

บทที่ 4

การติดตามตรวจสอบลักษณะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

4.1 บทนำ

การติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะชายฝั่งของท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด เป็นส่วนหนึ่งของโครงการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้ดำเนินการติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

สำหรับการสำรวจลักษณะพื้นฐานของชายฝั่ง จำนวน 2 ครั้ง คือ ช่วงก่อนฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงหลังฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระยะทางในการสำรวจศึกษาครอบคลุมระยะทางจากท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด ไปทางทิศตะวันตกประมาณ 4 กิโลเมตร และไปทางทิศตะวันออกประมาณ 7 กิโลเมตร รวมระยะทาง 11 กิโลเมตร

4.2 วัตถุประสงค์ของการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะชายฝั่ง

1) ประเมินสภาพการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งบริเวณท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยมีพื้นที่ศึกษาครอบคลุมเป็นระยะทางรวม 11 กิโลเมตร โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ฝั่งของบริเวณท่าเรือ คือ ระยะทาง 4 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตกของท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด และระยะทาง 7 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกของท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด ตามลำดับ

2) ศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง อันมีอิทธิพลจากคลื่นและกระแสน้ำในระหว่างฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยทำการสำรวจลักษณะพื้นฐานของชายหาด (Beach Profile Survey) จำนวน 2 ครั้ง ในช่วงก่อนและหลังฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และนำผลการสำรวจมาทำการเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างของการกระทำต่อชายฝั่งโดยลมมรสุม

3) ลักษณะและวิเคราะห์ปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่ง รวมไปถึงลักษณะและทิศทางของตะกอนทรายที่เปลี่ยนแปลงไปอันมีสาเหตุมาจากการถมทะเลและก่อสร้างท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด ระยะที่ 2 โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (LITPACK) หรือโปรแกรมอื่นใดที่มีคุณสมบัติเทียบเท่า ร่วมกับการตรวจสอบกับข้อมูลสำรวจในภาคสนาม เช่น ขนาดของเม็ดทราย (D_{50}) และข้อมูลทางสมุทรศาสตร์ เช่น กระแสน้ำ คลื่น ลมและระดับน้ำทะเลในพื้นที่ หรือข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง

4) ประเมินผลกระทบของการถมทะเลและก่อสร้างท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด ระยะที่ 2 ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในพื้นที่ศึกษา ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว พร้อมทั้งทำการจำแนกพื้นที่ที่ไวและไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลง และเสนอแนะแนวทางการแก้ไขที่เป็นประโยชน์และลดปัญหาจากการกัดเซาะของชายฝั่ง

4.3 ขอบเขตการศึกษา

การสำรวจลักษณะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยทำการตรวจวัดตัวแปร (Parameter) ต่างๆ แสดงขอบเขตการดำเนินงานดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ขอบเขตการสำรวจลักษณะการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง

อันดับ	ตัวแปร (Parameter)	ความถี่ในการติดตามตรวจสอบ	สถานีติดตามตรวจสอบ (สถานี)
1.	ข้อมูลสมุทรศาสตร์เบื้องต้น (Basic Oceanographic Data) - ทิศทางลมและความเร็วของกระแสลม - การเคลื่อนที่ของกระแสน้ำชายฝั่ง - ลักษณะของคลื่นในทะเล	ปีละ 2 ครั้ง	2 สถานี
2.	ข้อมูลลักษณะพื้นฐานของชายฝั่ง (Coastal Morphology Data) - การเคลื่อนย้ายของมวลทราย (Drifting of sand) - ลักษณะพื้นฐานของชายหาด (Beach Profile) - การทับถม การกรอก และการกัดเซาะของมวลทราย (Accretion and erosion of sand) การเคลื่อนย้าย	ปีละ 2 ครั้ง ปีละ 2 ครั้ง (ตามฤดูมรสุม)	- สถานีติดตามตรวจสอบแต่ละสถานีห่างกันช่วงละไม่เกิน 500 เมตร เป็นระยะทางห่างจากโครงการออกไปทางด้านทิศตะวันตก และทิศตะวันออกของท่าเรือประมาณ 4 กิโลเมตร และ 7 กิโลเมตร ตามลำดับ - สถานีติดตามตรวจสอบแต่ละสถานีห่างกันช่วงละไม่เกิน 100 เมตร เป็นระยะทางห่างจากโครงการออกไปทางด้านทิศตะวันตก และทิศตะวันออกของท่าเรือประมาณ 4 กิโลเมตร และ 7 กิโลเมตร ตามลำดับ - โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แสดงการเคลื่อนที่และการกัดเซาะของชายฝั่ง (LITPACK) ร่วมกับการตรวจสอบกับข้อมูลสำรวจในภาคสนาม

4.4 ข้อมูลสมุทรศาสตร์เบื้องต้น

1) ข้อมูลความเร็วและทิศทางลม

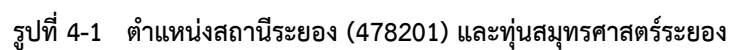
สถานีติดตามตรวจสอบลมที่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการฯ มากที่สุด คือ สถานีระยอง (478201) ตั้งอยู่ที่ ตำบลตะพง อำเภอมือง จังหวัดระยอง (47P 754578.04 ม. ตะวันออก, 1397604.24 ม. เหนือ) อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการฯ ประมาณ 11.44 กิโลเมตร ดังแสดงตำแหน่งของสถานีอยู่ในรูปที่ 4-1

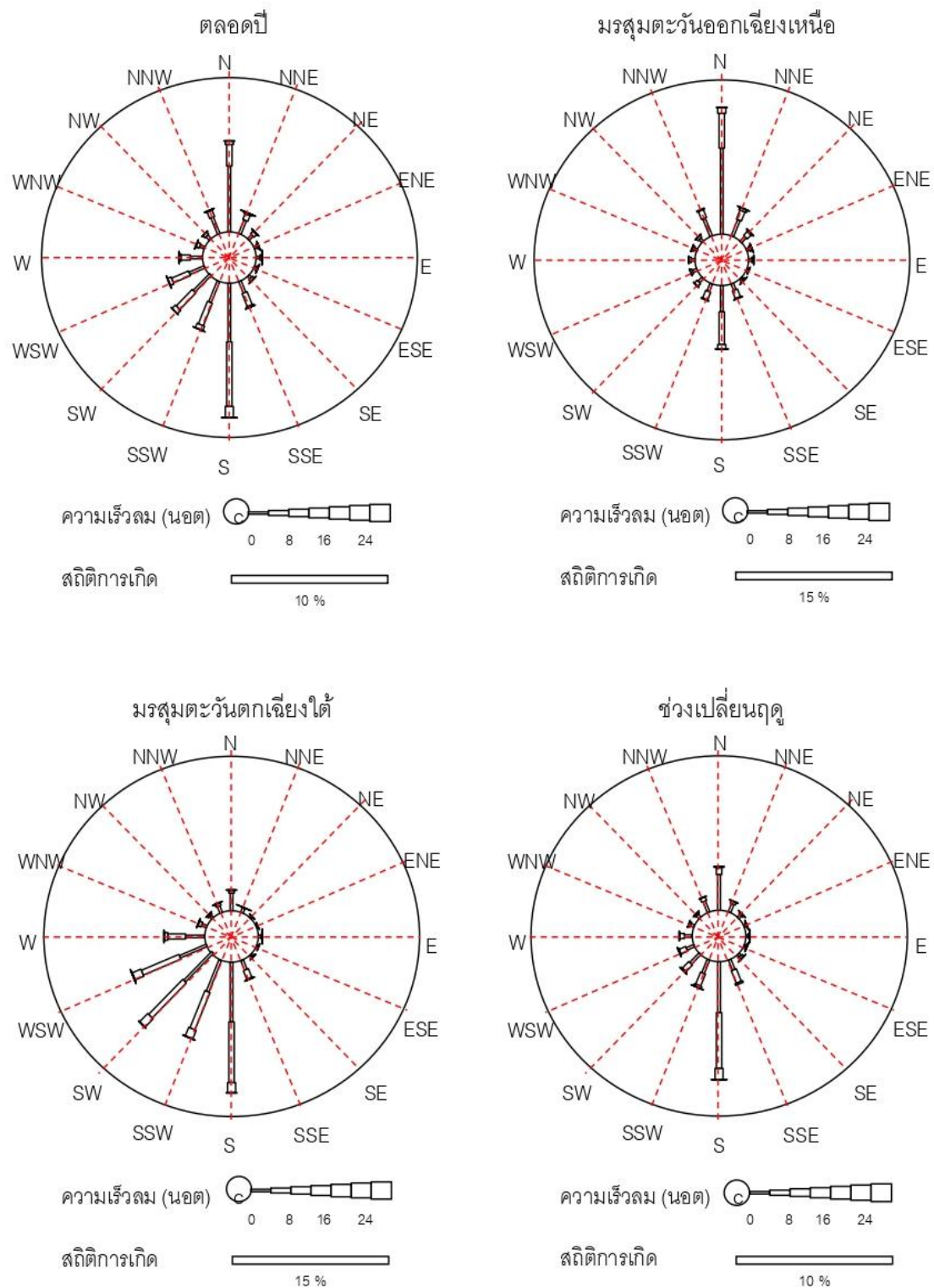
จากการเก็บรวบรวมข้อมูลลมที่สถานีระยอง ซึ่งมีการเก็บบันทึกข้อมูลลมเป็นราย 3 ชั่วโมง มาวิเคราะห์สถิติของความเร็วและทิศทางลมที่เกิดขึ้นย้อนหลัง 43 ปี (พ.ศ. 2524-2566) แบบรายปี และแยกตามช่วงเวลาฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-สิงหาคม) และในช่วงเปลี่ยนฤดู (มีนาคม-เมษายน และกันยายน-ตุลาคม) ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงเป็นผังความเร็วและทิศทางของลม (Wind Rose) อยู่ในรูปที่ 4-2 พบว่าสภาพลมรายปีส่วนใหญ่มีทิศใต้ (S) คิดเป็น 20.10% ของลมทั้งหมด รองลงมาเป็นลมจากทิศเหนือ (N) และทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (SSW) คิดเป็น 13.26% และ 7.87% ตามลำดับ โดยมีความเร็วลมที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด คือ 0-4 นอต คิดเป็น 38.15% รองลงมาคือความเร็วลมที่ 4-8 นอต คิดเป็น 32.22% ส่วนสภาพลมในแต่ละฤดูสามารถสรุปได้ดังนี้

- ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศทางลมส่วนใหญ่เป็นลมที่มาจากทิศเหนือ (N) คิดเป็น 27.53% ของลมทั้งหมด รองลงมาเป็นลมจากทิศใต้ (S) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ (NNW) คิดเป็น 14.57% และ 7.09% ตามลำดับ โดยมีความเร็วลมที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด คือ 0-4 นอต คิดเป็น 42.59% รองลงมาคือความเร็วลมที่ 4-8 นอต คิดเป็น 30.00%

- ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทิศทางลมส่วนใหญ่มาจากทิศใต้ (S) คิดเป็น 19.36% ของลมทั้งหมด รองลงมาเป็นลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) และทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (SSW) คิดเป็น 15.15% และ 12.97% ตามลำดับ โดยมีความเร็วลมที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด คือ 4-8 นอต คิดเป็น 36.13% รองลงมาคือความเร็วลมที่ 0-4 นอต คิดเป็น 33.33%

- ช่วงเปลี่ยนฤดู ทิศทางลมส่วนใหญ่เป็นลมจากทิศใต้ (S) คิดเป็น 26.27% ของลมทั้งหมด รองลงมาเป็นลมจากทิศเหนือ (N) และทิศตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (SSE) คิดเป็น 9.72% และ 8.07% ตามลำดับ โดยมีความเร็วลมที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ 0-4 นอต คิดเป็น 38.68% รองลงมาคือความเร็วลมที่ 4-8 นอต คิดเป็น 12.38%





รูปที่ 4-2 ผังแสดงความเร็วและทิศทางของลม ที่สถานีระยอง

2) การคำนวณคลื่น

ข้อมูลความสูง คาบเวลาคลิ้น และทิศทางคลื่น เป็นข้อมูลสมุทรศาสตร์ที่มีความสำคัญทำให้ทราบถึงลักษณะความรุนแรงของสภาพคลื่นลมในบริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำไปใช้ในการออกแบบโครงสร้างชายฝั่งทะเลและใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองต่างๆ ต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลคลื่นตรวจวัดจากทุ่นสมุทรศาสตร์ในอดีตจากกองสำรวจธรรมชาติและดาวเทียม สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) ซึ่งติดตั้งทุ่นสมุทรศาสตร์ในพื้นที่อ่าวไทย และทะเลอันดามัน ปี พ.ศ. 2544 ดังแสดงตำแหน่งของทุ่นสมุทรศาสตร์อยู่ในรูปที่ 4-1 สำหรับการศึกษาข้อมูลคลื่นจากทุ่นสมุทรศาสตร์ระยะจะถูกเลือกใช้ เนื่องจากอยู่ใกล้พื้นที่ศึกษามากที่สุด

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากทุ่นสมุทรศาสตร์ดังกล่าวมีเพียงช่วงสั้นๆ ข้อมูลไม่สมบูรณ์ และขาดความต่อเนื่อง จึงไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในบริเวณพื้นที่ศึกษา ดังนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลคลื่นที่สมบูรณ์และมีความต่อเนื่องในระยะยาว จึงจำเป็นต้องสังเคราะห์ข้อมูลคลื่นขึ้นใหม่โดยใช้ข้อมูลลม ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการตรวจวัดมาอย่างต่อเนื่องยาวนานกว่า ทั้งนี้ ในการคำนวณหาขนาดความสูงและคาบเวลาของคลื่นจะใช้โปรแกรม JONSWAP โดยทำการปรับเทียบหาความสัมพันธ์เนื่องจากความแตกต่างของข้อมูลลมที่ตรวจวัดบนบกกับลมที่วัดได้ในทะเล โดยจะทำการเปรียบเทียบจากผลการคำนวณคลื่นที่ได้กับข้อมูลตรวจวัดจากทุ่นสมุทรศาสตร์ ทั้งนี้ ในโปรแกรม JONSWAP มีสมการสำหรับปรับแก้ค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลลมอยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่

$$W_w = a + bW_l \quad (1)$$

$$W_w = W_l(a + W_l^b) \quad (2)$$

โดยที่ W_w = ความเร็วลมเหนือน้ำที่ระดับความสูง +10 เมตร จากระดับน้ำ ทะเลปานกลาง
 W_l = ความเร็วลมบนบกที่ระดับความสูง +10 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง
 a, b = พารามิเตอร์ที่ต้องปรับเพื่อให้ความเร็วลมที่วัดได้มีความสัมพันธ์ดีที่สุด

ในการคำนวณคลื่นจากข้อมูลลมใช้ข้อมูลนำเข้า 3 อย่างด้วยกัน คือ ข้อมูลความเร็วและทิศทางลม ระยะเวลาที่ลมพัด และระยะห่างจากฝั่งถึงฝั่งที่ลมพัดหรือเรียกว่า ความยาวเฟซ ข้อมูลทั้งสามส่วนนำมาใช้ในสมการของ JONSWAP Spectrum ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\frac{gH_{1/3}}{U_A^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\frac{gT_m}{U_A} = 2.857 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

$$\frac{gT_m}{U_A} = 2.857 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

โดยที่ $H_{1/3}$ = ความสูงคลื่นนัยสำคัญ
 T_m = คาบเวลาคลิ้งสูงสุดของคลื่นสเปกตรัม โดย $T_{1/3} = 0.95T_m$
 t = ระยะเวลาที่เกิดลม
 F = ความยาวเฟซ
 U_A = Wind-Stress Factor เป็นความเร็วลมที่ถูกปรับแก้แล้วจากตำแหน่งของ
 เครื่องวัดลม (Location Effect) และสัมประสิทธิ์ของแรงฉุด (Coefficient of Drag)
 มีค่าเท่ากับ $0.71U^{1.23}$ จาก SPM (1984) เมื่อ U คือ ความเร็วลมที่ได้จากการวัดมี
 หน่วยเป็นเมตร/วินาที ที่ความสูง 10 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

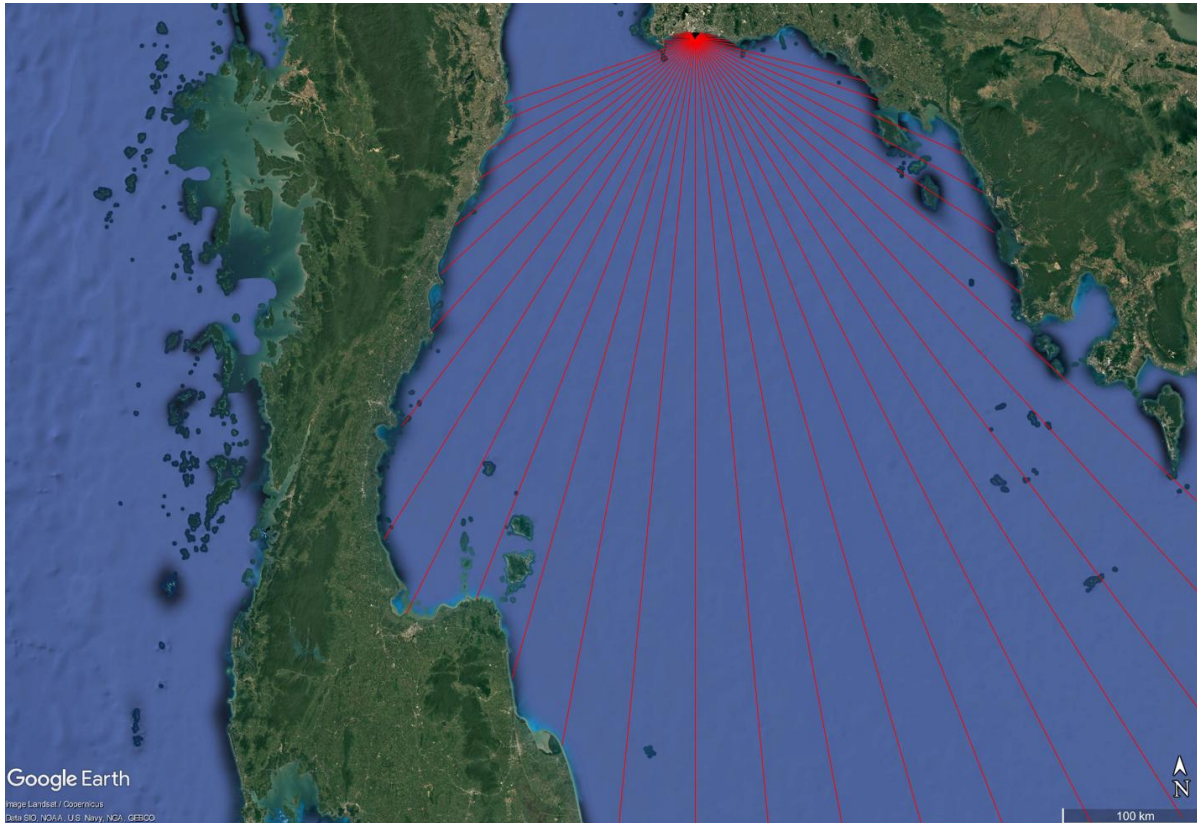
ความเร็วและทิศทางของลมเหนือนี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาขนาดความสูงและคาบเวลาของคลื่นโดยใช้
 วิธี JONSWAP Spectrum โดยในการศึกษานี้เลือกใช้สมการสำหรับปรับแก้ค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลลมในรูปแบบที่ 2
 $W_w = W_l(a W_l^b)$ ได้ค่า $a = 3$ และ $b = -0.3$ ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบขนาดความสูงและคาบเวลาของคลื่นที่ได้จากการ
 คำนวณโดยวิธีดังกล่าวกับค่าจากการตรวจวัดในพื้นที่ใกล้เคียง คือข้อมูลจากทุ่นเกาะระยอง ซึ่งมีข้อมูลตรวจวัดที่ค่อนข้าง
 สมบูรณ์ในปี พ.ศ. 2544 ดังแสดงในรูปที่ 4-4 จากกราฟดังกล่าวจะเห็นได้ว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกันค่อนข้างดี
 ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้นำค่าพารามิเตอร์การปรับค่าความเร็วลมดังกล่าวข้างต้นไปใช้ในการคำนวณข้อมูลคลื่นบริเวณพื้นที่
 โครงการฯ และข้างเคียง ต่อไป โดยพื้นที่ศึกษาของโครงการฯ มีระยะทางที่ลมพัดผ่านหรือความยาวเฟซ แสดงได้ดัง
 รูปที่ 4-3 ทั้งนี้เมื่อนำข้อมูลความเร็วและทิศทางลม ช่วงเวลาที่ลมพัด และความยาวเฟซดังกล่าว เพื่อใช้ในการคำนวณข้อมูล
 คลื่นในบริเวณนี้ ได้ผลการคำนวณสภาพคลื่นลมอยู่ในตารางที่ 4-2 ถึงตารางที่ 4-5 และแสดงเป็นผังคลื่นอยู่ในรูปที่ 4-5
 เมื่อทำการแจกแจงความถี่ของการเกิดคลื่นที่ความสูง และทิศทางต่างๆ ตลอดทั้งปี และแยกตามฤดูมรสุมต่างๆ สามารถ
 สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

