมนึก พรปฎิมากร. การวิเคราะห์นิเวศ ปัจจัยและการประมาณค่ามลชีวภาพของโคงกางใบใหญ่ บริเวณป่าชายเลนแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. รายงานประชุมสัมมนาาระบบนิเวศวิทยาป่าชายเลน ครั้งที่ 3 วันที่ 8 - 12 เมษายน 2522 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ; 2522.
- 71.บุปผา อังกินันท์. ขยะและน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรี. กรุงเทพมหานคร : รายงานประชุมเชิงปฏิบัติการกำหนดแนวทางการศึกษาและวิจัยการกำจัด/การบำบัดของเสียจากชุมชนของเทศบาลเมืองเพชรบุรี วันที่ 2 - 3 พฤษภาคม 2537 สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อการประสานงานโครงการ อันเนื่องมาจากพระราชดำริมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรมชลประทาน เทศบาลเมืองเพชรบุรี สถาบันราชภัฏเพชรบุรี ; 2537.
- 72.เกษม จันทร์แก้ว, พันธุ์ทิพย์ กล่อมเจ็ก, ชาตรี นิมปี, และเสกสรรค์ เทพพิทักษ์. ข้อจำกัดของระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร : เอกสารสัมมนาวิชาการ เรื่องเทคโนโลยีการบำบัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริวันที่ 25-28 สิงหาคม 2542 : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2542 : 18-1 - 19.
73. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรุงเทพมหานคร : รายงานสรุปผลการศึกษาวิจัย 5 ปี โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2541:114.
- 74.AWWA, APHA and WEF. Standard Methods for Examination of Water and Waste Water. Washington D.C : Publication office America Public Health ; 1995.
- 75.บุญเรียง ขจรศิลป์. สถิติวิจัย I. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2536 : 163.
- 76.สุรจิต สุขกันตะ. การตรวจวัดคุณภาพน้ำบางประการของน้ำบริเวณกลุ่มน้ำชี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2530.
- 77.สุกัญญา ธีรกรณิเลศ. คุณภาพน้ำบางประการตามชั้นคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มแม่น้ำแม่กลอง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2534.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

- 78.ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพมหานคร : กรมประมง ; 2528.
- 79.สมสุข มัจฉาชีพ. นิเวศวิทยา.สำนักพิมพ์แพรววิทยา. กรุงเทพมหานคร : 2524.
- 80.ยนต์ มุสิก. กำลังผลิตทางชีววิทยาในปลา 11. กรุงเทพมหานคร : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2530.
- 81.กรรณิการ์ สิริสิงห์. เคมีของน้ำ น้ำไฮโดรอกและกรวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ประยูรวงศ์; 2525.
- 82.หัตถยา ชงรบ. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและความขุ่นของแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง.(วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต).กรุงเทพมหานคร:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2530.
- 83.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. แหล่งน้ำกับปัญหามลภาวะ. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2525.
- 84.Bruland, K. W. In Chemical Oceanography. London : Academic Press; 1983:230.
- 85.Dong , A , G. Chesters and G. V. Simsiman. Metal composition of soil , Sediments and urban dust and dirt samples form the menomonee River Watershed , Wisconsin , U.S.A. Water,Air, and Soil Pollution. 1983 : 22 (3) ; 257-75.
- 86.ผกา สุขเกษม. ผลกระทบของโลหะหนักต่อสิ่งมีชีวิต และหลักการในการวิเคราะห์โลหะปริมาณน้อย , ในเอกสารประกอบการฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ; 2535 : 36-53.

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายน 2541

PARAMETER	UNIT	SAMPLING LOCATION																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TEMP °	C °	27.000	27.200	26.900	-	26.500	26.600	27.200	-	26.900	27.200	27.400	28.100	27.200	27.000	27.400	-	27.000	27.700	27.800
PH	-	8.400	8.200	8.200	-	8.400	8.200	8.200	-	8.200	8.200	8.000	8.200	8.200	8.200	8.200	-	8.100	8.200	8.200
SALINITY	ppt	0.100	0.100	0.100	-	9.100	9.600	9.500	-	9.200	9.200	9.600	9.500	9.500	9.400	9.400	-	9.500	9.500	9.400
DO	mg/l	2.000	2.300	2.400	-	2.300	2.430	2.850	-	2.56	2.570	2.390	2.930	2.530	3.040	2.640	-	2.570	2.770	2.730
Mercury	mg/l.	0.077	0.174	0.065	0.134	0.158	0.144	0.148	0.119	0.153	0.142	0.185	0.121	0.155	0.149	0.160	-	0.142	0.168	0.144
Cadmium	mg/l	0.006	0.005	0.007	0.023	0.023	0.025	0.024	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	0.001	<0.001	<0.001
Lead	mg/l	0.003	0.001	<0.001	0.001	0.004	0.002	0.001	0.001	0.003	0.004	0.001	0.001	0.002	<0.001	<0.001	-	<0.001	0.001	0.002
Chromium	mg/l	0.008	<0.001	0.036	0.048	0.047	0.048	0.048	0.047	0.050	0.045	0.046	0.049	0.044	0.045	0.047	-	0.032	0.037	0.046
Nickel	mg/l	0.026	0.128	0.037	0.171	0.156	0.196	0.163	0.158	0.127	0.151	0.175	0.175	0.095	0.159	0.142	-	0.143	0.141	0.141
Arsenic	mg/l	0.001	0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	<0.001	<0.001	<0.001

