การกระจายของโลหะหนัก (Cd, Pb, Cu และ Zn) ในน้ำ และตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

Distribution of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu and Zn) in Water and Sediment at Tha Chin Estuary, Samut Sakhon Province

ธัญชนก จินดาศรี [1] เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ [1*] สราวุธ ศรีทองอุทัย [2] อรอิงค์ เวชสิทธิ์ [1]
ณิศรา ถาวรโสตร์ [1] ชาคริต เรืองสอน [1] และ ภัททิรา เกษมศิริ [3]
Thanchanok Jindasre [1], Shettapong Meksumpun [1*], Sarawut Srithongouthai [2], Oning Veschasit [1]
Nissara Thawornsode [1], Chakhrit Ruengsorn [1] and Pattira Kasamesiri [3]

Received: 26 May 2020, Revised: 1 July 2021, Accepted: 23 September 2022

บทคัดย่อ

ศึกษาการกระจายของโลหะหนักสะสมในน้ำ ในของแข็งแขวนลอยรวม และในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร ในช่วงต้นฤดูน้ำหลาก (เดือนเมษายน พ.ศ. 2561) และกลางฤดูน้ำหลาก (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561) พบปริมาณแคดเมียมในทุกตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าระดับที่จะตรวจวัดได้ ในน้ำมีปริมาณตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีมีค่าอยู่ระหว่าง nd-5.5 0.5-16.0 และ 12.9-158.5 ppb ตามลำดับ โลหะหนักทั้งสามชนิดในของแข็งแขวนลอยรวมมีปริมาณระหว่าง nd-4.0 nd-19.0 และ 11.0-341.0 ppb ตามลำดับ และในดินตะกอนมีปริมาณระหว่าง 10.6-53.5 15.6-80.4 และ 64.6-252.8 ppm ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่โลหะหนักในน้ำมีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนโลหะหนักในดินตะกอนมีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐานในบางสถานี โดยเฉพาะบริเวณตอนกลางของแม่น้ำระหว่างฤดูกาลพบว่าปริมาณสังกะสีในน้ำ ทองแดงในน้ำ และตะกั่วในดินตะกอนของแต่ละฤดูมีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) และในดินตะกอนบริเวณพื้นที่แนวร่องน้ำของแต่ละฤดูกาลมีปริมาณทองแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ทั้งนี้พบว่าสังกะสีในน้ำมีความสัมพันธ์ทางสถิติกับสังกะสีในของแข็งแขวนลอย การศึกษาด้านการสะสมของโลหะหนัก พบว่า ปริมาณโลหะหนักในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าเฉลี่ย

---

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Marine Sciences, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

[2] Department of Environmental Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Wang Mai, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand.

[3] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[3] Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Khamriang Sub-District, Kantarawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): ffisspm@ku.ac.th

เท่ากับ 598,548.3 กิโลกรัม เป็นการสะสมของสังกะสี ร้อยละ 66 ทองแดง ร้อยละ 18 และตะกั่ว ร้อยละ 16 โดยมีปริมาณสะสมอยู่ในดินตะกอน (91%) > ในของแข็งแขวนลอยรวม (6%) > ในน้ำ (3%) ตามลำดับ การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการบริหารจัดการโลหะหนักในดินตะกอนอย่างยิ่งยวดปนเปื้อนของโลหะหนักบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในดินตะกอนอย่างยิ่งยวด

คำสำคัญ: โลหะหนัก, การปนเปื้อน, ของแข็งแขวนลอยรวม, ดินตะกอน, แม่น้ำท่าจีน

ABSTRACT

This study investigates the distribution of heavy metals within the Tha Chin river mouth, Samut Sakhon Province, focusing on the early loading period (April 2018) and the mid-loading period (July 2018). The content of Cadmium in all samples were undetectable while the contents of Lead, Copper and Zinc in water varied in the range of nd-5.5, 0.5-16.0 and 12.9-158.5 ppb, respectively. In the total suspended solids, they varied in the range of nd-4.0, nd-19.0 and 11.0-341.0 ppb, respectively and range of 10.6-53.5, 15.6-80.4 and 64.6-252.8 ppm, respectively in the sediments. Most heavy metals in the water did not exceed the standard value, but the heavy metals in the sediment were higher than the standard values in some stations, especially in the central part of the river mouth. The content of Copper, Zinc and Lead in water and sediment were seasonally significantly different (p <0.05) and, the content of Copper in the sediments of the central part of the river mouth was seasonally significantly different (p <0.05). Zinc content in water was significantly correlated with that of the total suspended solids. This study found that the heavy metal accumulation showed that heavy metals accumulation showed that the average value of heavy metals in the Tha chin river moth was 598,548.3 kilograms, featuring Zinc 66%, copper 18% and lead 16%, respectively. The total amount of heavy metals accumulated in sediment, suspended solids and water were 91%, 6% and 3%, respectively. These results indicate that the management of sediment contamination in Tha Chin river mouth is urgently needed.

Key words: heavy metal, contamination, total suspended solids, sediment, Tha Chin Estuary

บทนำ

แม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำที่สำคัญสายหนึ่ง เกิดจากการแยกตัวจากแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณปากคลองมะขามเฒ่า อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ไหลผ่านอำเภอเดิมบางนางบวช อำเภอสามชุก อำเภอศรีประจันต์ อำเภอเมือง อำเภอบางปลาม้า และอำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอบางเลน อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม และไหลลงสู่อ่าวไทยที่ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร (Royal Irrigation Department, 1998) บริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเป็นพื้นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นทั้งแหล่งเพาะเลี้ยง แหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำเศรษฐกิจ และแหล่งทำประมงของคนในท้องถิ่น

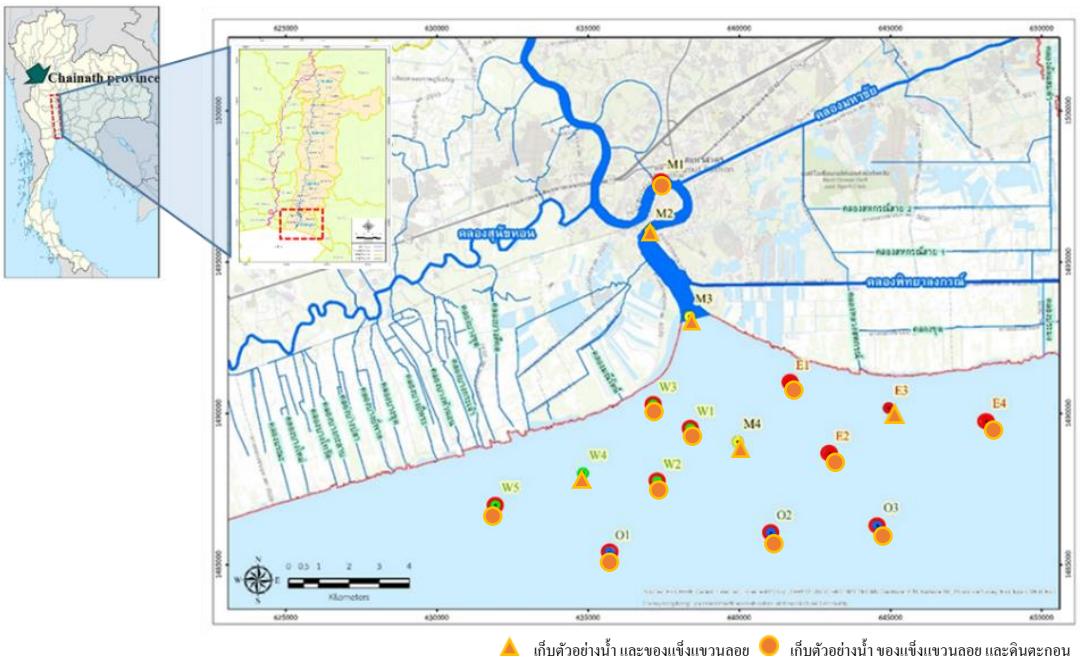
ปัจจุบันบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนกำลังเข้าสู่สภาวะเสื่อมโทรม จากรายงานของ Ministry of Natural Resources and Environment (2009) พบว่าบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน มีค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในภาวะต่ำจนอยู่ในระดับวิกฤต (น้อยกว่า 2 mg/l) สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ สืบเนื่องจากการขยายตัวของแหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และเกษตรกรรมบริเวณริมฝั่งทั้งสองด้านของแม่น้ำท่าจีน ทำให้แม่น้ำท่าจีนกลายเป็นแหล่งรองรับของเสียจากทุก ๆ กิจกรรมดังกล่าว (Buajan and Pumijumnong, 2010) อีกทั้งยังมีการปล่อยน้ำและของเสีย ที่ยังไม่ผ่านการบำบัดลงสู่แม่น้ำ จึงทำให้มีการสะสมตัวของของเสียประเภทต่าง ๆ ทั้งในรูปของสารละลายสะสมในน้ำ ปะปนกับอนุภาคที่แขวนลอย และอนุภาคที่จมตัวลงเป็นตะกอนบริเวณพื้นท้องน้ำซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นแหล่งสะสมของของเสียได้ทั้งสิ้น