จากสถิติคลื่นลมรวมทั้งปีบริเวณพื้นที่โครงการฯ และข้างเคียง ดังแสดงในตารางที่ 4-2 มีช่วงเวลา
 ประมาณ 49.01 % ของเวลาทั้งหมดที่มีคลื่นลมสงบ หรือข้อมูลไม่ครบถ้วน โดยทิศทางของคลื่นที่พบบ่อยที่สุดในรอบปี
 ประกอบด้วยคลื่นที่มาจากทิศใต้ (S) ซึ่งเกิดขึ้น 20.10% รองลงมาคือ คลื่นจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (SSW)
 ซึ่งเกิดขึ้น 7.87% และทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ซึ่งเกิดขึ้น 7.41% ความสูงคลื่นนัยสำคัญส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.00 - 0.50
 เมตร และคาบเวลาส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.5-1.0 วินาที

สภาพคลื่นลมในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในตารางที่ 4-3 มีช่วงเวลาที่มีคลื่นลมสงบ
 69.45 % ที่เหลือเป็นช่วงที่มีคลื่นลมในทิศทางต่างๆ โดยทิศทางที่พบบ่อยมากที่สุด คือทิศใต้ (S) ซึ่งเกิดขึ้น 14.57% รองลงมา
 คือ คลื่นจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (SSE) 4.69% และทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (SSW) ซึ่งเกิดขึ้น 4.04%
 ความสูงคลื่นนัยสำคัญส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.0-0.5 เมตร และคาบเวลาส่วนใหญ่อยู่ใน ช่วง 0.5-1.0 วินาที

ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ดังแสดงในตารางที่ 4-4 มีช่วงเวลาที่มีคลื่นลมสงบ 31.71 % ที่เหลือ
 เป็นช่วงที่มีคลื่นลมในทิศทางต่างๆ โดยทิศทางที่พบบ่อยมากที่สุด คือ ทิศใต้ (S) ซึ่งเกิดขึ้น 4.49% รองลงมาคือ ทิศตะวันตก
 เฉียงใต้ (SW) 15.15% และทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (SSW) 12.97% ความสูงคลื่นนัยสำคัญส่วนใหญ่อยู่ในช่วง
 0.0-0.5 เมตร และคาบเวลาส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.5-1.0 วินาที

ในช่วงเปลี่ยนฤดู ดังแสดงในตารางที่ 4-4 มีสภาพคลื่นลมสงบ หรือไม่มีข้อมูลอยู่ประมาณ 46.52 % คลื่นที่พัดเข้าหาพื้นที่พบบ่อยมากที่สุด คือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ซึ่งเกิดขึ้น 2.67% รองลงมาคือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางตะวันตก (WSW) 2.66% และทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (SSW) 2.26% ความสูงคลื่นนัยสำคัญส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.0-0.5 เมตร และคาบเวลาส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.5-1.0 วินาที



รูปที่ 4-3 ความยาวเฟทช์ (Fetch Length) บริเวณพื้นที่โครงการฯ และใกล้เคียง ในทิศทางต่างๆ



**รูปที่ 4-4 เปรียบเทียบผลการคำนวณขนาดความสูง
และคาบเวลาของคลื่นโดยใช้วิธี JONSWAP Spectrum กับค่าจากการตรวจวัดที่หุ่นระยะ**

ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงการแจกแจงความถี่ของข้อมูลความสูงและคาบเวลาคลิ้นยี่สำคัญ และความเร็วลมตามทิศทางต่างๆ ในรอบปี บริเวณพื้นที่โครงการฯ และข้างเคียง

ทิศทาง	ความสูงคลื่นยี่สำคัญ (ม.)										รวม	%
	0.0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	4.0-4.5	>4.5		
N	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.00
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
E	1,139	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1,142	0.89
ESE	718	138	12	1	0	0	0	0	0	0	869	0.68
SE	1,223	342	38	3	0	0	0	0	0	0	1,606	1.26
SSE	4,444	2,293	328	36	0	0	0	0	0	0	7,101	5.55
S	15,036	9,235	1,282	140	1	0	0	0	0	0	25,694	20.10
SSW	7,879	2,042	128	10	1	0	0	0	0	0	10,060	7.87
SW	9,461	14	0	0	0	0	0	0	0	0	9,475	7.41
WSW	7,476	4	0	0	0	0	0	0	0	0	7,480	5.85
W	1,759	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,759	1.38
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											62,645	49.01
รวม	49,136	14,070	1,789	190	2	0	0	0	0	0	127,832	100.00
%	38.44	11.01	1.40	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

ทิศทาง	คาบเวลาคลิ้นยี่สำคัญ (ว.)										รวม	%
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	>9		
N	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.00
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
E	324	301	515	2	0	0	0	0	0	0	1,142	0.89
ESE	0	206	413	212	28	9	1	0	0	0	869	0.68
SE	0	305	640	522	103	32	4	0	0	0	1,606	1.26
SSE	0	826	2,176	2,906	850	305	38	0	0	0	7,101	5.55
S	0	3,122	6,519	11,401	3,333	1,168	150	1	0	0	25,694	20.10
SSW	0	1,266	5,293	2,914	465	112	9	1	0	0	10,060	7.87
SW	0	2,698	6,776	1	0	0	0	0	0	0	9,475	7.41
WSW	0	3,946	3,534	0	0	0	0	0	0	0	7,480	5.85
W	0	1,755	4	0	0	0	0	0	0	0	1,759	1.38
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											62,645	49.01
รวม	324	14,425	25,871	17,958	4,779	1,626	202	2	0	0	127,832	100.00
%	0.25	11.28	20.24	14.05	3.74	1.27	0.16	0.00	0.00	0.00	100.00	

ทิศทาง	ความเร็วลม (นอต)										รวม	%
	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28	28-32	32-36	>36		
N	11,751	4,307	792	90	3	0	0	0	1	1	16,945	13.26
NNE	2,232	1,101	289	51	6	1	1	0	0	19	3,700	2.89
NE	908	606	159	16	0	0	0	0	0	0	1,689	1.32
ENE	550	352	72	7	1	0	0	0	0	0	982	0.77
E	725	359	51	4	1	1	0	0	0	1	1,142	0.89
ESE	448	339	74	8	0	0	0	0	0	0	869	0.68
SE	764	712	117	13	0	0	0	0	0	0	1,606	1.26
SSE	2,746	3,630	696	26	0	0	0	0	0	1	7,099	5.55
S	9,772	12,786	3,008	116	7	1	1	0	0	1	25,692	20.10
SSW	4,103	4,675	1,205	66	8	0	0	1	0	2	10,060	7.87
SW	3,902	4,393	1,102	67	8	0	1	0	0	0	9,473	7.41
WSW	2,976	3,553	888	54	6	2	0	0	0	0	7,479	5.85
W	2,282	1,769	325	25	4	0	1	0	0	0	4,406	3.45
WNW	987	630	144	6	0	0	0	0	0	0	1,767	1.38
NW	954	577	110	4	3	0	0	0	0	0	1,648	1.29
NNW	3,667	1,402	210	9	2	0	0	1	0	0	5,291	4.14
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											27,984	21.89
รวม	48,767	41,191	9,242	562	49	5	4	2	1	25	127,832	100.00
%	38.15	32.22	7.23	0.44	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	100.00	

**ตารางที่ 4-3 ตารางแสดงการแจกแจงความถี่ของข้อมูลความสูงและคาบเวลาคลิ้นนัยสำคัญ และความเร็วลม
ตามทิศทางต่างๆ ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณพื้นที่โครงการฯ และข้างเคียง**

ทิศทาง	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (ม.)										รวม	%
	0.0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	4.0-4.5	>4.5		
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
E	470	0	0	0	0	0	0	0	0	0	470	1.12
ESE	248	46	4	1	0	0	0	0	0	0	299	0.71
SE	437	84	9	0	0	0	0	0	0	0	530	1.27
SSE	1,445	465	49	1	0	0	0	0	0	0	1,960	4.69
S	3,921	1,941	213	20	0	0	0	0	0	0	6,095	14.57
SSW	1,429	248	10	3	1	0	0	0	0	0	1,691	4.04
SW	895	0	0	0	0	0	0	0	0	0	895	2.14
WSW	662	0	0	0	0	0	0	0	0	0	662	1.58
W	179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	179	0.43
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											29,051	69.45
รวม	9,686	2,784	285	25	1	0	0	0	0	0	41,832	100.00
%	23.15	6.66	0.68	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

ทิศทาง	คาบเวลาคลิ้นนัยสำคัญ (ว.)										รวม	%
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	>9		
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
E	139	102	229	0	0	0	0	0	0	0	470	1.12
ESE	0	74	150	63	8	3	1	0	0	0	299	0.71
SE	0	99	264	142	19	5	1	0	0	0	530	1.27
SSE	0	251	858	682	123	44	2	0	0	0	1,960	4.69
S	0	701	2,028	2,525	629	193	19	0	0	0	6,095	14.57
SSW	0	275	964	382	59	8	2	1	0	0	1,691	4.04
SW	0	388	507	0	0	0	0	0	0	0	895	2.14
WSW	0	505	157	0	0	0	0	0	0	0	662	1.58
W	0	179	0	0	0	0	0	0	0	0	179	0.43
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											29,051	69.45
รวม	139	2,574	5,157	3,794	838	253	25	1	0	0	41,832	100.00
%	0.33	6.15	12.33	9.07	2.00	0.60	0.06	0.00	0.00	0.00	100.00	

