



การเปลี่ยนแปลงปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำ ตามความลึกและในดินตะกอนที่ทำเรือแหลมฉบัง และท่าเรือกรุงเทพฯ ประเทศไทย

Variation of Heavy Metal Contents Along With Water Depth and Sediment at Laem Chabang Port and Bangkok Port, Thailand

Jaruk Noijinda* Nipon Tungkananuruk and Kanita Tungkananuruk

จารุก น้อยจินดา* นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และ คณิตา ตั้งคณานุรักษ์

ภาควิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

E-mail : jaruk_noijinda@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำตามระดับความลึก และดินตะกอน ของท่าเทียบเรือกรุงเทพ และท่าเทียบเรือแหลมฉบัง โดยเก็บตัวอย่างน้ำ และดินตะกอนของท่าเทียบเรือกรุงเทพ จำนวน 8 สถานี ระดับความลึก 0.3, 6 และ 8 เมตร และท่าเทียบเรือแหลมฉบัง จำนวน 11 สถานี ระดับความลึก 0.3, 8 และ 11 เมตร และทำการตรวจวัดโลหะหนักด้วยวิธี US.EPA 3051 สำหรับตัวอย่างน้ำ และ US. EPA 3015a สำหรับตัวอย่างดินตะกอน เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมทรี (AAS) วิเคราะห์ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำตามวิธีมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักของท่าเทียบเรือกรุงเทพ ในฤดูแล้ง พบ แคดเมียม (0.064 มิลลิกรัมต่อลิตร), ทองแดง (0.241 มิลลิกรัมต่อลิตร) และทั้ง 2 ฤดู ตะกั่ว (0.781, 0.623 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ในขณะที่ท่าเทียบเรือแหลมฉบัง ทั้ง 2 ฤดู แคดเมียม (0.013, 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทองแดง (0.760, 0.819 มิลลิกรัมต่อลิตร) เหล็ก (125.152, 119.632 มิลลิกรัมต่อลิตร) และตะกั่ว (0.237, 0.286 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ในทั้ง 2 ท่าเทียบเรือ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในแต่ละช่วงความลึก (0.3-8, 8-11, 0.3-11, 0.3-6, 6-8 และ 0.3-8) ไม่แตกต่างกันทางอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($\text{sig} > 0.05$) ยกเว้น แมงกานีสที่ท่าเทียบเรือกรุงเทพ ในฤดูร้อนระหว่าง 6-8 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ < 0.05) การปนเปื้อนโลหะหนักในดินตะกอน ทั้ง 2 ฤดู พบว่า ดินตะกอนที่ท่าเทียบเรือกรุงเทพ มีการปนเปื้อนสูงกว่าที่ท่าเทียบเรือแหลมฉบัง โดยเฉพาะโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ (0.776-0.947 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทองแดง (1.135-1.328 มิลลิกรัมต่อลิตร) และเหล็ก (357.900-384.879 มิลลิกรัมต่อลิตร)

คำสำคัญ : โลหะหนัก; ท่าเรือแหลมฉบัง; ท่าเรือกรุงเทพฯ; น้ำ; ตะกอน

Abstract

This research aimed to investigate a heavy metal contamination in water to the depth and sediment of Bangkok port (BKK) and Laem Chabang port (LCB) in wet and dry season, Water samples and sediments were collected from 8 stations of BKK at 0.3, 6.0 and 8.0 m. depth of water and 11 stations of LCB at 0.3, 8.0 and 11.0 m. depth of water. The amount of heavy metals were determined by US.EPA method 3015a for water and 3051 for sediment and Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) technique. Moreover the water quality indicators of water were analyzed following the standard methods. The heavy metal contamination results revealed that at BKK in dry season Cd (0.064 mg/L) and Cu (0.241 mg/L) contamination and both seasons Pb contamination (0.781, 0.623 mg/L) was over than the standard criteria. Meanwhile at LCB, in both seasons Cd (0.013, 0.005 mg/L), Cu (0.760, 0.819 mg/L), Fe (125.152, 119.632 mg/L) and Pb (0.237, 0.286 mg/L) contamination were higher than the standard criteria. At LCB port and BKK port in both seasons, contamination of Cd, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn in each of depth ranges (0.3-8, 8-11, 0.3-11, 0.3-6, 6-8 and 0.3-8) were statistically insignificant difference (> 0.05) excepting Mn at BKK port in dry season at unit depth of water between 6-8 m. was statistically significantly different (> 0.05). Furthermore, the heavy metals contamination in sediment results indicated that in both seasons BKK sediment had a heavy metal contamination higher than that of LCB sediment especially on Cr^{6+} (0.776-0.947 mg/L), Cu (1.135-1.328 mg/L) and Fe (357.900-384.879 mg/L)

Keywords : Heavy metal; Laem Chabang port; Bangkok port; Water; Sediment

บทนำ

โลหะหนัก (Heavy metals) หรือโลหะปริมาณน้อย (Trace metals) เป็นธาตุที่มีคุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลที่มีอยู่ในน้ำและเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ง่าย โดยทั่วไปเมื่อโลหะหนักเล็ดลอดออกสู่สิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำ โลหะหนักจะสามารถกระจายไปอยู่ใน 4 ภาค ส่วนคือ ในรูปของสารละลาย (Dissolved) ในรูปของสารแขวนลอย (Suspended) ในดินตะกอน (Sediment) และในน้ำระหว่างเม็ดดิน (Pore water) โดยที่ทุกภาคส่วนสามารถมีการแลกเปลี่ยนและเปลี่ยนแปลงสถานะได้เมื่อได้รับปัจจัยภายนอก จากคุณสมบัติในข้างต้นทำให้โลหะหนัก ทำให้โลหะหนักสามารถเข้าสู่สิ่งมีชีวิต (Bioavailable uptake) โดยเฉพาะกลุ่มของสัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณผิวหน้าของดินตะกอน (Bioturbation) ผ่านทางกิจกรรมการดำรงชีวิต และการได้รับผ่านทางอาหาร [1] ซึ่งในที่สุดโลหะหนักจะถูกถ่ายทอดไปสู่ผู้บริโภคลำดับต่างๆ ในระบบนิเวศ ซึ่งมีมนุษย์เป็นผู้บริโภคในลำดับสูงสุด ทำให้มนุษย์มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการสะสมของโลหะหนักภายในร่างกาย ยกตัวอย่างเช่น หมึกสายที่จับได้จากบริเวณชายฝั่งจังหวัดสงขลาจะมีปริมาณของแคดเมียมเกินกว่าที่