โลหะหนักเป็นของเสียประเภทหนึ่ง ที่มีการสะสมอยู่ในแม่น้ำท่าจีน (Veschasit, 2008) โลหะหนักมีความเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต รวมทั้งมีการสะสมตัวในแหล่งน้ำได้หลายรูปแบบ รวมทั้งยังสามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ในแหล่งน้ำ และถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร (Thongra-ar *et al*., 2008) ซึ่งสามารถสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำ และสะสมในดินตะกอนด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ระดับความเป็นพิษของโลหะหนักต่อสิ่งมีชีวิตขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะหนักแต่ละชนิด ปริมาณที่ได้รับ อายุ และความต้านทานของสิ่งมีชีวิต การวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาปริมาณของโลหะหนักที่สะสมในน้ำ ในของแข็งแขวนลอย และในดินตะกอน และติดตามสถานการณ์ของสารมลพิษโลหะหนักที่ไหลลงมาจากแผ่นดินและเข้ามาสู่ระบบปากแม่น้ำ เพื่อเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักในน้ำ ในของแข็งแขวนลอยรวม และในดินตะกอน ตลอดจนศึกษาถึงการสะสมโลหะหนักในพื้นที่ เพื่อเป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังควบคุมปริมาณ โลหะหนักที่มีการปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ทำการศึกษา

ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร โดยเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงต้นฤดูน้ำหลาก ซึ่งมีปริมาณน้ำท่า 189.50 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (เดือนเมษายน พ.ศ. 2561) และกลางฤดูน้ำหลากซึ่งมีปริมาณน้ำท่า 174.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561) (The Agricultural Research Development Agency (Public Organization) arda, 2018) กำหนดช่วงเวลาตามปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่บริเวณปากแม่น้ำปริมาณน้ำท่าแม่น้ำท่าจีน โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 16 สถานี จาก 4 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่กลางลำน้ำและร่องน้ำ (สถานี M1-M4) พื้นที่ดอนฝั่งตะวันออก (E1-E4) พื้นที่ดอนฝั่งตะวันตก (W1-W5) และพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำ (O1-O3) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากมวลน้ำจืดค่อนข้างน้อยเนื่องจากอยู่ลึกลงไปในทะเลรวมทั้งเป็นจุดตะกอนตอนกลางของปากแม่น้ำ แบ่งพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนตามการศึกษา Ritnim (2011) (ภาพที่ 1 และตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาและสถานีเก็บตัวอย่างน้ำ ของแข็งแขวนลอย และดินตะกอนในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

ตารางที่ 1 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างตัวอย่างน้ำ ของแข็งแขวนลอย และดินตะกอนในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

Station	UTM UNIT*		Station	UTM UNIT*	
	Easting	Northing		Easting	Northing
W1	638400	1489500	M4	639950	1489075
W2	637292	1487747	E1	641681	1491022
W3	637147	1490299	E3	644943	1490185
W4	634832	1488036	E4	648180	1489753
W5	631938	1486977	E2	642989	1488676
M1	637425	1497650	O1	635701	1485395
M2	637048	1496024	O2	641041	1486056
M3	638355	1493212	O3	644580	1486300

UTM UNIT* = UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR UNIT

2. วิธีเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำด้วยกระบอกเก็บน้ำ (Kemmerer water sampler) ที่ระดับกึ่งกลางความลึก บรรจุใส่ขวด polyethylene ปริมาตร 250 มิลลิลิตร (ที่ผ่านการแช่กรดไนตริก (HNO_3) 40% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง) จากนั้นกรองน้ำตัวอย่างด้วยแผ่นกรอง และเก็บรักษาแผ่นกรอง ใส่ในถุงโพลีเอธีลีนเพื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในของแข็งแขวนลอยรวม ทำการปรับพีเอชของน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองให้ต่ำกว่า 2 ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น (conc.HNO_3) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เก็บตัวอย่างดินตะกอนระดับชั้นดินผิวหน้า (0-1 เซนติเมตร) ด้วยกระบอกเก็บดิน (Sediment corer) แล้วตัดขอบดินที่สัมผัสกับกระบอกเก็บดิน

เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและใส่ในถุงโพลีเอธีลีน จากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

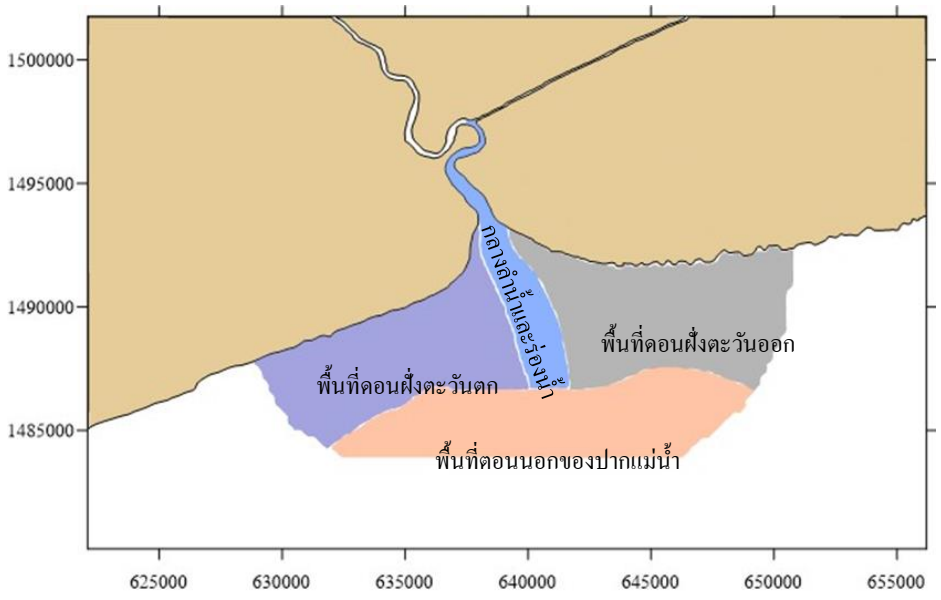
3. วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่สะสมในน้ำ ดัดแปลงจาก Sukasem (1989) โดยเติมน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยแผ่นกรอง GF/F แล้ว ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์เทฟลอน และปรับพีเอช ให้มีค่าเท่ากับ 4 จากนั้นผสม 2% Ammonium Pyrolidine Dithiocarbamate (APDC) 10 มิลลิลิตร และ Methyl Isobuthyl ketone (MIBK) 10 มิลลิลิตร กับน้ำตัวอย่างในกรวยแยกชนิดเทฟลอน ขนาด 250 มิลลิลิตร เขย่า 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น แล้วเก็บสารชั้นบนของ MIBK มาสกัดโลหะหนักอีกครั้งโดยผสมกรดไนตริก (HNO_3) ความเข้มข้น 4 N 10 มิลลิลิตร กับสารตัวอย่างเขย่า 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น จากนั้นเก็บไขชั้นกรด (ชั้นล่าง) แล้วเก็บใส่ขวดโพลีเอธีลีน เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HITACHI Model Z-8200 Series Flame-Atomic Absorption Spectrophotometer ต่อไป

วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน และของแข็งแขวนลอยรวมบนแผ่นกรอง GF/F ด้วยวิธีดัดแปลงจาก Hungspreugs and Yuangthong (1983) โดยเติมกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น 5 มิลลิลิตร ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 1 มิลลิลิตร และกรดเปอร์คลอริก (Perchloric acid) 1 มิลลิลิตร เติมลงในบีกเกอร์เทฟลอนที่มีตัวอย่างดินตะกอนซึ่งผ่านการอบแห้งและบดละเอียดแล้ว 0.25 กรัม หรือแผ่นกรอง GF/F ที่มีของแข็งแขวนลอยจากการกรองตัวอย่างน้ำและแห้งแล้ว จากนั้นย่อยตะกอนโดยดำเนินตามขั้นตอนของเครื่องย่อยด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Digestion รุ่น QLAB Pro) แล้วพักทิ้งไว้ให้เย็น ทำการกรองเอาเฉพาะสารละลายด้วยแผ่นกรอง Whatman No.41 และปรับปริมาตรตัวอย่างให้เท่ากับ 20 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปลอดประจุ (deionized water) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง HITACHI Model Z-8200 Series Flame-Atomic Absorption Spectrophotometer

4. การศึกษาการสะสมของโลหะหนักในน้ำ ของแข็งแขวนลอย และดินตะกอน

คำนวณหาปริมาตรน้ำทั้งหมด และปริมาณดินตะกอนทั้งหมดในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน โดยใช้ค่าความลึก และขอบเขตพื้นที่ศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการประเมินสัดส่วนปริมาณการสะสมตัวของโลหะหนัก โลหะหนักของแข็งแขวนลอยรวม และโลหะหนักในดินตะกอนต่อพื้นที่การศึกษา



ภาพที่ 2 ขอบเขตการแบ่งพื้นที่พื้นที่ศึกษาบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

ตารางที่ 2 ความลึกและความเค็มของสถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

Station	Depth (m)		Salinity (psu)			
	เม.ย. 61	ก.ค.61	เม.ย. 61 (S)	เม.ย. 61 (B)	ก.ค. 61 (S)	ก.ค. 61 (B)
W1	2.1	2.8	21.2	23.4	29.0	30.0
W2	2.3	2.9	20.8	25.2	29.0	30.1
W3	2.0	2.8	21.6	21.6	29.9	29.9
W4	3.0	2.9	20.2	20.6	30.0	30.0
W5	3.3	4.5	26.1	26.3	30.0	29.9
M1	14.5	15.0	6.9	6.8	15.7	17.0
M2	2.0	9.0	10.3	-	15.7	22.8
M3	1.2	1.8	15.7	-	14.1	-
M4	2.4	2.8	23.4	23.4	29.0	29.2
E1	2.0	2.0	23.1	23.5	21.0	21.3
E2	1.7	2.8	25.8	-	28.4	29.8
E3	1.0	1.3	21.9	25.8	26.6	-
E4	2.6	3.5	23.4	-	27.5	27.8
O1	4.0	5.0	26.0	27.2	30.1	30.1
O2	2.0	1.5	25.6	26.0	29.7	29.9
O3	3.4	3.8	23.7	27.1	28.5	29.8

Depth (m) = ความลึกของสถานีเก็บตัวอย่าง (เมตร)

Salinity (psu) = ความเค็มของสถานีเก็บตัวอย่าง (psu)

(S) = บริเวณผิวหน้าน้ำ (B) = บริเวณพื้นท้องน้ำ

- = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

การคิดปริมาณการสะสมตัวของโลหะหนักในน้ำ และของแข็งแขวนลอยต่อพื้นที่การศึกษา

ปริมาณโลหะหนักต่อพื้นที่ (kg/Area) = $\frac{A \times B}{10^9}$

A = ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในน้ำ และของแข็งแขวนลอย (µg/l)

B = มวลน้ำทั้งหมดในบริเวณที่ทำการศึกษา (L)

การคิดปริมาณการสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอนต่อพื้นที่การศึกษา

ปริมาณโลหะหนักต่อพื้นที่ (kg/Area) = $\frac{A \times B}{10^9}$

A = ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ต่อพื้นที่ Sediments Core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ระดับ 0-1 เซนติเมตร (µg/cm^3)

B = ปริมาณดินตะกอนระดับผิวหน้า ระดับ 0-1 เซนติเมตร ในพื้นที่ทำการศึกษา (cm^2)

การคิดสัดส่วนของโลหะหนักในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

$$\text{HM Total} = \{\text{HM water (kg/Area)} + \text{HM TSS (kg/Area)} + \text{HM Sediment } 0-1\ cm\text{(kg/Area)}\}$$

$$\text{HM\%} = \frac{\{\text{HM water} + \text{HM TSS} + \text{HM Sediment}\} * 100}{\text{HM Total}}$$

5. วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

นำเสนอข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาด้วยค่าสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบหาความแตกต่างทางสถิติของชุดข้อมูลด้วยการทดสอบแบบที (T-test) และหาระดับความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักสะสมในน้ำ โลหะหนักของแข็งแขวนลอย และโลหะหนักในดินตะกอน ด้วยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ด้วยโปรแกรม IBM SPSS statistics 22 และประเมินรูปแบบสะสมของโลหะหนักต่อพื้นที่ในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ปริมาณโลหะหนักในน้ำ ของแข็งแขวนลอยรวม และดินตะกอน

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณแคดเมียมทั้งในรูปที่สะสมในน้ำ ของแข็งแขวนลอยรวม และในดินตะกอน มีค่าต่ำกว่าระดับที่สามารถตรวจวัดได้ (Detection limit เครื่อง HITACHI Model Z-8200 Series Flame-Atomic Absorption Spectrophotometer = 1.0 ppb) ส่วนปริมาณตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีทั้งสามแบบมีค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 โลหะหนัก (ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) ในน้ำ ของแข็งแขวนลอยรวม และดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

Parameter	เดือนเมษายน พ.ศ. 2561 (ตัวแทนต้นฤดูน้ำหลาก)			เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 (ตัวแทนกลางฤดูน้ำหลาก)			Standard Level* HM in water (ppb)	Standard Level** HM in Sediments (ppm)
	MIN	MAX	MEAN±SD	MIN	MAX	MEAN±SD		
ตะกั่ว								
น้ำ (ppb)	ND	5.5	2.2± 0.9	ND	2.5	2.0±0.6	8.5	
ของแข็งแขวนลอยรวม (ppb)	ND	4.0	0.9±1.0	ND	1.7	0.6±0.5		
ดินตะกอน (ppm)	10.6	53.5	32.4±12.1	13	42.3	27.5±8.6		52.0
ทองแดง								
น้ำ (ppb)	0.5	16.0	4.5±3.7	0.5	3.0	1.3±0.6	8.0	
ของแข็งแขวนลอยรวม (ppb)	ND	19.0	4.0±5.3	ND	5.7	1.4±1.4		
ดินตะกอน (ppm)	24.8	79.7	34.5±15.6	15.6	80.4	32.6±17.9		25.0
สังกะสี								
น้ำ (ppb)	12.9	158.5	56.4±34.3	15.0	56.5	31.5±12.9	50.0	
ของแข็งแขวนลอยรวม (ppb)	11.0	341.0	112.8±90.6	33.3	162.3	91.0±40.4		
ดินตะกอน (ppm)	70.5	252.8	110.5±50.4	64.6	182.0	104.5±35.6		102.0

ND = non-detected

*Standards Water quality (Pollution Control Department, 2006)

**The standard level of coastal sediment quality (Pollution Control Department, 2015)

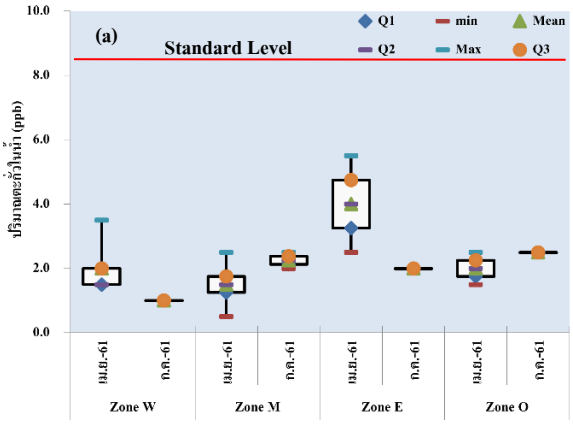
ปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำ

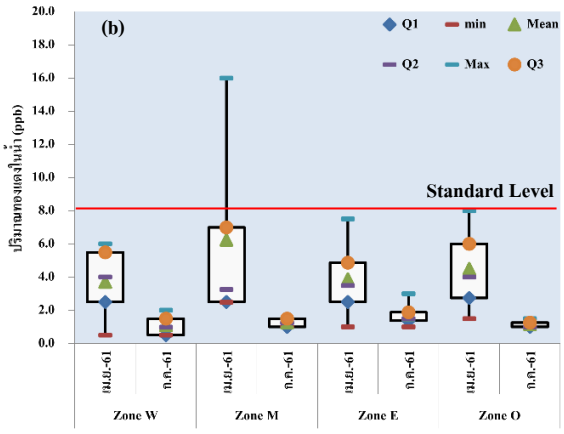
ปริมาณตะกั่วสะสมในน้ำในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ในช่วง nd-5.5 ppb ส่วนตะกั่วสะสมในน้ำในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ในช่วง nd-2.5 ppb เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่ง (ตารางที่ 3) พบว่า ปริมาณตะกั่วสะสมในน้ำมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่ง และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในอดีตบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนพบว่าปริมาณตะกั่วในน้ำในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Watcharasing (2014) ที่พบปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำในปากแม่ท่าจีนเท่ากับ 0.9 ppb และการศึกษาของ Rattanapaiboon (2015) พบปริมาณตะกั่วในน้ำในบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่างเท่ากับ 0.5 ppb ตะกั่วที่สะสมในน้ำแต่ละบริเวณมีค่าต่างกันเรียงลำดับได้ดังนี้ คือ บริเวณฝั่งตะวันออก > บริเวณตอนนอก > บริเวณฝั่งตะวันตก = บริเวณแนวร่องน้ำ (ภาพที่ 3) ความแตกต่างที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่ามวลน้ำบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีการแบ่งพื้นที่อย่างชัดเจนในช่วงเดือนเมษายน มวลน้ำไม่ได้เกิดการผสมผสานได้ดีเหมือนอย่างที่เกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม โดยปกติการแพร่กระจายของความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสามารถบอกต้นกำเนิดของแหล่งที่มาได้ค่อนข้างชัดเจน ซึ่งแหล่งกำเนิดของโลหะหนักโดยทั่วไปมาจากโรงงานอุตสาหกรรมและกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง (Veschasit, 2008) ทำให้บริเวณร่องน้ำมักมีความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ เนื่องจากใกล้แหล่งกำเนิดมากที่สุด ดังนั้นการที่มวลน้ำบริเวณฝั่งตะวันออกมีปริมาณตะกั่วที่สูงกว่าทางฝั่งตะวันตกสามารถแสดงให้เห็นถึงกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการ

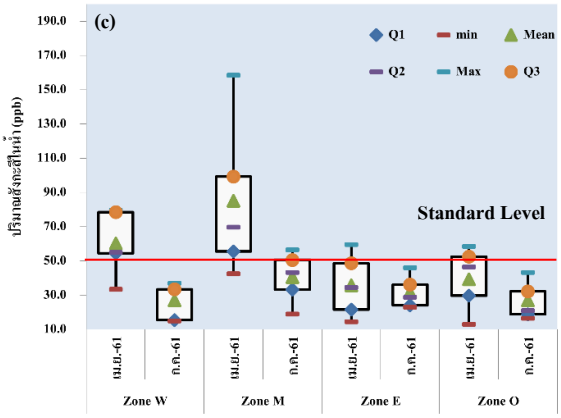
ระบายของตะกั่วที่แตกต่างกัน ซึ่งหากพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ทางฝั่งตะวันออกบริเวณตำบลพันท้ายนรสิงห์นั้นมีมากกว่าทางฝั่งตะวันตกค่อนข้างมาก

ปริมาณทองแดงสะสมในน้ำในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-16.0 ppb ส่วนในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-3.0 ppb จากผลการศึกษาโดยภาพรวมพบว่า ปริมาณทองแดงในน้ำมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่ง (8.0 ppb) ยกเว้นในสถาน M1 ซึ่งตั้งอยู่ในลำน้ำของแม่น้ำท่าจีน พบปริมาณทองแดงมีค่าสูง (16.0 ppb) ทั้งนี้อาจเพราะบริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งรับรองมลพิษน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rermdumri *et al*. (2008) พบปริมาณทองแดงในน้ำสูงที่สุด ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่เป็นแหล่งชุมชนเมืองและมีแหล่งอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดงในการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการรายงานของ Pollution Control Department (2014) ซึ่งพบปริมาณทองแดงในน้ำบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่างมีค่า 10.0-11.0 ppb ทั้งนี้สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากความแตกต่างของน้ำท่าจีนตอนบนที่ทำหน้าที่ในการเจือจางความเข้มข้นของโลหะหนักในมวลน้ำได้ ส่วนการสะสมในพื้นที่พบการสะสมของทองแดงในบริเวณแนวร่องน้ำ > บริเวณฝั่งตะวันออก = บริเวณตอนนอก > บริเวณฝั่งตะวันตก (ภาพที่ 3)

ปริมาณสังกะสีในน้ำในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง 12.9-158.5 ppb ส่วนเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 สังกะสีในน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 15.0-56.5 ppb โดยภาพรวมจากการศึกษาทั้ง 2 ฤดูกาล แสดงให้เห็นว่าปริมาณสังกะสีในน้ำมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่ง (50.0 ppb) ยกเว้นในสถานี M1 ซึ่งเป็นสถานีเดียวกันกับสถานีที่มีปริมาณทองแดงในน้ำสูง ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณสังกะสีในน้ำมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาปริมาณสังกะสีในน้ำบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน (Kantikul, 2019) ที่พบปริมาณสังกะสีในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ในช่วง 11.0-64.0 ppb และพบค่าสูงในบริเวณตอนในของปากแม่น้ำซึ่งเป็นบริเวณใกล้เคียงกับสถานี M1 ส่วนการสะสมในพื้นที่พบการสะสมของสังกะสีในบริเวณแนวร่องน้ำ > บริเวณฝั่งตะวันตก > บริเวณตอนนอก > บริเวณฝั่งตะวันออก (ภาพที่ 3)