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเดือนมีนาคม 2542

PARAMETER	UNIT	SAMPLING LOCATION																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TEMP °	C°	25.500	26.200	26.000	26.00	25.000	25.000	26.000	25.000	25.000	25.000	24.00	25.000	25.000	24.000	-	24.000	24.000	24.000	24.000
pH	-	7.500	7.500	7.200	7.900	7.100	7.500	7.500	7.700	7.700	7.700	7.700	7.600	7.700	7.500	-	7.500	7.700	7.700	7.700
SALINITY	ppt	0.200	0.100	0.200	21.00	29.100	24.200	24.000	30.000	35.200	29.200	22.000	25.100	15.200	24.00	-	22.000	22.000	22.000	20.000
DO	mg/l	2.200	2.000	2.500	2.100	1.400	1.600	1.800	2.400	2.800	2.400	2.200	2.100	2.400	2.500	-	3.400	2.500	2.600	2.600
Mercury	mg/l	0.020	0.013	0.013	0.147	0.132	0.130	0.115	0.180	0.146	0.153	0.125	0.110	0.159	0.105	-	0.188	0.127	0.152	0.152
Cadmium	mg/l	0.005	0.004	0.005	0.041	0.032	0.025	0.032	0.040	0.036	0.034	0.043	0.0260	0.036	0.039	-	0.046	0.038	0.040	0.040
Lead	mg/l	0.004	0.001	0.002	0.004	0.003	<0.001	0.005	0.003	0.002	0.005	0.004	<0.001	0.004	<0.001	-	0.002	0.001	0.003	0.003
Chromium	mg/l	0.001	0.005	0.002	0.043	0.034	0.041	0.037	0.046	0.045	0.045	0.047	0.045	0.055	0.049	-	0.051	0.036	0.043	0.043
Nickel	mg/l	0.042	0.038	0.038	0.233	0.168	0.143	0.174	0.199	0.206	0.175	0.210	0.158	0.199	0.181	-	0.215	0.152	0.237	0.237
Arsenic	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.003	<0.001	<0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	<0.001	0.003	0.001	-	0.002	<0.001	0.004	0.004

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเดือนกรกฎาคม 2542

PARAMETER	UNIT	SAMPLING LOCATION																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TEMP °	C°	26.000	26.500	27.000	26.500	27.000	27.000	26.000	26.500	26.500	26.500	27.000	25.500	26.000	26.000	-	27.500	26.000	28.500
pH	-	8.500	8.450	8.440	7.380	6.970	7.870	7.410	7.350	7.240	7.420	7.820	7.530	7.860	7.520	-	7.510	7.770	7.820
SALINITY	ppt	0.200	0.200	0.200	23.000	22.000	22.000	28.000	16.000	22.000	22.000	23.000	18.000	20.500	22.000	-	27.000	23.000	22.000
DO	mg/l	2.500	2.520	3.600	0.660	0.700	1.020	1.610	0.560	0.110	1.470	1.980	1.400	1.120	1.640	-	3.51	2.310	2.110
Mercury	mg/l	0.075	0.061	0.066	0.104	0.165	0.182	0.135	0.120	0.176	0.185	0.107	0.143	0.212	0.144	-	0.118	0.134	0.115
Cadmium	mg/l	0.002	0.001	<0.001	0.025	0.018	0.021	0.048	0.015	0.019	0.024	0.024	0.028	0.027	0.018	-	0.016	0.109	0.019
Lead	mg/l	0.003	0.001	0.003	0.004	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	0.006	<0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	-	0.001	0.001	0.001
Chromium	mg/l	0.010	0.005	<0.001	0.026	0.013	0.080	0.022	<0.001	<0.001	0.005	0.008	0.028	<0.001	0.012	-	0.048	0.052	0.056
Nickel	mg/l	0.032	0.004	0.058	0.200	0.178	0.196	0.169	0.110	0.168	0.194	0.084	0.183	0.225	0.167	-	0.183	0.200	0.197
Arsenic	mg/l	0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	<0.001	<0.001	<0.001

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเดือนตุลาคม 2542

PARAMETER	UNIT	SAMPLING LOCATION																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TEMP°	C°	25.000	24.800	25.200	24.600	25.400	25.500	25.400	25.000	25.100	25.700	25.200	24.800	25.200	26.000	25.300	25.000	25.200	25.200	25.200
pH	-	7.850	7.420	7.590	7.650	7.630	7.630	7.52	7.400	7.61	7.630	7.540	7.830	7.580	7.710	7.640	7.600	7.720	7.760	7.760
SALINITY	ppt	0.100	0.200	0.200	22.200	16.600	13.400	19.800	26.000	22.700	19.400	21.100	22.800	21.600	20.300	20.200	20.000	19.400	18.000	18.000
DO	mg/l	3.000	3.200	3.850	5.800	4.800	4.800	5.050	2.200	2.100	6.450	4.600	3.900	4.100	5.050	6.250	4.550	7.150	4.200	4.200
Mercury	mg/l	0.005	0.003	0.006	0.070	0.032	0.019	0.015	<0.001	0.069	<0.001	0.045	0.006	0.053	0.008	<0.001	0.008	0.008	<0.001	<0.001
Cadmium	mg/l	0.005	0.003	0.006	0.070	0.032	0.019	0.015	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Lead	mg/l	0.001	0.001	<0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.003	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.004	0.002	<0.001	0.002	<0.001	<0.001
Chromium	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.002	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	0.006	<0.001	<0.001	<0.001	0.006	0.005	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Nickel	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.015	<0.001	0.005	<0.001	<0.001	<0.001	0.010	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Arsenic	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอนเดือนพฤศจิกายน 2541

PARAMETER	UNIT	SAMPLING LOCATION																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Mercury	mg/kg	-	-	-	0.204	0.003	0.165	0.223	0.128	0.070	0.131	0.154	0.167	0.129	0.130	0.162	-	0.120	0.170	0.154
Lead	mg/kg	-	-	-	39.10	29.80	29.60	36.30	36.30	33.90	31.40	40.90	21.10	32.50	28.00	28.30	-	32.50	30.80	21.90
Cadmium	mg/kg	-	-	-	2.50	0.90	1.90	2.50	2.30	2.10	2.00	2.30	1.80	1.00	2.20	2.70	-	1.00	0.90	1.00
Chromium	mg/kg	-	-	-	17.10	25.30	36.50	24.80	27.10	19.10	39.10	24.70	13.70	33.90	27.70	18.00	-	35.70	13.90	25.30
Nickel	mg/kg	-	-	-	19.20	21.90	14.70	45.70	16.70	25.50	21.70	16.60	11.60	18.50	13.30	16.10	-	15.50	12.00	12.50
Arsenic	mg/kg	-	-	-	5.90	7.2	4.60	4.60	5.50	4.80	4.00	6.50	10.30	4.80	3.80	6.20	-	5.60	6.80	6.50