ทิศทาง	ความเร็วลม (นอต)										รวม	%
	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28	28-32	32-36	>36		
N	7,398	3,374	668	75	2	0	0	0	1	0	11,518	27.53
NNE	1,275	834	241	48	6	0	0	0	0	1	2,405	5.75
NE	496	455	131	14	0	0	0	0	0	0	1,096	2.62
ENE	247	240	59	6	1	0	0	0	0	0	553	1.32
E	269	172	27	2	0	0	0	0	0	0	470	1.12
ESE	150	119	25	5	0	0	0	0	0	0	299	0.71
SE	225	259	38	8	0	0	0	0	0	0	530	1.27
SSE	756	1,027	170	7	0	0	0	0	0	0	1,960	4.69
S	2,241	3,196	636	17	1	0	1	0	0	1	6,093	14.57
SSW	772	776	137	5	0	0	0	0	0	1	1,691	4.04
SW	506	357	32	0	0	0	0	0	0	0	895	2.14
WSW	432	215	14	1	0	0	0	0	0	0	662	1.58
W	393	204	15	0	0	0	0	0	0	0	612	1.46
WNW	287	215	45	2	0	0	0	0	0	0	549	1.31
NW	385	255	56	2	2	0	0	0	0	0	700	1.67
NNW	1,986	850	123	3	1	0	0	1	0	0	2,964	7.09
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											8,835	21.12
รวม	17,818	12,548	2,417	195	13	0	1	1	1	3	41,832	100.00
%	42.59	30.00	5.78	0.47	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	100.00	

ตารางที่ 4-4 ตารางแสดงการแจกแจงความถี่ของข้อมูลความสูงและคาบเวลาคลิ้นย่นสำคัญ และความเร็วลม
ตามทิศทางต่างๆ ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณพื้นที่โครงการฯ และข้างเคียง

ทิศทาง	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (ม.)										รวม	%
	0.0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	4.0-4.5	>4.5		
N	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.00
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
E	283	1	0	0	0	0	0	0	0	0	284	0.66
ESE	171	36	3	0	0	0	0	0	0	0	210	0.49
SE	256	74	3	0	0	0	0	0	0	0	333	0.77
SSE	1,088	535	63	8	0	0	0	0	0	0	1,694	3.91
S	4,959	3,032	334	56	1	0	0	0	0	0	8,382	19.36
SSW	4,175	1,348	87	5	0	0	0	0	0	0	5,615	12.97
SW	6,546	13	0	0	0	0	0	0	0	0	6,559	15.15
WSW	5,294	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5,297	12.23
W	1,192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,192	2.75
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											13,729	31.71
รวม	23,965	5,042	490	69	1	0	0	0	0	0	43,296	100.00
%	55.35	11.65	1.13	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

ทิศทาง	คาบเวลาคลิ้นนัยสำคัญ (ว.)										รวม	%
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	>9		
N	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.00
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
E	71	93	119	1	0	0	0	0	0	0	284	0.66
ESE	0	55	85	63	4	3	0	0	0	0	210	0.49
SE	0	75	123	113	19	3	0	0	0	0	333	0.77
SSE	0	224	504	723	177	56	10	0	0	0	1,694	3.91
S	0	1,047	2,022	3,897	1,061	295	59	1	0	0	8,382	19.36
SSW	0	573	2,820	1,852	284	81	5	0	0	0	5,615	12.97
SW	0	1,585	4,973	1	0	0	0	0	0	0	6,559	15.15
WSW	0	2,486	2,811	0	0	0	0	0	0	0	5,297	12.23
W	0	1,188	4	0	0	0	0	0	0	0	1,192	2.75
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											13,729	31.71
รวม	71	7,326	13,462	6,650	1,545	438	74	1	0	0	43,296	100.00
%	0.16	16.92	31.09	15.36	3.57	1.01	0.17	0.00	0.00	0.00	100.00	

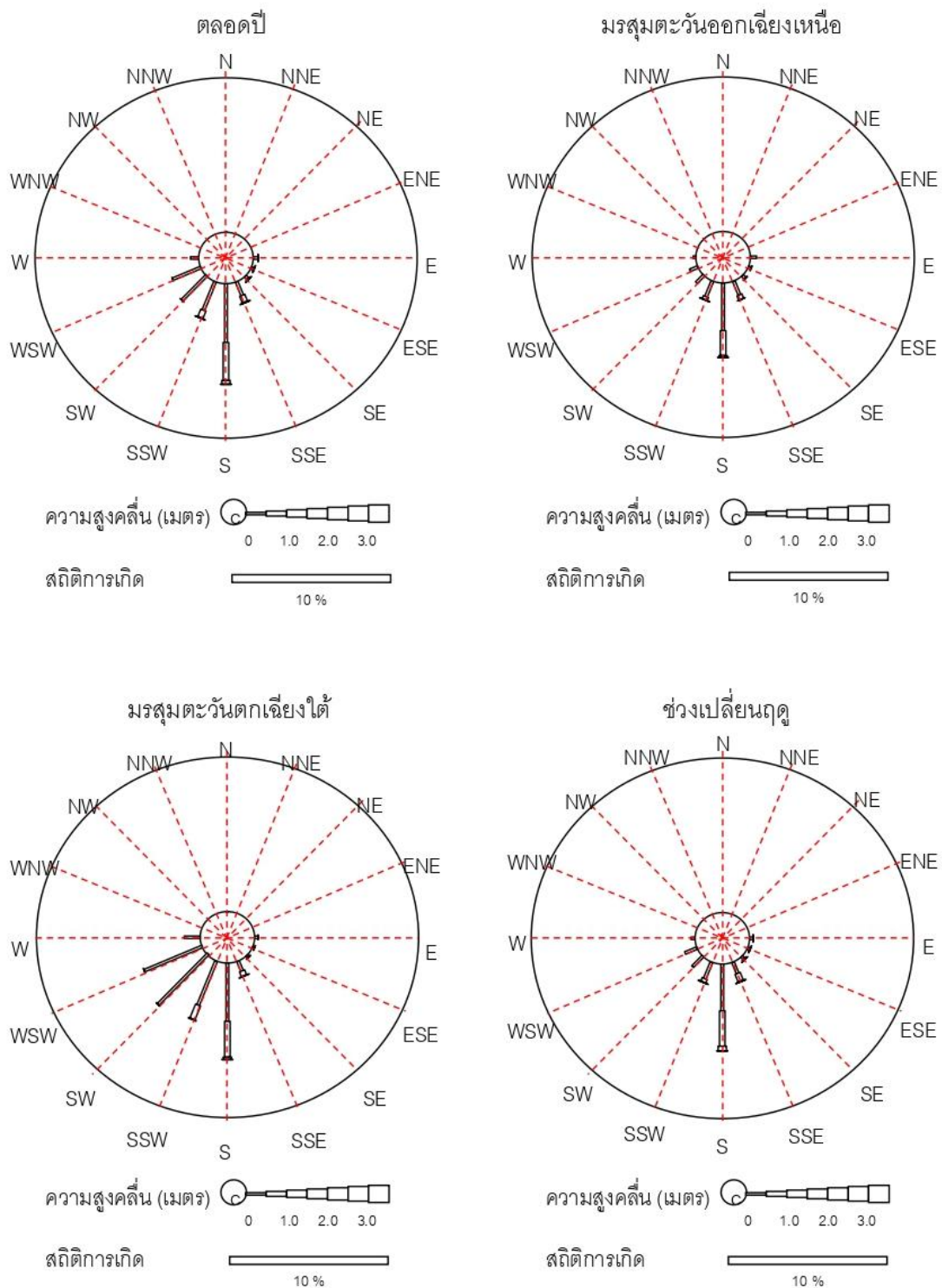
ทิศทาง	ความเร็วลม (นอต)										รวม	%
	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28	28-32	32-36	>36		
N	1,074	188	11	1	1	0	0	0	0	1	1,276	2.95
NNE	254	36	1	0	0	1	0	0	0	10	302	0.70
NE	113	17	3	0	0	0	0	0	0	0	133	0.31
ENE	93	20	1	0	0	0	0	0	0	0	114	0.26
E	205	68	9	1	0	1	0	0	0	0	284	0.66
ESE	118	72	18	2	0	0	0	0	0	0	210	0.49
SE	181	135	16	1	0	0	0	0	0	0	333	0.77
SSE	750	801	137	6	0	0	0	0	0	0	1,694	3.91
S	3,273	4,071	962	71	5	0	0	0	0	0	8,382	19.36
SSW	2,068	2,669	820	50	7	0	0	1	0	0	5,615	12.97
SW	2,334	3,227	926	62	8	0	1	0	0	0	6,558	15.15
WSW	1,803	2,665	774	48	5	2	0	0	0	0	5,297	12.23
W	1,195	1,166	253	21	4	0	1	0	0	0	2,640	6.10
WNW	333	211	63	3	0	0	0	0	0	0	610	1.41
NW	197	124	28	1	0	0	0	0	0	0	350	0.81
NNW	441	174	38	2	0	0	0	0	0	0	655	1.51
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											8,843	20.42
รวม	14,432	15,644	4,060	269	30	4	2	1	0	11	43,296	100.00
%	33.33	36.13	9.38	0.62	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	100.00	

ตารางที่ 4-5 ตารางแสดงการแจกแจงความถี่ของข้อมูลความสูงและคาบเวลาคลิ้นนัยสำคัญ และความเร็วลมตามทิศทางต่างๆ ในช่วงเปลี่ยนฤดู บริเวณพื้นที่โครงการฯ และข้างเคียง

ทิศทาง	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (ม.)										รวม	%
	0.0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	4.0-4.5	>4.5		
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
E	532	0	0	0	0	0	0	0	0	0	532	1.76
ESE	275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	275	0.91
SE	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	0.50
SSE	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166	0.55
S	202	20	88	62	58	35	26	28	8	43	570	1.88
SSW	666	18	0	0	0	0	0	0	0	0	684	2.26
SW	797	10	0	0	0	0	0	0	0	0	807	2.67
WSW	801	3	0	0	0	0	0	0	0	0	804	2.66
W	357	0	0	0	0	0	0	0	0	0	357	1.18
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											19,865	46.52
รวม	15,485	6,244	1,014	96	0	0	0	0	0	0	42,704	100.00
%	36.26	14.62	2.37	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