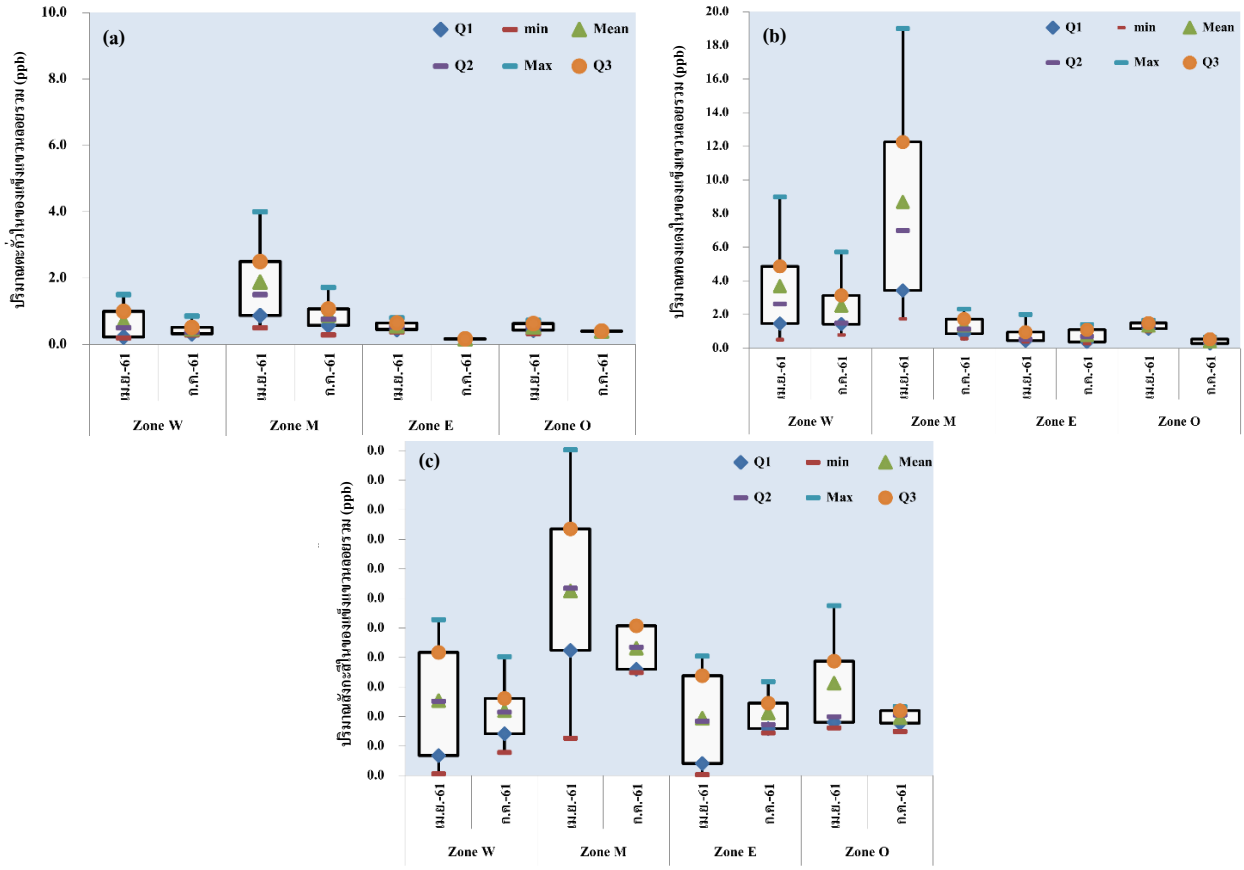
ภาพที่ 3 ปริมาณตะกั่ว (a) ทองแดง (b) และสังกะสี (c) ในน้ำ ในเดือนเมษายน และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

ปริมาณโลหะหนักในของแข็งแขวนลอยรวม

ปริมาณตะกั่วในของแข็งแขวนลอยรวมในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง nd-4.0 ppb โดยมีค่าสูงที่สุดในสถานี M1 ส่วนในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง nd-1.7 ppb มีค่าสูงที่สุดในสถานี M1 เช่นเดียวกับเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 (ตัวแทนต้นฤดูน้ำหลาก) และมีค่าสูงเช่นเดียวกับตะกั่วในน้ำในเดือนเดียวกัน ส่วนการสะสมในพื้นที่พบการสะสมของตะกั่วในบริเวณแนวร่องน้ำ > บริเวณฝั่งตะวันตก > บริเวณฝั่งตะวันออก = บริเวณตอนนอก (ภาพที่ 4)

ปริมาณทองแดงในของแข็งแขวนลอยรวมในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง nd-19.0 ppb มีค่าสูงที่สุดในสถานี M1 เช่นเดียวกับปริมาณทองแดงสะสมในน้ำและปริมาณตะกั่วในของแข็งแขวนลอยรวม ส่วนในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง nd-5.7 ppb สำหรับการสะสมของทองแดงในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถเรียงลำดับได้เป็นบริเวณแนวร่องน้ำ > บริเวณฝั่งตะวันตก > บริเวณฝั่งตะวันออก = บริเวณตอนนอก (ภาพที่ 4)

ปริมาณสังกะสีในของแข็งแขวนลอยรวมในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง 11.0-341.0 ppb โดยมีค่าสูงที่สุดในสถานี M1 เช่นเดียวกับปริมาณตะกั่วและทองแดงสะสมในของแข็งแขวนลอยรวม ส่วนในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง 33.3-162.3 ppb โดยมีค่าสูงที่สุดในสถานี M2 พบการสะสมของสังกะสีในบริเวณแนวร่องน้ำ > บริเวณตอนนอก > บริเวณฝั่งตะวันตก > บริเวณฝั่งตะวันออก (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ปริมาณตะกั่ว (a) ทองแดง (b) และสังกะสี (c) ในของแข็งแขวนลอยรวม ในเดือนเมษายน และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

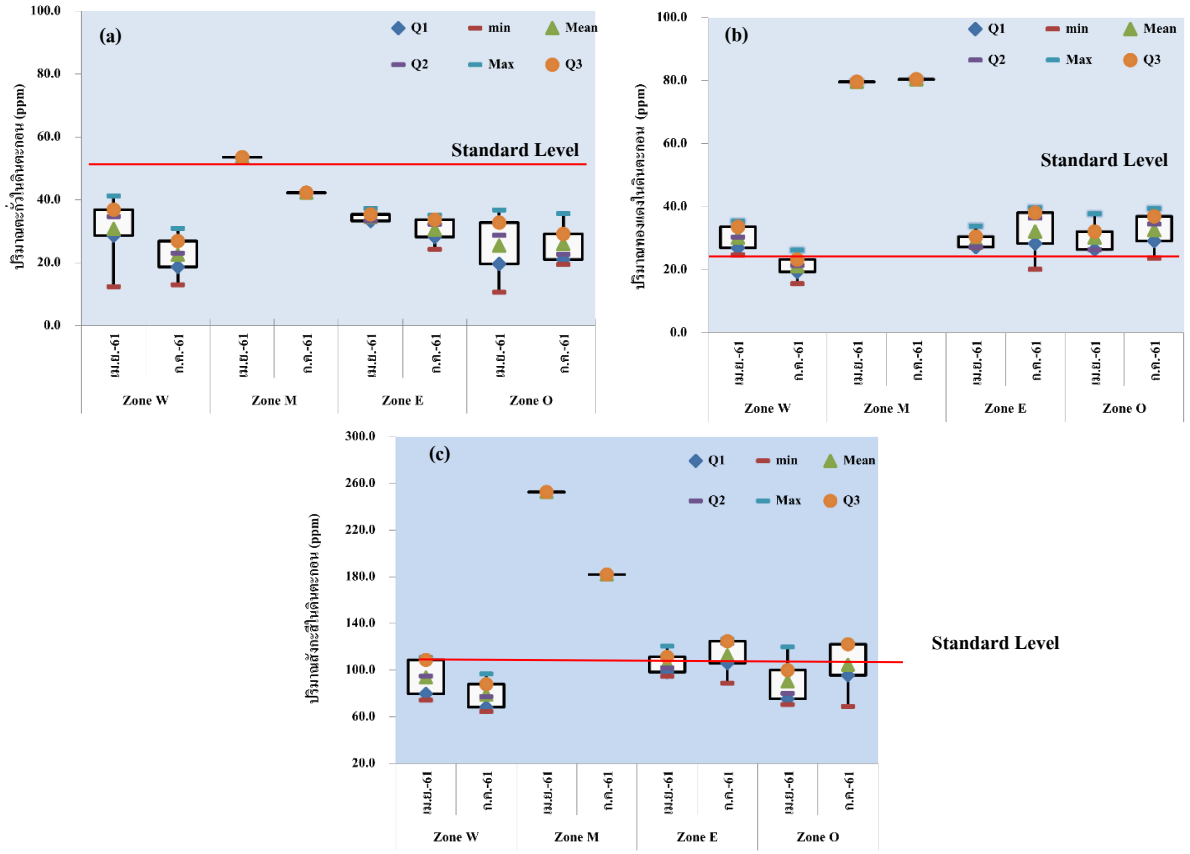
ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน

ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง 10.6-53.5 ppm ในบางสถานีมีค่าเกินเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล และพบค่าสูงที่สุดในสถานี M1 ส่วนในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 13.0-42.3 ppm ซึ่งในบางสถานี มีค่าเกินเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล (ตารางที่ 3) และพบค่าสูงที่สุดในสถานี M1 เช่นเดียวกับปริมาณตะกั่วสะสมในน้ำ และในของแข็งแขวนลอยรวม (ตารางที่ 3) เมื่อพิจารณากับการศึกษาในอดีตพบว่า มีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Watcharasing (2014) ที่พบปริมาณตะกั่วในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ในช่วง 14.4-24.7 ppm นอกจากนี้สามารถสรุปได้ว่าการสะสมของตะกั่วในบริเวณแนวร่องน้ำ > บริเวณฝั่งตะวันออก > บริเวณฝั่งตะวันตก > บริเวณตอนนอก (ภาพที่ 5)

ทองแดงในดินตะกอนเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง 24.8-79.7 ppm ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล ยกเว้นในสถานี W1 ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 15.6-80.4 ppm โดยส่วนใหญ่มีค่าเกินเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล (ตารางที่ 3) การศึกษาในครั้งนี้พบทองแดงในดินตะกอนมีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Chaiyaraa *et al.* (2013) ในบริเวณอ่าวไทยตอนในซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.46-0.45 ppm และมีค่าใกล้เคียงการศึกษาของ Veschasit (2008) มีค่าอยู่ในช่วง 63.69-83.04 ppm ซึ่งทำการศึกษาในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเช่นเดียวกัน นอกจากนี้พบการสะสมของทองแดงในบริเวณแนวร่องน้ำ > บริเวณตอน

นอก > บริเวณฝั่งตะวันออก > บริเวณฝั่งตะวันตก (ภาพที่ 5)

ปริมาณสังกะสีในดินตะกอนเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าอยู่ระหว่าง 70.5-252.8 ppm ซึ่งพบว่าในบางสถานีมีค่าเกิน 102.0 ppm ของเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล (ตารางที่ 3) ส่วนในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 64.6-182.0 ppm ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล (ตารางที่ 3) ในบางสถานี โดยพบค่าสูงที่สุดในสถานี M1 เช่นเดียวกับปริมาณสังกะสีในน้ำและของแข็งแขวนลอยรวม รวมทั้งพบว่า การศึกษาในครั้งนี้เฉพาะบริเวณฝั่งตะวันตกมีค่าอยู่ระหว่าง 64.6-110.8 ppm ซึ่งมีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Buajan and Pumijumnong (2010) ซึ่งพบปริมาณสังกะสีในดินตะกอนบริเวณฝั่งตะวันตกของปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ในช่วง 11.91-25.74 ppm นอกจากนี้พบการสะสมของสังกะสีในบริเวณแนวร่องน้ำ > บริเวณฝั่งตะวันออก > บริเวณตอนนอก > บริเวณฝั่งตะวันตก (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ปริมาณตะกั่ว (a) ทองแดง (b) และสังกะสี (c) ในดินตะกอน ในเดือนเมษายน และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

โดยภาพรวมพบว่าปริมาณโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) สะสมในน้ำในของแข็งแขวนลอยรวม และในดินตะกอน ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 (ต้นฤดูน้ำหลาก) และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 (กลางฤดูน้ำหลาก) ปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในหลายพื้นที่มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ยกเว้น สังกะสี และทองแดงในสถานี M1)

ส่วนปริมาณโลหะหนักในของแข็งแขวนลอยรวม ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าสูงกว่าในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 สอดคล้องกับปริมาณของแข็งแขวนลอยรวมในเดือนเมษายน (62 mg/l) ที่มีปริมาณมากกว่าในเดือนกรกฎาคม (32 mg/l) ปริมาณของแข็งแขวนลอยจึงเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งของการสะสมโลหะหนัก เพราะโลหะหนักสามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ในแหล่งน้ำได้ (Salomon and Forstner, 1984)

จากการศึกษาปริมาณตะกั่วในดินตะกอนทั้ง 2 ฤดูกาล พบค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง (52.0 ppm) แต่ปริมาณทองแดง และสังกะสีมีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง (25.0 และ 102.0 ppm ตามลำดับ) โดยเฉพาะในสถานี M1 ซึ่งเป็นสถานีตอนในสุดของปากแม่น้ำ และเป็นพื้นที่แนวร่องน้ำ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวได้รับอิทธิพลหลักของมวลน้ำที่ไหลผ่านแหล่งชุมชน และแหล่งอุตสาหกรรมริมสองฝั่งแม่น้ำโดยตรง อีกทั้งพบการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ริม 2 ฝั่งแม่น้ำเป็นแหล่งที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม (ภาพที่ 1) โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมพลาสติก และอุตสาหกรรมผลิตโลหะที่เพิ่มขึ้นในปี 2561 (Samut Sakhon Province Industry Office, 2020) ซึ่งมีส่วนผสมของทองแดง และสังกะสีในกระบวนการผลิต และสะสมในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

โดยภาพรวมจากการศึกษาทั้ง 2 ฤดูกาล พบว่าปริมาณโลหะหนักในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 ตัวแทนต้นฤดูน้ำหลากมีค่าสูงกว่าเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 ตัวแทนกลางฤดูน้ำหลาก เนื่องจากในช่วงที่ทำการศึกษาในเดือนเมษายน มีปริมาณน้ำท่ามากกว่าเดือนกรกฎาคม ปริมาณน้ำท่าเป็นตัวพาโลหะหนักจากแหล่งชุมชน และแหล่งอุตสาหกรรมลงสู่แม่น้ำท่าจีนและมีการไหลไปสะสมในบริเวณปากแม่น้ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Jindasre *et al.* (2017) ที่รายงานความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำช่วงฤดูน้ำหลากสูงกว่าฤดูแล้งในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเช่นกัน เมื่อพิจารณาความแตกต่างตามฤดูกาลพบว่าปริมาณทองแดงในน้ำ สังกะสีในน้ำ และตะกั่วในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และเมื่อพิจารณาความแตกต่างตามพื้นที่ พบว่า ในบริเวณแนวร่องน้ำมีความแตกต่างของทองแดงในดินตะกอนตามฤดูกาล

นอกจากนี้ยังพบว่า ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอนมีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างกันสูง (p<0.01) แสดงให้เห็นว่าโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด มีการกระจายสะสมอยู่ร่วมกัน และมีโอกาสเกิดจากแหล่งกำเนิดแหล่งเดียวกัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kantikul (2019) พบว่าตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอน ในบริเวณอ่าวไทยตอนในมีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างกันสูง และพบว่าปริมาณสังกะสีและตะกั่วสะสมในน้ำมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณสังกะสีและตะกั่วในของแข็งแขวนลอย (p<0.05) แสดงให้เห็นว่าหากพบการปนเปื้อนของสังกะสีและตะกั่วในน้ำ ก็มีโอกาสพบในตะกอนสูงเช่นเดียวกัน โลหะหนักเหล่านี้มีโอกาสสะสมในสัตว์น้ำเมื่อของแข็งแขวนลอยส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ซึ่งเป็นแหล่งอาหารสำคัญของสิ่งมีชีวิตในทะเล และอาจถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารจนเป็นอันตรายต่อมนุษย์ เมื่อบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเป็นแหล่งอาศัยของสัตว์เศรษฐกิจ อาทิเช่น การเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่ หอยพิมพ์ และหอยลาย (Poovachiranon, 2011) ทั้งนี้หอยสองฝามีโอกาสสะสมโลหะหนักได้มาก เนื่องจากลักษณะการกินอาหาร โดยการกรองสารแขวนลอยต่าง ๆ จากน้ำทะเล (Filter feeding) (Ma and Niyomthai, 2010)