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอนเดือนตุลาคม 2542

PARAMETER	UNIT	SAMPLING LOCATION																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Mercury	mg/kg	-	-	-	1.3	1.0	1.2	1.2	1.6	1.7	1.4	2.2	1.9	1.7	1.7	1.9	-	1.5	1.6	1.6
Lead	mg/kg	-	-	-	40.50	45.30	37.10	47.30	37.70	42.00	41.20	44.80	43.00	32.80	32.80	38.20	-	42.10	36.10	31.80
Cadmium	mg/kg	-	-	-	2.70	1.40	2.50	3.70	3.10	1.40	1.80	1.70	3.60	1.20	2.50	1.80	-	1.30	1.10	1.10
Chromium	mg/kg	-	-	-	49.50	51.80	36.60	61.00	29.30	57.80	51.50	40.50	60.90	42.20	33.00	30.40	-	42.40	21.30	30.40
Nickel	mg/kg	-	-	-	11.10	15.30	14.70	27.70	17.70	18.50	18.70	18.50	14.50	8.70	4.80	13.40	-	14.30	11.70	13.60
Arsenic	mg/kg	-	-	-	3.70	6.60	5.30	2.80	3.90	7.90	7.00	5.90	8.40	6.50	5.90	6.20	-	5.40	6.40	6.20

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา

ชนิดโลหะหนัก	หน่วย	เดือน		
		พฤศจิกายน 2541	เมษายน 2542	ตุลาคม 2542
ปรอท	mg/kg	-	0.002	0.009
ตะกั่ว	mg/kg	2.85	0.145	0.130
แคดเมียม	mg/kg	0.40	0.000	0.012
โครเมียม	mg/kg	0.95	0.051	0.064
นิกเกิล	mg/kg	2.20	0.325	0.082
อาร์เซนิก	mg/kg	0.78	0.298	0.638

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในป่าชายเลนบ้านพะเนิน

ชนิดโลหะหนัก	หน่วย	เดือน		
		พฤศจิกายน 2541	เมษายน 2542	ตุลาคม 2542
ปรอท	mg/kg	-	0.005	0.032
ตะกั่ว	mg/kg	-	0.105	0.000
แคดเมียม	mg/kg	-	0.000	0.137
โครเมียม	mg/kg	-	0.062	0.004
นิกเกิล	mg/kg	-	0.142	0.058
อาร์เซนิก	mg/kg	-	0.380	0.052

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของแคดเมียมในน้ำในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	2.444E-03	2	1.222E-03	4.942	0.011
Within Groups	1.113E-02	45	2.472E-04		
Total	1.357E-02	47			

Post Hoc Test

Multiple Comparisons

Dependent Variable

Cadmium

LSD

(I) row of sample	(J) row of sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper bound
250	500	1.58E-02*	0.006	0.007	4.55E-03	2.69E-02
	700	1.44E-02*	0.006	0.013	3.24E-03	2.56E-02
500	250	-1.6E-02*	0.006	0.007	-2.7E-02	-4.6E-03
	700	-1.3E-03	0.006	0.814	-1.3E-02	9.88E-03
700	250	-1.4E-02*	0.006	0.013	-2.6E-02	-3.2E-03
	500	1.31E-03	0.006	0.814	-9.9E-03	1.25E-02

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของปรอทในน้ำในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	1.870E-04	2	9.352E-05	0.027	0.973
Within Groups	0.154	45	3.428E-03		
Total	0.154	47			

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของโครเมียมในน้ำในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	3.850E-04	2	1.925E-04	0.377	0.688
Within Groups	2.301E-02	45	5.113E-04		
Total	2.339E-02	47			

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของนิกเกิลในน้ำในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	8.368E-04	2	4.184E-04	0.064	0.938
Within Groups	0.293	45	6.508E-04		
Total	0.294	47			

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของตะกั่วในน้ำในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	8.368E-04	2	4.184E-04	0.064	0.938
Within Groups	0.293	45	6.508E-03		
Total	0.294	47			

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของแคดเมียมในดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	0.153	2	7.625E-03	0.134	0.876
Within Groups	11.968	21	0.570		
Total	12.120	23			

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของโครเมียมในดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	119.691	2	59.845	0.285	0.755
Within Groups	4404.589	21	209.742		
Total	4524.280	23			

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของปรอทในดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	447450.8	2	223725.4	0.356	0.704
Within Groups	1.3E+07	21	628027.7		
Total	1.4E+07	23			

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของอาร์เซนิกในดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	8.190	2	4.095	1.481	0.250
Within Groups	58.046	21	2.764		
Total	66.236	23			

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของนิกเกิลในดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	328.930	2	164.465	3.260	0.058
Within Groups	1059.516	21	50.453		
Total	1388.446	23			

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของตะกั่วในดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลนที่ระยะทางแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df.	Mean Squares	F	Sig.
Between Groups	208.141	2	104.070	2.953	0.074
Within Groups	740.059	21	35.241		
Total	948.200	23			

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบความแตกต่างของปรอทในปูทะเล ระหว่างป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

พื้นที่	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย (X)	S.D.	T	P-Value
-ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา	3	0.005	4.950	0.932	0.450
-ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	2	0.018	1.910		

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความแตกต่างของตะกั่วในปูทะเล ระหว่างป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

พื้นที่	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย (X)	S.D.	T	P-Value
-ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา	3	1.042	1.566	0.847	0.459
-ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	2	0.078	7.420		

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบความแตกต่างของแคดเมียมในปูทะเล ระหว่างป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา กับพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

พื้นที่	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย (X)	S.D.	T	P-Value
-ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา	3	0.137	0.227	0.389	0.724
-ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	2	0.068	9.690		

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบความแตกต่างของโครเมียมในปูทะเล ระหว่างป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา กับพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

พื้นที่	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย (X)	S.D.	T	P-Value
-ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา	3	0.335	0.515	0.837	0.464
-ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	2	0.033	4.100		

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบความแตกต่างของนิกเกิลในปูทะเล ระหว่างป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา กับพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

พื้นที่	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย (X)	S.D.	T	P-Value
-ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา	3	0.869	1.159	0.890	0.439
-ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	2	0.100	5.940		

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบความแตกต่างของอาร์ชนิคในปุทะเล ระหว่างป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษากับพื้นที่ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน

พื้นที่	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย (X)	S.D.	T	P-Value
-ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ศึกษา	3	0.572	0.248	0.026	0.981
-ป่าชายเลนบ้านแหลมพะเนิน	2	0.566	0.263		