ทิศทาง	คาบเวลาคลิ้นนัยสำคัญ (ว.)										รวม	%
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	>9		
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
E	114	106	167	1	0	0	0	0	0	0	388	0.91
ESE	0	77	178	86	16	3	0	0	0	0	360	0.84
SE	0	131	253	267	65	24	3	0	0	0	743	1.74
SSE	0	351	814	1,501	550	205	26	0	0	0	3,447	8.07
S	0	1,374	2,469	4,979	1,643	680	72	0	0	0	11,217	26.27
SSW	0	418	1,509	680	122	23	2	0	0	0	2,754	6.45
SW	0	725	1,296	0	0	0	0	0	0	0	2,021	4.73
WSW	0	955	566	0	0	0	0	0	0	0	1,521	3.56
W	0	388	0	0	0	0	0	0	0	0	388	0.91
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											19,865	46.52
รวม	114	4,525	7,252	7,514	2,396	935	103	0	0	0	42,704	100.00
%	0.27	10.60	16.98	17.60	5.61	2.19	0.24	0.00	0.00	0.00	100.00	

ทิศทาง	ความเร็วลม (นอต)										รวม	%
	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28	28-32	32-36	>36		
N	3,279	745	113	14	0	0	0	0	0	0	4,151	9.72
NNE	703	231	47	3	0	0	1	0	0	8	993	2.33
NE	299	134	25	2	0	0	0	0	0	0	460	1.08
ENE	210	92	12	1	0	0	0	0	0	0	315	0.74
E	251	119	15	1	1	0	0	0	0	1	388	0.91
ESE	180	148	31	1	0	0	0	0	0	0	360	0.84
SE	358	318	63	4	0	0	0	0	0	0	743	1.74
SSE	1,240	1,802	389	13	0	0	0	0	0	1	3,445	8.07
S	4,258	5,519	1,410	28	1	1	0	0	0	0	11,217	26.27
SSW	1,263	1,230	248	11	1	0	0	0	0	1	2,754	6.45
SW	1,062	809	144	5	0	0	0	0	0	0	2,020	4.73
WSW	741	673	100	5	1	0	0	0	0	0	1,520	3.56
W	694	399	57	4	0	0	0	0	0	0	1,154	2.70
WNW	367	204	36	1	0	0	0	0	0	0	608	1.42
NW	372	198	26	1	1	0	0	0	0	0	598	1.40
NNW	1,240	378	49	4	1	0	0	0	0	0	1,672	3.92
คลื่นลมสงบ หรือ ไม่มีข้อมูล											10,306	24.13
รวม	16,517	12,999	2,765	98	6	1	1	0	0	11	42,704	100.00
%	38.68	30.44	6.47	0.23	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	100.00	



รูปที่ 4-5 ผังแสดง ความสูงและทิศทางของคลื่น (Wave Rose) บริเวณพื้นที่โครงการฯ และข้างเคียง
ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลลม สถานีระยอง

3) การวิเคราะห์คลื่นออกแบบ

จากสถิติข้อมูลที่ได้จากการคำนวณสภาพคลื่นลมในบริเวณพื้นที่โครงการฯ ค่าสูงสุดของความสูงคลื่นและคาบเวลากลิ่นในแต่ละปี ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ความถี่เพื่อคำนวณหาความสูงนัยสำคัญของคลื่นที่จะใช้ในการออกแบบการคำนวณนี้จะได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบกัน โดยใช้สูตรการกระจายความถี่ความสูงคลื่น 6 แบบ คือ Normal Distribution, Log-Normal Distribution, Gumbel Distribution, Log-Gumbel Distribution, Pearson-3 Distribution และ Log-Pearson-3 Distribution ทั้งนี้ในแต่ละสูตรจะให้ค่าความสัมพันธ์กับข้อมูลคลื่นที่ใช้ และค่าความสัมพันธ์กับข้อมูลนี้สามารถแสดงได้ด้วยค่า CHI-Square Standard Error ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่ให้ค่าน้อยที่สุด จะเป็นวิธีที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลคลื่นดีที่สุด

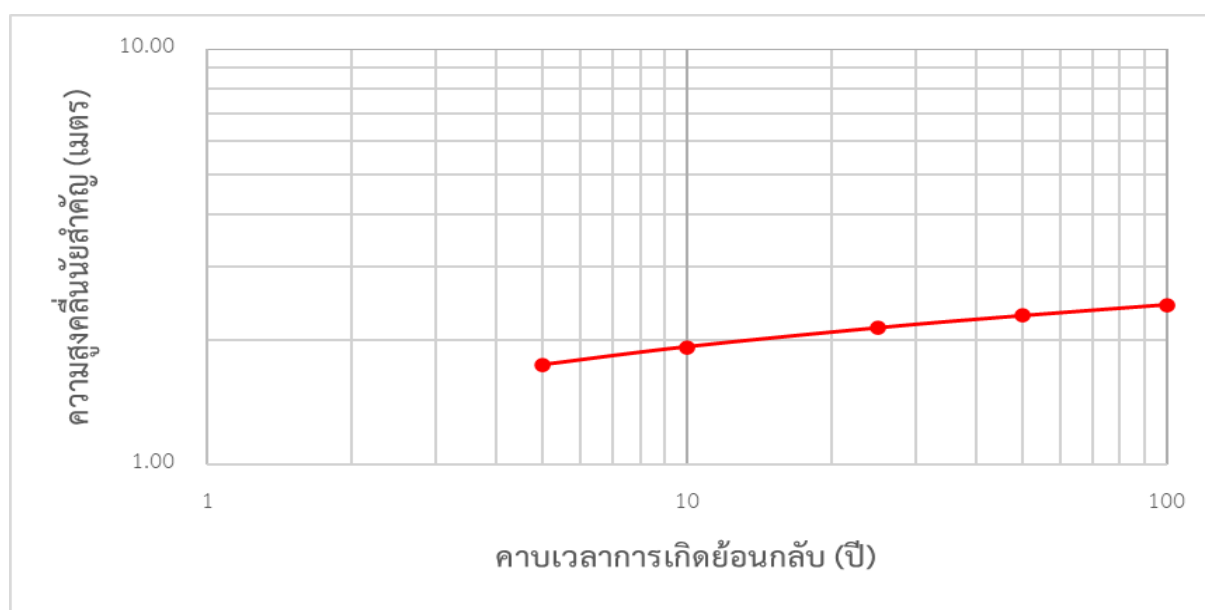
ผลการวิเคราะห์การกระจายความถี่ของความสูงและคาบเวลากลิ่นนัยสำคัญบริเวณพื้นที่โครงการฯ และพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นซึ่งคำนวณโดยใช้ข้อมูลลมจากสถานีระยอง แสดงอยู่ในตารางที่ 4-6 ถึงตารางที่ 4-7 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการกระจายความถี่แบบ LOG-GUMBEL จะให้ความสัมพันธ์ดีที่สุดสำหรับข้อมูลความสูงคลื่น และพบว่าการกระจายความถี่แบบ GUMBEL จะให้ความสัมพันธ์ดีที่สุดสำหรับข้อมูลคาบเวลากลิ่น ซึ่งจะได้นำวิธีการดังกล่าวมาใช้ในการอธิบายขนาดความสูงคลื่นนัยสำคัญ และคาบเวลากลิ่นนัยสำคัญที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่วิเคราะห์ได้จากการกระจายความถี่ดังกล่าว เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบโครงสร้างบริเวณพื้นที่โครงการฯ สำหรับกราฟความสัมพันธ์ความสูงคลื่นนัยสำคัญที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ แสดงในรูปที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่า ความสูงของคลื่นนัยสำคัญที่รอบปีการเกิดซ้ำในรอบ 50 ปี จะมีค่าเท่ากับ 2.60 เมตร โดยมีคาบเวลาของคลื่นที่สัมพันธ์กับความสูงดังกล่าวเท่ากับ 7.74 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4-7

ตารางที่ 4-6 ตารางแสดงการกระจายความถี่ของความสูงคลื่นนัยสำคัญ (เมตร) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
บริเวณพื้นที่โครงการฯ และพื้นที่ข้างเคียง โดยใช้ข้อมูลลมจากสถานีระยอง

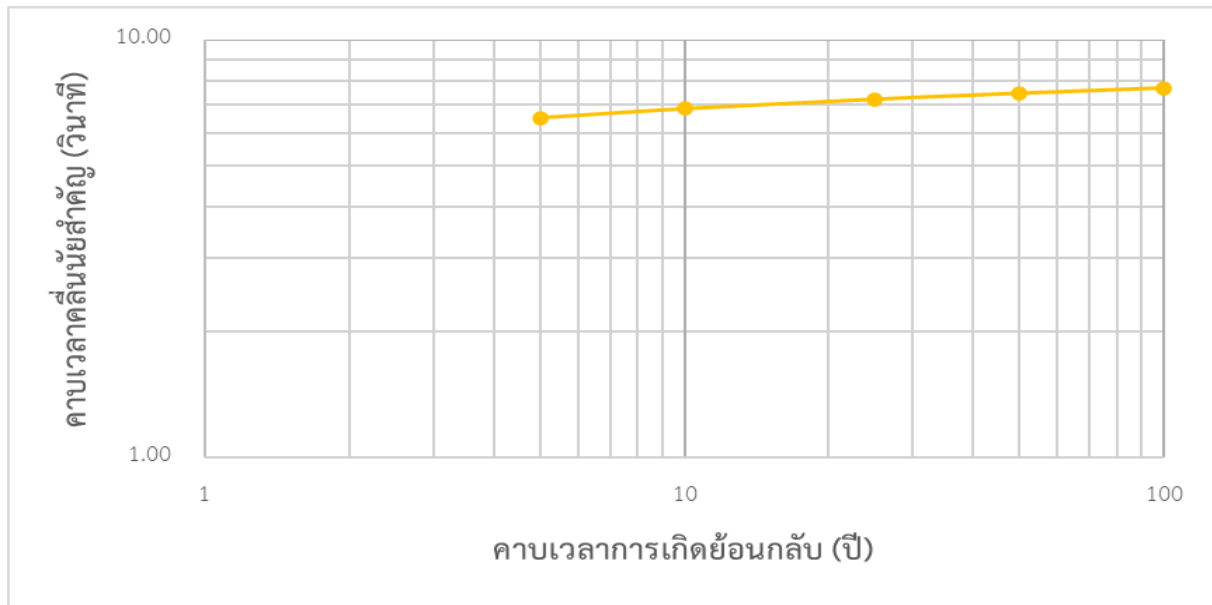
Distribution Type	CHI-Square Standard Error	รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)				
		5	10	25	50	100
1. NORMAL	2.59	1.75	1.90	2.06	2.17	2.26
2. LOG-NORMAL	3.30	1.74	1.92	2.14	2.30	2.45
3. GUMBEL	3.47	1.71	1.91	2.16	2.35	2.53
4. LOG-GUMBEL	2.50	1.69	1.93	2.29	2.60	2.95
5. PEARSON-3	2.94	1.74	1.92	2.12	2.27	2.40
6. LOG-PEARSON-3	2.92	1.74	1.92	2.13	2.28	2.43
7. LOG-NORMAL-3	3.00	1.74	1.92	2.13	2.27	2.41