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกำหนดไว้ที่ 1.000 ไมโครกรัม/กรัม ในการบริโภคนั้นจะทำให้มีความเสี่ยงในการได้รับพิษของแคดเมียมได้ในระยะยาว [2] และพิษของแคดเมียมที่มีผลทำให้ระบบหายใจของปลา [3]

สืบเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรได้ส่งผลให้มีความต้องการทรัพยากรและสินค้ามากขึ้นหากเทียบกับในอดีตในปัจจุบันการขนส่งทางทะเล (Sea Transportation) จึงเข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นตัวเลือกที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้หลากหลาย มีข้อได้เปรียบมากกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น ผลที่ตามมาคือปริมาณท่าเรือและเรือเดินสมุทรที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณโดยรอบ ยกตัวอย่างเช่น คราบน้ำมัน ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น และปริมาณของโลหะหนักที่เพิ่มมากขึ้น [4] โดยการศึกษาในครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการศึกษาปริมาณ และพฤติกรรมในการกระจายตัวของโลหะหนัก ตามระดับความลึกของน้ำ และดินตะกอนโดยรอบ บริเวณท่าเรือขนส่งสินค้าที่มีบทบาทสำคัญ 2 แห่งของประเทศไทย คือ ท่าเรือแหลมฉบัง และท่าเรือกรุงเทพ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปปรับใช้สำหรับการจัดการและควบคุมเพื่อลดปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในเขตท่าเรือต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ และดินตะกอนจากท่าเทียบเรือสำหรับขนส่งสินค้าขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญในระดับประเทศ ได้แก่ ท่าเทียบเรือกรุงเทพ จำนวน 8 สถานี และท่าเทียบเรือแหลมฉบัง (ระยะที่ 1) จำนวน 11 สถานี (ตารางที่ 1 และรูปที่ 1 ถึงรูปที่ 2) โดยกำหนดจำนวนสถานีตามการแบ่งท่าเทียบเรือที่ใช้ในการขนส่งสินค้าของท่าเรือนั้นๆ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำผิวดิน (น้ำจืด) และน้ำทะเลตามลำดับ

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง

- 1) การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินและน้ำทะเล

ท่าเทียบเรือกรุงเทพทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมดจำนวน 8 สถานี ตามความลึก 3 ระดับ ตำแหน่งละ 3 ซ้ำ โดยใช้อุปกรณ์กระบอกเก็บน้ำ (Water sampler) ชนิด Kemmerer sampler ขนาด 1 ลิตร ที่ระดับความลึก ดังนี้ (1) ที่ระดับความลึก 0.3 เมตร เพื่อใช้เป็นตัวแทนของน้ำผิวดินที่ระดับผิวน้ำ (2) ที่ระดับความลึก 6.0 เมตร เพื่อใช้เป็นตัวแทนของน้ำผิวดินบริเวณกึ่งกลางน้ำ (3) ที่ระดับความลึก 8.0 เมตร เพื่อใช้เป็นตัวแทนของน้ำ

ผิวดินที่ระดับพื้นท้องน้ำ จากนั้นนำตัวอย่างใส่ขวดโพลีเอทิลีนขนาด 1 ลิตร หยอดกรดไนตริกเข้มข้น (Nitric acid) จำนวน 1 หยด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

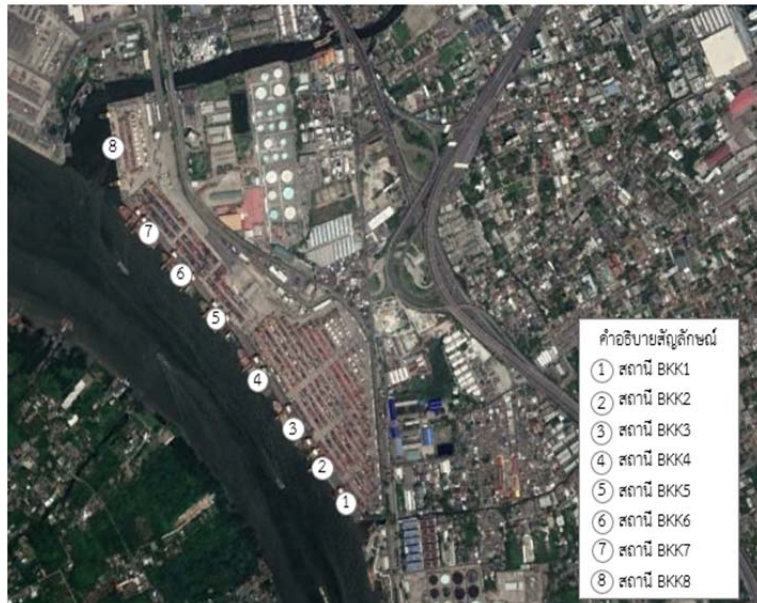
ท่าเทียบเรือแหลมฉบังทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมดจำนวน 11 สถานี ตามความลึก 3 ระดับ ตำแหน่งละ 3 ซ้ำ โดยใช้อุปกรณ์กระบอกเก็บน้ำ (Water sampler) ชนิด Kemmerer sampler ที่ระดับความลึก ดังนี้ (1) ที่ระดับความลึก 0.3 เมตร เพื่อใช้เป็นตัวแทนของน้ำทะเลที่ระดับผิวน้ำ (2) ที่ระดับความลึก 8.0 เมตร เพื่อใช้เป็นตัวแทนของน้ำทะเลบริเวณกึ่งกลางน้ำ (3) ที่ระดับความลึก 11.0 เมตร เพื่อใช้เป็นตัวแทนน้ำทะเลที่ระดับพื้นท้องน้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างและเก็บรักษาเช่นเดียวกับท่าเทียบเรือกรุงเทพ

