

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลอง

การศึกษากาปรบนเปื้อนของสารปรอทในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลนคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ โดยเก็บตัวอย่างดินตะกอนตามแนวคั้ง จำนวน 5 สถานี สถานีละ 3 ซ้ำ และเก็บตัวอย่างดินตะกอนตามแนวระนาบ จากสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 5 สถานี 3 ระยะห่างจากฝั่ง รวม 15 จุด จุดละ 3 ซ้ำ คั้งภาพที่ 8 เพื่อเปรียบเทียบการสะสมของปรอทตามความลึกของแท่งดินตะกอนและระยะห่างจากฝั่ง โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณสารปรอทในดินตะกอนด้วยเครื่อง Atomic Fluorescence Spectrometry (CVAFS) ของ PS Analytical รุ่น Merlin ทา % Ignition Loss โดยการเผาที่อุณหภูมิ 450°C และหาออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส โดยการสกัดด้วยวิธี Dithionite- Citrate Method แล้ววัดปริมาณของออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสด้วยเครื่อง FAAS ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้คั้งต่อไปนี้

1. ปรอทในดินตะกอน

1.1 การแพร่กระจายของสารปรอทในดินตะกอนตามแนวคั้ง (vertical distribution)

การศึกษาปริมาณของสารปรอทในดินตะกอนตามแนวคั้งบริเวณชายฝั่งทะเลนคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ ผลการศึกษาพบค่าพิสัย และค่าเฉลี่ยตามตารางที่ 29 และภาพที่ 7 ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้คั้งนี้

1.1.1 สถานีที่ 1 (ปากแม่น้ำเจ้าพระยา) ภาพที่ 17 แสดงการแปรผันของสารปรอทตามความลึกของแท่งดินตะกอน ปริมาณสารปรอทมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก โดยพบสารปรอทมีค่าอยู่ในช่วง 19.8- 120.9 ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึก 47.2 ± 6.9 ng/g น้ำหนักแห้ง พบว่าปริมาณสารปรอทที่วัดได้ในสถานีที่ 1 แต่ละระดับความลึกมีค่าแตกต่างกันมาก โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ระดับความลึก 0 – 2 เซนติเมตร เท่ากับ 85.5 ± 14.6 ng/g น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่ามากกว่าในระดับความลึก 4 – 6 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 28.5 ± 3.1 ng/g น้ำหนักแห้ง ประมาณ 3 เท่า

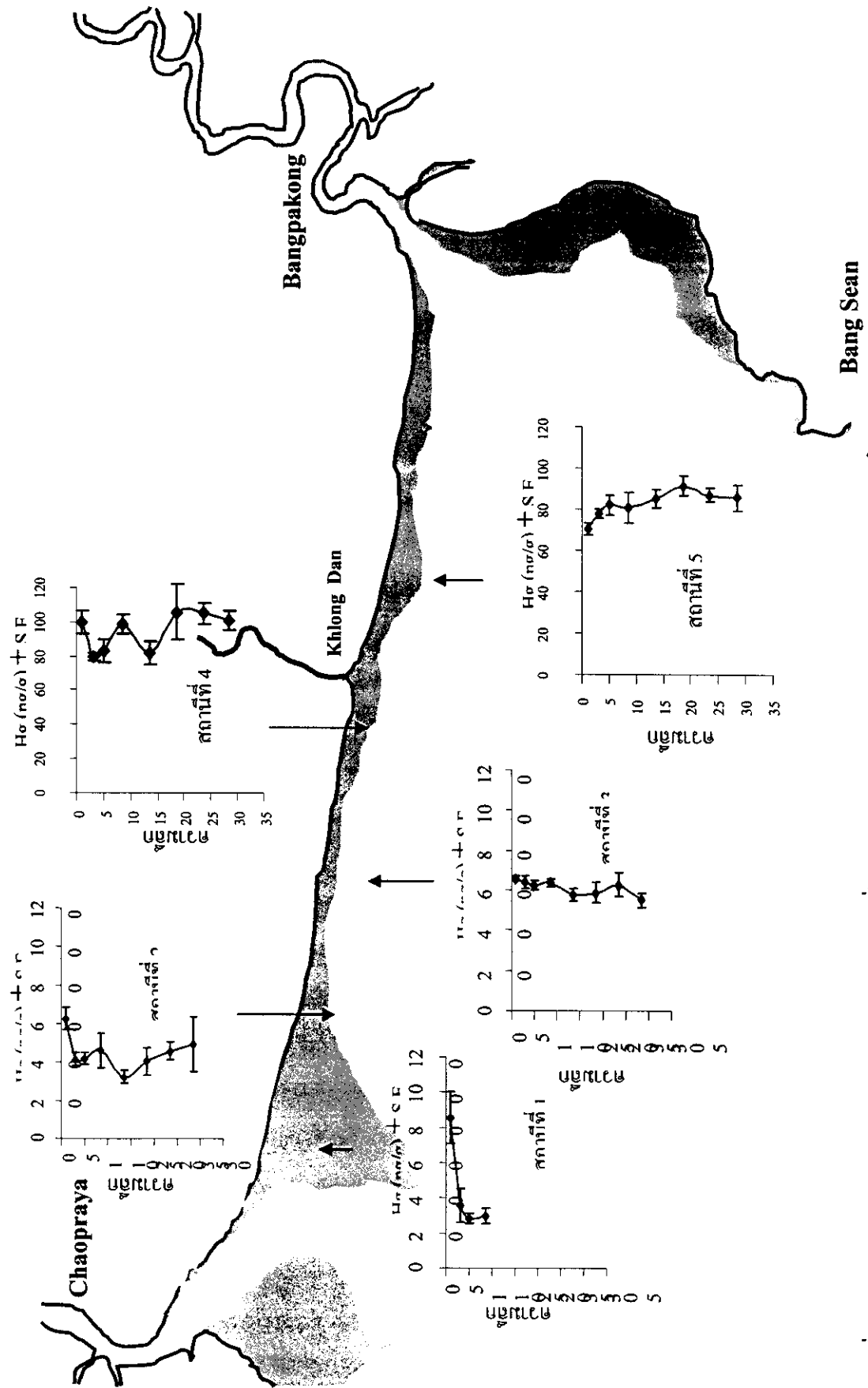
1.1.2 สถานีที่ 2 (บริเวณระหว่างหน้านิคมอุตสาหกรรมบางปูและคลองค้ำหรุ) ภาพที่ 17 แสดงการแปรผันของสารปรอทตามความลึกของแท่งดินตะกอน โดยพบสารปรอทมีค่าอยู่ในช่วง 22.8 – 81.6 ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึก 49.2 ± 2.7 ng/g น้ำหนักแห้ง ปริมาณสารปรอทที่วัดได้ในสถานีที่ 2 แต่ละระดับความลึกมีค่าแตกต่างกันมาก และมีแนวโน้ม

ลดลงตามระดับความลึกที่ระดับความลึก 0 – 16 เซนติเมตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับความลึกตั้งแต่ 16 เซนติเมตร ขึ้นไป โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ระดับความลึก 0 – 2 เซนติเมตร เท่ากับ 62.7 ± 5.9 ng/g น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่ามากกว่าในระดับความลึก 11 – 16 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 32.4 ± 3.21 ng/g น้ำหนักแห้ง ประมาณ 2 เท่า

1.1.3 สถานีที่ 3 (บริเวณโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สวนกุหลาบวิทยาลัย และสถานีระบายน้ำบ้านลาดหวาย) ภาพที่ 17 แสดงการแปรผันของสารปรอท ตามความลึกของแท่งดินตะกอน รูปแบบการแพร่กระจายของปรอทที่พบมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระดับความลึก แต่ไม่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงที่แน่นอน ปริมาณสารปรอทที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 37.8 – 69.7 ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 61.2 ± 1.3 ng/g น้ำหนักแห้ง โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ระดับความลึก 0 – 2 เซนติเมตร เท่ากับ 62.7 ± 5.9 ng/g น้ำหนักแห้ง และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ระดับความลึก 26 – 31 เซนติเมตร เท่ากับ 54.9 ± 3.7 ng/g น้ำหนักแห้ง

1.1.4 สถานีที่ 4 (บริเวณอ่าวคลองด่าน) ภาพที่ 17 แสดงการแปรผันของสารปรอท ตามความลึกของแท่งดินตะกอน รูปแบบการแพร่กระจายของปรอทตลอดระดับความลึก ไม่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงที่แน่นอน ปริมาณสารปรอทที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 63.2 – 149.4 ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 93.5 ± 3.1 ng/g น้ำหนักแห้ง พบว่าปริมาณสารปรอทที่วัดได้ในสถานีที่ 4 แต่ละระดับความลึกมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ระดับความลึก 16 – 21 เซนติเมตร เท่ากับ 105.6 ± 16.2 ng/g น้ำหนักแห้ง แต่ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ระดับความลึก 2 – 4 เซนติเมตร อยู่ที่เพียง 54.9 ± 3.7 ng/g น้ำหนักแห้ง เท่านั้น

1.1.5 สถานีที่ 5 (หน้าวัดหงษ์ทอง) ภาพที่ 17 แสดงการแปรผันของสารปรอท ตามความลึกของแท่งดินตะกอน โดยปริมาณสารปรอทที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 54.5 – 109.3 ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 82.5 ± 1.8 ng/g น้ำหนักแห้ง พบว่าปริมาณสารปรอทที่วัดได้ในสถานีที่ 5 แต่ละระดับความลึกมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก รูปแบบการแพร่กระจายของปรอทมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับความลึก 0 – 21 เซนติเมตร และที่ความลึกมากกว่า 21 เซนติเมตร มีแนวโน้มลดลง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ระดับความลึก 16 – 21 เซนติเมตร เท่ากับ 91.2 ± 4.8 ng/g น้ำหนักแห้ง แต่ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ระดับความลึก 0 – 2 เซนติเมตร อยู่ที่เพียง 70.3 ± 2.9 ng/g น้ำหนักแห้ง เท่านั้น



ภาพที่ 17 แสดงการแพร่กระจายของปรอทบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู ตามระดับความลึก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. วิเคราะห์ปริมาณสารปรอทตามระดับความลึกโดยใช้ analysis of variance ทดสอบ 2 ทาง (two - way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสารปรอทในดินตะกอนตามระดับความลึกและสถานี ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงความแตกต่างของปริมาณสารปรอทในดินตะกอนตามระดับความลึกและสถานี

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	88629.863	35	2532.282	8.960	.000
Intercept	856104.736	1	856104.736	3029.311	.000
STATION	67763.752	4	16940.938	59.945	.000
DEPTH	6022.798	7	860.400	3.045	.005
STATION * DEPTH	15465.900	24	644.412	2.280	.001
Error	49173.625	174	282.607		
Total	1127757.100	210			
Corrected Total	137803.488	209			

จากการ วิเคราะห์ปริมาณสารปรอทในแต่ละสถานีและระดับความลึก โดยใช้ analysis of variance ทดสอบแบบ 2 ทาง (two - way ANOVA) พบว่า ค่า $p < 0.01$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของปรอทในแต่ละสถานีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสารปรอทในดินตะกอนในแต่ละระดับความลึกพบว่า ค่า $p < 0.01$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของปรอทในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

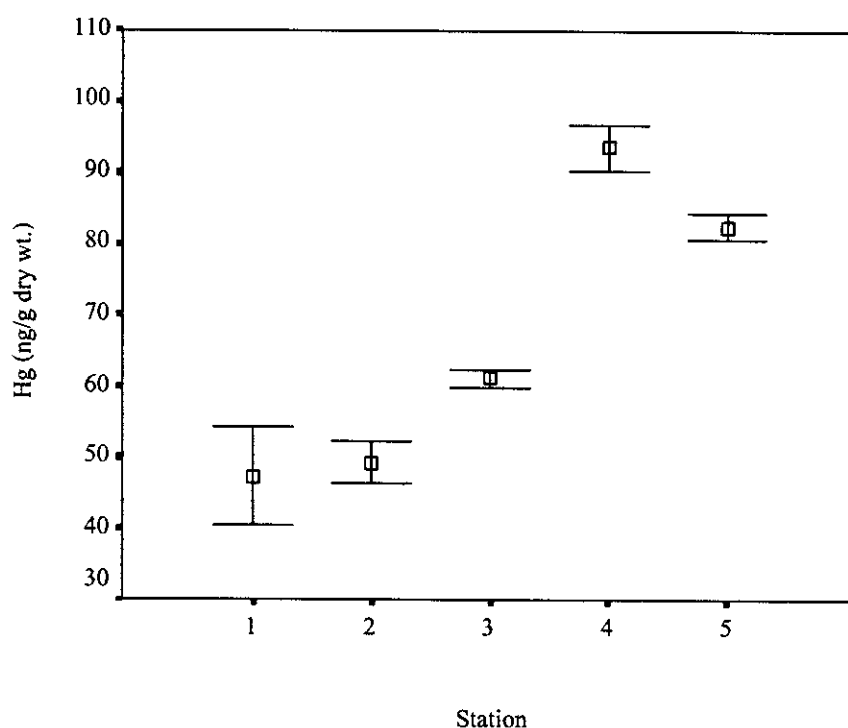
2. การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปรอทในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ผลที่ได้แสดงโดยกราฟ Error Bar ดังภาพที่ 18 และตารางที่ 12 ดังนี้

สถานีที่ 1 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 2 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 3 4 และ 5
 สถานีที่ 2 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 1 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 3 4 และ 5

สถานีที่ 3 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 4 และ 5

สถานีที่ 4 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 5

สถานีที่ 5 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 4



ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E. ของปรอทในดินตะกอนตามระดับความลึก บริเวณชายฝั่งทะเล
นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณสารปรอทในดินตะกอน ในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี
Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Station	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1	22	47.2			
2	48	49.2			
3	48		61.2		
5	48			82.5	
4	44				93.5
sig		.631	1.000	1.000	1.000

2. การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปรอทในแต่ละระดับความลึก โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณสารปรอทในดินตะกอน ในแต่ละระดับความลึก โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ความลึก	N	Subset		
		1	2	3
5.00	30	59.62		
3.00	30	62.10	62.10	
13.50	24	67.53	67.53	67.53
8.50	28	68.84	68.84	68.84
28.50	22		70.21	70.21
23.50	22			72.39
18.50	24			74.03
1.00	30			76.82
Sig.		.071	.115	.083

1.2 การแพร่กระจายของสารปรอทตามแนวระนาบ (horizontal distribution)

การแพร่กระจายของสารปรอทในดินตะกอนบริเวณผิวหน้า (ลึก 0 – 10 เซนติเมตร) ในสถานีเก็บตัวอย่าง 5 สถานี ที่ระยะห่างจากฝั่ง A B และ C ซึ่งห่างจากฝั่ง 2 กม. 3 กม. และ 4 กม. ตามลำดับ รวมทั้งหมด 15 จุด แต่ละจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ มีค่าพิสัยและค่าเฉลี่ย ดังแสดงในภาพที่ 19 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1.2.1 สถานีที่ 1 ภาพที่ 19 แสดงการกระจายของปรอทตามระยะห่างจากฝั่ง โดยปริมาณสารปรอทที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 24.2 – 70.6 ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.5 ± 3.5 ng/g น้ำหนักแห้ง มีรูปแบบการแพร่กระจายตามระยะห่างจากฝั่งไม่ชัดเจน คือพบมากที่สุดที่ระยะห่างจากฝั่ง 3 กิโลเมตร รองลงมาคือ ที่ระยะห่างจากฝั่ง 4 และ 2 กิโลเมตร ตามลำดับ

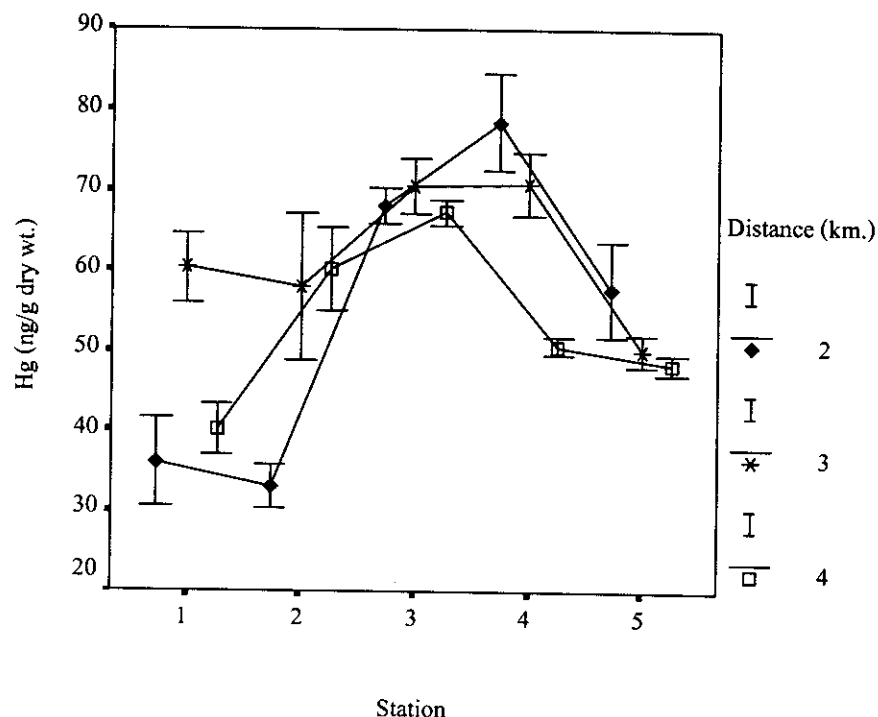
1.2.2 สถานีที่ 2 ภาพที่ 19 แสดงการกระจายของปรอทตามระยะห่างจากฝั่ง โดยปริมาณสารปรอทที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 22.4 – 84.5 ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

50.4 ± 4.5 ng/g น้ำหนักแห้ง มีรูปแบบการแพร่กระจายตามระยะห่างจากฝั่งชัดเจน คือพบปริมาณสารปรอทเพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างจากฝั่งมากขึ้น