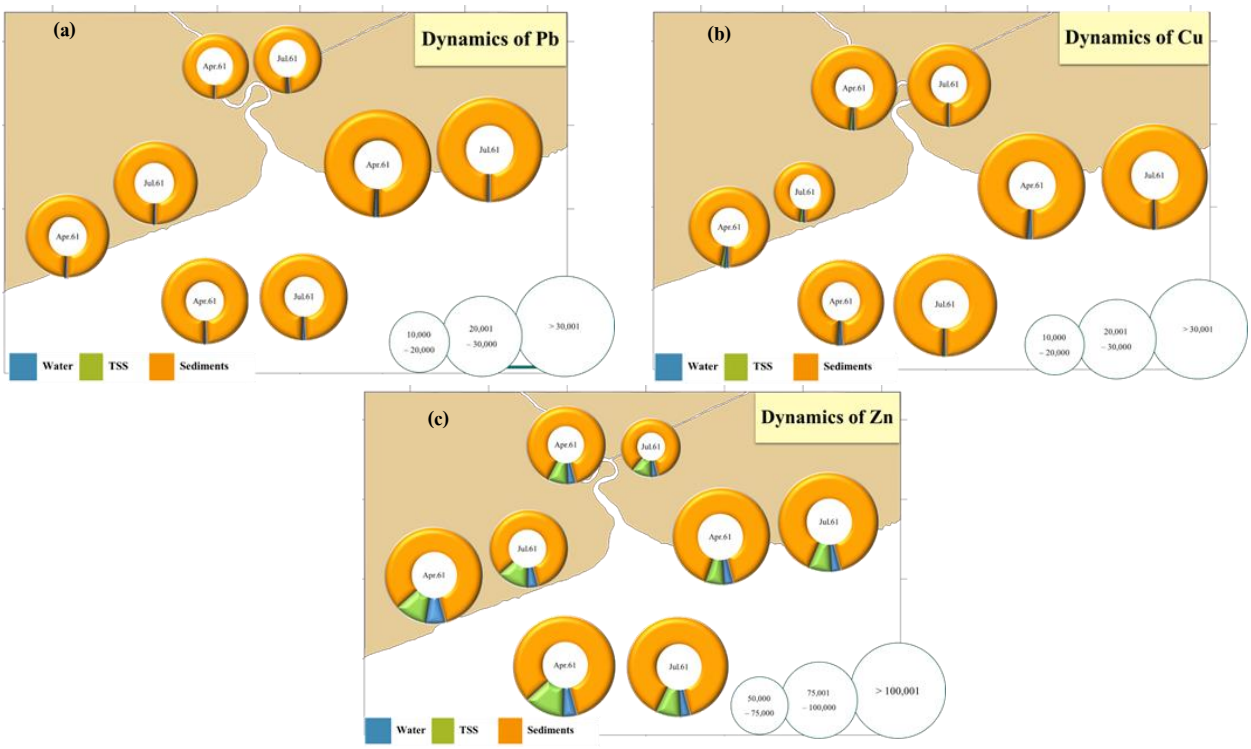
การสะสมของโลหะหนักสะสมในน้ำ ของแข็งแขวนลอย และดินตะกอน

มวลน้ำเฉลี่ยในบริเวณพื้นที่ศึกษาปากแม่น้ำท่าจีนที่สามารถคำนวณได้ มีปริมาณเท่ากับ 437,399,184±45,482,568.7 ตัน ส่วนปริมาณดินตะกอนที่ระดับผิวหน้าของบริเวณพื้นที่ศึกษารวมทั้งสิ้นมีค่าเท่ากับ 126,166,984±13,215,608.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณโลหะหนักในบริเวณปากแม่น้ำเฉลี่ยรวมทั้งสิ้นเท่ากับ 598,548.3±151,276 กิโลกรัม

เมื่อพิจารณาปริมาณการสะสมตะกั่วในน้ำ ของแข็งแขวนลอย และดินตะกอนในพื้นที่ศึกษาบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 96,020.8±9,913.4 กิโลกรัม ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 (ตัวแทนต้นฤดูน้ำหลาก) มีปริมาณการสะสมตะกั่วรวมเท่ากับ 103,030.6 กิโลกรัม ส่วนในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 (ตัวแทนปลายฤดูน้ำหลาก) มีปริมาณการสะสมตะกั่วรวมเท่ากับ 89,011.0 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละพื้นที่ และไม่พบการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของตะกั่วในแต่ละพารามิเตอร์ตามฤดูกาล (ภาพที่ 6a) โดยตะกั่วสะสมเฉลี่ยอยู่ในดินตะกอน (98.8 %) ในของแข็งแขวนลอย (0.2 %) และในน้ำ (0.9 %) รวมทั้งพบการสะสมของตะกั่วสูงที่สุดในบริเวณฝั่งตะออกของปากแม่น้ำท่าจีน

การสะสมทองแดงในน้ำ ของแข็งแขวนลอย และดินตะกอนในพื้นที่ศึกษาบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 108,052.1±2,753.7 กิโลกรัม ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 (ตัวแทนต้นฤดูน้ำหลาก) มีปริมาณการสะสมทองแดงรวมเท่ากับ 109,999.3 กิโลกรัม ส่วนในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 (ตัวแทนปลายฤดูน้ำหลาก) มีปริมาณการสะสมทองแดงรวมเท่ากับ 106,104.9 กิโลกรัมต่อพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละพื้นที่ (ยกเว้นในพื้นที่ฝั่งตะวันตก และพื้นที่ตอนนอก) และไม่พบการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนตามฤดูกาลอย่างชัดเจน (ภาพที่ 6b) โดยส่วนใหญ่พบปริมาณทองแดงสะสมอยู่ในดินตะกอน ร้อยละ 98 ในน้ำและของแข็งแขวนลอยมีค่าเท่ากันที่ ร้อยละ 1 ซึ่งพบสัดส่วนการสะสมของทองแดงมีลักษณะเช่นเดียวกันกับปริมาณตะกั่วในพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน นอกจากนี้พบการสะสมของทองแดงที่สูงในบริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันออกและพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำ

การสะสมสังกะสีในน้ำ ของแข็งแขวนลอย และดินตะกอนในพื้นที่ศึกษาบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 394,475.5±12,015.7 กิโลกรัม ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 (ตัวแทนต้นฤดูน้ำหลาก) มีปริมาณการสะสมสังกะสีรวมเท่ากับ 402,971.9 กิโลกรัม ส่วนในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 (ตัวแทนปลายฤดูน้ำหลาก) มีปริมาณการสะสมสังกะสีรวมเท่ากับ 385,979.1 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันในทั้ง 2 เดือน แต่เมื่อพิจารณาตามพื้นที่พบว่าในบริเวณแนวร่องน้ำและพื้นที่ฝั่งตะวันตกในเดือนเมษายนสูงกว่าเดือนกรกฎาคม (ภาพที่ 6c) โดยส่วนใหญ่สังกะสีสะสมอยู่ในดินตะกอน ร้อยละ 86 รองลงมาคือ ในของแข็งแขวนลอย ร้อยละ 9 และในน้ำ ร้อยละ 4 และพบการสะสมของสังกะสีที่สูงในบริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันออก และพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำ เช่นเดียวกับการสะสมตัวของทองแดง



ภาพที่ 6 สัดส่วนการสะสมของโลหะหนัก (ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี) ในน้ำ ของแข็งแขวนลอยรวม และดินตะกอน เดือนเมษายน และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 (Apr.61 และ Jul.61) ในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

การสะสมของโลหะหนักในน้ำ ของแข็งแขวนลอย และดินตะกอน ตลอดระยะเวลาการศึกษาพบ ปริมาณของสังกะสี ร้อยละ 66 ทองแดง ร้อยละ 18 และตะกั่ว ร้อยละ 16 โดยมีโลหะหนักสะสมอยู่ในดินตะกอน (91%) > ในของแข็งแขวนลอยรวม (6%) > ในน้ำ (3%) นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าของแข็งแขวนลอยรวมมีการสะสมของสังกะสีมากกว่าตะกั่วและทองแดงถึง 45 และ 9 เท่า ตามลำดับ รวมทั้งพบการสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนสูงในพื้นที่ฝั่งตะวันออก เนื่องจากบริเวณนี้เป็นจุดตกตะกอนของปากแม่น้ำ และได้รับอิทธิพลจากคลองประมง และคลองหลวงสหกรณ์ ซึ่งรับมวลน้ำจากคลองพิทยาลงกรณ์ และคลองมหาชัยที่เป็นคลองผันน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านแหล่งชุมชน และแหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ลงสู่แม่น้ำท่าจีนจึงพัดพาโลหะหนักต่าง ๆ ลงสู่แม่น้ำ ส่วนพื้นที่ตอนนอกของบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีการพบการสะสมของสังกะสีและทองแดง เนื่องจากเป็นบริเวณที่มวลน้ำจืดจากแม่น้ำไหลมาบรรจบกับน้ำทะเลส่งผลให้ความเร็วของน้ำลดลงทำให้โลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับมวลน้ำและของแข็งแขวนลอยมีการจมตัวลงสู่พื้นท้องน้ำและสะสมตัวในบริเวณดังกล่าวด้วย ดังนั้นพื้นที่ทั้ง 2 บริเวณนี้ควรมีการเฝ้าระวัง ควบคุมปริมาณสารโลหะหนักต่าง ๆ เป็นพิเศษ