ตารางที่ 18 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทในน้ำกับในดินตะกอน

		ดินตะกอน	น้ำ
Pearson Correlation	ดินตะกอน	1.000	-0.863**
	น้ำ	-0.863**	1.000
Sig. (2-tailed)	ดินตะกอน	-	0.000
	น้ำ	0.000	-
N	ดินตะกอน	24	24
	น้ำ	24	24

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ตารางที่ 19 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำกับในดินตะกอน

		ดินตะกอน	น้ำ
Pearson Correlation	ดินตะกอน	1.000	-0.054
	น้ำ	-0.054	1.000
Sig. (2-tailed)	ดินตะกอน	-	0.802
	น้ำ	0.802	-
N	ดินตะกอน	24	24
	น้ำ	24	24

ตารางที่ 20 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในน้ำกับในดินตะกอน

		ดินตะกอน	น้ำ
Pearson Correlation	ดินตะกอน	1.000	-0.048
	น้ำ	-0.048	1.000
Sig. (2-tailed)	ดินตะกอน	-	0.823
	น้ำ	0.823	-
N	ดินตะกอน	24	24
	น้ำ	24	24

ตารางที่ 21 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมในน้ำกับในดินตะกอน

		ดินตะกอน	น้ำ
Pearson Correlation	ดินตะกอน	1.000	0.178
	น้ำ	0.178	1.000
Sig. (2-tailed)	ดินตะกอน	-	0.406
	น้ำ	0.406	-
N	ดินตะกอน	24	24
	น้ำ	24	24

ตารางที่ 22 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนิกเกิลในน้ำกับในดินตะกอน

		ดินตะกอน	น้ำ
Pearson Correlation	ดินตะกอน	1.000	0.289
	น้ำ	0.289	1.000
Sig. (2-tailed)	ดินตะกอน	-	0.171
	น้ำ	0.171	-
N	ดินตะกอน	24	24
	น้ำ	24	24

ตารางที่ 23 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทในน้ำกับปุทะเล

		ปุทะเล	น้ำ
Pearson Correlation	ปุทะเล	1.000	-1.000**
	น้ำ	-1.000**	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุทะเล	-	-
	น้ำ	-	-
N	ปุทะเล	2	2
	น้ำ	2	4

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ตารางที่ 24 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในน้ำกับปุทะเล

		ปุทะเล	น้ำ
Pearson Correlation	ปุทะเล	1.000	-0.496
	น้ำ	-0.496	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุทะเล	-	0.670
	น้ำ	0.670	-
N	ปุทะเล	3	3
	น้ำ	3	4

ตารางที่ 25 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในน้ำกับปุทะเล

		ปุทะเล	น้ำ
Pearson Correlation	ปุทะเล	1.000	-0.631
	น้ำ	-0.631	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุทะเล	-	0.566
	น้ำ	0.566	-
N	ปุทะเล	3	3
	น้ำ	3	4

ตารางที่ 26 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมในน้ำกับปุทะเล

		ปุทะเล	น้ำ
Pearson Correlation	ปุทะเล	1.000	0.539
	น้ำ	0.539	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุทะเล	-	0.638
	น้ำ	0.638	-
N	ปุทะเล	3	3
	น้ำ	3	4

ตารางที่ 27 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนิกเกิลในน้ำกับปุทะเล

		ปุทะเล	น้ำ
Pearson Correlation	ปุทะเล	1.000	-0.097
	น้ำ	-0.097	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุทะเล	-	0.938
	น้ำ	0.938	-
N	ปุทะเล	3	3
	น้ำ	3	4

ตารางที่ 28 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอาร์เซนิกในน้ำกับปุทะเล

		ปุทะเล	น้ำ
Pearson Correlation	ปุทะเล	1.000	-0.958
	น้ำ	-0.958	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุทะเล	-	0.185
	น้ำ	0.185	-
N	ปุทะเล	3	3
	น้ำ	3	4

ตารางที่ 29 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในดินตะกอนกับปุทะเล

		ปุทะเล	น้ำ
Pearson Correlation	ปุทะเล	1.000	1.000**
	ดินตะกอน	1.000**	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุทะเล	-	-
	ดินตะกอน	-	-
N	ปุทะเล	3	2
	ดินตะกอน	2	2

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ตารางที่ 30 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนกับปุทะเล

		ปุทะเล	น้ำ
Pearson Correlation	ปุทะเล	1.000	1.000**
	ดินตะกอน	1.000**	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุทะเล	-	-
	ดินตะกอน	-	-
N	ปุทะเล	3	2
	ดินตะกอน	2	2

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ตารางที่ 31 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ โครเมียมในดินตะกอนกับปุ๋ยมะเด

		ปุ๋ยมะเด	น้ำ
Pearson Correlation	ปุ๋ยมะเด	1.000	-1.000**
	ดินตะกอน	-1.000**	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุ๋ยมะเด	-	-
	ดินตะกอน	-	-
N	ปุ๋ยมะเด	3	2
	ดินตะกอน	2	2

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ตารางที่ 32 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณนิกเกิลในดินตะกอนกับปุ๋ยมะเด

		ปุ๋ยมะเด	น้ำ
Pearson Correlation	ปุ๋ยมะเด	1.000	1.000**
	ดินตะกอน	1.000**	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุ๋ยมะเด	-	-
	ดินตะกอน	-	-
N	ปุ๋ยมะเด	3	2
	ดินตะกอน	2	2

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ตารางที่ 33 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอาร์เซนิกในดินตะกอนกับปุทะเล

		ปุทะเล	น้ำ
Pearson Correlation	ปุทะเล	1.000	-1.000**
	ดินตะกอน	-1.000**	1.000
Sig. (2-tailed)	ปุทะเล	-	-
	ดินตะกอน	-	-
N	ปุทะเล	3	2
	ดินตะกอน	2	2

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ตารางที่ 1 มาตรฐานของโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
ทองแดง(Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
เซลีนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Technique

ที่มา : ดัดแปลงจากประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) วันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ง ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539