1.2.3 สถานีที่ 3 ภาพที่ 19 แสดงการกระจายของปรอทตามระยะห่างจากฝั่ง โดยปริมาณสารปรอทที่พบมีค่าอยู่ในช่วง $56.7 - 81.6$ ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.6 ± 1.4 ng/g น้ำหนักแห้ง มีรูปแบบการแพร่กระจายตามระยะห่างจากฝั่งไม่ชัดเจน และคล้ายคลึงกับรูปแบบการแพร่กระจายในสถานีที่ 1 คือพบมากที่สุดที่ระยะห่างจากฝั่ง 3 กิโลเมตร รองลงมาคือ ที่ระยะห่างจากฝั่ง 2 และ 4 กิโลเมตร ตามลำดับ

1.2.4 สถานีที่ 4 ภาพที่ 19 แสดงการกระจายของปรอทตามระยะห่างจากฝั่ง โดยปริมาณสารปรอทที่พบมีค่าอยู่ในช่วง $47.7 - 102.8$ ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.6 ± 3.6 ng/g น้ำหนักแห้ง มีรูปแบบการแพร่กระจายตามระยะห่างจากฝั่งชัดเจน คือพบปริมาณสารปรอทลดลง เมื่อระยะห่างจากฝั่งมากขึ้น

1.2.5 สถานีที่ 5 ภาพที่ 19 แสดงการกระจายของปรอทตามระยะห่างจากฝั่ง โดยปริมาณสารปรอทที่พบมีค่าอยู่ในช่วง $41.6 - 84.2$ ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.1 ± 2.2 ng/g น้ำหนักแห้ง มีรูปแบบการแพร่กระจายตามระยะห่างจากฝั่งชัดเจน คือพบปริมาณสารปรอทลดลง เมื่อระยะห่างจากฝั่งมากขึ้น



ภาพที่ 19 ปริมาณความเข้มข้นของปรอทในดินตะกอนตามแนวระยะนาบ บริเวณชายฝั่งทะเล
นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

จากภาพที่ 19 การแพร่กระจายของสารปรอทในดินตะกอนในดินตะกอนบริเวณฝั่วน้ำ พบว่าปริมาณของปรอทที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 22.4 – 102.8 ng/g น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ย 56.7 ± 1.5 ng/g น้ำหนักแห้ง โดยเฉลี่ยแล้วมีค่าสูงสุดอยู่ที่สถานี 4A มีค่าเฉลี่ย 80.82 ng/g น้ำหนักแห้ง และมีค่าต่ำสุดอยู่ที่สถานี 2A มีค่าเฉลี่ย 27.9 ng/g น้ำหนักแห้ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. วิเคราะห์ปริมาณสารปรอทตามสถานีและระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้ ANOVA ทดสอบ 2 ปัจจัยแบบ 2 fixed factors ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงความแตกต่างของปริมาณสารปรอทในดิน ตะกอนจากตัวอย่าง 5 สถานี และ 3 ระยะห่างจากฝั่ง

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig
Corrected Model	15207.96 ^a	14	1086.28	9.47	.000
Intercept	288852.70	1	288852.70	2518.01	.000
Station	7658.20	4	1914.55	16.69	.000
Distance	1283.58	2	641.79	5.60	.005
Station * Distance	6266.18	8	783.27	6.83	.000
Error	8603.59	75	114.72		
Total	312664.20	90			
Corrected Total	23811.55	89			

a R Squares = .639 (adjusted R Squared = .571)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่าปริมาณการแพร่กระจายของสารปรอทในแต่ละสถานีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างจากฝั่งด้วย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปรอทในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) แสดงในตารางที่ 15 โดยมีรายละเอียดดังนี้

สถานีที่ 1 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 2 และ 5 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 3 และ 4

สถานีที่ 2 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 1 และ 5 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 3 และ 4

สถานีที่ 3 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 4 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 และ 5
 สถานีที่ 4 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 5 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 และ 5
 สถานีที่ 5 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 1 และ 2 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 3 และ 4

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณสารปรอทในดินตะกอนบริเวณฝั้วหน้า ในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Station	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1	18	45.5	
2	18	50.4	
5	18	52.1	
4	18		66.6
3	18		68.6
sig		.087	.589

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปรอทในแต่ละระยะห่างจากฝั้ว โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) แสดงในตารางที่ 16 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ที่ระยะห่างจากฝั้ว 2 กิโลเมตร มีความเข้มข้นของปรอทในฝั้วหน้าของดินตะกอน ไม่แตกต่างกับที่ระยะห่างจากฝั้ว 4 กิโลเมตร แต่แตกต่างกับที่ระยะห่างจากฝั้ว 3 กิโลเมตร

ที่ระยะห่างจากฝั้ว 3 กิโลเมตร มีความเข้มข้นของปรอทในฝั้วหน้าของดินตะกอน แตกต่างกับที่ระยะห่างจากฝั้ว 2 และ 4 กิโลเมตร

ที่ระยะห่างจากฝั้ว 4 กิโลเมตร มีความเข้มข้นของปรอทในฝั้วหน้าของดินตะกอน ไม่แตกต่างกับที่ระยะห่างจากฝั้ว 2 กิโลเมตร แต่แตกต่างกับที่ระยะห่างจากฝั้ว 3 กิโลเมตร

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณสารปรอทในดินตะกอนบริเวณผิวหน้า ในแต่ละ
สถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น
95 เปอร์เซนต์

Distance	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4	30	53.3	
2	30	54.7	
3	30		61.9
sig		.629	1.000

2. คุณภาพน้ำโดยทั่วไป บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู มีความลึก 1-6 เมตร (เฉลี่ย 3.4 เมตร) โดยที่ความเค็ม ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ขณะทำการเก็บตัวอย่าง มีพิสัยและค่าเฉลี่ยตามตารางที่ 17 และภาพที่ 20 ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

2.1 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ พบอยู่ในช่วง 2.3 – 6.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย 3.9 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยพบค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุดในสถานีที่ 1 และ 2 คือประมาณ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเพิ่มขึ้น ในสถานีที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งเป็นสถานีที่ค่อนข้างมาทางปากแม่น้ำบางปะกง

2.2 ความเค็ม มีค่าอยู่ในช่วง 10.0 – 26.0 psu (เฉลี่ย 19.0 psu) โดยพบค่าต่ำสุดอยู่ที่ สถานีที่ 1 และ 5 ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ใกล้ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำบางปะกงตามลำดับ

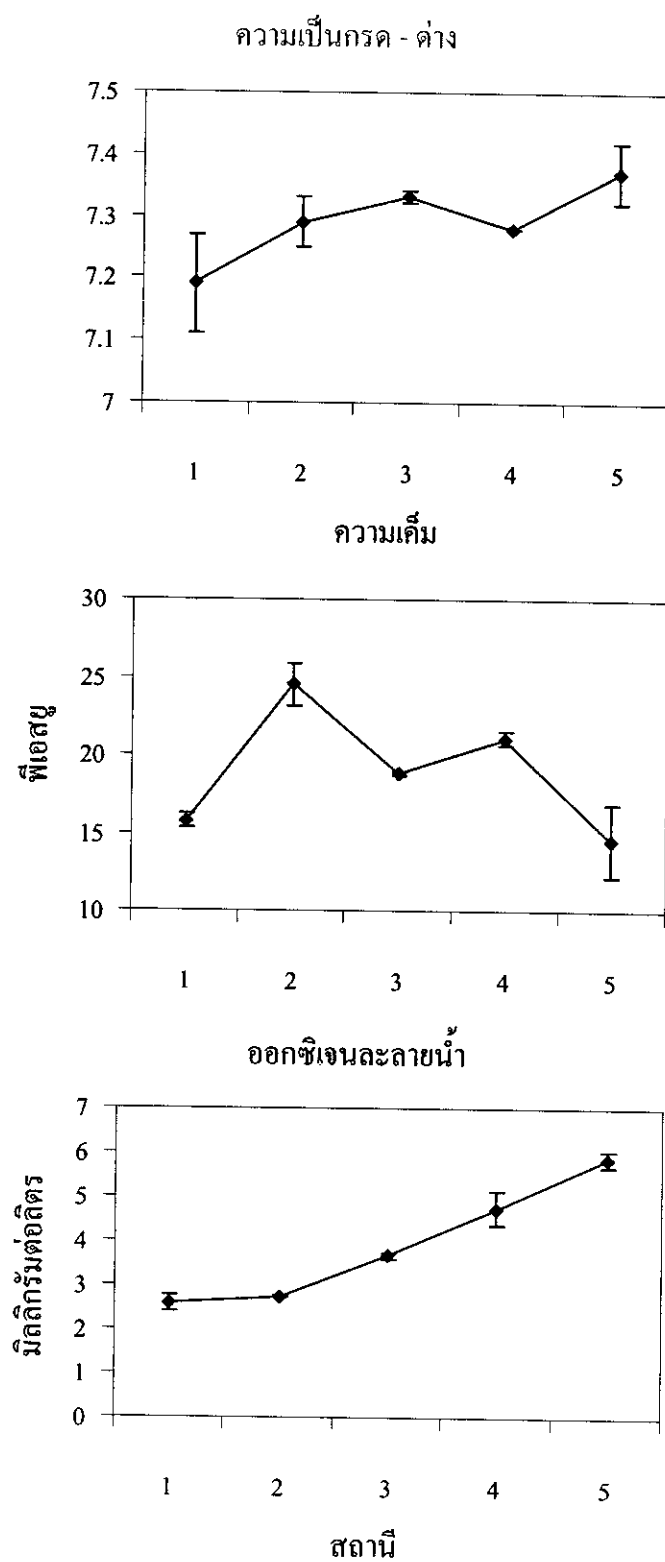
2.3 ค่าความเป็นกรด – ด่าง พบอยู่ในช่วง 7.0 – 7.5 (ค่าเฉลี่ย 7.3) ค่าความเป็นกรด – ด่าง โดยพบค่าต่ำที่สุดในสถานีที่ 1 ส่วนในสถานีอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ตารางที่ 17 ความลึกและคุณภาพน้ำโดยทั่วไปขณะทำการเก็บตัวอย่าง (สิงหาคม 2546)
ในบริเวณชายฝั่งทะเล นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

พารามิเตอร์	พิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E.
ความลึก (เมตร)	1.0 – 6.0	3.4 ± 0.3
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล)	2.2 – 6.2	3.92 ± 0.34
ความเค็ม (พีเอสยู)	9.8 – 26.0	18.94 ± 0.17
ความเป็นกรด-ด่าง	6.9 – 7.5	7.29 ± 0.02

หมายเหตุ: มก./ล หมายถึง มิลลิกรัมต่อลิตร

S.E. หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)



ภาพที่ 20 การแพร่กระจายของค่าออกซิเจนละลายน้ำ ความเค็ม และค่าความเป็นกรด-ด่าง
ในบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ ขณะทำการเก็บตัวอย่าง

3. ลักษณะของดินตะกอน

3.1 ลักษณะทั่วไปของดินตะกอน สถานีที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของดินตะกอนส่วนใหญ่ ชั้นบนเป็นโคลนปนทรายดำ พบเปลือกหอยชิ้นใหญ่ และเปลือกหอยที่แตกหัก มีกรวดทรายปะปนอยู่มาก พบสัตว์หน้าดินประเภท polychaete ในชั้นบนของแท่งดินตะกอน

สถานีที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของดินตะกอนส่วนใหญ่ เป็นโคลนปนทรายน้ำตาล คัดลอกระดับความลึก มีกรวดทราย และเศษเปลือกหอยแตกหักปะปนอยู่เล็กน้อย

สถานีที่ 3 ลักษณะตะกอนดินเป็นโคลนละเอียด สีดำ มีกลิ่นเหม็น พบเศษเปลือกหอยชิ้นเล็ก ๆ ปะปนอยู่เล็กน้อย

สถานีที่ 4 ลักษณะตะกอนดินเป็นโคลนละเอียด สีดำ คล้ายกับสถานีที่ 3 แต่มีกลิ่นเหม็นมากกว่า พบเศษเปลือกหอยชิ้นเล็ก ๆ ปะปนอยู่เล็กน้อย

สถานีที่ 5 ลักษณะตะกอนดินเป็นโคลนละเอียด สีดำ มีกลิ่นเหม็น พบเศษเปลือกหอยและเศษกิ่งไม้และใบไม้ ชิ้นเล็ก ๆ ปะปนอยู่เล็กน้อยในชั้นบนของแท่งดินตะกอน

3.2 ค่าศักย์ไฟฟ้า ค่าศักย์ไฟฟ้า ของแท่งตะกอนดินในทุกสถานี แสดงดังภาพที่ 21 พบว่า ที่ผิวของดินตะกอน ของทุกสถานีมีค่าอยู่ระหว่าง 261 – 438 mV และลดต่ำลงเมื่อความลึกมากขึ้น โดยลดลงอย่างรวดเร็วในระดับความลึก 0 – 5 เซนติเมตร คือ ลดลงเป็น 170 ถึง 40 mV ในสถานีที่ 1 และ 2 และลดลงเป็น -50 ถึง -110 mV ในสถานีที่ 3 4 และ 5 ดังนี้

สถานีที่ 1 ค่าศักย์ไฟฟ้าในแท่งตะกอนดินลดลงตามระดับความลึก โดยพบตั้งแต่ 8 ถึง 396 mV ที่ระดับความลึก 0 – 2 เซนติเมตร ค่าศักย์ไฟฟ้าค่อนข้างคงที่อยู่ที่ประมาณ 390 mV และลดลงอย่างรวดเร็วที่ระดับความลึก 2 – 4 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะลดลงเรื่อย ๆ ตามระดับความลึก แต่เนื่องจากในสถานีที่ 1 สามารถเก็บดินตะกอนได้ลึกเพียง 14 เซนติเมตร เนื่องจากดินตะกอนเป็นดินทราย ทำให้ยากต่อการเก็บตัวอย่างด้วยชุดเก็บดินตะกอนแบบแท่งดินตะกอนจึงไม่พบว่าค่าศักย์ไฟฟ้ามีค่าคงที่ที่ความลึกใด

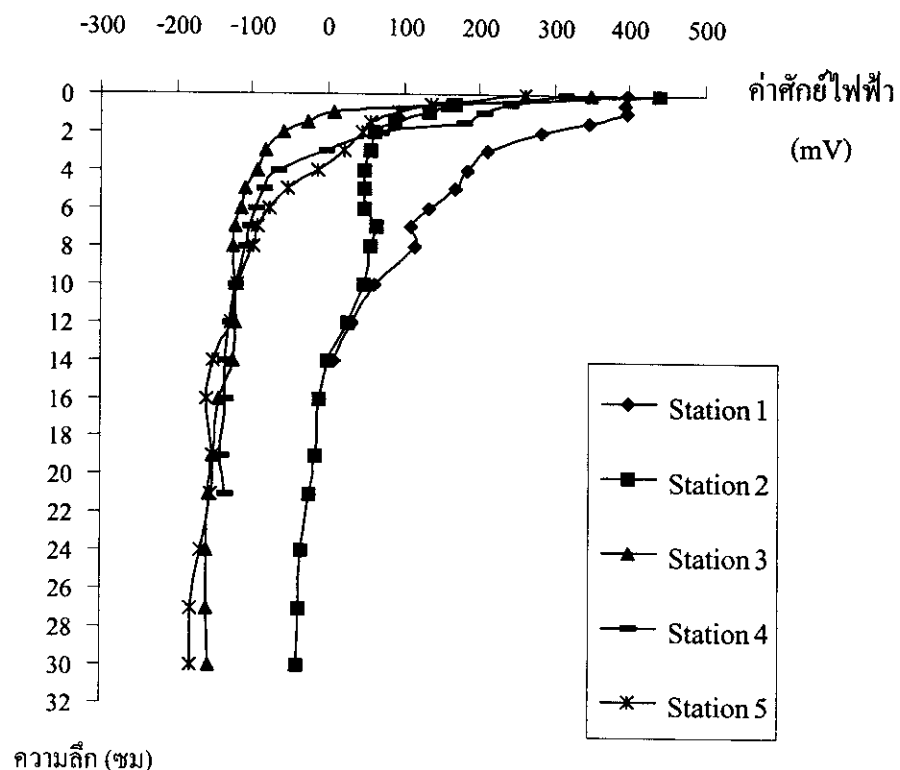
สถานีที่ 2 ค่าศักย์ไฟฟ้าในแท่งตะกอนดินพบตั้งแต่ -38.5 ถึง 438 mV ค่าศักย์ไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็วที่ระดับความลึก 0 – 2 เซนติเมตร โดยลดจาก 438 เหลือ 61.5 และที่ระดับความลึกตั้งแต่ 2 เซนติเมตรขึ้นไป ค่าศักย์ไฟฟ้าค่อย ๆ ลดลง และเริ่มคงที่ที่ระดับความลึก 24 – 30 เซนติเมตร

สถานีที่ 3 ค่าศักย์ไฟฟ้าในแท่งตะกอนดินพบตั้งแต่ -157 ถึง 349 mV ค่าศักย์ไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็วที่ระดับความลึก 0 – 4 เซนติเมตร โดยลดจาก 349 เหลือ -94 และที่ระดับความลึกตั้งแต่ 4 เซนติเมตรขึ้นไป ค่าศักย์ไฟฟ้าค่อย ๆ ลดลง และเริ่มคงที่ที่ระดับความลึก 19 – 30 เซนติเมตร

สถานีที่ 4 ค่าศักย์ไฟฟ้าในแท่งตะกอนดินพบตั้งแต่ - 134 ถึง 314 mV ค่าศักย์ไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็วที่ระดับความลึก 0 – 4 เซนติเมตร โดยลดจาก 314 เหลือ -66.5 และที่ระดับความลึกตั้งแต่ 4 เซนติเมตรขึ้นไป ค่าศักย์ไฟฟ้าค่อย ๆ ลดลง และเริ่มคงที่ที่ระดับความลึก 5 – 21 เซนติเมตร

สถานีที่ 5 ค่าศักย์ไฟฟ้าในแท่งตะกอนดินพบตั้งแต่ - 181.5 ถึง 261.5 mV ค่าศักย์ไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็วที่ระดับความลึก 0 – 5 เซนติเมตร โดยลดจาก 261.5 เหลือ -53.5 และที่ระดับความลึกตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไป ค่าศักย์ไฟฟ้าค่อย ๆ ลดลง และเริ่มคงที่ที่ระดับความลึก 14 – 30 เซนติเมตร

จากผลที่ได้พบว่าแท่งดินตะกอนในทุกสถานีมีลักษณะที่ค่อนข้างริ้วขี้มาก โดยจะมีความเป็นริ้วขี้มากขึ้นในสถานีที่ค่อนข้างมาทางปากแม่น้ำบางปะกง แสดงดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงตามความลึกของค่าศักย์ไฟฟ้าในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเล
นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