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้พบปริมาณแคดเมียมในน้ำ ของแข็งแขวนลอยรวม และในดินตะกอน มีค่าต่ำกว่าระดับที่สามารถตรวจวัดได้ (Detection limit = 1.0 ppb) ปริมาณโลหะหนัก (ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) ในน้ำส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ยกเว้น สังกะสี และทองแดงในบางสถานี) ปริมาณ

โลหะหนัก (ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) ในดินตะกอนมีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานในบางสถานี โดยเฉพาะสถานีที่ตั้งอยู่ในลำน้ำ รวมทั้งพบการปนเปื้อนของโลหะหนักในของแข็งแขวนลอยรวมซึ่งของแข็งแขวนลอยรวมเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถสะสมโลหะหนักได้ นอกจากนี้พบปริมาณโลหะหนักในเดือนเมษายนสูงกว่าเดือนกรกฎาคม เนื่องจากเดือนเมษายนมีปริมาณน้ำท่ามากกว่าซึ่งเป็นตัวนำพาสารโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำ และพบความสัมพันธ์ของสังกะสีในน้ำกับสังกะสีในของแข็งแขวนลอย ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสังกะสี ทองแดง และตะกั่วในดินตะกอน สะท้อนให้เห็นว่าโลหะหนักในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีแหล่งที่มามาจากแหล่งเดียวกัน ส่วนการศึกษาในเรื่องการสะสมของโลหะหนักสามารถสรุปได้ว่า มีสัดส่วนของสังกะสี (66 %) ทองแดง (18 %) และตะกั่ว (16 %) โดยพบโลหะหนักอยู่ในดินตะกอน > ของแข็งแขวนลอยรวม > น้ำ รวมทั้งพบว่า สังกะสีสามารถสะสมอยู่ในของแข็งแขวนลอยรวมได้มากกว่าตะกั่วและทองแดง นอกจากนี้พบการสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนมีค่าสูงในพื้นที่ฝั่งตะวันออก และพื้นที่ตอนนอกของบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณนักวิจัย และผู้ช่วยนักวิจัยประจำห้องปฏิบัติการวิจัยทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ตัวอย่าง ตลอดจนให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิทยาการขั้นสูงด้านทรัพยากรธรรมชาติเขตร้อน สถาบันวิทยาการขั้นสูงแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับอนุเคราะห์งบประมาณจากทุนอุดหนุนการวิจัย และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

เอกสารอ้างอิง

Buajan, S. and Pumijumnong, N. 2010. Distribution of heavy metals in mangrove sediment at the Tha Chin Estuary, Samut Sakhon province. **Thailand Journal of Environmental Research** 32(2): 61-77. (in Thai)

Chaiyaraa, R., Ngoendeeb, M. and Kruatrachu, M. 2013. Accumulation of Cd, Cu, Pb, and Zn in water, sediments,and mangrove crabs (Sesarma mederi) in the upper Gulf of Thailand. **ScienceAsia** 39: 376-383. (in Thai)

Hungspreugs, M. and Yuangthong, C. 1983. A history of metal pollution in the Upper Gulf of Thailand. **Marine Pollution Bulletin** 14(12): 465-469.

Jindasre, T., Meksumpun S., Thawornsode N., Veschasit. O. and Chanuan, P. 2017. Heavy Metals Contamination in Water in the Tha Chin Estuary, Samut Sakhon Province, pp. 591-599. *In* **Proceedings of 55th Kasetsart University. Annual Conference: Plants, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics.** Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Kantikul, N. 2019. Seasonal Variation of Heavy Metals in the Inner Gulf of Thailand. Master Thesis of Science (Marine Science), Kasetsart University. (in Thai)

Ma, T. and Niyomthai, W. 2010. Contamination of heavy metals in economical important bivalve

at Don Hoi Lod, Samut Songkhram province, pp. 191-198. *In* **Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference: Natural Resources and Environment.** Kasetsart University. (in Thai)

Ministry of Natural Resources and Environment. 2009. **Marine Water Quality. Pages 34. In: Annual report of the Office of Water Quality Management.** Published documents, Water Quality & Management Pollution Control Department, Bangkok. (in Thai)

Pollution Control Department. 2006. **National Environment Board Announcement No 27 (2006) Title: Marine Water Quality Standard.** Published documents, Government vol 124, Part 11. (dated December 26, 2016). (in Thai)

Pollution Control Department. 2014. **Results of measurement of heavy metal content. Pages 41. In: Monitoring report of the Tha Chin river quality, canals, branches and overlapping rivers.** Environment and Pollution Control Office 5, Published documents, Pollution Control Department, Nakhon Pathom. (in Thai)

Pollution Control Department. 2015. **Pollution Control Department Title: Determine The Quality Criteria for Coastal Sediment.** Published documents, Government, (dated October 9, 2015). (in Thai)

Poovachiranon, S. 2011. **Biodiversity of the tha chin river mouth ecosystem: recognized basic information and indigenous knowledge supporting a proposal to establish a unique marine and coastal protected area, Technical Paper no. 1.** Published documents, Marine and Coastal Resources Research Center, Samut Sakhon. (in Thai)

Rattanapaiboon, W. 2015. Heavy metal absorption efficiency of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk) culturing in the Tha Chin River system at middle and lower. Master Thesis of Science (Environmental Science), Kasetsart University. (in Thai)

Rermdumri, S., Kareas, S. and Wongsontam, K. 2008. Heavy metals contamination in seawater and sediment in the upper gulf of Thailand, pp. 221-228. *In* **Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference: Natural Resources and Environment.** Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Ritnim, N. 2011. Assessment of Production Potential of Benthic Fauna Resources in Tha Chin Estuary, Samut Sakhon province, Thailand. Master Thesis of Science (Fisheries Science), Kasetsart University. (in Thai)

Royal Irrigation Department. 1998. **Report Study and Environmental Impact Assessment for Tha Chin River Floodgate Project (Lower Part) Suphan Buri Province Nakhon Pathom Province Samut Sakhon Province: Environmental Impact Assessment Report (Master Version).** Royal Irrigation Department, Bangkok, TEAM Consulting Engineering and Management Public Company Limited. (in Thai)

Salomon, W. and Forstner, U. 1984. **Metals in the Hydrocycle.** Springer Science & Business Media, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Samut Sakhon Province Industry Office. 2020. **Industrial statistics in samutsakorn province.** Available Source: http:// smsakhon.old.nso.go.th, September 17, 2021. (in Thai)

Sukasem, W. 1989. **Improvement of solvent extraction method for trace metals in seawater.** Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)

The Agricultural Research Development Agency (Public Organization) arda. 2018. **Final Report Development of Socio-Ecological Fishery Management Policy for Good Governance in Sustainable Fishery of the Inner of Thailand.** Published documents, Bangkok. (in Thai)

Thongra-ar, W., Musika, C., Wongsudawan, W. and Munhapol, A. 2008. Heavy Metals Contamination in Sediments along the Eastern Coast of the Gulf of Thailand. **Environment Asia** 1: 37-45.

Veschasit, O. 2008. Study on water quality and heavy metals in water, sediment and some aquatic plants in the Tha Chin river. Master Thesis of Science (Marine Science), Kasetsart University. (in Thai)

Watcharasing, J. 2014. Potential of Tha chin river water and bottom sediment from Nakhon Chai Si to it's estuary on heavy metals absorption. Master Thesis of Science (Environmental Science), Kasetsart University. (in Thai)