- 2) การเก็บตัวอย่างตะกอนดิน

ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้ตำแหน่งเดียวกับสถานีเก็บน้ำจำนวนทั้งสิ้น 19 สถานี แบ่งเป็นท่าเทียบเรือกรุงเทพจำนวน 8 สถานี และท่าเทียบเรือแหลมฉบังจำนวน 11 สถานี ตำแหน่งละ 3 ซ้ำ โดยใช้อุปกรณ์ Grab ชนิด Petersen Grab เก็บตะกอนดินจำนวนประมาณ 100 กรัม ใส่ในภาชนะที่มีฝาปิด และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำผิวดินและน้ำทะเล

ตารางที่ 1 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน

ท่าเทียบเรือกรุงเทพ			ท่าเทียบเรือแหลมฉบัง		
สถานีเก็บตัวอย่าง	latitude	Longitude	สถานีเก็บตัวอย่าง	latitude	longitude
สถานี BKK1	13.693452	100.588499	สถานี LCB1	13.061094	100.886582
สถานี BKK2	13.695555	100.587000	สถานี LCB2	13.062389	100.888793
สถานี BKK3	13.696732	100.586006	สถานี LCB3	13.063840	100.891334
สถานี BKK4	13.696080	100.586105	สถานี LCB4	13.065072	100.893491
สถานี BKK5	13.697662	100.584784	สถานี LCB5	13.066504	100.896040
สถานี BKK6	13.698872	100.583652	สถานี LCB6	13.070153	100.898187
สถานี BKK7	13.700057	100.582373	สถานี LCB7	13.069830	100.894610
สถานี BKK8	13.702064	100.581521	สถานี LCB8	13.068212	100.891573
			สถานี LCB9	13.066443	100.888617
			สถานี LCB10	13.065009	100.886016
			สถานี LCB11	13.063844	100.884014



ที่มา : ดัดแปลงจาก www.google.com/maps

รูปที่ 1 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างของท่าเรือกรุงเทพฯ



ที่มา : ดัดแปลงจาก www.google.com/maps

รูปที่ 2 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างท่าเรือแหลมฉบัง

ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก

ตัวอย่างน้ำ เตรียมตัวอย่างน้ำผิวดินและน้ำทะเล สำหรับการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน U.S. EPA. method 3015a สำหรับการย่อยตัวอย่างประเภทน้ำ ด้วยเครื่องมือ Microwave digester จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่ได้ กรองด้วยกระดาษกรองและปรับปริมาณเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน [5] และทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) โดยมีดัชนีที่ทำการวิเคราะห์ และค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ (DL) ดังนี้ แคดเมียม (Cd) DL มีค่าเท่ากับ 0.100 มก./ล. โครเมียม-เฮกซะวาเลนต์ (Cr^{6+}) DL มีค่าเท่ากับ 0.100 มก./ล. ทองแดง (Cu) DL มีค่าเท่ากับ 0.100 มก./ล. เหล็ก (Fe) DL มีค่าเท่ากับ 0.100 มก./ล. แมงกานีส (Mn) DL มีค่าเท่ากับ 0.100 มก./ล. นิกเกิล (Ni) DL มีค่าเท่ากับ 0.100 มก./ล. ตะกั่ว (Pb) DL มีค่าเท่ากับ 0.100 มก./ล. และสังกะสี (Zn) DL มีค่าเท่ากับ 0.100 มก./ล.

ตัวอย่างดินตะกอน เตรียมตัวอย่างดินตะกอน สำหรับการวิเคราะห์ ตามวิธีมาตรฐาน U.S. EPA. method 3051a สำหรับการย่อยตัวอย่างประเภทดินตะกอนด้วย เครื่องมือ Microwave digester จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่ได้ กรองด้วยกระดาษกรองและปรับปริมาณเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน [6] และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) โดยมีดัชนีที่ทำการวิเคราะห์ และค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้เช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำผิวดินและน้ำทะเล

2) การวิเคราะห์ดัชนีทางกายภาพและเคมี

วัดดัชนีที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง จะทำการตรวจวัด ณ บริเวณภาคสนาม โดยทั้งช่วงระยะเวลาไม่เกิน 10 นาที นับจากการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเค็ม (Salinity) การนำไฟฟ้า (Electrical conductance) และความขุ่น (Turbidity) ด้วยเครื่องมือ Electrometric Method และ Thermometer

ดัชนีที่ต้องทำการตรวจวัดในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ การวิเคราะห์ดัชนี ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำ (BOD) โดยการใช้วิธี Direct method และวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD) โดยการใช้วิธี Closed reflux

ผลและการอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของท่าเทียบเรือกรุงเทพ และท่าเทียบเรือแหลมฉบัง