3.3 % Ignition Loss

3.3.1 % Ignition Loss ในดินตะกอนตามระดับความลึก % Ignition Loss ในทุกสถานีมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3 – 13.2% ดังแสดงในภาพที่ 22 โดยพบว่า มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกน้อยในสถานีที่ 1 และ 2 และค่าเฉลี่ยค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในสถานี ที่ก่อนไป ทางแม่น้ำบางปะกงคือสถานีที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ในสถานีที่ 2 สามารถสังเกตเห็นการลดลงของ % Ignition Loss ตามระดับความลึกได้อย่างชัดเจน ในสถานีอื่นไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1.1 สถานีที่ 1 % Ignition Loss ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน สถานีที่ 1 เป็นสถานีที่ % Ignition Loss ในดินตะกอนน้อยที่สุด % Ignition Loss ที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 1.31 – 3.72 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึก 2.30 ± 0.15 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบเท่ากับ 1.77 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 6 - 11 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบเท่ากับ 3.04 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 2 – 4 เซนติเมตร

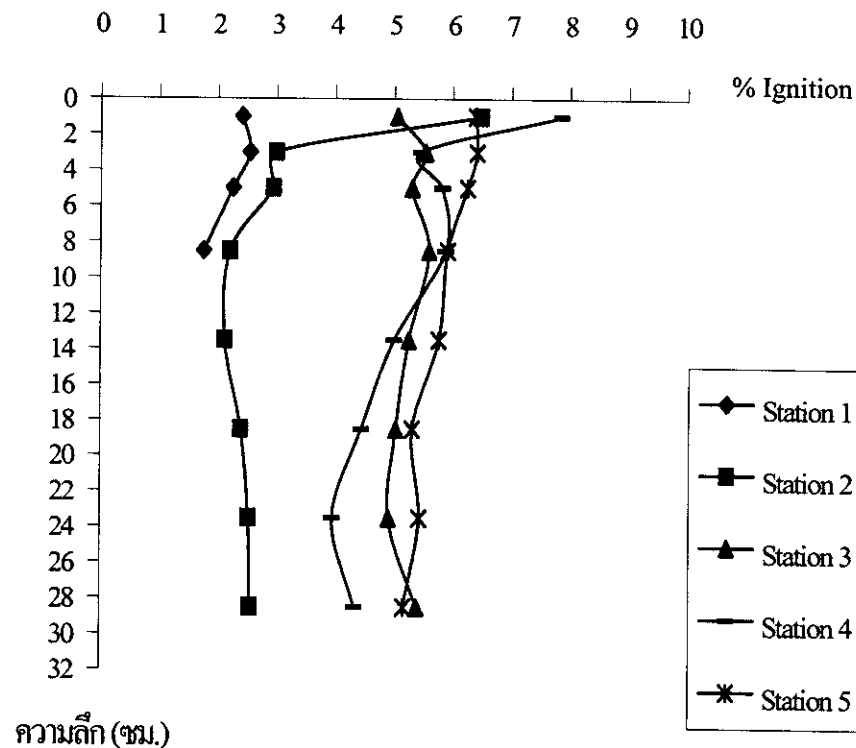
3.3.1.2 สถานีที่ 2 % Ignition Loss ในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกอย่างชัดเจน และมีค่าค่อนข้างสูงที่ความลึก 0 – 2 เซนติเมตร % Ignition Loss ที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 1.62 – 10.59 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึก 3.03 ± 0.24 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบเท่ากับ 2.12 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 11 - 16 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบเท่ากับ 6.48 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 0 - 2 เซนติเมตร

3.3.1.3 สถานีที่ 3 % Ignition Loss ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจนแต่มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกค่อนข้างคงที่ % Ignition Loss ที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 3.92 – 7.54 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึก 5.26 ± 0.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบเท่ากับ 4.92 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 21 – 26 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบเท่ากับ 5.60 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 6 - 11 เซนติเมตร

3.3.1.4 สถานีที่ 4 % Ignition Loss ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจนและมีค่าค่อนข้างสูงที่ความลึก 0 – 2 เซนติเมตร % Ignition Loss ที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 3.51 – 13.19 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึก 5.26 ± 0.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบ เท่ากับ 3.96 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 21 – 26 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบเท่ากับ 7.41 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 0 - 2 เซนติเมตร

3.3.1.5 สถานีที่ 5 % Ignition Loss ในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก โดยมีค่าตลอดความลึกไม่แตกต่างกันมากนัก และมีค่าสูงกว่าทุกสถานีที่ทำการศึกษา % Ignition Loss ที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 4.68 – 7.42 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึก 5.83 ± 0.10

เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบเท่ากับ 5.18 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 26 - 31 เซนติเมตร
และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบเท่ากับ 6.39 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 0 - 2 เซนติเมตร



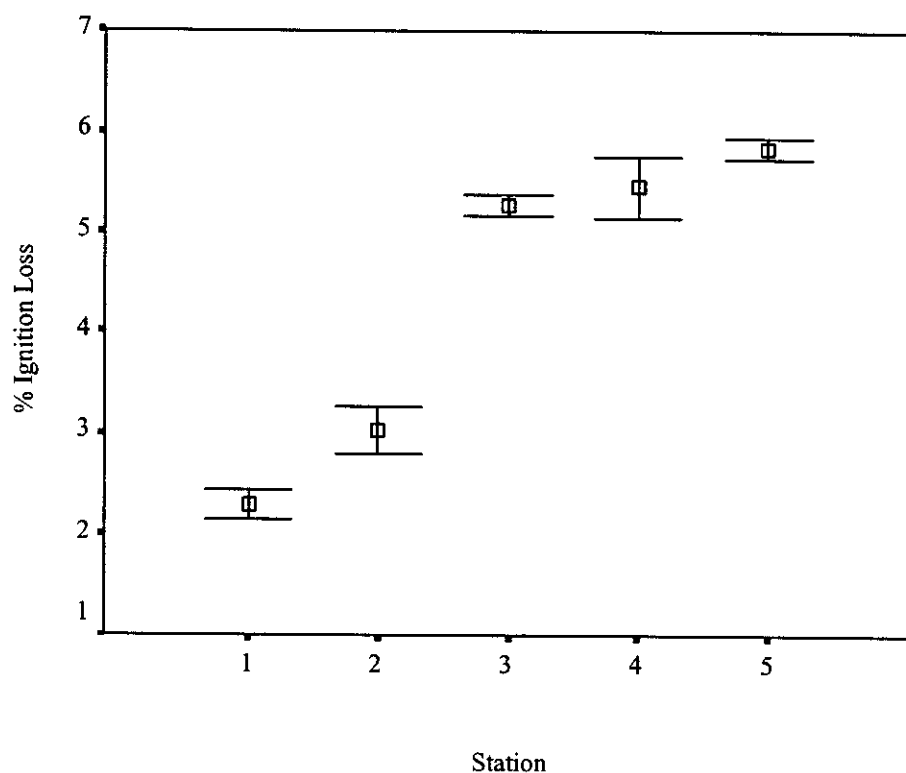
ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงตามความลึกของ % Ignition Loss ในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเล นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จากการวิเคราะห์ % Ignition Loss ในแต่ละสถานี โดยใช้ Analysis of Aariance ทดสอบทางเดียว (one way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ % Ignition Loss ในดินตะกอนในแต่ละสถานี พบว่า ค่า $p < 0.01$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ % Ignition Loss ในแต่ละสถานีมีความ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของ % Ignition Loss ในแต่ละสถานี โดยใช้ วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ผลที่ได้แสดงโดยกราฟ Error Bar ดังภาพที่ 23 ดังนี้

สถานีที่ 1 แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 4 และ 5

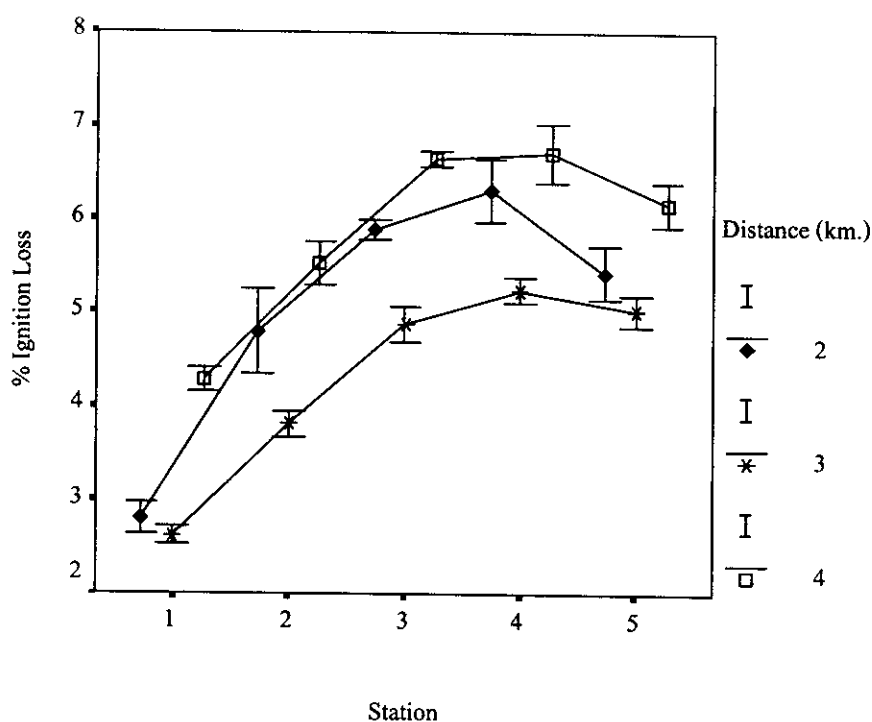
สถานีที่ 2 แตกต่างกับสถานีที่ 1 3 4 และ 5

สถานีที่ 3 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 4 และ 5 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 และ 2
 สถานีที่ 4 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 3 และ 5 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 และ 2
 สถานีที่ 5 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 3 และ 4 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 และ 2



ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E. ของ % Ignition Loss ในดินตะกอนตามระดับความลึก บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

3.3.2 % Ignition Loss ของดินตะกอนตามแนวระนาบ % Ignition Loss อยู่ในช่วง 2.29 – 7.46% มีค่าเฉลี่ย $5.07 \pm 1.26\%$ โดยเฉลี่ยแล้วมีค่าสูงสุดอยู่ที่สถานี 4C โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $6.71 \pm 0.32\%$ และมีค่าต่ำสุดที่สถานี 1B มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.80 \pm 0.16\%$ แสดงดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ปริมาณของ % Ignition Loss ในดินตะกอนตามแนวระนาบบริเวณชายฝั่งทะเล
นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

จากภาพที่ 24 จะเห็นว่า % Ignition Loss ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะห่าง แต่พบแนวโน้มที่เหมือนกันคือ % Ignition Loss สูงสุดในระยะห่างจากฝั่ง 4 กม. และมีค่าต่ำสุดในระยะห่างจากฝั่ง 3 กม. ในทุกสถานี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การศึกษาทางสถิติจะวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของ % Ignition Loss ระหว่างระยะห่างจากฝั่งกับการกระจายในแนวนอน ผลการวิเคราะห์ % Ignition Loss ตามสถานีและระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้ ANOVA ทดสอบ 2 ปัจจัยแบบ 2 fixed factors พบว่า % Ignition Loss ที่กระจายในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

% Ignition Loss ที่ระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

การเก็บข้อมูลตามระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ กับการกระจายในแต่ละสถานีไม่มีอิทธิพลร่วมกันที่ทำให้ % Ignition Loss มีความแตกต่างกัน

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของ % Ignition Loss ในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่า

สถานีที่ 1 แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 4 และ 5

สถานีที่ 2 แตกต่างกับสถานีที่ 1 3 4 และ 5

สถานีที่ 3 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 4 และ 5 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 และ 2

สถานีที่ 4 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 3 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 และ 5

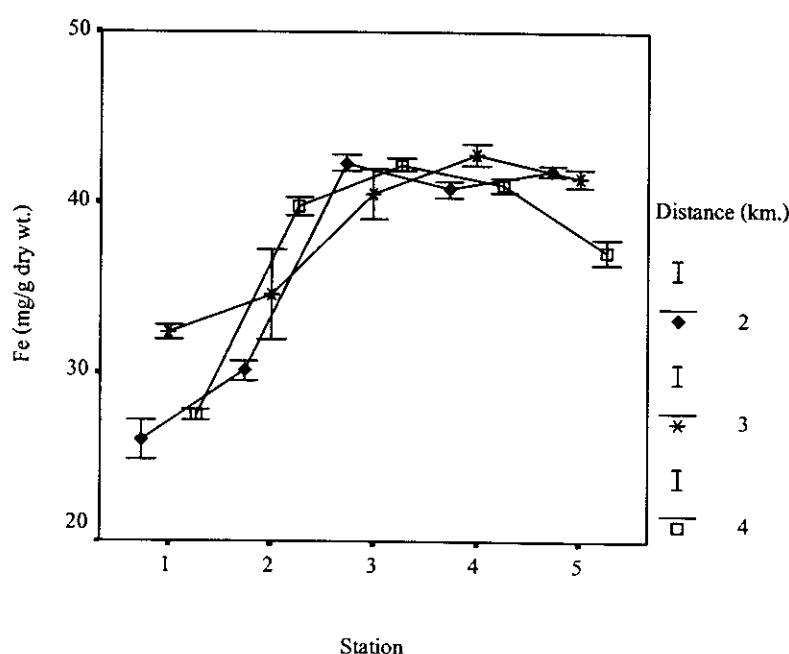
สถานีที่ 5 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 3 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 และ 4

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของ % Ignition Loss ในแต่ละระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่าที่ทุกระยะห่างจากฝั่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยจะพบ % Ignition Loss มากที่สุดที่ระยะห่างจากฝั่ง 4 กม. และพบน้อยที่สุดที่ระยะห่างจากฝั่ง 3 กม.

3.5 ปริมาณเหล็กและเหล็กออกไซด์ในดินตะกอน

3.5.1 ปริมาณเหล็กในดินตะกอน การศึกษาปริมาณเหล็กในดินตะกอน

ได้ศึกษาตามแนวระนาบเท่านั้น โดยพบว่าปริมาณของเหล็กที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 21.25 – 45.48 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ย 37.36 ± 0.63 mg/g น้ำหนักแห้ง โดยเฉลี่ยแล้วมีค่าสูงสุดอยู่ที่สถานี 4B โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.83 ± 0.63 mg/g น้ำหนักแห้ง และมีค่าต่ำสุดที่สถานี 1A มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.01 ± 1.18 mg/g dry wt. ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนตามแนวระนาบบริเวณชายฝั่งทะเล
นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

จากภาพที่ 25 จะเห็นว่าปริมาณเหล็กในสถานีที่ 1 – 5 ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากฝั่ง และการกระจายตัวของปริมาณเหล็กในดินตะกอนในแต่ละสถานีไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การศึกษาทางสถิติจะวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นเหล็ก ในดินตะกอนระหว่างระยะห่างจากฝั่งกับการกระจายในแนวระนาบ ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กตามสถานีและระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้ ANOVA ทดสอบ 2 ปัจจัยแบบ 2 fixed factors พบว่า

ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กที่กระจายในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กที่ระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

การเก็บข้อมูลตามระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ กับการกระจายในแต่ละสถานีมีอิทธิพลร่วมกันที่ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กที่ระยะห่างต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p < 0.01$)

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่า

สถานีที่ 1 แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 4 และ 5

สถานีที่ 2 แตกต่างกับสถานีที่ 1 3 4 และ 5

สถานีที่ 3 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 4 และ 5 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 และ 2

สถานีที่ 4 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 3 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 และ 5

สถานีที่ 5 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 3 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 และ 4

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของ % Ignition Loss ในแต่ละระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่าที่ระยะห่างจากฝั่ง 2 กม. มีปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนน้อยที่สุด และมีความแตกต่างกับระยะห่างจากฝั่ง 3 และ 4 กม. แต่ระยะห่างจากฝั่ง 3 และ 4 กม. ไม่มีความแตกต่างกัน

3.5.2 ปริมาณเหล็กออกไซด์ในดินตะกอน

3.5.2.1 ปริมาณเหล็กออกไซด์ในดินตะกอนตามระดับความลึก ปริมาณเหล็กออกไซด์ในทุกสถานีมีค่าอยู่ในช่วง 7 – 35 mg/g dry wt. ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกของปริมาณเหล็กออกไซด์ได้ชัดเจนในทุกสถานี แสดงดังภาพที่ 26 โดยมีรายละเอียดดังนี้