ตารางที่ 2 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

คุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด ^{1/}						
		ประเภทที่ 1 เพื่อการ สงวน รักษา ธรรมชาติ	ประเภทที่ 2 เพื่อการ อนุรักษ์ แหล่ง ปะการัง	ประเภทที่ 3 เพื่อการ อนุรักษ์ แหล่งธรรม ชาติอื่นๆ	ประเภทที่ 4 เพื่อการ เพาะเลี้ยง สัตว์น้ำ ชายฝั่ง	ประเภทที่ 5 เพื่อการ ว่ายน้ำ	ประเภทที่ 6 เพื่อการกีฬา ทางน้ำอื่นๆ	ประเภทที่ 7 บริเวณ แหล่ง อุตสาหกรรม
ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก./ล.	๒	0.0001	0.0001	0.0001	-	-	0.0001
แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	๒	0.005	0.005	0.005	-	-	0.005
โครเมียม (Cr)	มก./ล.	๒	0.1	0.1	0.1	-	-	**
โครเมียม ชนิดเฮกซะวาเลนต์ เกิน (Cr-Hexavalent)	มก./ล.	๒	0.05	0.05	0.05	-	-	0.1
ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	๒	0.05	0.05	0.05	-	-	**
ทองแดง (Cu)	มก./ล.	๒	0.05	0.05	0.05	-	-	**
แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	๒	0.1	0.1	0.1	-	-	**
เหล็ก (Fe)	มก./ล.	๒	0.1	0.1	0.1	-	-	**
สังกะสี (Zn)	มก./ล.	๒	0.3	0.3	0.3	-	-	**
อุณหภูมิ	๘ (C°)	๒	33	33	33			
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	-	๒	7.5-8.9	7.0-8.5	7.0-8.5	-	-	**
ความเค็ม	ppt	๒	29-35	▲ 10%	▲ 10%	-	-	**
ออกซิเจนที่ละลาย (DO)	มก./ล.	๒	4	4	4	-	-	**

- หมายเหตุ 1/ = ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด
- ** = จะกำหนดตามความจำเป็น
- ๒ = ธรรมชาติไม่ได้รับผลจากการกระทำของมนุษย์
- มก./ล. = มิลลิกรัมต่อลิตร
- = ไม่ได้กำหนดค่า
- ▲ = เปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติ

ที่มา : ดัดแปลงจากประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก ฅ)

ตารางที่ 3 มาตรฐานความเข้มข้นของโลหะหนักที่มีค่าปกติและยอมรับได้สูงสุดในดินเพื่อการเกษตร

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg / kg)

โลหะหนัก	ประเทศ		
	ฝรั่งเศส	อังกฤษ	เยอรมัน
ปรอท	1	1	2
ตะกั่ว	100	550	100
แคดเมียม	2	3.5	3
โครเมียม	150	600	100
นิกเกิล	50	35	50

ที่มา : ดัดแปลงจาก Webber M.D., A. Kloke, CHR.T. Jell (1983)

หมายเหตุ ค่าของอาร์เซนิกไม่ได้กำหนดไว้ในค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 4 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดิน

คุณภาพน้ำ ²	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด ³ ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำ ตามการใช้ประโยชน์ ¹				
		ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท
		1	2	3	4	5
อุณหภูมิ (Temperature)	°ซ	ธ	ธ	ธ	ธ	-
ความเป็นกรดและด่าง (pH)		ธ	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
ออกซิเจนละลาย (DO) ³	มก/ล	ธ	6.0	4.0	2.0	-
นิกเกิล (Ni)	มก/ล	ธ	0.1	0.1	0.1	-
แคดเมียม (Cd)	มก/ล	ธ	0.005* 0.05**	0.005* 0.05**	0.005* 0.05**	-
โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)	มก/ล	ธ	0.05	0.05	0.05	-
ตะกั่ว (Pb)	มก/ล	ธ	0.05	0.05	0.05	-
ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก/ล	ธ	0.002	0.002	0.002	-
สารหนู (As)	มก/ล	ธ	0.01	0.01	0.01	-

ที่มา : ดัดแปลงจากประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความ
ในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนด
มาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111
ตอนที่ 16 ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก ก)

หมายเหตุ :

1/ การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุก ประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
- (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
- (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (1) การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
- (3) การประมง
- (4) การว่ายน้ำและการกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (1) การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- (2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (1) การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- (2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

3/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ข เป็นไปตามธรรมชาติ

ค อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

๑๗ องศาเซลเซียส

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายศิริพงศ์ ขอบแตง
วัน เดือน ปีเกิด	17 พฤษภาคม 2517
สถานที่เกิด	จังหวัดสงขลา ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	วิทยาลัยประมงสงขลาติณสุวานนท์, พ.ศ. 2533-2537 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา, พ.ศ. 2538-2539 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง) เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2540-2545 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวางแผนสิ่งแวดล้อม เพื่อพัฒนาชนบท
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	9/4 ต. วัดขุ่น อ. สิงหนคร จ. สงขลา 90330 (074) 483398

EXECUTIVE SUMMARY

Background and significance of the problem

The problem of wastewater in various communities in every region of Thailand clearly affected the existence of people and ecological system especially in the past 2-3 decades. This was because the populations had rapidly increased especially in the big community. And this caused the increase of the water using quantity. Usually, 85 – 90 % of the used water would be transformed to the wastewater. Apart from having smelly odour, the wastewater might have the heavy metal contamination (toxic substance) which was enduring in the nature and did not disintegrate. If some heavy metals such as mercury, lead, cadmium accumulated in the wastewater over the standard level, it might cause great danger to the living things. General water source differently had heavy metal contamination. Usually, the quantity of heavy metal in the natural water source would not be so high that it would cause danger to the living things. But in some water source which was affected by the activity of human beings, the contamination quantity of heavy metal might continuously increased to the dangerous level. For example, several kinds of heavy metal such as mercury, lead, cadmium, chromium, nickel and arsenic were discovered in Phetchaburi River. As for checking in April and December 1997, it was found that there were average quantity of heavy metal throughout the river at 0.002, 0.004, 0.004, < 0.001, 0.027 and < 0.001 mg / l respectively. After comparing the standard value from the report of Pollution Control Department, it could be found that, the quantity of some heavy metal was near to the standard value. Some heavy metal was over the standard value and trended to continuously increased.

Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center was situated at Tambol Laem Phak Bia, Amphoe Ban Laem, Phetchaburi Province by having the area of 2,135 rais. As the King was worried about the environmental problem stemming from the wastewater and rubbish which severely increased and became the problem which was difficult to be easily solved, the King therefore, gave the thinking guideline to the related officials so that these people would

jointly study to find the method of solving the environmental problem concerning wastewater, rubbish and conservation of mangrove forest.

There was the wastewater about 3,500 cubic metres per day, in the municipality of Phetchaburi Province and the near by areas. The study of the characteristic of wastewater in the wastewater well at Ban Khlong Yang Pumping Station under Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center found that the quantity of water trended to continuously decrease. So, the water should be treated before being released in to the natural water source.

The wastewater treatment well of the municipality in Phetchaburi Province was established under Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center, Tambol Laem Phak Bia, Amphoe Ban Laem, Phetchaburi Province with the objective to study and develop the wastewater treatment method by using the suitable technology. The steps of wastewater treatment started by pumping the wastewater from the wastewater well at Ban Khlong Yang Pumping Station in the municipality of Phetchaburi Province for treatment at Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center through the water sending ditch for 18.5 kilometres. The wastewater would pass in to the depositing well for depositing the suspended substances at the bottom of the well. After that the water would be released to flow into the first, second and third treatment well and the water quality adjusting well, respectively for 28 days. Then, the water would be drained into the mangrove forest area so that the mangrove forest would help improve the water quality before draining into the sea.

The mangrove forest area which carried the wastewater from the municipality of Phetchaburi Province consisted of the area about 880,000 square metres. The study found that the condition of the mangrove forest at Amphoe Ban Laem prevalently had plants. There were Family Avicenniaceae and Family Rhizophoraceae form the coast to the forest. The study of the quantity of heavy metal in the water before releasing into the mangrove forest at Ban Laem Phak Bia in April and December 1997 found that there were average quantity of mercury, lead and cadmium equal to 0.004, 0.05 and 0.005 mg / l, respectively. After comparing with the standard value of the quality of the surface water source, it was found that, the quantity of mercury was higher than the standard

value. The quantity of lead and cadmium were equal to the standard value. As the mangrove forest would trap the refuse and various toxic substances in the water before flowing into the sea, when several kinds of heavy metals were blown along the river, they would deposit in the mangrove forest. This made these heavy metals accumulate in the sediments, which might affect the contamination quantity in the aquatic animals which lived in said mangrove forest.

It was found that the water which came out of the final treatment well and was ready to be drained in to the mangrove forest still had the rather high quantity of heavy metal residues. This indicated that the natural wastewater treatment system had low efficiency in reducing the heavy metal quantity because the treatment system was not specifically designed for treating the heavy metal. Therefore, the researcher was interested to study the efficiency of the mangrove forest in helping reduce said heavy metal quantity. The researcher had studied about some heavy metal residues in the water, sediments in the mangrove forest which was differently distant from the treatment well in order to show that whether each level of the mangrove forest had different efficiency in absorbing the heavy metal. Moreover, the researcher would study about the relation of the quantity of the heavy metal in the water, sediments and crabs (*Scylla serrata* Forskal) which lived in the studied mangrove forest area. And, the researcher would compare with the mangrove forest at Ban Laem Phanoen which was near by but was not affected by the wastewater from wastewater treatment well in the municipality of Phetchaburi Province in order to be the basic information for studying the impact of releasing the wastewater which had the heavy metal contamination into the mangrove forest. Said information could be directly useful for Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center. Moreover, it could be used as the information for studying the impact of wastewater towards the mangrove forest in other area.

Objectives

1.1 To study the quantity of mercury, lead, cadmium, chromium, nickel and arsenic residues in the water, sediments and crabs in the mangrove forest area which was affected by the wastewater from the wastewater treatment well at Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center.

1.2 To study about the relation of the quantity of mercury, lead, cadmium, chromium, nickel and arsenic in the water, sediments and crabs in the mangrove forest area which was affected by the wastewater from the wastewater treatment well at Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center.

Hypothesis

1. The quantity of heavy metal in the sediments and water which came out of the mangrove forest had lower value than that from the area before the mangrove forest.

2. The mangrove forest which was near the wastewater releasing point would have more heavy metal residues than the mangrove forest which was far away. Or the distance from the coast had a relation with the heavy metal residues.

3. The mangrove forest which was affected by the wastewater from the wastewater treatment well would have more heavy metal residues in the water, sediments and crabs than the mangrove forest at Ban Laem Phanoen which was not affected by the wastewater from the wastewater treatment well.

4. The quantity of heavy metal in the water, sediments and crabs had mutual relation.

Expected Results

1. To know about the efficiency of the mangrove forest in absorbing each kind of heavy metal.

2. To know about the quantity of heavy metal residues in the water, sediments and crabs in the mangrove forest which was affected by the wastewater from the wastewater treatment well.

3. To know about the relation of each kind of the heavy metal in the water, sediments and crabs in the mangrove forest which was affected by the wastewater from the wastewater treatment well.

4. To use the information of the research to improve the wastewater treatment system of Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center to have more treatment efficiency.

5. To apply the information in other areas which had similar characteristics and elements.

Scope of Study

The study of the quantity of some kinds of heavy metal residues in the mangrove forest at Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center was divided into 4 parts as follows :

1. To analysis the physical and chemical characteristics of the sample water in November,1998 March, July, and October 1999, temperature, salinity, pH, DO, mercury, lead, cadmium, chromium, nickel and arsenic.

2. To analysis the quantity of heavy metal in the sample sediments mercury, lead, cadmium, chromium, nickel and arsenic in November 1998 – June 2000.

3. To analysis the quantity of heavy metal mercury, lead, cadmium, chromium, nickel and arsenic which accumulated in the crabs which were caught in the mangrove forest arsenic in November 1998 – December 1999.

4.To analysis to find the relation of the quantity of mercury, lead, cadmium, chromium, nickel and arsenic in the sediments, water and crabs.

The studied area

The mangrove forest which was affected by the wastewater from the wastewater treatment well in the municipality of Phetchaburi Province in Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center by having the area about 550 rais.

Methods of research

1. Determining the sample water collecting points.

1.1 The sample water before draining into the mangrove forest

The researcher would collect the sample water before draining into the mangrove forest at 4 following points : point 1, 2, 3 and 16.