1) คุณภาพน้ำผิวดินบริเวณท่าเทียบเรือกรุงเทพ

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำผิวดิน บริเวณท่าเทียบเรือกรุงเทพ ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น BOD และ COD จาก 8 สถานี โดยพบว่า อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 31-33 องศาเซลเซียส ออกซิเจนละลาย มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.030-1.350 มก./ล. ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.9-7.4 ความเค็ม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.170-0.390 ส่วนในพันส่วน ค่าการนำไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 115.884-119.769 ไมโครโห์ม ค่าความขุ่น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 486.540-494.000 เอ็นทียู BOD มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.880-8.170 มก./ล. และ COD มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 251.550-354.660 มก./ล. ซึ่งพบว่าดัชนีส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พ.ศ. 2535 ยกเว้นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับนิเวศวิทยา คือ ออกซิเจนละลาย และ BOD ที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

2) คุณภาพน้ำทะเลบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำทะเล บริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น BOD และ COD จาก 11 สถานี โดยพบว่า อุณหภูมิ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 30-31 องศาเซลเซียส ออกซิเจนละลาย มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.106-6.270 มก./ล. ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.5-7.7 ความเค็ม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 67.892-73.344 ส่วนในพันส่วน ค่าการนำไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1328.330-1626.830 ไมโครโห์ม ค่าความขุ่น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 47.163-47.251 เอ็นทียู BOD มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.250-3.128 มก./ล. และ COD มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 602.828-635.151 มก./ล. ซึ่งพบว่าดัชนีทั้งหมดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 5 เพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549)

เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนที่ 11 ง, วันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2560 โดยมี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินและดินตะกอนของท่าเทียบเรือกรุงเทพ

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินบริเวณท่าเทียบเรือกรุงเทพ ได้แก่ แคดเมียม โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี จาก 8 สถานี โดยพบว่า แคดเมียม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.064-0.02 มก./ล. โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์มีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของเครื่องมือ ทองแดง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.09-0.249 มก./ล. เหล็กมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.975-1.228 มก./ล. แมงกานีสมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.065-0.32 มก./ล. นิกเกิลมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง

0.114-0.242 มก./ล. ตะกั่วมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.392-0.425 มก./ล. และสังกะสีมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.027-0.056 มก./ล.

ปริมาณของโลหะหนักในน้ำผิวดินในฤดูฝนพบการปนเปื้อนของเหล็กสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ตะกั่ว แมงกานีส นิกเกิล ทองแดง สังกะสี และแคดเมียม ตามลำดับ สำหรับในฤดูแล้งพบปริมาณเหล็กสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ตะกั่ว นิกเกิล ทองแดง แมงกานีส แคดเมียม และสังกะสี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าทองแดงเป็นโลหะหนักที่มีปริมาณเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูสูงที่สุด ซึ่งพบว่าดัชนีทั้งหมดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พ.ศ. 2535 ยกเว้นแคดเมียมในฤดูแล้งที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของดัชนีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของท่าเทียบเรือกรุงเทพ และท่าเทียบเรือแหลมฉบัง

ดัชนี	ท่าเทียบเรือกรุงเทพ			ท่าเทียบเรือแหลมฉบัง		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	มาตรฐาน ¹	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	มาตรฐาน ²
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	31	33	± 3	31	30	± 2
DO (มก./ล.)	1.350	1.030	≥ 2.0	6.270	6.106	≥ 4
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	6.9	7.4	5.0-9.0	7.5	7.7	7.0 - 8.5
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	0.170	0.390	-	67.892	73.344	± 10%
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครโอห์ม)	115.884	119.769	-	1328.330*	1626.830*	-
ค่าความขุ่น (NTU)	486.540	494.000	-	47.163	47.251	-
BOD (มก./ล.)	8.170	6.880	≥ 4.0	3.128	2.250	-
COD (มก./ล.)	251.550	354.660	-	602.828*	635.151*	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่กำหนดอยู่ในมาตรฐาน

(*) หมายถึง มีค่าสูงเนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทะเล

- ที่มา : [1] มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 (แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยผ่านการฆ่าเชื้อและปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษ และการอุตสาหกรรม) ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พ.ศ. 2535
- [2] มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 5 เพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนที่ 11 ง, วันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2560

ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณท่าเทียบเรือกรุงเทพ ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม เฮกซะวาเลนซ์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี จาก 8 สถานี โดยพบว่า แคดเมียมมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.028-0.040 มก./กก. โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.776-0.947 มก./กก. ทองแดงมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.124-1.378 มก./กก. เหล็กมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 357.900-384.725 มก./กก. แมงกานีส มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.373-16.419 มก./กก. นิกเกิล มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.398-0.522 มก./กก. ตะกั่วมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.624-0.728 มก./กก. และสังกะสีมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.480-1.347 มก./กก.

ปริมาณของโลหะหนักในดินตะกอนในฤดูฝนพบการปนเปื้อนของเหล็กสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ สังกะสี ทองแดง โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ ตะกั่ว นิกเกิล แมงกานีส และแคดเมียม ตามลำดับ สำหรับในฤดูแล้งพบปริมาณเหล็กสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ ตะกั่ว นิกเกิล และแคดเมียม

ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าแมงกานีสในฤดูแล้งมีปริมาณสูงกว่าฤดูฝนอย่างเห็นได้ชัด ทำให้แมงกานีสเป็นโลหะหนักที่มีปริมาณเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูสูงที่สุดในส่วนของมาตรฐานพบว่ายังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานดินตะกอนสำหรับแหล่งน้ำผิวดิน โดยเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล ตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ พ.ศ. 2558 พบว่าดัชนีทั้งหมดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3

ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลและดินตะกอนทะเลของท่าเทียบเรือแหลมฉบัง

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง ได้แก่ แคดเมียม โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี จาก 11 สถานี โดยพบว่า แคดเมียมมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.02-0.125 มล./ล. โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์มีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของเครื่องมือ ทองแดงมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.179-0.222 มก./ล. เหล็กมีค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดิน และตะกอนดินของท่าเทียบเรือกรุงเทพ