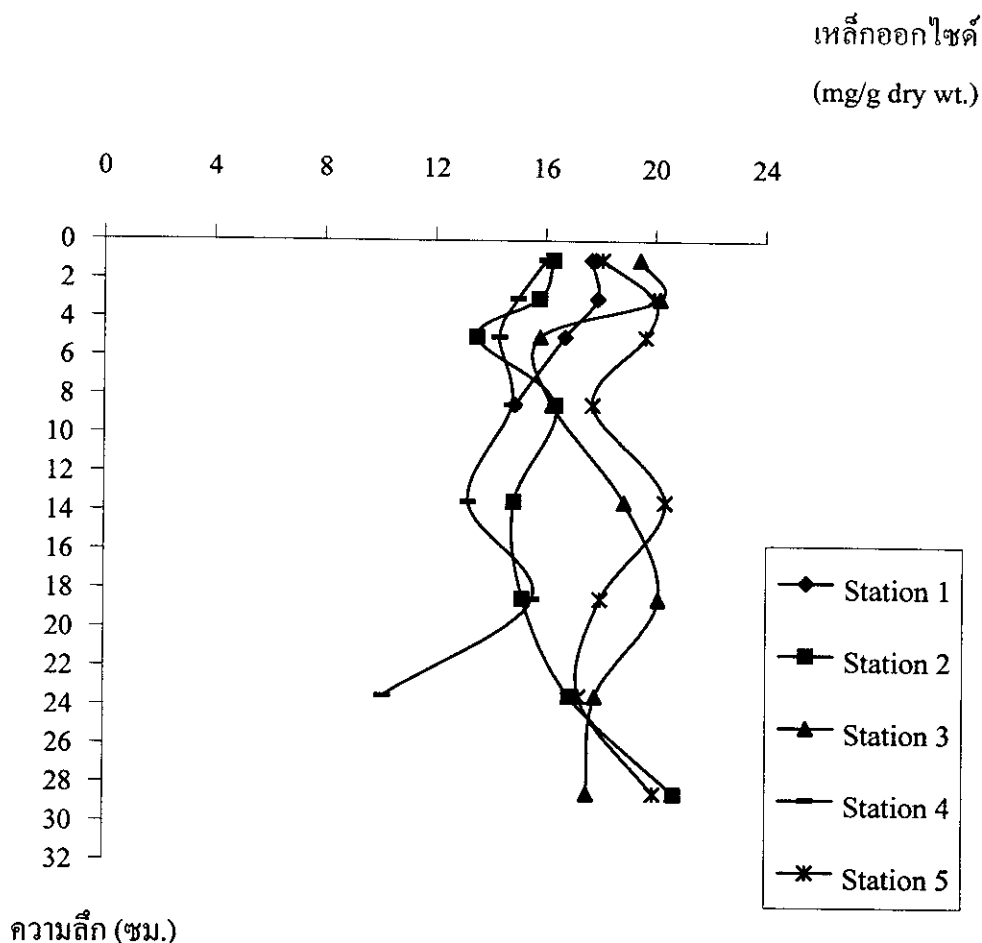
3.5.2.1.1 สถานีที่ 1 ปริมาณเหล็กออกไซด์ที่พบ มีค่าอยู่ในช่วง 11.97 – 34.49 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 18.10 ± 0.99 mg/g dry wt. พบว่าปริมาณเหล็กออกไซด์ที่วัดได้ในสถานีที่ 1 แต่ละระดับความลึกมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก และไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 14.88 mg/g dry wt. ที่ระดับความลึก 6 – 11 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 23.35 ที่ระดับความลึก 2 – 4 เซนติเมตร

3.5.2.1.2 สถานีที่ 2 ปริมาณเหล็กออกไซด์ที่พบ มีค่าอยู่ในช่วง 9.37 – 24.43 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 16.21 ± 0.53 mg/g dry wt. ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกที่ความลึกตั้งแต่ 11 เซนติเมตรขึ้นไป ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 13.51 mg/g dry wt. ที่ระดับความลึก 4 - 6 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 20.74 ที่ระดับความลึก 26 - 31 เซนติเมตร

3.5.2.1.3 สถานีที่ 3 ปริมาณเหล็กออกไซด์ที่พบ มีค่าอยู่ในช่วง 12.58 – 23.48 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 18.27 ± 0.37 mg/g dry wt. พบว่าปริมาณเหล็กออกไซด์ที่วัดได้ในสถานีที่ 3 แต่ละระดับความลึกมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก และไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 15.80 mg/g dry wt. ที่ระดับความลึก 4 - 6 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 20.18 ที่ระดับความลึก 6 - 11 เซนติเมตร

3.5.1.2.4 สถานีที่ 4 ปริมาณเหล็กออกไซด์ที่พบ มีค่าอยู่ในช่วง 7.39 – 22.13 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 15.27 ± 0.60 mg/g dry wt. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าทุกสถานีที่ทำการศึกษาไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 10.15 mg/g dry wt. ที่ระดับความลึก 21 - 26 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 16.03 ที่ระดับความลึก 0 – 2 เซนติเมตร

3.5.1.2.5 สถานีที่ 5 ปริมาณเหล็กออกไซด์ที่พบ มีค่าอยู่ในช่วง 12.13 – 26.01 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 18.88 ± 0.42 mg/g dry wt. ซึ่งมีค่าสูงกว่าทุกสถานีที่ทำการศึกษาไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 17.27 mg/g dry wt. ที่ระดับความลึก 21 - 26 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 20.38 ที่ระดับความลึก 11 - 16 เซนติเมตร



ภาพที่ 26 การเปลี่ยนแปลงตามความลึกของปริมาณเหล็กออกไซด์ในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จากการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นเหล็กออกไซด์ในดินตะกอนตามระดับความลึกในแต่ละสถานี โดยใช้ analysis of variance ทดสอบทางเดียว (one way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นเหล็กออกไซด์ในดินตะกอนในแต่ละสถานี พบว่า ค่า $p < 0.01$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นเหล็กออกไซด์ในแต่ละสถานีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นเหล็กออกไซด์ ในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ผลที่ได้แสดงโดยกราฟ Error Bar ดังภาพที่ 27 ดังนี้

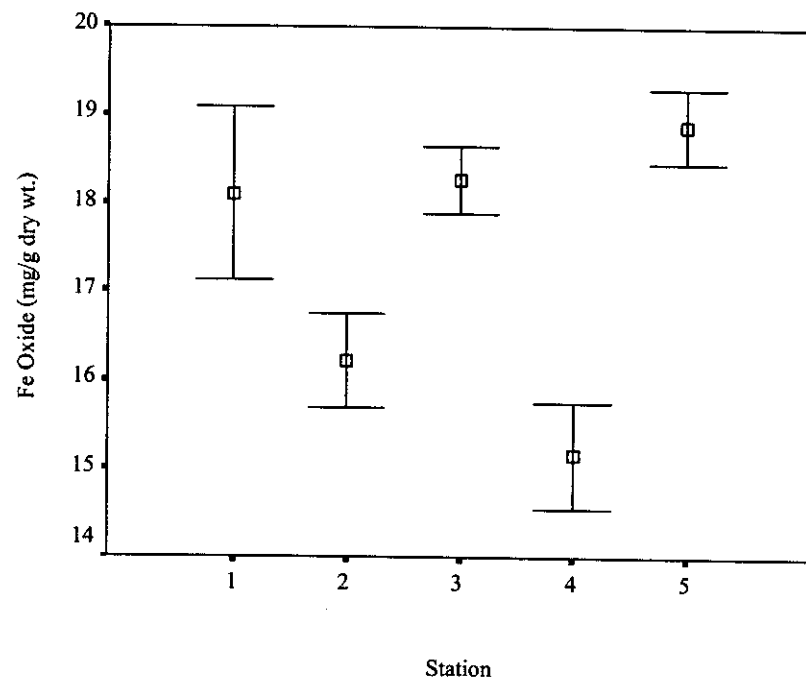
สถานีที่ 1 แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 4 และ 5

สถานีที่ 2 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 5 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 4

สถานีที่ 3 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 4 และ 5

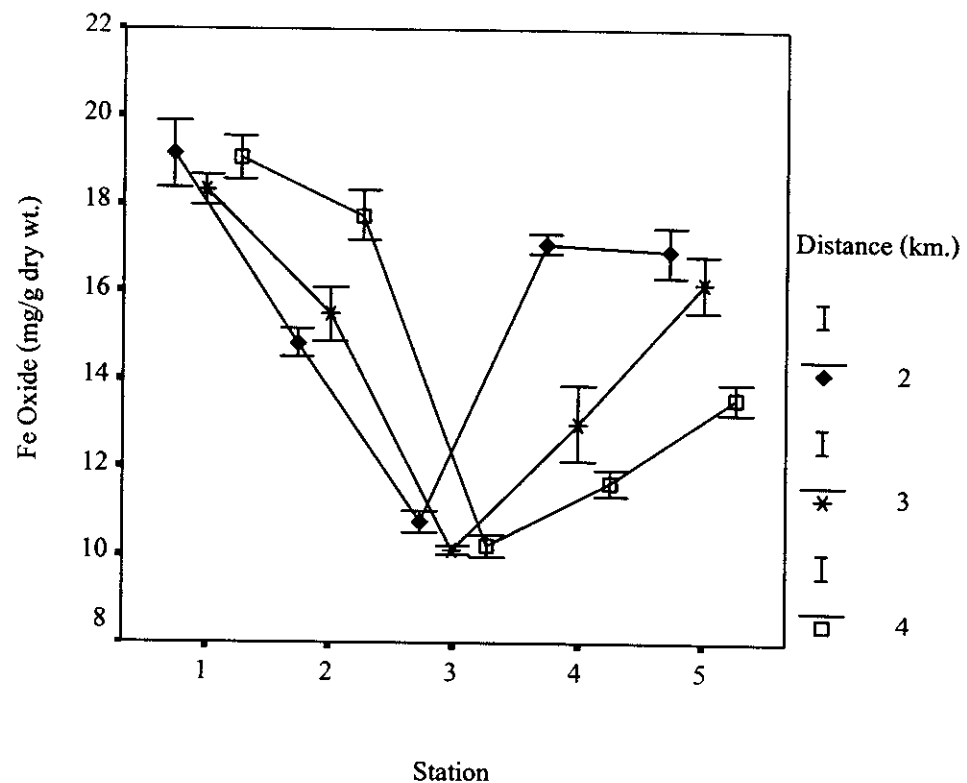
สถานีที่ 4 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 5

สถานีที่ 5 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 2 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 3 4 และ 5



ภาพที่ 27 ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E. ของปริมาณเหล็กออกไซด์ในดินตะกอนตามระดับความลึก บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

3.5.2.1 ปริมาณเหล็กออกไซด์ในดินตะกอนตามแนวระนาบ เหล็กออกไซด์อยู่ในช่วง 9.31 – 21.20 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ย 14.90 ± 0.35 mg/g dry wt. เมื่อนำข้อมูลไปเทียบกับปริมาณเหล็กในดินตะกอน พบว่า ปริมาณเหล็กออกไซด์คิดเป็น 42.06 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณเหล็กทั้งหมด โดยเฉลี่ยแล้วเหล็กออกไซด์มีค่าสูงสุดอยู่ที่สถานี 1A โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.12 ± 0.76 mg/g dry wt. และมีค่าต่ำสุดที่สถานี 3B มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.11 ± 0.10 mg/g dry wt. ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กออกไซด์ในดินตะกอนตามแนวระนาบบริเวณชายฝั่งทะเล นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

จากภาพที่ 28 จะเห็นว่าปริมาณเหล็กออกไซด์ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะห่าง และการกระจายตัวของเหล็กออกไซด์ในแต่ละสถานีไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การศึกษาทางสถิติจะวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นเหล็ก ออกไซด์ในดินตะกอนระหว่างระยะห่างจากฝั่งกับการกระจายในแนวนอน ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กออกไซด์ตามสถานีและระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้ ANOVA ทดสอบ 2 ปัจจัยแบบ 2 Fixed Factors พบว่า

ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กออกไซด์ที่กระจายในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กออกไซด์ที่ระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

การเก็บข้อมูลตามระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ กับการกระจายในแต่ละสถานีมีอิทธิพลร่วมกันที่ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กออกไซด์ที่ระยะห่างต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p < 0.01$)

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของเหล็กออกไซด์ในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่า

สถานีที่ 1 แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 4 และ 5

สถานีที่ 2 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 5 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 3 และ 5

สถานีที่ 3 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 4 และ 5

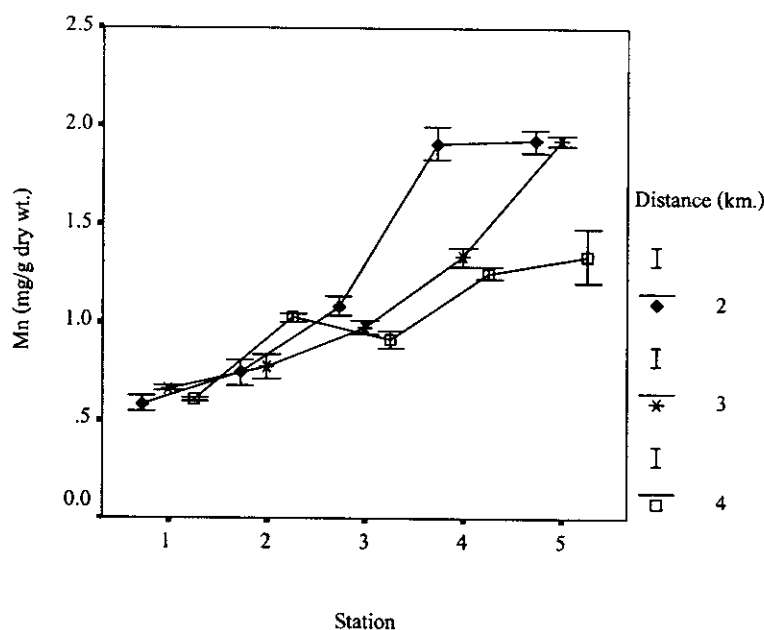
สถานีที่ 4 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 5

สถานีที่ 5 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 2 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 1 3 และ 4

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของเหล็กออกไซด์ในแต่ละระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่าที่ระยะห่างจากฝั่ง 2 กม. มีปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนมากที่สุด และมีความแตกต่างกับระยะห่างจากฝั่ง 3 และ 4 กม. แต่ระยะห่างจากฝั่ง 3 และ 4 กม. ไม่มีความแตกต่างกัน

3.6 ปริมาณแมงกานีสและแมงกานีสออกไซด์

3.6.1 ปริมาณแมงกานีสในดินตะกอน การศึกษาปริมาณแมงกานีสในดินตะกอนจะศึกษาที่ระดับผิวหน้าของดินตะกอนเท่านั้น โดยพบว่าปริมาณของแมงกานีสที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 0.429 – 2.235 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ย 1.138 ± 0.050 mg/g dry wt. โดยเฉลี่ยแล้วมีค่าสูงสุดอยู่ที่สถานี 5B โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.926 ± 0.029 mg/g dry wt. และมีค่าต่ำสุดที่สถานี 1A มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.083 ± 0.581 mg/g dry wt. ดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนตามแนวระยะนาบบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

จากภาพที่ 29 จะเห็นว่าปริมาณแมงกานีสในสถานีที่ 1 – 5 ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากฝั่ง และการกระจายตัวของปริมาณแมงกานีสในดินตะกอนในแต่ละสถานีไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การศึกษาทางสถิติจะวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนระหว่างระยะห่างจากฝั่งกับการกระจายในแนวนอน ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กออกไซด์ตามสถานีและระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้ ANOVA ทดสอบ 2 ปัจจัยแบบ 2 fixed factors พบว่า

ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสที่กระจายในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสที่ระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

การเก็บข้อมูลตามระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ กับการกระจายในแต่ละสถานีมีอิทธิพลร่วมกันที่ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสที่ระยะห่างต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ ($p < 0.01$)

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในแต่ละสถานีย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่า

สถานีที่ 1 แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 4 และ 5

สถานีที่ 2 แตกต่างกับสถานีที่ 1 3 4 และ 5

สถานีที่ 3 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 4 และ 5

สถานีที่ 4 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 5

สถานีที่ 5 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 4

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีส ในแต่ละระยะห่างจากฝั่ง โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่าที่ระยะห่างจากฝั่ง 2 กม. มีปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนมากที่สุด และมีความแตกต่างกับระยะห่างจากฝั่ง 3 และ 4 กม. แต่ระยะห่างจากฝั่ง 3 และ 4 กม. ไม่มีความแตกต่างกัน

3.6.2 ปริมาณแมงกานีสออกไซด์ในดินตะกอน

3.6.2.1 ปริมาณแมงกานีสออกไซด์ในดินตะกอนตามระดับความลึก

ปริมาณแมงกานีสออกไซด์ในทุกสถานีมีค่าอยู่ในช่วง 7 – 35 mg/g dry wt. ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกของปริมาณแมงกานีสออกไซด์ได้ชัดเจนในทุกสถานี แสดง ดังภาพที่ 26 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.6.2.1.1 สถานีที่ 1 ปริมาณแมงกานีสออกไซด์ที่พบ มีค่าอยู่ในช่วง 0.32 – 0.74 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 0.56 ± 0.03 mg/g dry wt. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าทุกสถานีที่ทำการศึกษา และไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบมีค่าเท่ากับ mg/g dry wt. ที่ระดับความลึก 6 – 11 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 0.67 ที่ระดับความลึก 4 - 6 เซนติเมตร

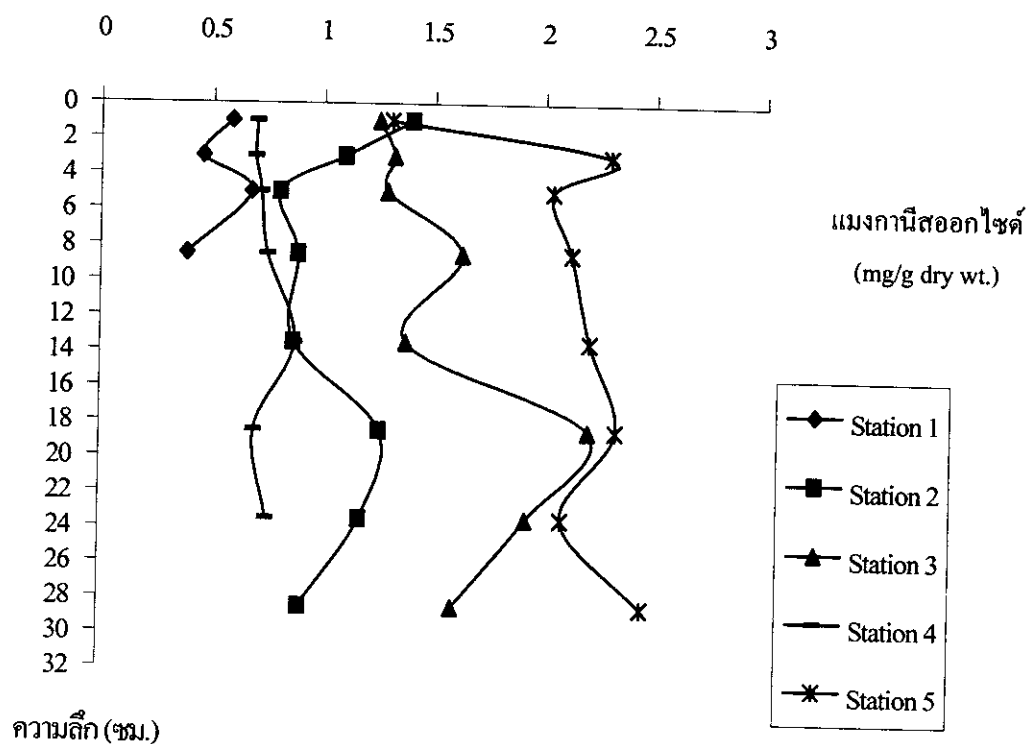
3.6.2.1.2 สถานีที่ 2 ปริมาณแมงกานีสออกไซด์ที่พบ มีค่าอยู่ในช่วง 0.40 – 2.90 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 1.05 ± 0.10 mg/g dry wt. พบว่าปริมาณแมงกานีสออกไซด์ที่วัดได้ในสถานีที่ 2 แต่ละระดับความลึกมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก และไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 0.8 mg/g dry wt. ที่ระดับความลึก 4 - 6 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 1.40 ที่ระดับความลึก 0 - 2 เซนติเมตร