ตารางที่ 4-7 ตารางแสดงการกระจายความถี่ของคาบเวลาค้นคืนน้ำสำคัญ (วินาที) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
บริเวณพื้นที่โครงการฯ และพื้นที่ข้างเคียง โดยใช้ข้อมูลจากสถานีกระป๋

Distribution Type	CHI-Square Standard Error	รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)				
		5	10	25	50	100
1. NORMAL	4.88	6.53	6.83	7.16	7.37	7.56
2. LOG-NORMAL	5.10	6.52	6.86	7.25	7.51	7.75
3. GUMBEL	4.26	6.44	6.85	7.36	7.74	8.12
4. LOG-GUMBEL	4.68	6.42	6.88	7.50	8.00	8.52
5. PEARSON-3	5.25	6.52	6.84	7.20	7.43	7.65
6. LOG-PEARSON-3	5.13	6.52	6.85	7.21	7.45	7.67
7. LOG-NORMAL-3	5.32	6.52	6.84	7.20	7.43	7.65



รูปที่ 4-6 กราฟความสัมพันธ์ของความสูงคลื่นน้ำสำคัญที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
บริเวณพื้นที่โครงการฯ และข้างเคียง ด้วยการกระจายความถี่แบบ LOG-GUMBEL



รูปที่ 4-7 กราฟความสัมพันธ์ของคาบเวลาคลื่นสำคัญที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
บริเวณพื้นที่โครงการฯ และข้างเคียง ด้วยการกระจายความถี่แบบ GUMBEL

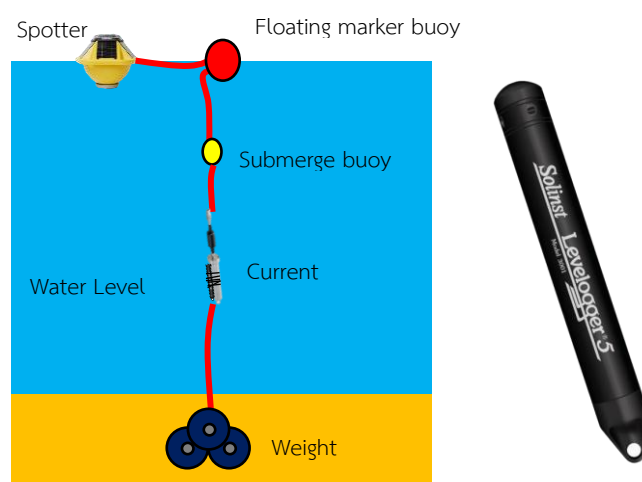
4) การเคลื่อนที่ของกระแสน้ำชายฝั่ง และลักษณะของคลื่นในทะเล

โครงการได้ดำเนินการตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำ ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำที่กลางความลึกน้ำ ความสูงและคาบของคลื่นที่ผิวน้ำ ณ ตำแหน่งพิกัดจุดที่ 1 ฝั่งตะวันตก พิกัด 47 P 729446.92 ม. ตะวันออก, 1401317.24 ม. เหนือ และตำแหน่งพิกัดจุดที่ 2 ฝั่งตะวันออก พิกัด 47 P 737355.51 ม. ตะวันออก, 1400209.28 ม. เหนือ ความลึกน้ำประมาณ 5 – 6 เมตร ระหว่างวันที่ 17-18 มิถุนายน พ.ศ. 2568 เป็นเวลา 25 ชั่วโมงเป็นที่เรียบร้อยแล้ว รายละเอียดวิธีการตรวจวัดและผลของการตรวจวัดดังแสดงดังต่อไปนี้

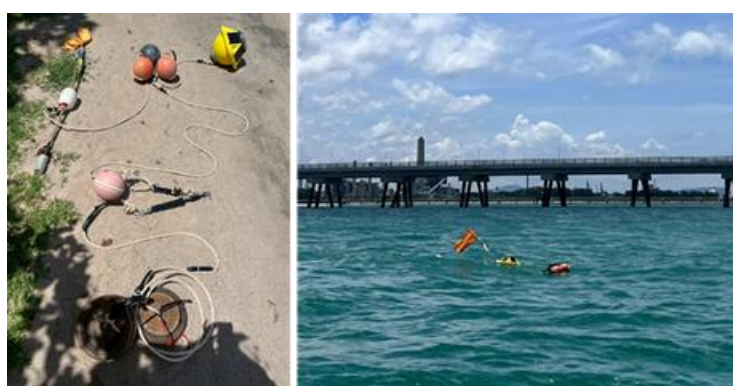


รูปที่ 4-8 พื้นที่โครงการฯ บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อ.มาบตาพุด จ.ระยอง และตำแหน่งในการตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำ ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำที่กลางความลึกน้ำ ความสูงและคาบของคลื่นที่ผิวน้ำ

1. การสำรวจการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในระยะเวลา 25 ชั่วโมง โครงการได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำจำนวน 2 จุด ได้แก่ จุดที่ 1 ฝั่งตะวันตก พิกัด 47 P 729446.92 ม. ตะวันออก, 1401317.24 ม. เหนือ และจุดที่ 2 ฝั่งตะวันออก พิกัด 47 P 737355.51 ม. ตะวันออก, 1400209.28 ม. เหนือ ทั้งสองจุดตั้งอยู่ในพื้นที่ที่น้ำท่วมถึงตลอดเวลา เพื่อเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ Solinst Level Logger 5 จากประเทศแคนาดา ซึ่งมีความแม่นยำ ± 1.5 เซนติเมตร การตรวจวัดดำเนินการทุก 10 นาที ต่อเนื่องเป็นเวลา 25 ชั่วโมง เครื่อง Solinst Level Logger 5 ถูกผูกติดกับ Electromagnetic current meter โดยใช้เชือกผูกกับทุ่นลอย เพื่อรักษาให้อุปกรณ์คงอยู่ในความลึกน้ำที่เหมาะสม ในขณะเดียวกันตำแหน่งที่ติดตั้งทุ่นมีระดับความลึกของน้ำประมาณ 5-6 เมตร (รูปที่ 4-9 และรูปที่ 4-10)



รูปที่ 4-9 วิธีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติต่อเนื่อง 25 ชั่วโมง



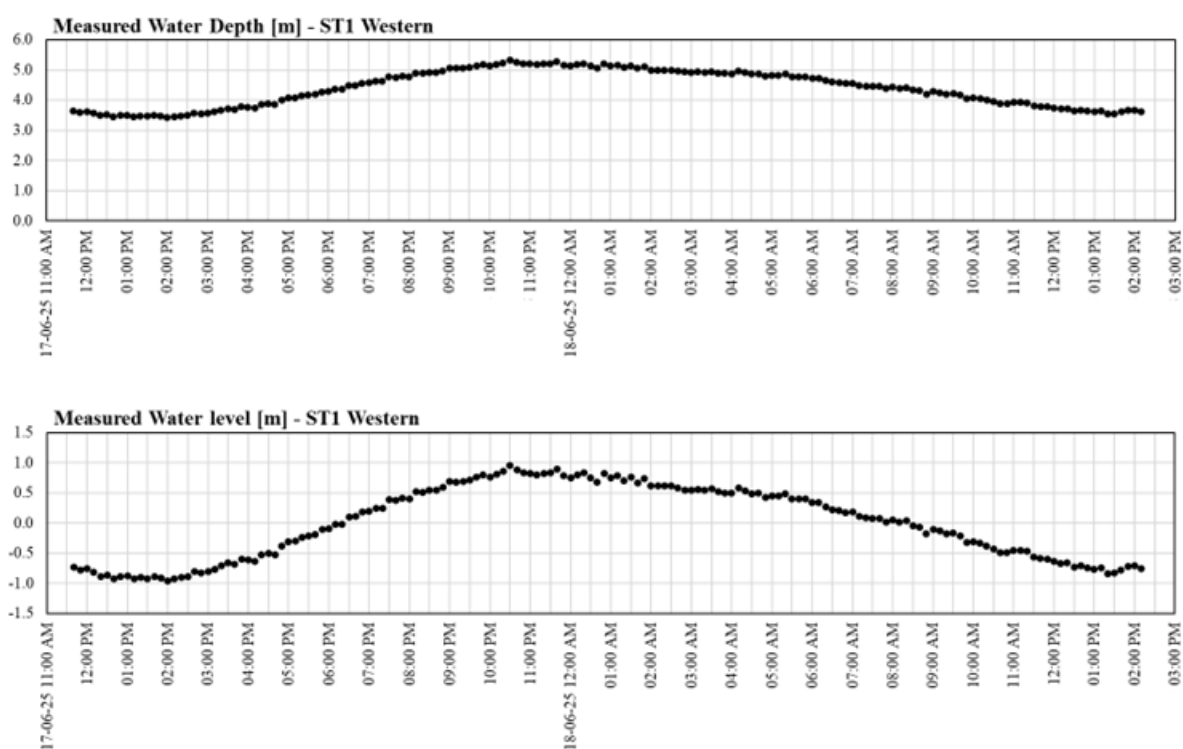
จุดติดตั้งทิศตะวันตก พิกัด 47 P 729446.92 ม. ตะวันออก, 1401317.24 ม. เหนือ

รูปที่ 4-10 ภาพถ่ายระหว่างการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำ

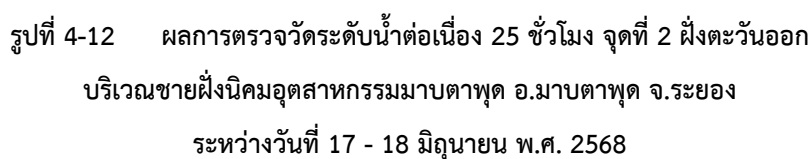


จุดติดตั้งทิศตะวันออก พิกัด 47 P 737355.51 ม. ตะวันออก, 1400209.28 ม. เหนือ

รูปที่ 4-10 (ต่อ) ภาพถ่ายระหว่างการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำ

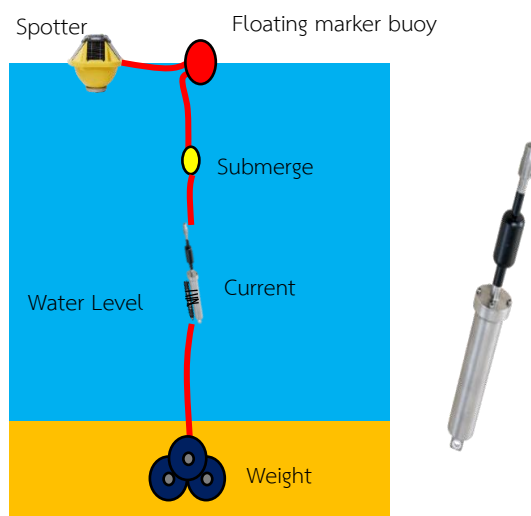


รูปที่ 4-11 ผลการตรวจวัดระดับน้ำต่อเนื่อง 25 ชั่วโมง จุดที่ 1 ฝั่งตะวันตก
บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อ.มาบตาพุด จ.ระยอง
ระหว่างวันที่ 17 -18 มิถุนายน พ.ศ. 2568



บริษัท ยูโนเด็ค แอนนาลิสต์ แอนด์ เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด

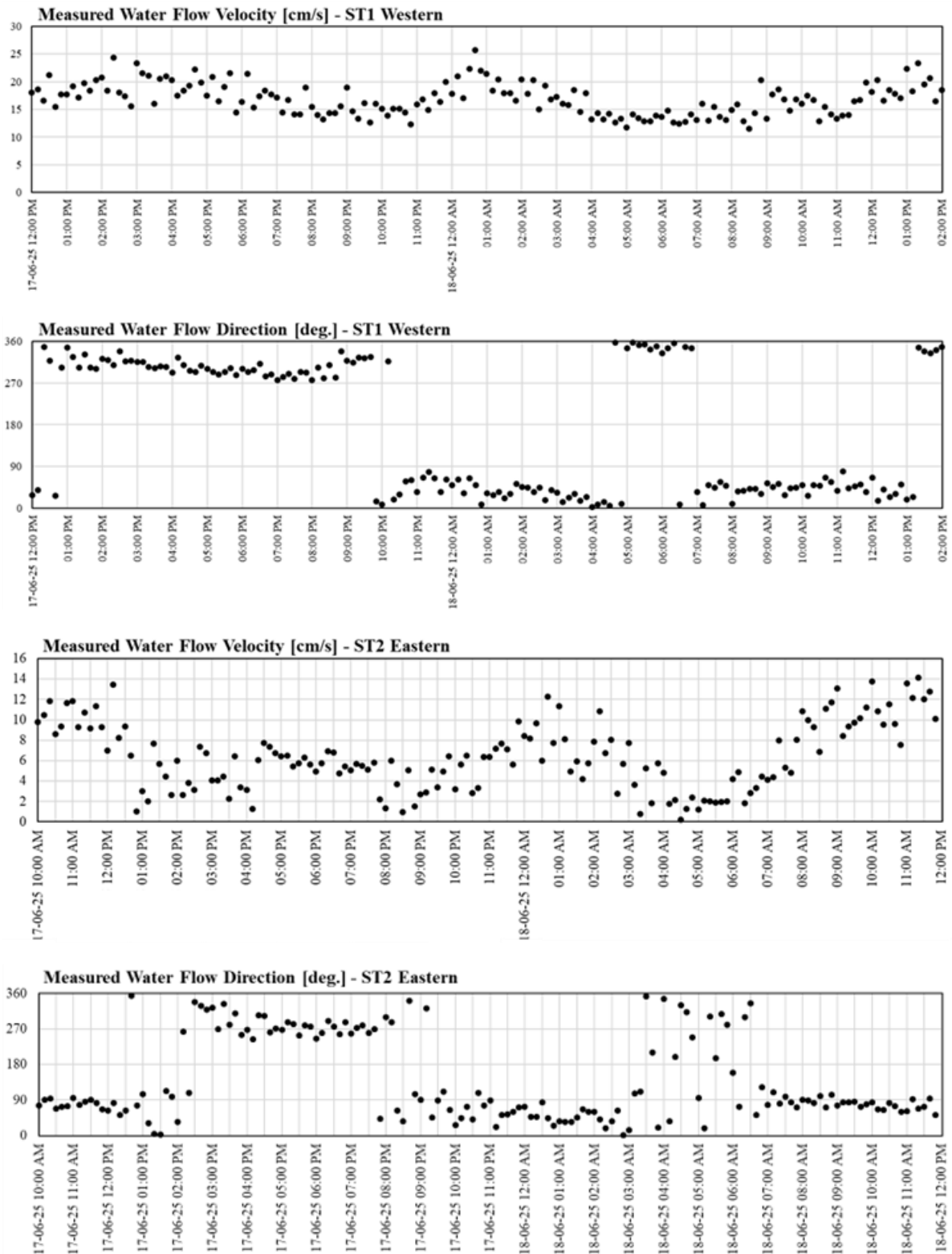
การรับรองมาตรฐานสากล ความสามารถทั้งเชิงปฏิบัติการทดสอบและซอฟต์แวร์ ISO/IEC 17025, ระบบการจัดการคุณภาพ ISO 9001, ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14001 และระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ISO 45001
 มาตรฐานปียูซี (พ.ศ. 2563) และรางวัลพระราชทาน รางวัลคนดีแห่งชาติ (พ.ศ. 2564) จากสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี



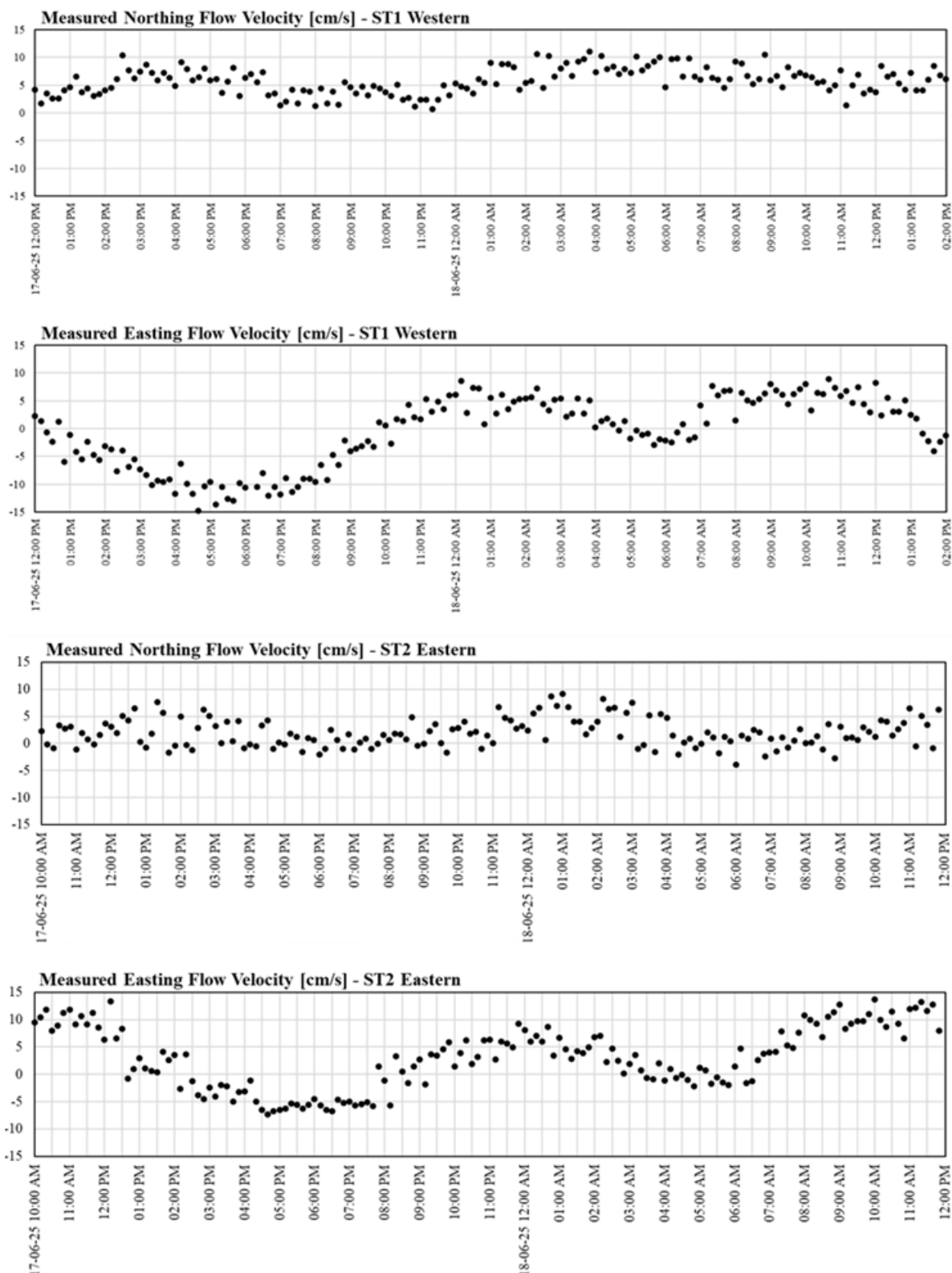
รูปที่ 4-13 วิธีการตรวจวัดความเร็วและทิศทางกระแสน้ำที่ระดับกลางความลึกน้ำต่อเนื่อง 25 ชั่วโมง
ด้วยเครื่อง Electromagnetic current meter