ดัชนี	น้ำผิวดิน			ดินตะกอน		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	มาตรฐาน ¹	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	มาตรฐาน ²
แคดเมียม	0.020 มก./ล.	0.064 มก./ล.	0.050 มก./ล.	0.040 มก./กก.	0.028 มก./กก.	2.000 มก./กก.
โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์	<0.100 มก./ล.	<0.100 มก./ล.	0.050 มก./ล.	0.947 มก./กก.	0.776 มก./กก.	-
ทองแดง	0.090 มก./ล.	0.241 มก./ล.	0.100 มก./ล.	1.124 มก./กก.	1.378 มก./กก.	25.000 มก./กก.
เหล็ก	1.228 มก./ล.	0.975 มก./ล.	-	384.725 มก./กก.	357.900 มก./กก.	-
แมงกานีส	0.32 มก./ล.	0.065 มก./ล.	1.000 มก./ล.	0.373 มก./กก.	16.419 มก./กก.	-
นิกเกิล	0.114 มก./ล.	0.242 มก./ล.	0.100 มก./ล.	0.522 มก./กก.	0.398 มก./กก.	-
ตะกั่ว	0.425 มก./ล.	0.392 มก./ล.	0.050 มก./ล.	0.728 มก./กก.	0.624 มก./กก.	52.000 มก./กก.
สังกะสี	0.027 มก./ล.	0.056 มก./ล.	1.000 มก./ล.	1.480 มก./กก.	1.347 มก./กก.	102.000 มก./กก.

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่ระบุในค่ามาตรฐาน

- ที่มา : [1] มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 (แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยการฆ่าเชื้อและปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษ และการอุตสาหกรรม) ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พ.ศ. 2535
- [2] มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล ตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล กรมควบคุมมลพิษ, วันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2558

อยู่ระหว่าง 0.485-0.505 มก./ล. แมงกานีสมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.025-0.047 มก./ล. นิกเกิลมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.227-0.241 มก./ล. ตะกั่วมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.143-0.566 มก./ล. และสังกะสีมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.018-0.048 มก./ล.

ปริมาณของโลหะหนักในน้ำทะเลในฤดูฝนพบการปนเปื้อนของเหล็กสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ นิกเกิล ทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส แคดเมียม และสังกะสี ตามลำดับ สำหรับในฤดูแล้งพบปริมาณตะกั่วสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ เหล็ก นิกเกิล ทองแดง แคดเมียม สังกะสี และแมงกานีส ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าตะกั่วเป็นโลหะที่มีปริมาณเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูมากที่สุด โดยพบการเพิ่มขึ้นในฤดูแล้งสูงกว่าในฤดูฝน ซึ่งพบว่าดัชนีส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 5 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 พ.ศ. 2549 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล พ.ศ. 2560 ยกเว้น แคดเมียม ทองแดง เหล็ก และตะกั่ว ที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนทะเลบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม เฮกซะวาเลนซ์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี จาก 8 สถานี โดยพบว่า แคดเมียม มีค่าเฉลี่ยอยู่

ระหว่าง 0.005-0.013 มก./กก. โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.197-0.213 มก./กก. ทองแดง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.760-0.819 มก./กก. เหล็ก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 119.632-125.152 มก./กก. แมงกานีส มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.004-4.399 มก./กก. นิกเกิล มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.164-0.295 มก./กก. ตะกั่ว มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.237-0.286 มก./กก. และสังกะสี มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.817-0.838 มก./กก.

ปริมาณของโลหะหนักในดินตะกอนทะเลในฤดูฝนพบการปนเปื้อนของเหล็กสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แมงกานีส สังกะสี ทองแดง นิกเกิล ตะกั่ว โครเมียม เฮกซะวาเลนซ์ และแคดเมียม ตามลำดับ สำหรับในฤดูแล้งพบปริมาณเหล็กสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ นิกเกิล และแคดเมียม ตามลำดับ ซึ่งพบว่าดัชนีทั้งหมดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเลตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ พ.ศ. 2558 โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดิน และตะกอนดินของท่าเทียบเรือแหลมฉบัง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [7] ที่พบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนจะมีมากกว่าในน้ำ 3-5 เท่า

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดิน และตะกอนดินทะเลของท่าเทียบเรือแหลมฉบัง

ดัชนี	น้ำทะเล			ดินตะกอนทะเล		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	มาตรฐาน ¹	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	มาตรฐาน ²
แคดเมียม	0.020 มก./ล.	0.125 มก./ล.	0.005 มก./ล.	0.013 มก./กก.	0.005 มก./กก.	2.000 มก./กก.
โครเมียม เฮกซะวาเลนซ์	<0.100 มก./ล.	<0.100 มก./ล.	0.050 มก./ล.	0.197 มก./กก.	0.213 มก./กก.	-
ทองแดง	0.179 มก./ล.	0.222 มก./ล.	0.008 มก./ล.	0.760 มก./กก.	0.819 มก./กก.	25.000 มก./กก.
เหล็ก	0.485 มก./ล.	0.505 มก./ล.	0.300 มก./ล.	125.152 มก./กก.	119.632 มก./กก.	-
แมงกานีส	0.047 มก./ล.	0.025 มก./ล.	0.100 มก./ล.	4.399 มก./กก.	3.004 มก./กก.	-
นิกเกิล	0.241 มก./ล.	0.227 มก./ล.	-	0.295 มก./กก.	0.164 มก./กก.	-
ตะกั่ว	0.143 มก./ล.	0.566 มก./ล.	0.0085 มก./ล.	0.237 มก./กก.	0.286 มก./กก.	52.000 มก./กก.
สังกะสี	0.018 มก./ล.	0.048 มก./ล.	0.050 มก./ล.	0.838 มก./กก.	0.817 มก./กก.	102.000 มก./กก.