3.6.2.1.3 สถานีที่ 3 ปริมาณแมงกานีสออกไซด์ที่พบ มีค่าอยู่ในช่วง 0.53 – 2.90 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 1.57 ± 0.08 mg/g dry wt. พบว่าปริมาณแมงกานีสออกไซด์ที่วัดได้ในสถานีที่ 3 แต่ละระดับความลึกมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก

และไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 1.25 mg/g dry wt. ที่ระดับความลึก 0 - 2 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 2.20 ที่ระดับความลึก 16 - 21 เซนติเมตร

3.6.2.1.4 สถานีที่ 4 ปริมาณแมงกานีสออกไซด์ที่พบ มีค่าอยู่ในช่วง 0.54 - 1.49 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 0.74 ± 0.03 mg/g dry wt. ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 0.64 mg/g dry wt. ที่ระดับความลึก 26 - 31 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 0.87 ที่ระดับความลึก 11 - 16 เซนติเมตร

3.6.2.1.5 สถานีที่ 5 ปริมาณแมงกานีสออกไซด์ที่พบ มีค่าอยู่ในช่วง 1.12 - 3.48 mg/g dry wt. ค่าเฉลี่ยตลอดความลึกเท่ากับ 2.10 ± 0.08 mg/g dry wt. ซึ่งมีค่าสูงกว่าทุกสถานีที่ทำการศึกษา ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามความลึกได้ชัดเจน ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 1.30 mg/g dry wt. ที่ระดับความลึก 0 - 2 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่พบมีค่าเท่ากับ 2.44 ที่ระดับความลึก 26 - 31 เซนติเมตร

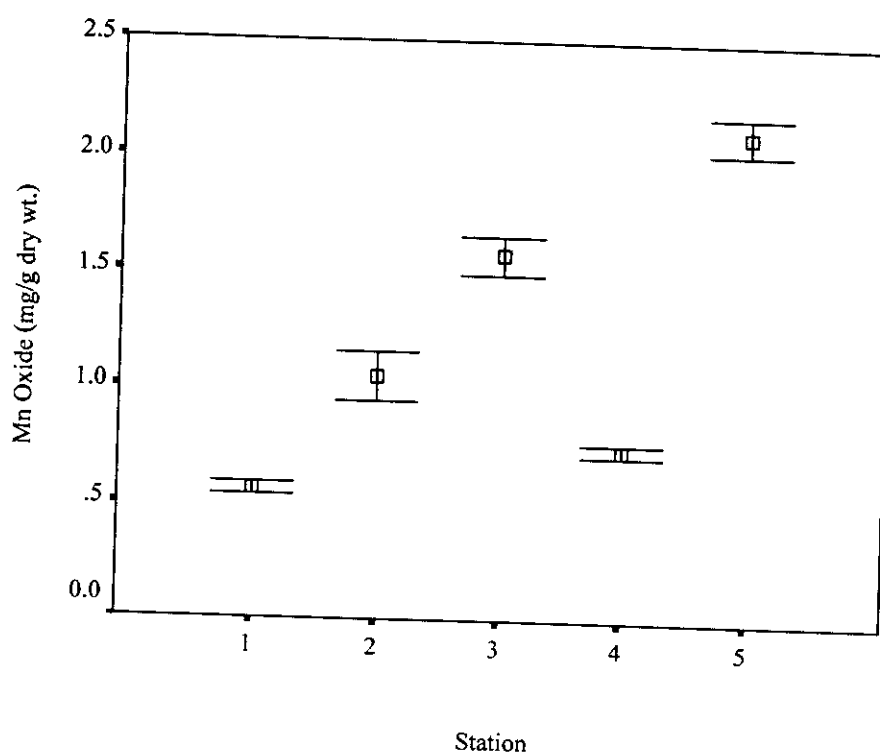


ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงตามความลึกของปริมาณแมงกานีสออกไซด์ ในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จากการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นแมงกานีสออกไซด์ในดินตะกอนตามระดับความลึกในแต่ละสถานี โดยใช้ Analysis of Variance ทดสอบทางเดียว (one way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นเหล็กออกไซด์ในดินตะกอนในแต่ละสถานี พบว่า ค่า $p < 0.01$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นเหล็กออกไซด์ในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

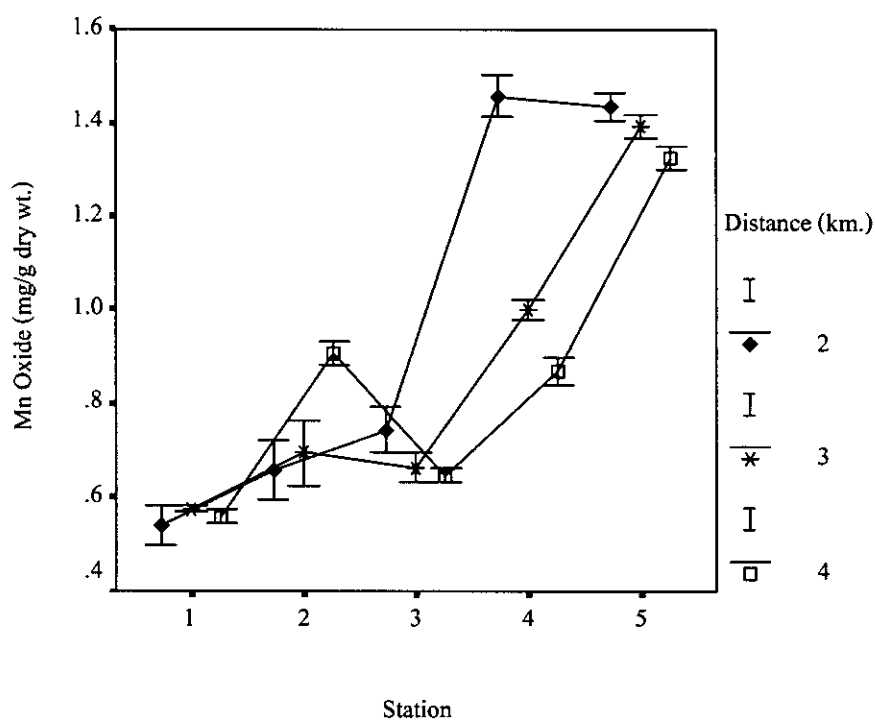
การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นเหล็กออกไซด์ในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ผลที่ได้แสดงโดยกราฟ Error Bar ดังภาพที่ 31 ดังนี้

- สถานีที่ 1 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 4 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 และ 5
- สถานีที่ 2 แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 4 และ 5
- สถานีที่ 3 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 4 และ 5
- สถานีที่ 4 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 1 แต่แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 และ 5
- สถานีที่ 5 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 4



ภาพที่ 31 ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.E. ของปริมาณแมงกานีสออกไซด์ในดินตะกอนตามระดับความลึกบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

ปริมาณแมงกานีสออกไซด์ในดินตะกอนตามแนวระนาบ แมงกานีสออกไซด์อยู่ในช่วง 0.45 – 1.60 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ย 0.90 ± 0.04 mg/g dry wt. เมื่อนำข้อมูลไปเทียบกับปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอน พบว่า ปริมาณแมงกานีสออกไซด์คิดเป็น 81.18 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณแมงกานีสทั้งหมด โดยเฉลี่ยแล้วพบความเข้มข้นของแมงกานีสออกไซด์มีค่าสูงสุดอยู่ที่สถานี 5A โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.43 ± 0.03 mg/g น้ำหนักแห้ง และมีค่าต่ำสุดที่สถานี 1A มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.54 ± 0.04 mg/g dry wt. ดังภาพ ที่ 32



ภาพที่ 32 ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสออกไซด์ในดินตะกอนตามแนวระนาบบริเวณชายฝั่งทะเล นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

จากภาพที่ 32 จะเห็นว่าแมงกานีสออกไซด์ ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะห่าง และการกระจายตัวของแมงกานีสออกไซด์ในแต่ละสถานีไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การศึกษาทางสถิติจะวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสออกไซด์ในดินตะกอนระหว่างระยะห่างจากฝั่งกับการกระจายในแนวนอน ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสออกไซด์ตามสถานีและระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้ ANOVA ทดสอบ 2 ปัจจัยแบบ 2 fixed factors พบว่า

ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสออกไซด์ที่กระจายในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสออกไซด์ที่ระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

การเก็บข้อมูลตามระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ กับการกระจายในแต่ละสถานีมีอิทธิพลร่วมกันที่ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสออกไซด์ที่ระยะห่างต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p < 0.01$)

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสออกไซด์ในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่า

สถานีที่ 1 แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 4 และ 5

สถานีที่ 2 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 3 แตกต่างกับสถานีที่ 1 4 และ 5

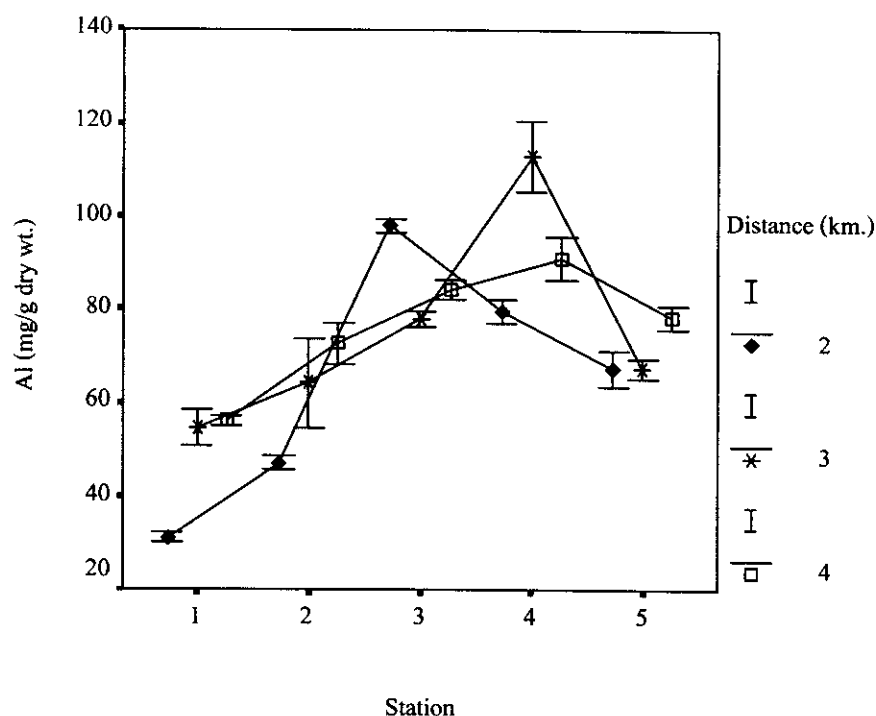
สถานีที่ 3 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 2 แตกต่างกับสถานีที่ 1 4 และ 5

สถานีที่ 4 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 5

สถานีที่ 5 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 4

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสออกไซด์ ในแต่ละระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่าที่ระยะห่างจากฝั่ง 2 กม. มีปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสออกไซด์ในดินตะกอนมากที่สุด และมีความแตกต่างกับระยะห่างจากฝั่ง 3 และ 4 กม. แต่ระยะห่างจากฝั่ง 3 และ 4 กม. ไม่มีความแตกต่างกัน

3.6 ปริมาณอะลูมิเนียมในดินตะกอน การศึกษาปริมาณอะลูมิเนียมในดินตะกอนจะศึกษาที่ผิวหน้าของดินตะกอนเท่านั้น โดยปริมาณของอะลูมิเนียมที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 26.91 – 133.50 mg/g dry wt. มีค่าเฉลี่ย 72.20 ± 2.32 mg/g น้ำหนักแห้ง โดยเฉลี่ยแล้วมีค่าสูงสุดอยู่ที่สถานี 4B โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 113.09 ± 7.62 mg/g น้ำหนักแห้ง และมีค่าต่ำสุดที่สถานี 1A มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.12 ± 1.05 mg/g dry wt. ดังภาพที่ 33



ภาพที่ 33 ปริมาณความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในดินตะกอนตามแนวระยะนาบบริเวณชายฝั่งทะเล
นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ

จากภาพที่ 33 จะเห็นว่าปริมาณอะลูมิเนียมในสถานีที่ 1 – 5 ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากฝั่ง และการกระจายตัวของปริมาณอะลูมิเนียมในดินตะกอนในแต่ละสถานีไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การศึกษาทางสถิติจะวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในดินตะกอนระหว่างระยะห่างจากฝั่งกับการกระจายในแนวนอน ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของอะลูมิเนียมตามสถานีและระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้ ANOVA ทดสอบ 2 ปัจจัยแบบ 2 fixed factors พบว่า

ปริมาณความเข้มข้นของอะลูมิเนียมที่กระจายในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ปริมาณความเข้มข้นของอะลูมิเนียมที่ระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

การเก็บข้อมูลตามระยะห่างจากชายฝั่งระยะต่าง ๆ กับการกระจายในแต่ละสถานีมีอิทธิพลร่วมกันที่ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของอะลูมิเนียมที่ระยะห่างต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p < 0.01$)

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในแต่ละสถานี โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่า

สถานีที่ 1 แตกต่างกับสถานีที่ 2 3 4 และ 5

สถานีที่ 2 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 5

สถานีที่ 3 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 4 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 และ 5

สถานีที่ 4 ไม่แตกต่างกับสถานีที่ 3 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 และ 5

สถานีที่ 5 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 3 และ 4

การทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในแต่ละระยะห่างจากฝั่ง โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่าที่ระยะห่างจากฝั่ง 2 กม. มีปริมาณความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในดินตะกอนน้อยที่สุด และมีความแตกต่างกับระยะห่างจากฝั่ง 3 และ 4 กม. แต่ระยะห่างจากฝั่ง 3 และ 4 กม. ไม่มีความแตกต่างกัน

4. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient)

4.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทกับคุณสมบัติของดินตะกอนตามระดับความลึก

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ Pearson Correlation ระหว่างปริมาณสารปรอทกับค่าศักย์ไฟฟ้า %Ignition Loss เหล็กออกไซด์ และแมงกานีสออกไซด์ ตามระดับ ความลึก ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 18 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทกับค่าศักย์ไฟฟ้า %Ignition Loss เหล็กออกไซด์ และแมงกานีสออกไซด์ ในดินตะกอนตามระดับความลึก (n = 36)

	ค่าศักย์ไฟฟ้า	สารปรอท	%Ignition Loss	เหล็กออกไซด์	แมงกานีสออกไซด์
ค่าศักย์ไฟฟ้า	1.000				
สารปรอท	-.355*	1.000			
%Ignition Loss	-.282	.644**	1.000		
เหล็กออกไซด์	-.045	-.100	.268	1.000	
แมงกานีสออกไซด์ *	-.544**	.212	.511**	.598**	1.000

หมายเหตุ * แสดงว่ามีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

** แสดงว่ามีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.01$

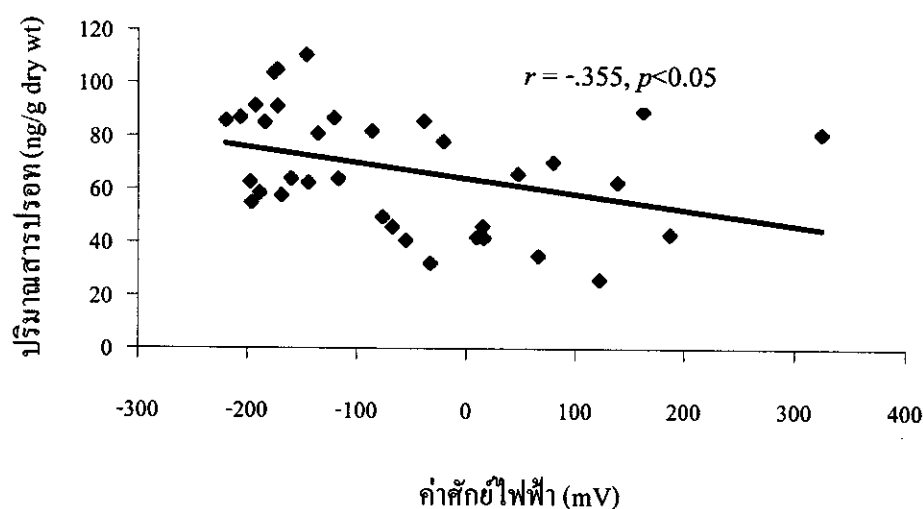
4.1.1 ค่าศักย์ไฟฟ้า มีความสัมพันธ์ไปในเชิงลบกับปริมาณสารปรอทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ มีความสัมพันธ์ไปในเชิงลบกับแมงกานีสออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ แสดงว่าถ้าพบปริมาณสารปรอทและแมงกานีสออกไซด์มีค่าสูง จะมีโอกาสพบว่าค่าศักย์ไฟฟ้าในดินตะกอนมีค่าต่ำ

4.1.2 ปริมาณสารปรอท มีความสัมพันธ์ไปในเชิงลบกับค่าศักย์ไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ และมีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับ %Ignition Loss อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ หมายความว่า ถ้าดินมีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำ โอกาสที่จะพบสารปรอทจะมีค่าสูง แต่ถ้า %Ignition Loss สูง โอกาสที่จะพบสารปรอทในดินตะกอนก็จะสูงไปด้วย