1.2 The sample water in the coastal mangrove forest

The wastewater from the municipality of Phetchaburi Province which was treated would be released into the mangrove forest. It was expected to spread and affect the environment at the nearby mangrove forest. Therefore, The researcher had determined the sample water collecting points to analysis the water quantity and the impact of wastewater into 2 characteristics as follows :

1.2.1 The mangrove forest a long the coastal area. The researcher determined the sample seawater collecting point into 3 transect lines. Each transect line had 4 points of collecting the sample water. The distance between each transect line is 250 metres.

Transect Line 1 was Point 4, 5, 6, and 7.

Transect Line 1 was Point 8, 9, 10 and 11.

Transect Line 1 was Point 12, 13, 14, and 15.

1.2.2 Ban Laem Phanoen consisted of the mangrove forest which was near the first line. And it was expected that it was not effected by the treated wastewater of the municipality in Phetchaburi Province. The researcher had determined 3 survey points as the reference point for examining the water quality. As follow : Points 17, 18, and 19

2. The method of collecting the sample

2.1 Collecting the sample water

The researcher had collected the sample water at the specified point for 4 times throughout the experiment for 1 year in November, March, July and October. The researcher used 1 litre cylinder to collect the sample water by pouring the water in BOD bottle. Then, the researcher filled the concentrated Nitric Acid about 2 cm.² and wrote the label attached at the side of the bottle by stipulating time, place and date of collecting the sample. After that, the researcher kept the sample water in the sample water collecting bin whose lid was tightly closed at temperature of 4 °c in order to be brought to analysis the water quality.

2.2 Collecting the sample sediments

The researcher collected the sample sediments at the specified point in order to study the quantity of each kind of heavy metal residues in each length of the mangrove forest. The researcher used 1- litre- plastic cylinder to scoop the sediments about 1 kilogram per each point and put in the high density plastic bag which was tightly closed. The sample sediments would be kept in the bin to prevent it from the heat and light. Then, it would be brought to analysis the heavy metal. The sample sediments would be collected for 2 times throughout the experiment : the first month of the experiment was November and the last month of the experiment was October.

2.3 Collecting the sample crabs (*Scylla serrata* Forskal)

The researcher collected the sample crabs (*Scylla serrata* Forskal) in order to analysis the quantity of heavy metal residues by placing the fish trap along the water furrow in the mangrove forest at Ban Laem Phak Bia which was affected by the wastewater from the wastewater treatment well and Ban Laem Phanoen during the rise of the water. Then, the researcher collected the crabs during the fall of the water. The size of the crabs for use in analysis would have the length of the shell about 10 centimetres which people liked to eat about 3-4 crabs per time. After that the crabs would be cleaned and kept in the bin which could control the temperature for use in analysis to find the quantity of heavy metal residues in the crabs. The sample would be collected for 3 times throughout the experiment in November, April and October.

Place and duration for doing the research

The experiment was carried out in the mangrove forest at Laem Phak Bia which was affected by the wastewater from the wastewater treatment well of the municipality in Phetchaburi Province under Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center, and the mangrove forest at Ban Laem Phanoen, Amphoe Ban Laem Phetchaburi Province

Duration for doing the research was ovember 1998 – October 1999

Summary of the result of study

1. General quantification of the water

The wastewater which was treated by the wastewater treatment system of Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center, still did not directly affect the water quality in the mangrove forest. For the overall picture, general quantification of the water was still in the standard criteria of the water quality in the surface water source, Category 4 i.e. the water source which was affected by the wastewater of some activity and used for consumption and industry by passing sterilization and the process of improving the water quality. The general qualification of the water in the mangrove forest was mostly in the standard criteria of the coastal sea water quality, Category 3 which was suitable for the mangrove forest conservation, habitats of wild animals, breeding source, larva raising source and food source of aquatic animals.

2.The quantity of heavy metal residues in the water

The wastewater which was treated by the wastewater treatment system of Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center, was mostly in the standard criteria of the heavy metal in the wastewater from the industrial factory and the industrial estate except the quantity of mercury which had value over the standard. As for the quantity of heavy metal residues in the mangrove forest, lead and chromium had value in the standard criteria of the coastal sea water quality, Category 3. The quantity of mercury and cadmium had value over the standard of the coastal sea water quality, Category 3. The standard value of nickel and arsenic was not specified.

The mangrove forest which was near the wastewater releasing point (250 metres from the wastewater treatment well) had more heavy metal than the distance which was far away (500 and 750 metres). This was consistent with the specified hypothesis (The mangrove forest which was near the wastewater releasing point would have more heavy metal residues than the mangrove forest which was far away) except the quantity of mercury and arsenic.

The quantity of heavy metal which came out of the mangrove forest (which was distant from the treatment well about 750 metres) would have higher average than the area whose heavy metal from the area before enter the mangrove forest. This was not consistent with the specified hypothesis (*The quantity of heavy metal in the water which came out of the mangrove forest had lower value than the area whose heavy metal from the area before enter the mangrove forest*) because the wastewater from the wastewater treatment well was drained into the mangrove forest at all times. When each kind of heavy metal was drained together with the wastewater, it would be deposited in the water and sediments. The longer duration of deposit and accumulation made more heavy metal with came out of the mangrove forest than the area whose heavy metal from the area before enter the mangrove forest.

The mangrove forest which was the studied area had more mercury and lead than the mangrove forest at Ban Laem Phanoen, which was consistent with the specified hypothesis. The mangrove forest at Ban Laem Phanoen would have more cadmium, chromium and nickel than the mangrove forest which was affected by the wastewater from the treatment well of Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center. This showed that the wastewater from the wastewater treatment well of Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center did not affect the ecological system of the mangrove forest.

3. The residues quantity of each kind of heavy metal in the sediment

The residues quantity of each kind of heavy metal in the sediment in the mangrove forest which was the studied area had the average in the standard criteria of the concentration of the heavy metal which had normal value and was extremely accepted in the agricultural soil. The mangrove forest which was near the wastewater releasing point (far from the wastewater treatment well about 250 metres) had more heavy metal than the area which was far away (500 and 750 metres). This was consistent with the specified hypothesis (*The mangrove forest which was near the wastewater*

releasing point would have more heavy metal residues in the sediments than the area which was far away) except the quantity of mercury and arsenic which was not consistent with the specified hypothesis.