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่ระบุในค่ามาตรฐาน

ที่มา : [1] มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ประเภทที่ 5 เพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนที่ 11 ง, วันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2560

[2] มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล ตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล กรมควบคุมมลพิษ, วันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2558

ความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนัก

1) ความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักในน้ำของท่าเทียบเรือกรุงเทพ และท่าเทียบเรือแหลมฉบังจากการศึกษาพบว่าความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินที่ท่าเรือกรุงเทพ แคดเมียม มีค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.02 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.02 มก./ล.² ในฤดูแล้ง ทองแดงมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.06-0.08 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.05-0.06 มก./ล.² ในฤดูแล้ง เหล็กมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.11-0.15 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.14 มก./ล.² ในฤดูแล้งแมงกานีสมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.01-0.05 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.02 มก./ล.² ในฤดูแล้ง นิกเกิลมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.15-0.18 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.15-0.16 มก./ล.² ในฤดูแล้ง ตะกั่วมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.18-0.31 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.41 มก./ล.² ในฤดูแล้ง สังกะสี มีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.03-0.05 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-0.06 มก./ล.² ในฤดูแล้ง

ความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลที่ท่าเรือแหลมฉบัง แคดเมียม ไม่พบความแปรปรวนทั้งในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.01 มก./ล.² ในฤดูแล้ง ทองแดงมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.02-0.08 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.19 มก./ล.² ในฤดูแล้ง เหล็ก มีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.58-

0.71 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.55-0.80 มก./ล.² ในฤดูแล้ง แมงกานีสมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.02-0.06 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.04-0.05 มก./ล.² ในฤดูแล้ง นิกเกิลมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.01-0.06 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.13 มก./ล.² ในฤดูแล้ง ตะกั่ว มีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.00-0.01 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.01 มก./ล.² ในฤดูแล้ง สังกะสี มีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.01-0.03 มก./ล.² ในฤดูฝน และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.03 มก./ล.² ในฤดูแล้ง

นอกจากนี้ พบว่าในฤดูฝนมีค่าความแปรปรวนของโลหะหนักในน้ำผิวดิน และน้ำทะเลสูงกว่าในฤดูแล้ง โดยมีแนวโน้มที่ความแปรปรวนจะเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของน้ำที่เพิ่มขึ้น คือที่ระดับความลึก 8.0 และ 11.0 เมตร จะมีปริมาณโลหะหนักแปรปรวนมากที่สุด คาดว่าเป็นผลมาจากที่ระดับความลึกนี้เป็นส่วนที่อยู่ใกล้กับพื้นท้องน้ำ จึงมีกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนักเกิดขึ้นในบริเวณนี้มากกว่าที่ระดับความลึกอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการทางเคมี เช่น desorption, absorption และ flocculation ซึ่งมีผลทำให้โลหะหนักเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอื่นได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก [6] และพบว่าปริมาณเหล็กมีความแปรปรวนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ทองแดง นิกเกิล แมงกานีส สังกะสี ตะกั่ว และแคดเมียม ตามลำดับ โดยแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำตัวอย่าง

ดัชนี	ค่าความแปรปรวนของท่าเทียบเรือกรุงเทพ						ค่าความแปรปรวนของท่าเทียบเรือแหลมฉบัง					
	0.3 ม.		6.0 ม.		8.0 ม.		0.3 ม.		8.0 ม.		11.0 ม.	
	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง
แคดเมียม (มก./ล. ²)	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
ทองแดง (มก./ล. ²)	0.08	0.06	0.07	0.06	0.06	0.05	0.02	0.01	0.02	0.19	0.08	0.06
เหล็ก (มก./ล. ²)	0.11	0.14	0.15	0.10	0.14	0.12	0.71	0.64	0.58	0.55	0.67	0.80
แมงกานีส (มก./ล. ²)	0.02	0.02	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.06	0.04	0.03	0.05
นิกเกิล (มก./ล. ²)	0.18	0.15	0.16	0.16	0.15	0.16	0.01	0.00	0.01	0.13	0.06	0.06
ตะกั่ว (มก./ล. ²)	0.20	0.22	0.18	0.27	0.31	0.41	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
สังกะสี (มก./ล. ²)	0.03	0.02	0.03	0.06	0.05	0.04	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01
โครเมียมเฮกซะวาเลนต์ (มก./ล. ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : (-)

หมายถึง ไม่สามารถคำนวณค่า p-value ได้เนื่องจากตรวจไม่พบการปนเปื้อน

2) ความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนของท่าเทียบเรือกรุงเทพ และท่าเทียบเรือแหลมฉบัง

จากการศึกษาพบว่าความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินที่ท่าเรือกรุงเทพ แคดเมียม ไม่พบความแปรปรวนทั้งในฤดูฝน และฤดูแล้ง โครเมียม เฮกซะวาเลนซ์ มีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.05-0.07 มก./ล.² ทองแดงมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.21-0.36 มก./ล.² เหล็กมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 30.71-37.87 มก./ล.² แมงกานีสมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 1.35-1.64 มก./ล.² นิกเกิลมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.13-0.18 มก./ล.² ตะกั่วมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.20-0.34 มก./ล.² สังกะสีมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.20-0.34 มก./ล.²

ความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนทะเลที่ท่าเรือแหลมฉบัง แคดเมียมมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.00-0.01 มก./ล.² โครเมียม-เฮกซะวาเลนซ์ มีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.04-0.05 มก./ล.² ทองแดงมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.12-0.14 มก./ล.² เหล็กมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 14.38-35.93 มก./ล.² แมงกานีสมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.09-1.55 มก./ล.² นิกเกิลมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.02-0.03 มก./ล.² ตะกั่วมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.01-0.03 มก./ล.² สังกะสีมีค่าความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.10-0.16 มก./ล.²