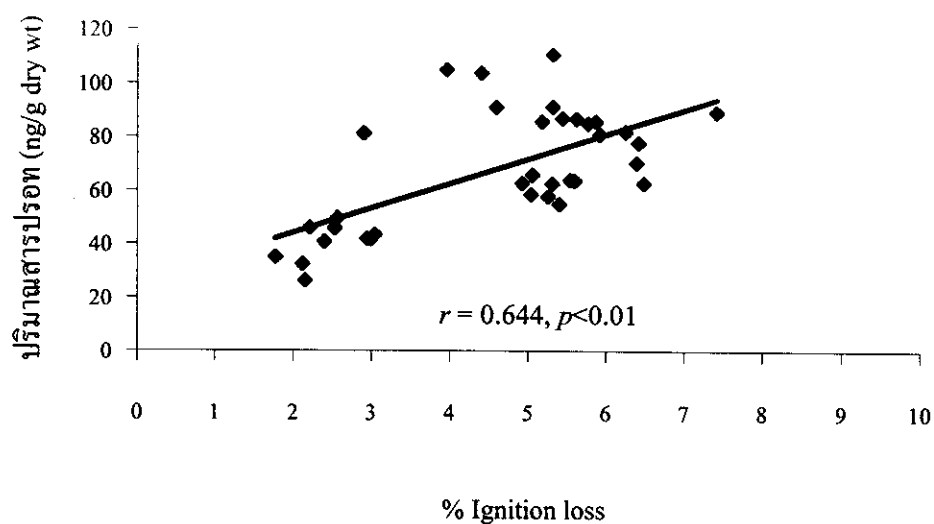
4.1.3 %Ignition Loss มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณสารปรอทและแมงกานีสออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ หมายความว่า ถ้าพบ ปริมาณสารปรอท และแมงกานีสออกไซด์ ในส่วนของดินตะกอนมีค่าสูง ก็อาจทำให้มีโอกาพบ %Ignition Loss มีค่าสูงตาม

4.1.4 เหล็กออกไซด์ มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวแมงกานีสออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ หมายความว่า ถ้าพบแมงกานีสออกไซด์ ในส่วนของดินตะกอนมีค่าสูง ก็อาจทำให้มีโอกาสพบเหล็กออกไซด์ มีค่าสูงตาม

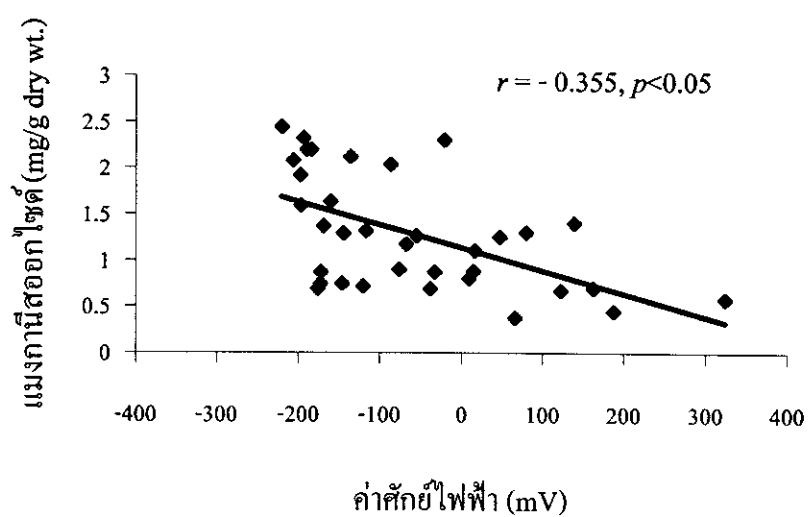
4.1.5 แมงกานีสออกไซด์ มีความสัมพันธ์ไปในเชิงลบกับค่าศักย์ไฟฟ้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ และมีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับ %Ignition Loss และเหล็กออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ หมายความว่า ถ้ามีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงแมงกานีสออกไซด์ก็จะมีแนวโน้มลดลง แต่ถ้ามี %Ignition Loss และเหล็กออกไซด์สูง โอกาสที่จะพบแมงกานีสออกไซด์ ก็จะสูงตามไปด้วย



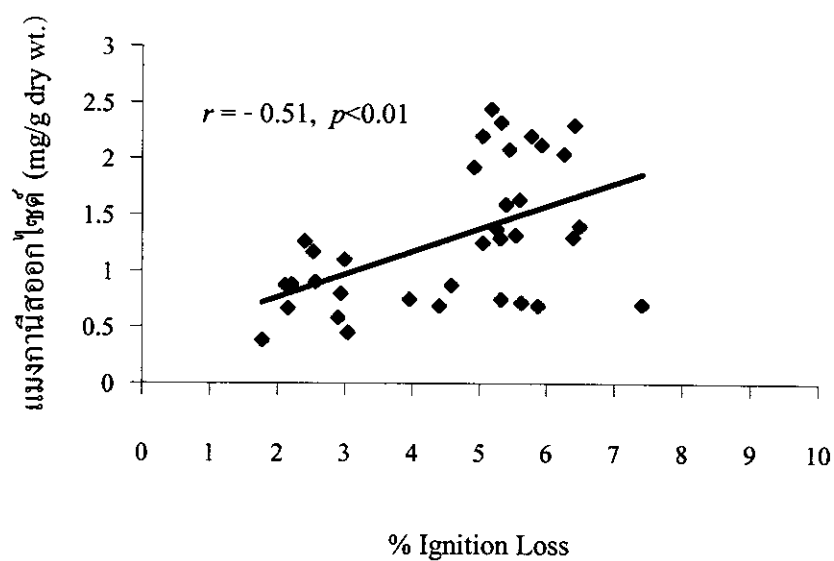
ภาพที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทและค่าศักย์ไฟฟ้า ในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู



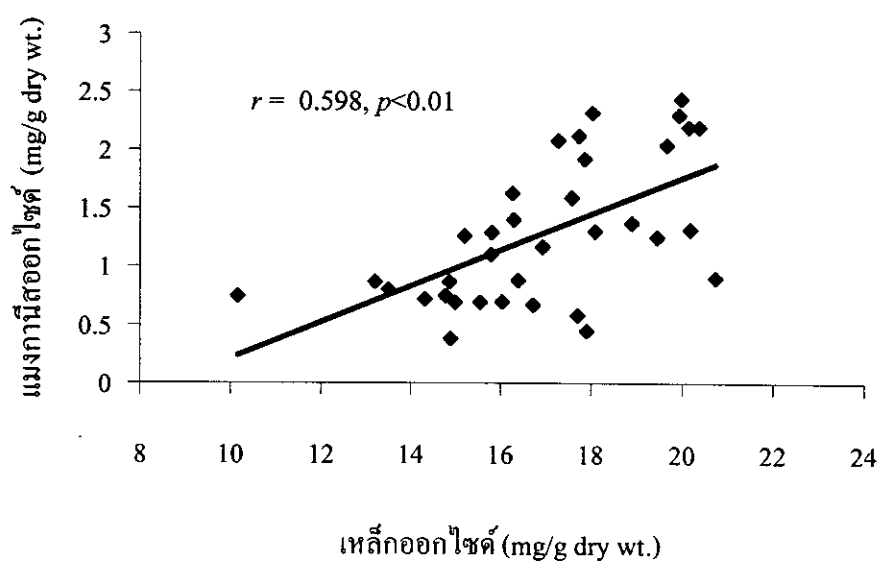
ภาพที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทและ %Ignition Loss ในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู



ภาพที่ 36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้าและแอมป์กระแสไฟฟ้าในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู



ภาพที่ 37 ความสัมพันธ์ระหว่าง %Ignition Loss และแมงกานีสออกไซด์ในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู



ภาพที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู

4.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทกับคุณสมบัติของดินตะกอนตามระยะห่างจากฝั่ง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ Pearson Correlation ระหว่างปริมาณสารปรอทกับค่าศักย์ไฟฟ้า %Ignition Loss เหล็กออกไซด์ และแมงกานีสออกไซด์ ที่ผิวหน้าของดินตะกอน ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 19 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 19 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทกับ แมงกานีสออกไซด์ เหล็กออกไซด์ แมงกานีส เหล็ก อะลูมิเนียม และ % Ignition Loss ในผิวหน้าของดินตะกอน (n = 90)

	Hg	Mn Oxide	Fe Oxide	Mn	Fe	Al	%Ignition Loss
Hg	1.000						
Mn Oxide	.159	1.000					
Fe Oxide	-.329**	.078	1.000				
Mn	.207*	.924**	-.044	1.000			
Fe	.502**	.533**	-.511**	.668**	1.000		
Al	.434**	.296**	-.566**	.393**	.772**	1.000	
%Ignition Loss	.244*	.461**	-.519**	.518**	.649**	.618**	1.000

4.2.1 ปริมาณสารปรอท มีความสัมพันธ์ไปในเชิงลบกับเหล็กออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ และมีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณแมงกานีส และ %Ignition Loss อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณเหล็กและอะลูมิเนียม หมายความว่า ถ้าพบปริมาณเหล็กออกไซด์มาก โอกาสที่จะพบสารปรอทจะน้อย แต่ถ้าพบปริมาณ แมงกานีสออกไซด์ แมงกานีส เหล็ก อะลูมิเนียม และ %Ignition Loss มาก โอกาสที่จะพบสารปรอทก็จะมากตามไปด้วย

4.2.2 แมงกานีสออกไซด์มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณแมงกานีส เหล็ก อะลูมิเนียม และ %Ignition Loss อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ หมายความว่า

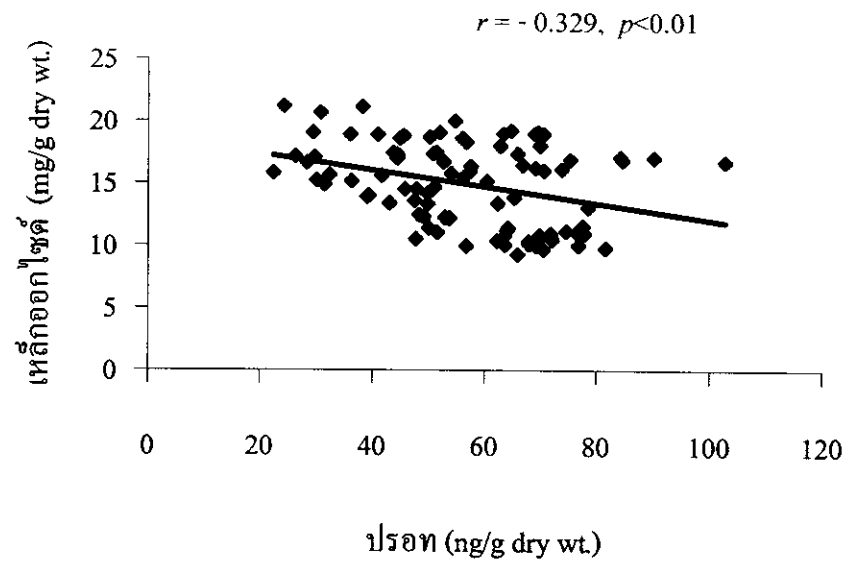
ถ้าพบแมงกานีส เหล็ก อะลูมิเนียม และ %Ignition Loss มาก โอกาสที่จะพบแมงกานีสออกไซด์ ก็จะมากตามไปด้วย

4.2.3 เหล็กออกไซด์ มีความสัมพันธ์ไปในเชิงลบกับ ปริมาณ สารปรอท เหล็ก อะลูมิเนียม และ %Ignition Loss อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ หมายความว่า ถ้า ปริมาณสารปรอท เหล็ก อะลูมิเนียม และ %Ignition Loss น้อย โอกาสที่จะพบแมงกานีสออกไซด์ก็จะมาก

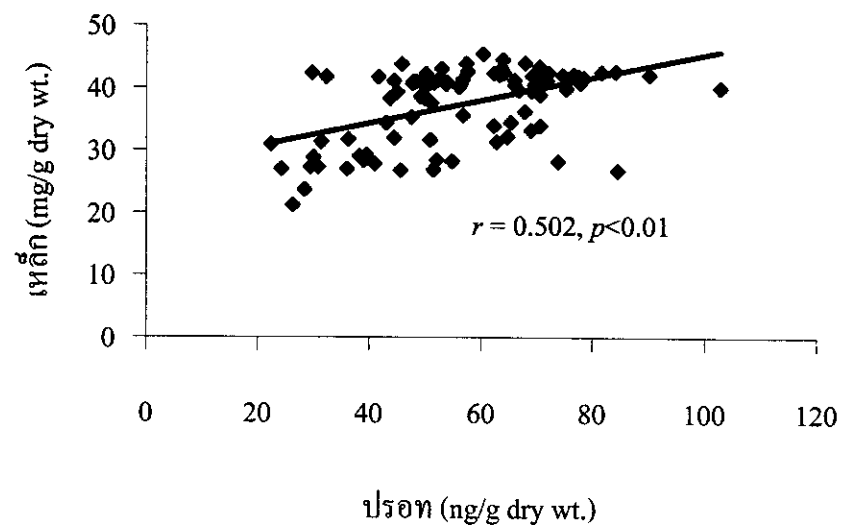
4.2.4 แมงกานีสมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณสารปรอท อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และ %Ignition Loss อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ หมายความว่า ถ้าพบปริมาณสารปรอท เหล็ก อะลูมิเนียม และ %Ignition Loss มาก โอกาสที่จะพบแมงกานีส ก็จะมากตามไปด้วย

4.2.5 อะลูมิเนียมมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกับเหล็กออกไซด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณสารปรอท แมงกานีสออกไซด์ แมงกานีส เหล็ก และ %Ignition Loss อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ หมายความว่า ถ้าพบปริมาณสารปรอท แมงกานีสออกไซด์ แมงกานีส เหล็ก และ %Ignition Loss มาก โอกาสที่จะพบอะลูมิเนียมก็จะมากตามไปด้วย

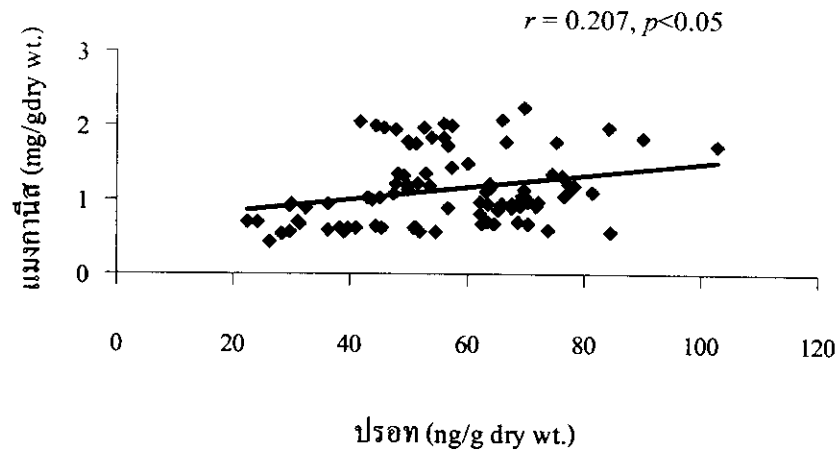
4.2.6 %Ignition Loss มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกับเหล็กออกไซด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณสารปรอท อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับ แมงกานีสออกไซด์ แมงกานีส เหล็ก และ อะลูมิเนียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ หมายความว่า ถ้าพบปริมาณเหล็กออกไซด์มากโอกาสที่จะพบ %Ignition Loss จะน้อย แต่ถ้าพบปริมาณสารปรอท แมงกานีสออกไซด์ แมงกานีส เหล็ก และอะลูมิเนียมมาก โอกาสที่จะพบ %Ignition Loss ก็จะมากตามไปด้วย



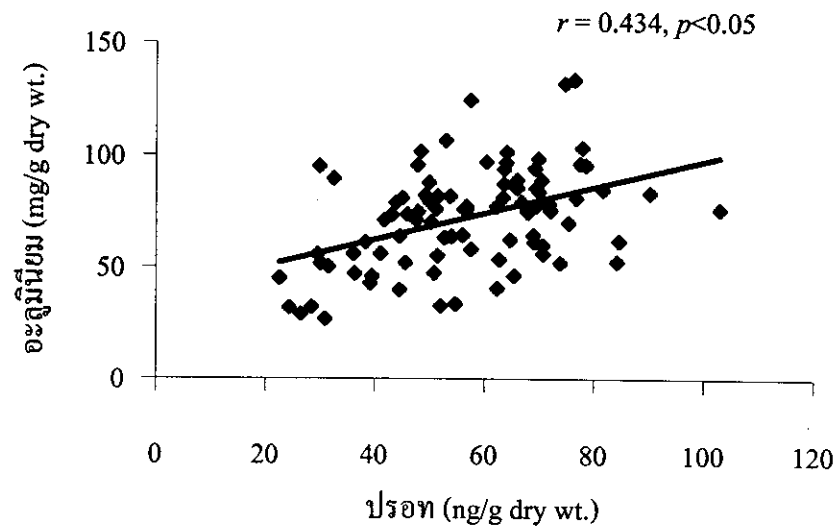
ภาพที่ 39 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทและเหล็กออกไซด์ในผิวหนังของดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู



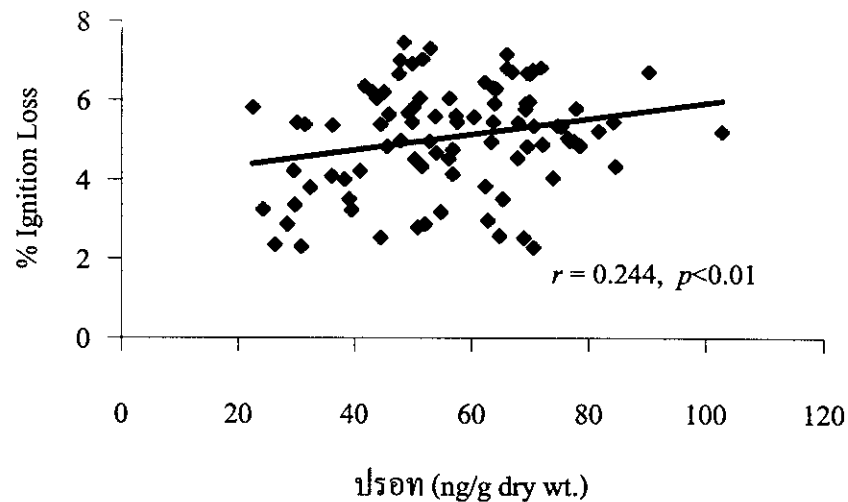
ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทและเหล็กในผิวหนังของดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู



ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทและแมงกานีสในผิวหนังของคินตะกอน
บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู



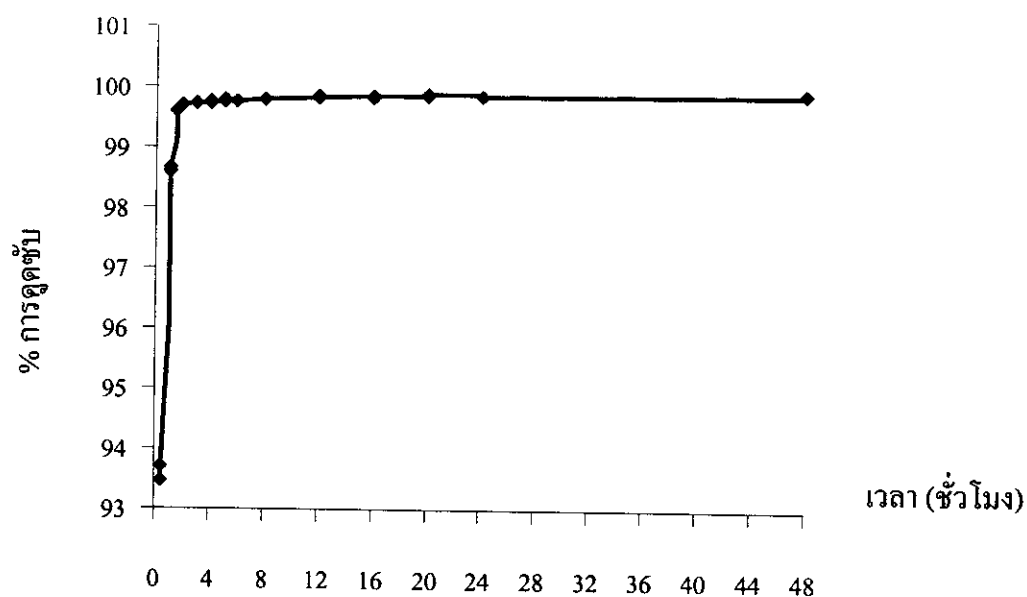
ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทและอะลูมิเนียมในผิวหนังของคินตะกอน
บริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู



ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทและ %Ignition Loss ในผิวหน้าของดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู

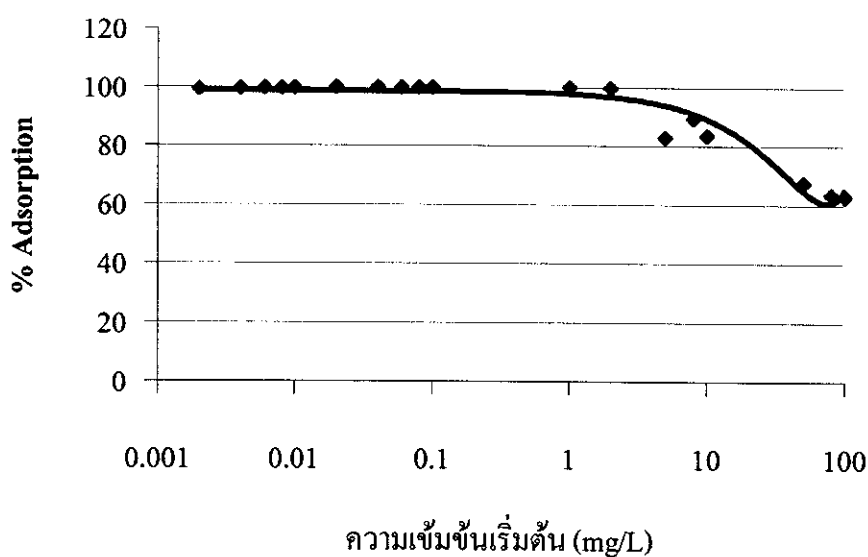
5. การดูดซับและการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอน

5.1 การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาจุดสมดุลของการดูดซับ จากการศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาจุดสมดุลของการดูดซับ โดยใช้สารละลาย $0.01 \text{ M Ca(NO}_3)_2$ ที่มีความเข้มข้นของสารปรอท 1 mg/L ผลการศึกษาพบว่าการอัตราการดูดซับเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วใน 1 ชั่วโมงแรก และมีอัตราการดูดซับน้อยลงและคงที่ภายในเวลา 24 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 41 การทดลองจากเบื้องต้นในครั้งนี้ สรุปได้ว่าใช้เวลา 24 ชั่วโมงเป็นจุดสมดุลของการดูดซับ ในการศึกษาการดูดซับและการปลดปล่อยปรอทของดินตะกอนในครั้งนี้



ภาพที่ 44 จุดสมดุลของการดูดซับสารปรอทโดยดินตะกอน

5.2 การทดลองเพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษา การทดลองเพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษา โดยหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับที่ความเข้มข้น 2 4 6 8 10 20 40 60 80 และ 100 $\mu\text{g/L}$ และที่ความเข้มข้น 1 2 5 8 10 50 80 และ 100 mg/L ผลที่ได้แสดงดัง และภาพที่ 42 โดยมีรายละเอียด คือ พบว่าที่ความเข้มข้นของสารปรอทในช่วง 2 – 100 $\mu\text{g/L}$ เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของปรอทที่ใช้เพิ่มขึ้น แต่ในช่วงความเข้มข้นของสารปรอท 1 – 100 mg/L เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารปรอทเพิ่มขึ้น เมื่อมองในภาพรวมพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 2 $\mu\text{g/L}$ – 2 mg/L เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แต่ที่ความเข้มข้นของปรอท 5 mg/L ขึ้นไป เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะลดลงอยู่ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ และลดลงอย่างรวดเร็ว จนเหลือ 60 - 70 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเข้มข้นของปรอท 10 – 50 mg/L



ภาพที่ 45 เปอร์เซนต์การดูดซับโดยใช้ปรอทที่ความเข้มข้นต่างๆ

5.3 ผลการศึกษาการดูดซับสารปรอทของดินตะกอน การศึกษาการดูดซับของสารปรอทในดินตะกอน ใช้ดินจากสถานีที่ 2 ที่ระยะห่างจากฝั่ง 2 กม. (2A) และระยะห่างจากฝั่ง 4 กม. (2C) พบว่าดินในทั้ง 2 จุด มีลักษณะดินตะกอนเป็นโคลนปนทรายละเอียด คุณสมบัติของดินตะกอนทั้ง 2 จุด แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 คุณสมบัติของดินตะกอนในบริเวณที่ทำการศึกษา

สถานี	% Ignition Loss	เหล็กออกไซด์	แมงกานีสออกไซด์	อะลูมิเนียม
2A	4.80 ± 0.46	14.82 ± 0.31	0.66 ± 0.06	47.25 ± 1.37
2C	5.53 ± 0.23	17.72 ± 0.57	0.91 ± 0.02	72.66 ± 4.49

จากการทดลองการดูดซับปรอทเข้าสู่ดินตะกอน ที่ความเข้มข้นของปรอท 5 ระดับ คือ 0.01 mg/L 0.1 mg/L 1 mg/L 10 mg/L และ 100 mg/L กระบวนการดูดซับสารปรอทโดยดินตะกอนอธิบายได้โดยใช้สมการ Freundlich Isotherm ดังนี้

$$x/m = KC^{1/n}$$

สมการดังกล่าวสามารถแปลงเป็นสมการเส้นตรงได้ดังนี้

$$\log x/m = \log K + 1/n \log C$$

เมื่อ x/m = ปริมาณปรอทที่ถูกดูดซับเข้าไปในดินตะกอน ($\mu\text{g/g}$)
 C = ความเข้มข้นของสารปรอทที่สภาวะสมดุล (equilibrating concentration, $\mu\text{g/L}$)

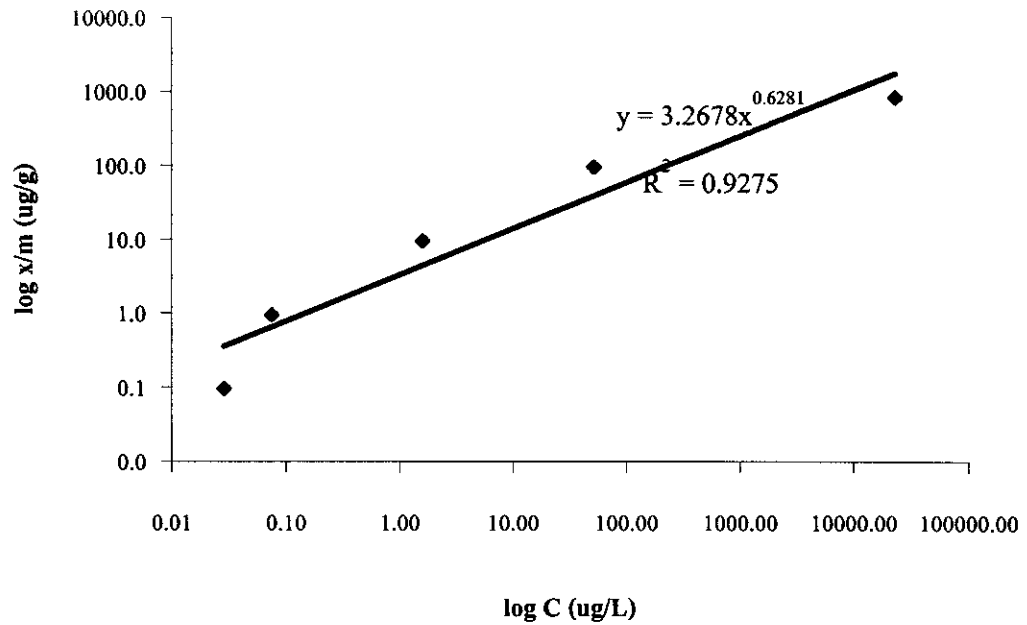
K และ $1/n$ = ค่าคงที่ที่ได้จากสมการ โดย K ใช้แสดงค่า Degree of Affinity หรือ Adsorption Capacity ส่วน $1/n$ แสดงค่า Intensity of Adsorption Desorption

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสารปรอท 3 ปัจจัย คือ สถานี ความเข้มข้นของสารปรอทที่ใช้ และความเค็ม ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

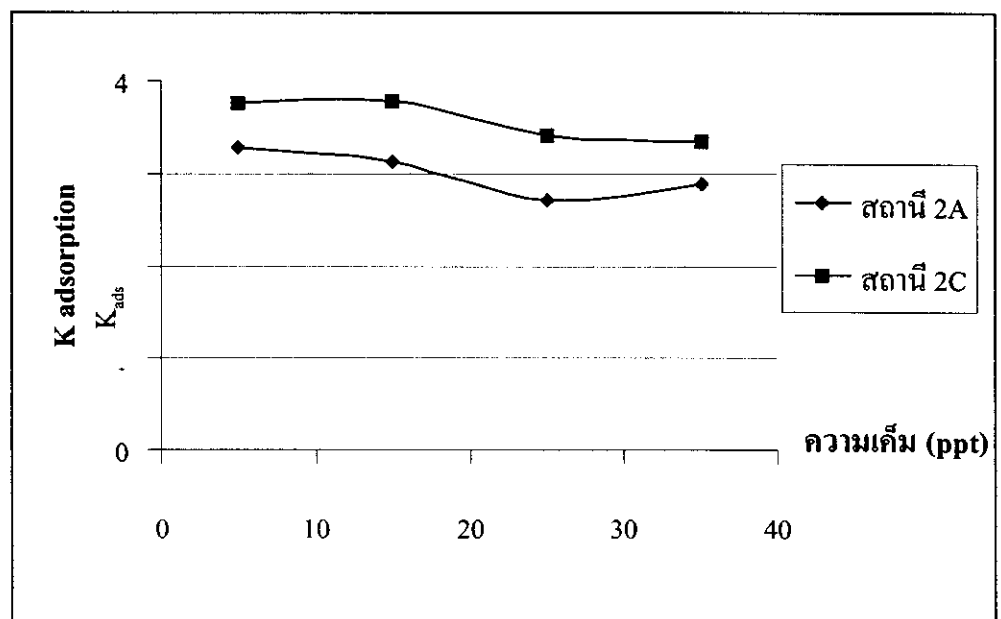
5.3.1 การดูดซับสารปรอทของดินตะกอนเปรียบเทียบระหว่างสถานี ไอโซเทอร์ม มีการดูดซับสารปรอทของดินตะกอนที่สถานี 2A และ 2C ผลที่ได้แสดงดัง ตารางที่ 21 และภาพที่ 46 พบว่า ค่าadsorption parameter (K_{ads} และ $1/n_{\text{ads}}$) ในสถานี 2C มากกว่าสถานี 2A อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ แสดงว่าดินตะกอนจากสถานี 2C มีความสามารถในการดูดซับ และมีอัตราการดูดซับสารปรอท มากกว่าดินตะกอนในสถานี 2A ดังแสดงในภาพที่ 47

ตารางที่ 21 Freundlich Adsorption Parameters ของการดูดซับปรอทโดยดินตะกอน ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

Station	Salinity (‰)	Adsorption pH	K_{ads}	$1/n_{\text{ads}}$	R^2
2A	5	6.93	3.2678	0.6281	0.9275
	15	6.97	3.1158	0.6070	0.9365
	25	6.97	2.7168	0.6132	0.9327
	35	6.95	2.8896	0.5941	0.9598
2C	5	7.18	3.7502	0.6313	0.9492
	15	7.17	3.7758	0.6204	0.9380
	25	7.16	3.4005	0.6165	0.9505
	35	7.15	3.3437	0.6057	0.9439



ภาพที่ 46 ไอโซเทอรั่มการดูดซับปรอทของฟรอยด์ลิก ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความเค็ม 5 ppt
สถานี 2C

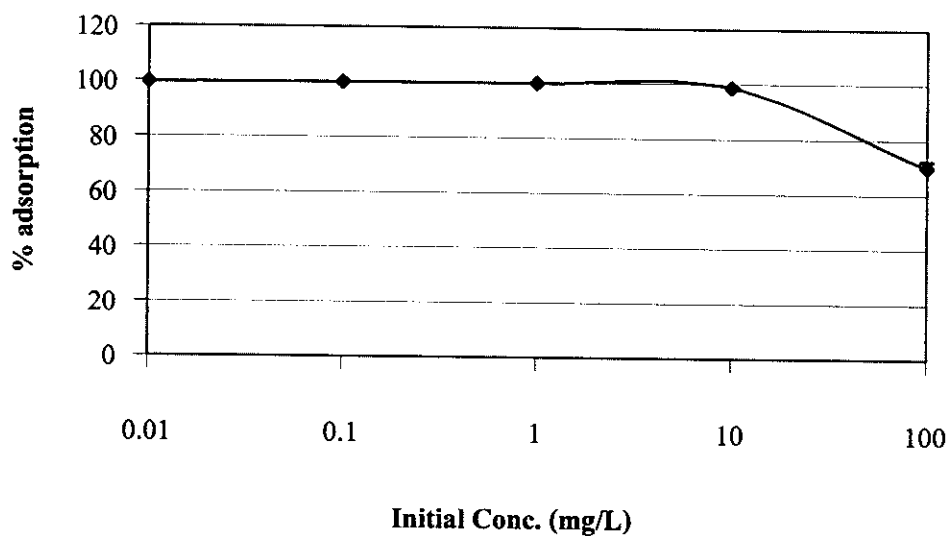


ภาพที่ 47 แสดงค่า K_{ads} เปรียบเทียบระหว่าง สถานี 2A กับสถานี 2C

5.3.2 ความสามารถในการดูดซับสารปรอทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จากการศึกษาความสามารถในการดูดซับสารปรอทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จำนวน 5 ความเข้มข้น ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 22 ภาพที่ 48 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ ที่เติมลงไปดินตะกอนเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะลดลง กล่าวคือ ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L 0.01 mg/L 1 mg/L และ 10 mg/L สารปรอทจะถูกดูดซับโดยดินตะกอนเกือบทั้งหมด (>98%) ภายในเวลา 24 ชั่วโมงในทุกสถานีและทุกระดับความเค็ม แต่ที่ความเข้มข้นของปรอท 100 mg/L การดูดซับจะลดลงเหลือเพียง 42.45 – 81.95 % ในสถานี 2A และ 75.16 – 88.29 % ในสถานี 2C ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองเบื้องต้นที่พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารปรอทเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะลดลงเช่นกัน ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อเรื่องการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษา

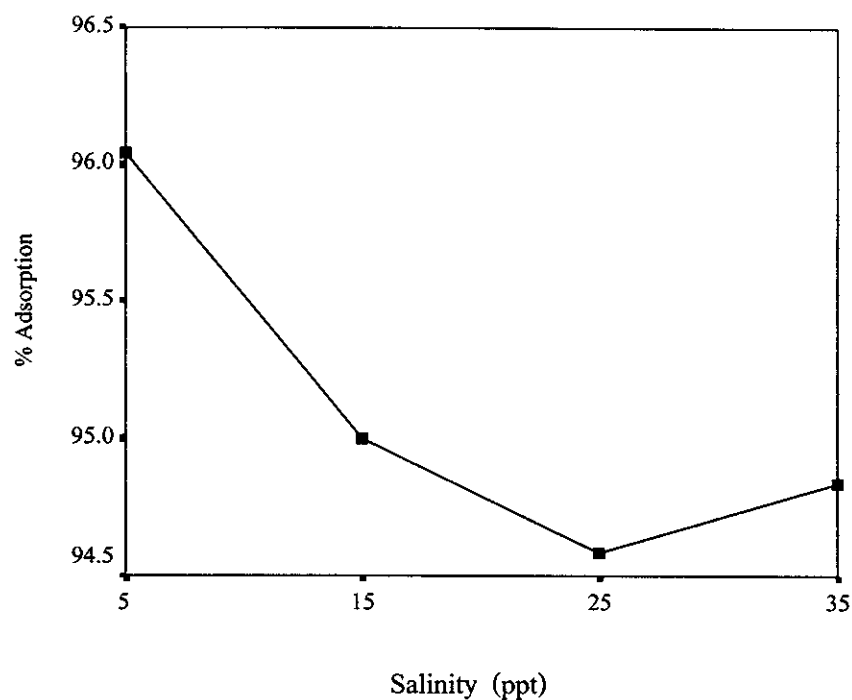
ตารางที่ 22 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับสารปรอทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