The residues quantity of each kind of heavy metal in the sediments in the mangrove forest which was the studied area had more mercury, lead, cadmium, chromium, nickel than the mangrove forest at Ban Laem Phanoen. This was consistent with the specified hypothesis (*The mangrove forest with was the studied area had more heavy metal residues in the sediments than the mangrove forest at Ban Laem Phanoen*). As for arsenic it was not consistent with the specified hypothesis because the quantity of arsenic before draining into the mangrove forest had little value. So, the arsenic residues in the sediments might come from other place by flowing together with the sea water during the rise of the water. So, the mangrove forest at Ban Laem Phanoen had more arsenic residues than the mangrove forest with was the studied area.

4. The residues quantity of each kind of heavy metal in the crabs (*Scylla serrata* Forskal)

The average of mercury, cadmium and arsenic was in the standard criteria of the heavy metal in food of the Ministry of Public Health. The lead residues in the crabs (*Scylla serrata* Forskal) in the mangrove forest which was the studied area slightly had the value over the standard of heavy metal in food of the Ministry of Public Health. As for overall picture, the crabs (*Scylla serrata* Forskal) which lived in the mangrove forest which was the studied area were still safe for consumers.

The crabs (*Scylla serrata* Forskal) in the mangrove forest which was the studied area had more heavy metal residues than the crabs (*Scylla serrata* Forskal) in the mangrove forest at Ban Laem Phanoen. This was consistent with the specified hypothesis (*There were more heavy metal residues in the crabs (Scylla serrata Forskal) in the studied area than the crabs which lived in the mangrove forest at Ban Laem Phanoen*) except the quantity of mercury. The crabs which lived in the mangrove forest at Ban Laem Phanoen had higher value than the crabs which lived in the mangrove forest which was the studied area. But it was still in the standard criteria of the heavy metal in the food of the Ministry of Public Health. The standard value of chromium and nickel was not specified.

5. The relation between each kind of heavy metal in the water, sediments and crabs

5.1 The relation between each kind of heavy metal in the water and sediments

The quantity of mercury and nickel in the water had relation with the quantity of mercury and nickel in the sediments. This was consistent with the objective and specified hypothesis (*The quantity of heavy metal in the water and sediments had mutual relation*) The quantity of mercury would have relation in the opposite direction. This meant that if the quantity of mercury in the water increased, the quantity of mercury in the sediments would decrease. Or the contrary, if the quantity of mercury in the water decreased, the quantity of mercury in the sediments would increase.

The quantity of nickel had relation in the same direction. This meant that if the quantity of nickel in the water increased, the quantity of nickel in the sediments would also increase. On the contrary, if the quantity of nickel in the water decreased, the quantity of nickel in the sediments would also increase. The quantity of lead, cadmium and chromium in the water had no relation with the quantity of lead, cadmium and chromium in the sediments this was not consistent with the objective and specified hypothesis.

5.2 The relation between each kind of heavy metal in the water and crabs

The quantity of mercury, lead, cadmium, chromium and arsenic in the water had a relation with the quantity of mercury, lead, cadmium, chromium and arsenic in the crabs. This was consistent with the specified hypothesis (*the quantity of heavy metal in the water and crabs had mutual relation*). The quantity of mercury, lead, cadmium and arsenic had a relation in the opposite direction with the quantity of mercury, lead, cadmium and arsenic in the crabs. This meant that if the quantity of mercury, lead, cadmium and arsenic in the water increased, the quantity of mercury, lead, cadmium and arsenic in the crabs would decrease. On the contrary, if the quantity of mercury, lead, cadmium and arsenic in the water decreased, the quantity of mercury, lead, cadmium and arsenic in the crabs would increase. Chromium would have relation in the same direction. This meant that if the quantity of chromium in the water increased, the quantity of chromium in the crabs would also increase.

On the contrary, if the quantity of chromium in the water decreased, the quantity of chromium in the crabs would also decrease. The quantity of nickel in the water and crabs would have no mutual relation.

5.3 The relation between each kind of heavy metal in the sediments and crabs

The quantity of lead, cadmium, chromium, nickel and arsenic in the sediments had a relation with the quantity of lead, cadmium, chromium, nickel and arsenic in the crabs. This was consistent with the objective and specified hypothesis (*The quantity of heavy metal in the sediments and crabs had mutual relation*). The quantity of lead, cadmium and nickel had a relation in the same direction. This meant that if the quantity of lead, cadmium and nickel in the sediments increased, the quantity of lead, cadmium and nickel in the crabs would also increase. On the contrary, if the quantity of lead, cadmium and nickel in the sediments decreased, the quantity of lead, cadmium and nickel in the crabs would also decrease. The quantity of chromium and arsenic had a relation in the opposite direction. This meant that if the quantity of chromium and arsenic in the sediments increased, the quantity of chromium and arsenic in the crabs would decrease, On the contrary, if the quantity of chromium and arsenic in the sediments decreased, the quantity of chromium and arsenic in the crabs would also increase.

Recommendations

1. Recommendations after study

After study six heavy metal residues in water, sediments and crabs (*Scylla serrata* Forskal) in the mangrove forest at Royal Laem Phak Bia Environmental Development and Research Center, Amphoe Ban Laem, Phetchaburi Province, the researcher found that the contamination quantity of each kind of heavy metal was rather high. This was because, at present, the heavy metal were increasingly used in various activities. So, it should be studied in order to be the guideline of determining the standard value of the heavy metal contamination in the community wastewater, aquatic animals, water and sediments so as to control, prevent and solve the problem of heavy metal contamination in the environment.



Moreover, the result of study should be brought to disseminate to people living around the center so that these people could understand that the wastewater which was treated would not affect the ecological system of the mangrove forest. And the aquatic animals which lived in the mangrove forest, especially the crabs (*Scylla serrata* Forskal) could be consumed as usual.

2. Recommendations for next research

2.1 After study, the researcher found that collection of information in each area was rather little because of the restriction of budget. So, it was necessary to specifically and separately study each kind of heavy metal in order to receive detailed information in each studied area.

2.2. There should be the study of heavy metal residues in other aquatic animals which lived in the mangrove forest which was effected by the wastewater from the wastewater treatment well.

2.3 There should be the study of the residues of each kind of heavy metal in the mangrove forest plants in order to know that which kind of the plants in the mangrove forest had more efficiency in absorbing and reducing the quantity of heavy metal.