โดยพบว่าที่ท่าเทียบเรือกรุงเทพ เหล็กมีความแปรปรวนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ นิกเกิล ตะกั่ว และแคดเมียม ตามลำดับ และท่าเทียบเรือแหลมฉบัง เหล็ก

มีความแปรปรวนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แมงกานีส ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี นิกเกิล โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ และแคดเมียม ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6

การเปลี่ยนแปลงโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำตามระดับความลึก

การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) การเปลี่ยนแปลงโลหะหนักในน้ำตัวอย่างตามระดับความลึกจากผลการศึกษาโดยใช้วิธี T-Test (Independent Samples) ซึ่งกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่าปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินของท่าเทียบเรือกรุงเทพ และน้ำทะเลของท่าเทียบเรือแหลมฉบัง โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินจำนวน 6 ดัชนี ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ที่ความลึก 3 ระดับ คือ 0.3-6.0, 6.0-8.0 และ 0.3-8.0 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับความเชื่อมั่น > 0.05) โดยแสดงดังตารางที่ 7 แต่พบว่า แมงกานีส เป็นโลหะหนักเพียงชนิดเดียวที่มีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละระดับความลึกของน้ำ (ที่ระดับความเชื่อมั่น < 0.05) โดยแสดงดังรูปที่ 3

ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลจำนวน 7 ดัชนี ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว สังกะสี ที่ความลึก 3 ระดับ คือ 0.3-6.0, 6.0-8.0 และ 0.3-8.0 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับความเชื่อมั่น > 0.05) โดยแสดงดังตารางที่ 7

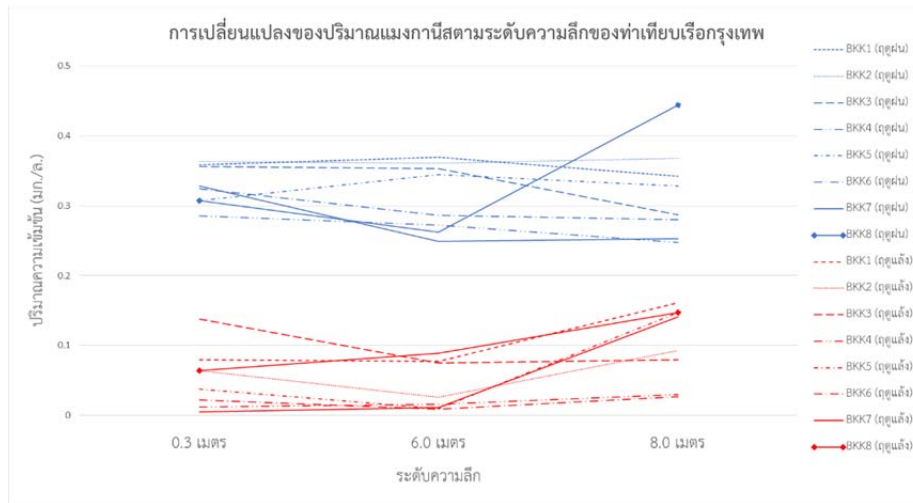
ตารางที่ 6 ความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินตะกอนตัวอย่าง

ดัชนี	ทำเทียบเรือกรุงเทพ		ทำเทียบเรือแหลมฉบัง	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
แคดเมียม (มก./ล. ²)	0.00	0.00	0.00	0.01
โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ (มก./ล. ²)	0.05	0.07	0.05	0.04
ทองแดง (มก./ล. ²)	0.21	0.36	0.14	0.12
เหล็ก (มก./ล. ²)	30.71	37.87	35.93	14.38
แมงกานีส (มก./ล. ²)	1.35	1.64	0.09	1.55
นิกเกิล (มก./ล. ²)	0.13	0.18	0.03	0.02
ตะกั่ว (มก./ล. ²)	0.20	0.34	0.03	0.01
สังกะสี (มก./ล. ²)	0.20	0.34	0.16	0.10

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงโลหะหนักที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำตามระดับความลึกในฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยวิธี T-Test (Independent Samples) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ดัชนี	ค่า p-value ของทำเทียบเรือกรุงเทพ						ค่า p-value ของทำเทียบเรือแหลมฉบัง					
	0.3-6.0 ม.		6.0-8.0 ม.		0.3-8.0 ม.		0.3-8.0 ม.		8.0-11.0 ม.		0.3-11.0 ม.	
	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง
แคดเมียม	0.275	0.874	1.000	0.770	0.283	1.000	0.704	0.658	0.798	0.637	0.537	0.352
ทองแดง	0.772	0.310	0.992	0.648	0.992	0.216	0.224	0.106	0.823	0.785	0.176	0.147
เหล็ก	0.877	0.774	0.875	0.239	0.758	0.140	0.896	0.789	0.897	0.162	0.986	0.062
แมงกานีส	0.430	0.498	0.824	0.015	0.707	0.061	0.889	0.699	0.658	0.582	0.719	0.799
นิกเกิล	0.495	0.352	0.675	0.742	0.346	0.257	0.547	0.739	0.808	0.912	0.418	0.663
ตะกั่ว	0.319	0.899	0.694	0.788	0.120	0.697	0.880	0.875	0.696	1.000	0.806	0.897
สังกะสี	0.304	0.743	0.693	0.622	0.454	0.460	0.471	0.636	0.844	0.607	0.661	0.355
โครเมียม เฮกซะวา เลนซ์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่สามารถคำนวณค่า p-value ได้เนื่องจากตรวจไม่พบการปนเปื้อน



รูปที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโลหะหนักแอมโมเนียของท่าเทียบเรือกรุงเทพตามระดับความลึก