สถานี	ความเข้มข้น ของสารปรอท	% adsorption
2A	0.01 mg/L	99.32 – 99.96
	0.1 mg/L	99.88 – 99.96
	1 mg/L	99.67 – 99.88
	10 mg/L	95.98 – 99.81
	100 mg/L	42.45 – 81.95
2C	0.01 mg/L	99.53 – 99.99
	0.1 mg/L	99.91 – 99.99
	1 mg/L	99.77 – 99.88
	10 mg/L	97.55 – 99.70
	100 mg/L	75.16 – 88.29



ภาพที่ 48 แสดงการดูดซับสารปรอทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

5.3.3 ความสามารถในการดูดซับสารปรอทที่ระดับความเค็มต่าง ๆ จากการศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อการดูดซับสารปรอท ผลที่ได้แสดงดังตาราง ที่ 21 และภาพที่ 47 พบว่า ในทั้ง 2 สถานที่ทำการศึกษา ปริมาณปรอทที่ถูกดูดซับมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้ง 4 ความเค็ม รวมทั้งค่า adsorption parameter (K_{ads} และ $1/n_{ads}$) ก็มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 4 ความเค็มด้วย แสดงว่าความเค็มไม่มีผลต่อการดูดซับของปรอท โดยพบแนวโน้มคือ ที่ความเค็ม 5 15 และ 25 ppt เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะลดลง และเปอร์เซ็นต์การดูดซับจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่ความเค็ม 35 ppt โดยแสดงดังรูปที่ 49



ภาพที่ 49 แสดงการดูดซับปรอทของดินตะกอนที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ของการดูดซับสารปรอทโดยดินตะกอน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนจาก 3 ปัจจัย คือ สถานี ความเค็ม และความเข้มข้นของปรอทที่ใช้ในการศึกษา โดยใช้แบบหุ้่นของ ANOVA (3 – fixed factor) ทดสอบความแตกต่างของแต่ละปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 23 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การดูดซับสารปรอทของดินตะกอนจากทั้ง 2 สถานี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การดูดซับสารปรอทที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของปรอทที่เติมลงไปแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ $p < 0.01$

การดูดซับสารปรอทของดินตะกอนที่ระดับความเค็มแตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงความแตกต่างของปริมาณการดูดซับสารปรอทของดินตะกอน

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	19454.689	39	498.838	17.643	.000
Intercept	2172975.643	1	2172975.643	76854.037	.000
Station	3.732	1	3.732	.132	.717
Salinity	73.570	3	24.523	.867	.459
Concentration	18769.617	4	4692.404	165.961	.000
Station * Salinity	71.479	3	23.826	.843	.472
Station * Concentration	21.793	4	5.448	.193	.942
Salinity * Concentration	227.498	12	18.958	.671	.779
Station*Salinity*Concentration	286.999	12	23.917	.846	.603
Error	5654.812	200	28.274		
Total	2198085.144	240			
Corrected Total	25109.501	239			

a R Squared = .775 (Adjusted R Squared = .731)

การทดสอบความแตกต่างกันของการดูดซับสารปรอทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยใช้วิธี duncan's new multiple range test (DMRT) แสดงในตารางที่ 24 พบว่า ที่ความเข้มข้น 100 mg/L มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับแตกต่างจากความเข้มข้น 0.01 mg/L 0.1 mg/L 1 mg/L และ 10 mg/L และ ที่ความเข้มข้น 0.01 mg/L 0.1 mg/L 1 mg/L และ 10 mg/L เปอร์เซ็นต์การดูดซับไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 24 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซับปรอทที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้น (mg/L)	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
100	48	77.4852	
10	48		98.7794
1.00	48		99.8096
.10	48		99.9396
.01	48		99.7505
Sig.		1.000	.337

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่มีผลต่อการดูดซับสารปรอทโดยดินตะกอน โดยใช้ค่าสถิติ Pearson Correlation Coefficient ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 25 พบว่าความเค็มไม่มีความสัมพันธ์ต่อการดูดซับสารปรอทของดินตะกอน แต่พบแนวโน้มว่าการดูดซับจะเป็นไปในทางลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 25 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง % การดูดซับของสารปรอท กับค่าความเค็ม

		Salinity	% Adsorption
Salinity	Pearson Correlation	1.000	-.044
	Sig. (2-tailed)	.	.496
	N	240	240
% Adsorption	Pearson Correlation	-.044	1.000
	Sig. (2-tailed)	.496	.
	N	240	240

5.4 ผลการศึกษาการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอน จากการศึกษาการปลดปล่อยสารปรอทออกจากดินตะกอน พบว่า สารปรอทถูกปลดปล่อยออกจากดินตะกอนทุกระดับความเค็ม แต่ปริมาณที่ปล่อยออกมามีน้อยมากคือ น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ของปรอทที่ถูกดูดซับเข้าไป ดังแสดงในตารางที่ 26

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยสารปรอท 3 ปัจจัย คือ สถานีความเข้มข้นของสารปรอทที่ใช้ และความเค็ม ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

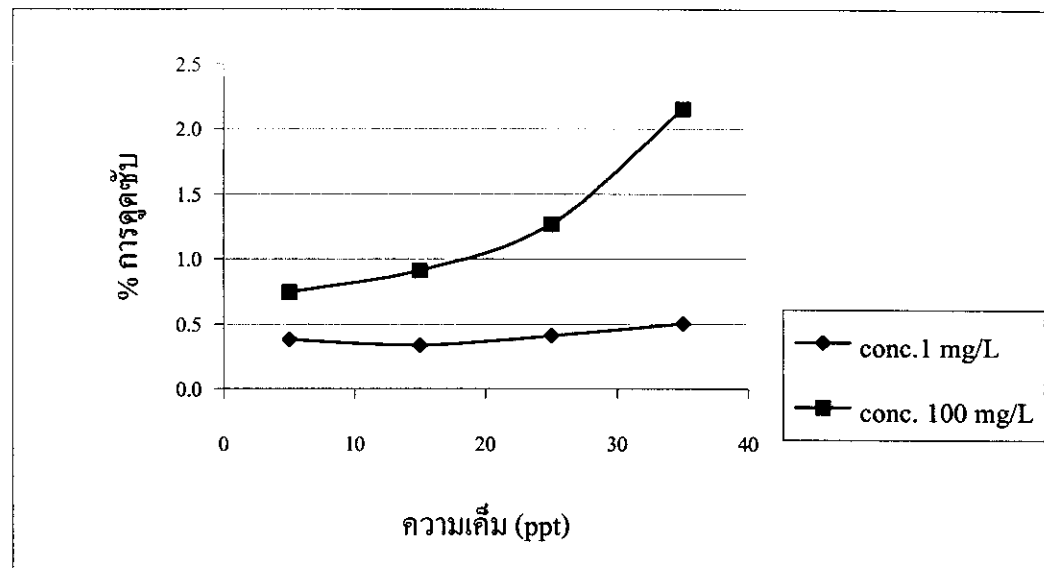
5.4.1 การปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอนเปรียบเทียบระหว่างสถานี การดูดซับสารปรอทของดินตะกอนที่สถานี 2A และ แสดงดังตารางที่ 26 ที่สถานี 2A และ 2C มีเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยสารปรอทออกจากดินตะกอนแตกต่างกัน โดยพบว่าสถานี 2A มีความสามารถในการปลดปล่อยสารปรอทออกจากดินตะกอนมากกว่าสถานี 2C

5.4.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารปรอทที่มีผลต่อการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอน

การศึกษากการปลดปล่อยสารปรอทจากดินตะกอน เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากการศึกษาการดูดซับสารปรอทของดินตะกอน โดยเลือกใช้ดินตะกอนที่ได้จากกระบวนการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารปรอท 1 mg/L และ 100 mg/L มาทำการศึกษา ผลที่ได้พบว่า ดินตะกอนที่ได้จากกระบวนการดูดซับสารปรอทที่ความเข้มข้น 100 mg/L มีความสามารถในการปลดปล่อยสารปรอทจากดินตะกอนมากกว่าดินตะกอนที่ได้จากกระบวนการดูดซับสารปรอทที่ความเข้มข้น 1 mg/L ดังแสดงในตารางที่ 26 และภาพที่ 50

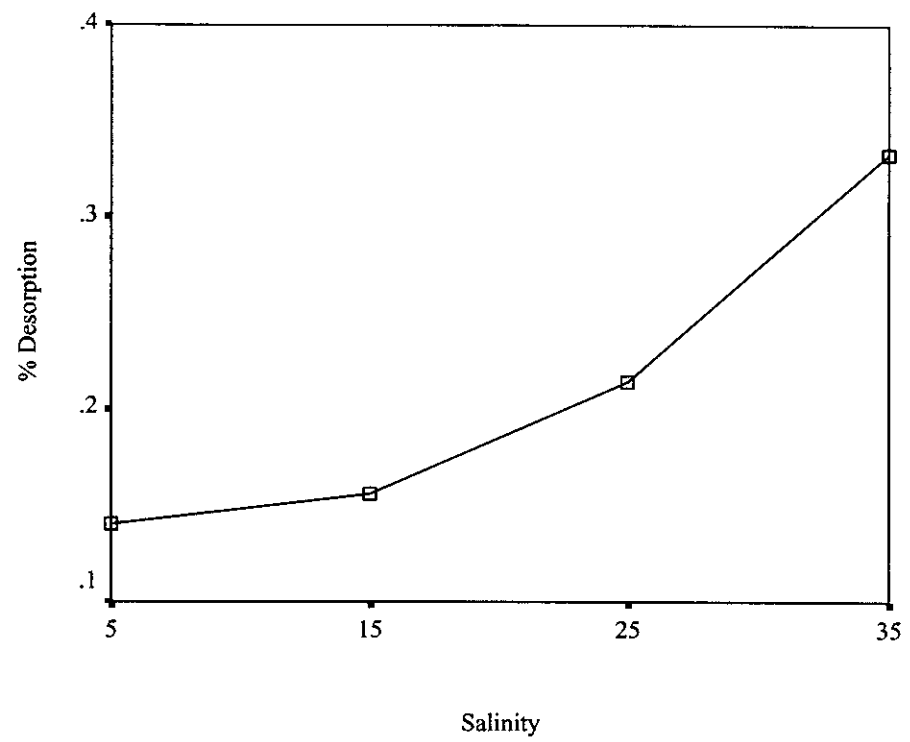
ตารางที่ 26 ปริมาณปรอทที่ถูกปล่อยออกจากดินตะกอนหลังการดูดซับที่ความเค็มต่าง ๆ

Initial Conc.	Station	Salinity (ppt)	Desorption pH	Total desorbed amount	
				(ug/g)	(%)
1 mg/L	2A	5	7.33	0.0357	0.3785
		15	7.30	0.0313	0.3291
		25	7.32	0.0374	0.3939
		35	7.34	0.0584	0.6140
	2C	5	7.41	0.0364	0.3839
		15	7.43	0.0323	0.3397
		25	7.40	0.0406	0.4279
		35	7.39	0.0440	0.3954
100 mg/L	2A	5	6.89	4.8243	0.5560
		15	6.95	6.7932	0.8217
		25	6.98	12.8096	1.5251
		35	6.95	22.3882	2.6953
	2C	5	7.02	7.7721	0.9207
		15	7.05	8.4029	1.0043
		25	7.03	8.8240	1.0070
		35	7.07	13.2521	1.6187

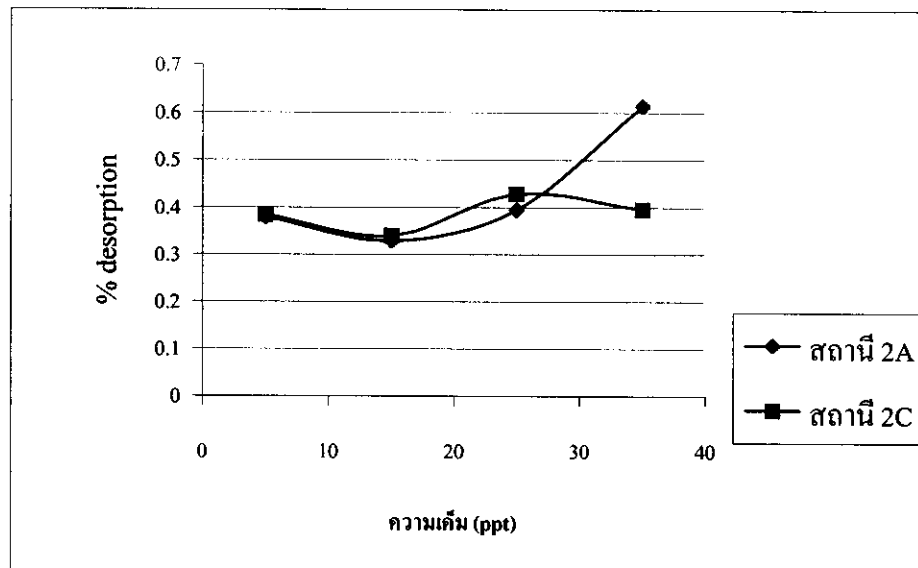


ภาพที่ 50 แสดงเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยสารปรอทที่ความเค็มต่าง ๆ เปรียบเทียบระหว่างดินตะกอนที่ได้จากระบวนการดูดซับ ที่ความเข้มข้นของสารปรอท 1 mg/L และ 100 mg/L

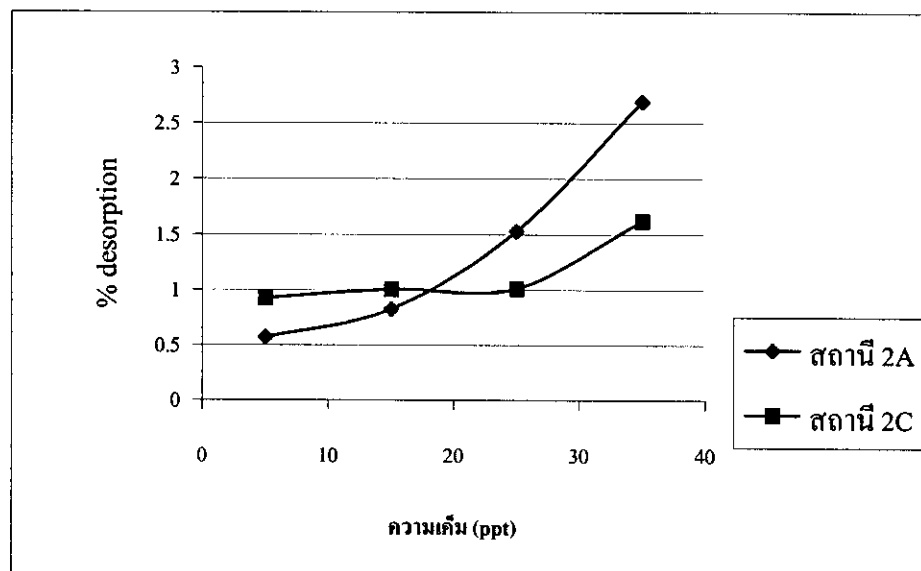
5.4.3 ศึกษาผลของค่าความเค็มที่มีต่อการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอน การศึกษาการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอนเปรียบเทียบระหว่างค่าความเค็ม พบว่า ความเค็ม มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยสารปรอทออกจากดินตะกอน คือ เมื่อค่าความเค็มเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยสารปรอทจากดินตะกอนจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังแสดงในภาพที่ 51 ยกเว้นการศึกษาที่ความเข้มข้นของปรอทเริ่มต้น 1 mg/L ในสถานี 2C ที่พบว่า ความเค็มไม่มีความสัมพันธ์ กับการปลดปล่อยสารปรอทออกจากดินตะกอน ดังแสดงในภาพที่ 52



ภาพที่ 51 แสดงเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยสารปรอทโดยดินตะกอนเฉลี่ยจากทุกสถานี และทุกความเข้มข้นที่ความเค็มต่าง ๆ



(ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 1 mg/L)



(ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 mg/L)

ภาพที่ 52 แสดงเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยสารปรอทโดยดินตะกอนที่ความเค็มต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ของการปลดปล่อยสารปรอทโดยดินตะกอน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนจาก 3 ปัจจัย คือ สถานี ความเค็ม และความเข้มข้นของปรอทที่ใช้ในการศึกษา โดยใช้แบบหุนของ ANOVA (3 – fixed factor) ทดสอบความแตกต่างของแต่ละปัจจัย แสดงดังตารางที่ 27 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การดูดซับสารปรอทของดินตะกอนจากทั้ง 2 สถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ $p < 0.01$

การดูดซับสารปรอทที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของปรอทที่เติมลงไปแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ $p < 0.01$

การดูดซับสารปรอทของดินตะกอนที่ระดับความเค็มแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ $p < 0.01$

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงความแตกต่างของปริมาณการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.856	15	.257	50.334	.000
Intercept	5.126	1	5.126	1003.716	.000
Station	.146	1	.146	28.660	.000
Concentration	1.756	1	1.756	343.913	.000
Salinity	.699	3	.233	45.603	.000
Station * Salinity	.251	3	8.356E-02	16.362	.000
Station * Concentration	.152	1	.152	29.695	.000
Salinity * Concentration	.615	3	.205	40.166	.000
Station*Salinity*Concentration	.237	3	7.888E-02	15.447	.000
Error	.409	80	5.107E-03		
Total	9.390	96			
Corrected Total	4.264	95			

a R Squared = .904 (Adjusted R Squared = .886)

การทดสอบความแตกต่างของการดูดซับสารปรอทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) แสดงในตารางที่ 28 พบว่า ที่ความเค็ม 5 ppt มีเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยไม่แตกต่างกับที่ความเค็ม 15 ppt แต่แตกต่างจากที่ความเค็ม 25 และการทดสอบความแตกต่าง

ตารางที่ 28 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยสารปรอทที่ความเค็มต่าง ๆ โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ความเค็ม (ppt)	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
5	24	.1449		
15	24	.1702		
25	24		.2447	
35	24			.3644
Sig.		.222	1.000	1.000

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่มีผลต่อการปลดปล่อยสารปรอทโดยดินตะกอน โดยใช้ค่าสถิติ Pearson Correlation Coefficient ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 29 พบว่าความเค็มมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) คือพบว่าเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 29 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง % การปลดปล่อยของสารปรอทของดินตะกอน กับค่าความเค็ม

		Salinity	% Adsorption
Salinity	Pearson Correlation	1.000	.389**
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	96	96
% Desorption	Pearson Correlation	.389**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	96	96