สรุปผลการวิจัย

1) ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลของท่าเรือแหลมฉบังมีโลหะหนักจำนวน 4 ชนิด ที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก และตะกั่ว ในขณะที่ท่าเรือกรุงเทพมีโลหะหนักจำนวน 3 ชนิด ที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง และตะกั่ว สอดคล้องกับงานวิจัยของ [8] ที่พบว่าท่าเรือ Khomeini มีปริมาณของทองแดง ตะกั่ว และเหล็กสูงมาก และงานวิจัยของ [9] ที่ท่าเรือ Xiamen ซึ่งพบว่าแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี มีค่าสูง จึงมีความเสี่ยงที่กระทบต่อระบบนิเวศ

2) คุณภาพน้ำของท่าเทียบเรือกรุงเทพ จากจำนวน 8 ดัชนี ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น BOD และ COD ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ยกเว้น ออกซิเจนละลายน้ำ และ BOD ที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ในขณะที่ท่าเทียบเรือแหลมฉบังมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ประเภทที่ 5 ทั้งหมด

3) ความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักทั้งบริเวณท่าเทียบเรือกรุงเทพ และท่าเทียบเรือแหลมฉบัง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก แต่ยังมีระดับความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักในภาพรวมต่ำ นอกจากนี้ความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนของท่าเทียบเรือกรุงเทพ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในฤดูฝน ในขณะที่

ที่ความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนของท่าเทียบเรือแหลมฉบัง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในฤดูแล้ง คาดว่าเป็นผลมาจากกระบวนการทางเคมี เช่น Desorption, Absorption และ Flocculation ซึ่งมีผลทำให้โลหะหนักเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอื่นได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก [10]

4) ปริมาณโลหะหนักในน้ำทั้งของบริเวณท่าเทียบเรือกรุงเทพ และท่าเทียบเรือแหลมฉบัง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นของน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ >0.05 ยกเว้นเพียง แอมโมเนียสบริเวณท่าเทียบเรือกรุงเทพที่ระดับความลึกระหว่าง 6.0-8.0 เมตร ซึ่งเป็นจุดเดียวที่พบที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ <0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าปริมาณของโลหะหนักจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี บริเวณท่าเทียบเรือขนส่งสินค้าขนาดใหญ่ทั้งในบริเวณแหล่งน้ำผิวดิน และน้ำทะเล จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่แอมโมเนียเป็นโลหะหนักเพียงชนิดเดียวในการศึกษาครั้งนี้ที่มีการเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของน้ำที่สูงขึ้น

5) ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้สามารถทราบได้ถึงแนวโน้มการกระจายตัวของโลหะหนักบริเวณท่าเทียบเรือขนส่งสินค้าขนาดใหญ่ทั้งที่ตั้งอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินและน้ำทะเล เพื่อให้สามารถใช้เป็นแนวทางกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปริมาณโลหะหนักที่เพิ่มสูงขึ้นบริเวณท่าเทียบเรือได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ตั้งคณาภิรักษ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์คณิดา ตั้งคณาภิรักษ์ กรรมการร่วมที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนเสนอแนะแนวทางการทดลองตั้งแต่เริ่มดำเนินการจนแล้วเสร็จ ขอขอบพระคุณการทำเรือแห่งประเทศไทย ทำเทียบเรือกรุงเทพ ทำเทียบเรือแหลมฉบัง และบริษัทผู้รับสัมปทานพื้นที่ของการทำเรือ ที่อนุเคราะห์ความสะดวกในการจัดเก็บตัวอย่างรวมถึงดำเนินการทางเอกสาร ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบพระคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Logan, T.J., Feltz, R.E. 1985. Plant uptake of cadmium from acid extracted anaerobically digested sewage sludge. J. Environ. Qual. 14, 459-500.
- [2] Somchai, W., Thidarat, K., Uthit, C. and Pimwimol I. 2015. Study the amount of Heavy Metals in aquatic animals and coastal fisheries of Songkhla province. 1st edition. Academic papers No. 4/2558, Bangkok. (in Thai)
- [3] Orapin ChanPhongsaeng. 2007. Study the amount of accumulation heavy metals in tissue of marine fish and tissue of some species of marine animals in Gulf of Thailand with economic value. Thesis of Chulalongkorn University. Bangkok. (in Thai)
- [4] Papaefthymiou, H., Papatheodorou, G., Christodoulou, D., Geraga, M., Moustakli, A, and Kapolos, J. 2010. Elemental concentrations in sediments of the Patras Harbour, Greece, using INAA, ICP-MS and AAS. Microchem J. 96: 269-276.
- [5] Method 3015a. 2007. Microwave assisted acid digestion of aqueous samples and extracts. EPA renames the report from Technical Document to Science Report.
- [6] Method 3051a. 2007. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. EPA renames the report from Technical Document to Science Report.
- [7] Zabetoglou, K, Voutsas, 7D., Samara, C. 2002. Toxicity and heavy metal contamination of surficial sediments from the bay of Thessaloniki (Northwestern Aegean Sea) Greece. Chemosphere 49: 17-26.
- [8] Abdollahi, S., Raoufi, Z., Faghiri, I., Savari, A., Nikpour, Y, and Mansouri, A. 2013. Contamination levels and spatial distributions of heavy metals and PAHs in surface sediment of Imam Khomeini Port, Persian Gulf, Iran. Mar. Pollut. Bull. 71: 336-345.
- [9] Hui-na, Z., Xing-zhong, Y., Guang-ming, Z., Min, J., Jie, L., Chang, Z., Juan, Y., Hua-jun, H., Zhi-feng, L, and Hong-wei, J. 2012. Ecological risk assessment of heavy metals in sediments of Xiawan Port based on modified potential ecological risk index. Trans. Nonferrous Met. Soc. China 22: 1470-1477.
- [10] Chaluai Musika. 2001. Behavior of heavy metals in Bang Pakong River. Thesis of Burapa University. Chon Buri. (in Thai)