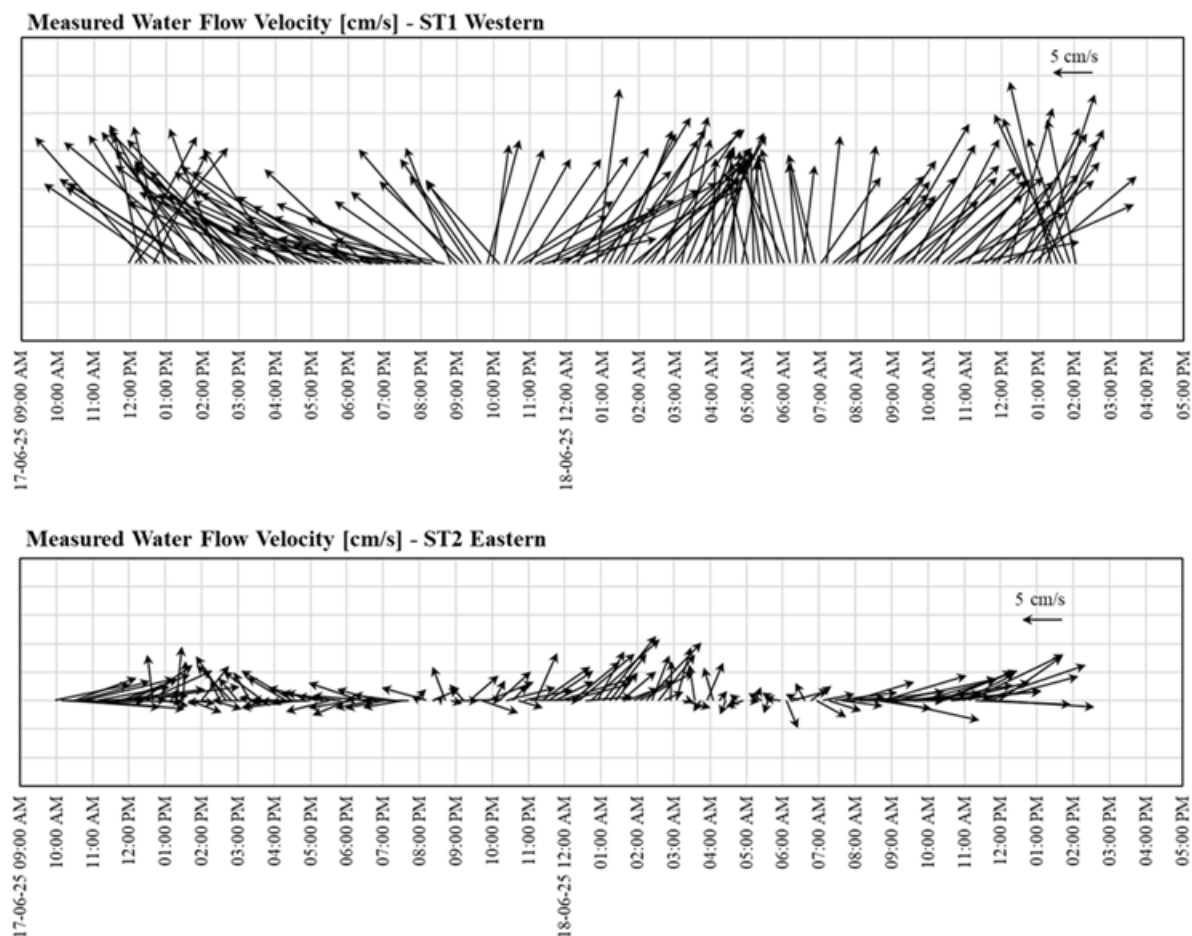
รูปที่ 4-14 ภาพถ่ายระหว่างการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดความเร็วและทิศทางกระแสน้ำที่ระดับกลางความลึกน้ำ
ด้วยเครื่อง Electromagnetic current meter บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อ.มาบตาพุด จ.ระยอง



รูปที่ 4-15 ข้อมูลตรวจวัดตรวจวัดความเร็วและทิศทางกระแสน้ำที่ระดับกลางความลึกน้ำ
บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อ.มาบตาพุด จ.ระยอง
ระหว่างวันที่ 17-18 มิถุนายน พ.ศ. 2568

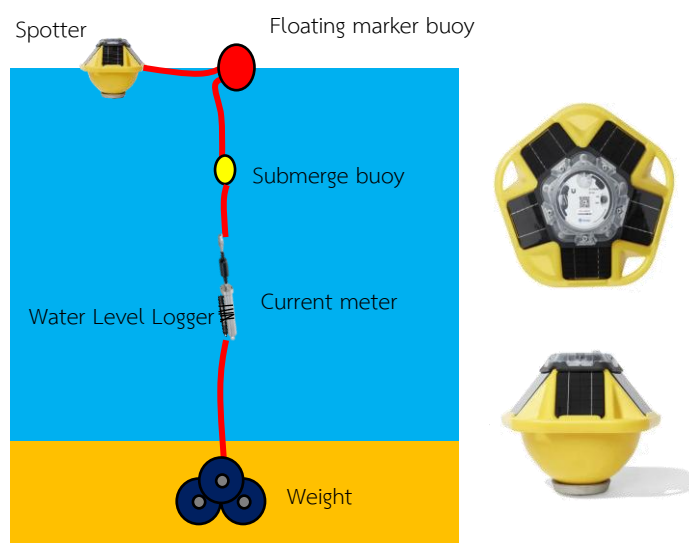


รูปที่ 4-16 ผลการตรวจวัดความเร็วกระแสน้ำในแกนทิศเหนือ-ใต้ (Northing velocity)
และแกนทิศตะวันออก-ตะวันตก (Easting velocity) ที่ความลึกกลางน้ำ
ระหว่างวันที่ 17-18 มิถุนายน พ.ศ. 2568



รูปที่ 4-17 ผลการตรวจวัดความเร็วกระแสน้ำแบบเวกเตอร์ (Vector) ที่ระดับกลางความลึกน้ำ
บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อ.มาบตาพุด จ.ระยอง
ระหว่างวันที่ 17-18 มิถุนายน พ.ศ. 2568

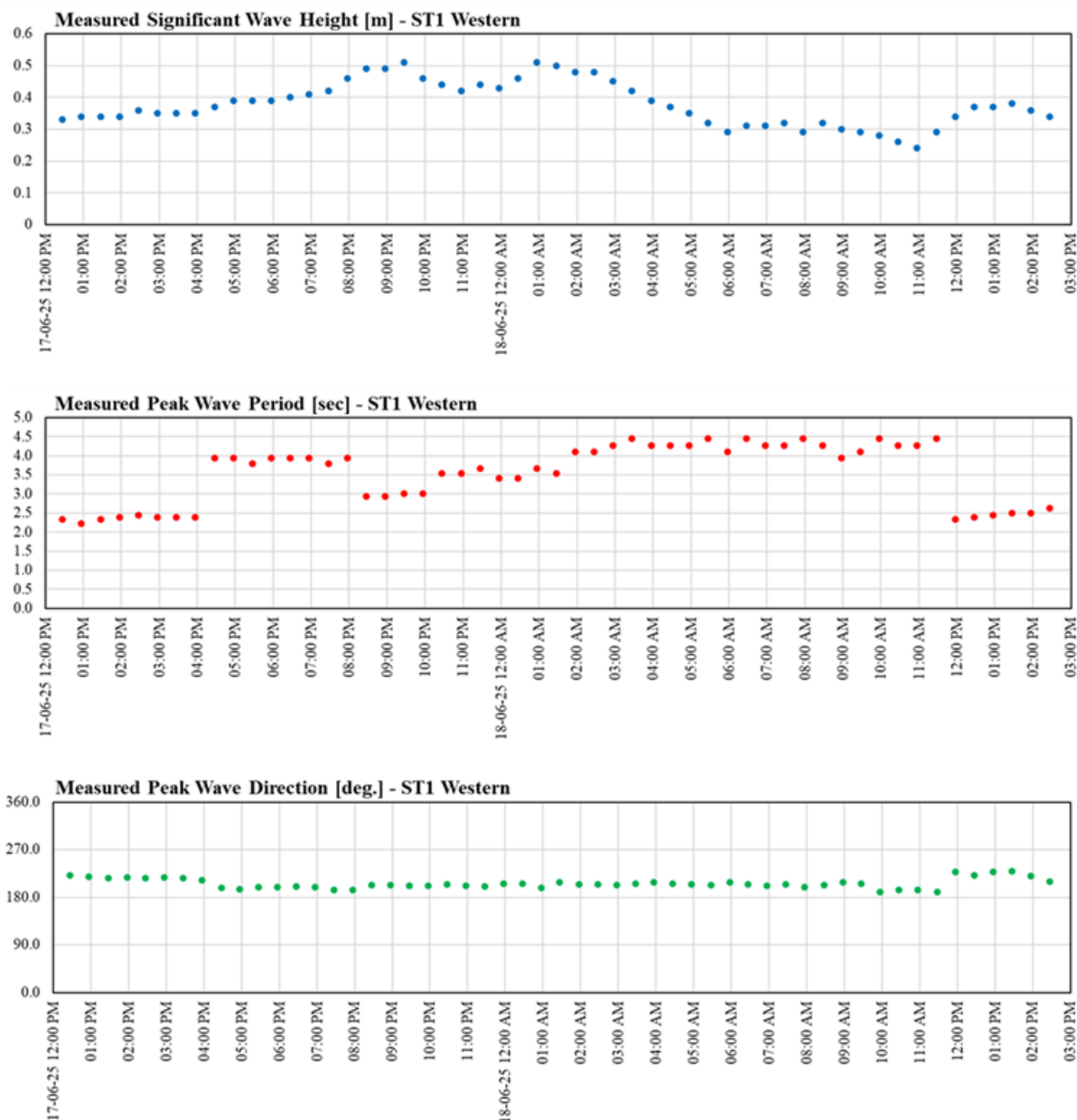
3. การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงความสูง คาบ และทิศทางของคลื่น โครงการได้ดำเนินการตรวจวัดลักษณะคลื่นในพื้นที่สำรวจ 2 จุด ได้แก่ จุดที่ 1 ฝั่งตะวันตก พิกัด 47 P 729446.92 ม. ตะวันออก, 1401317.24 ม. เหนือ และจุดที่ 2 ฝั่งตะวันออก พิกัด 47 P 737355.51 ม. ตะวันออก, 1400209.28 ม. เหนือ ทั้งสองจุดตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีระดับความลึกน้ำประมาณ 5-6 เมตร การตรวจวัดดำเนินการโดยใช้ทุ่นลอยบนคลื่น (Wave Rider) รุ่น Spotter จากบริษัท SOFAR OCEAN ประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในรูปที่ 4-18 ถึงรูปที่ 4-19 มีรายละเอียดการตรวจวัดโดยทุ่นสามารถตรวจวัดด้วยความถี่ 2.5 Hz ต่อเนื่อง โดยการตรวจวัดดำเนินการต่อเนื่องเป็นเวลา 25 ชั่วโมง เพื่อครอบคลุมรอบน้ำขึ้น-น้ำลง ทุ่นถูกยึดไว้กับน้ำหนักที่ถ่วงกับพื้นท้องน้ำเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่ง ผลการตรวจวัดแสดงดังรูปที่ 4-20 ถึงรูปที่ 4-21



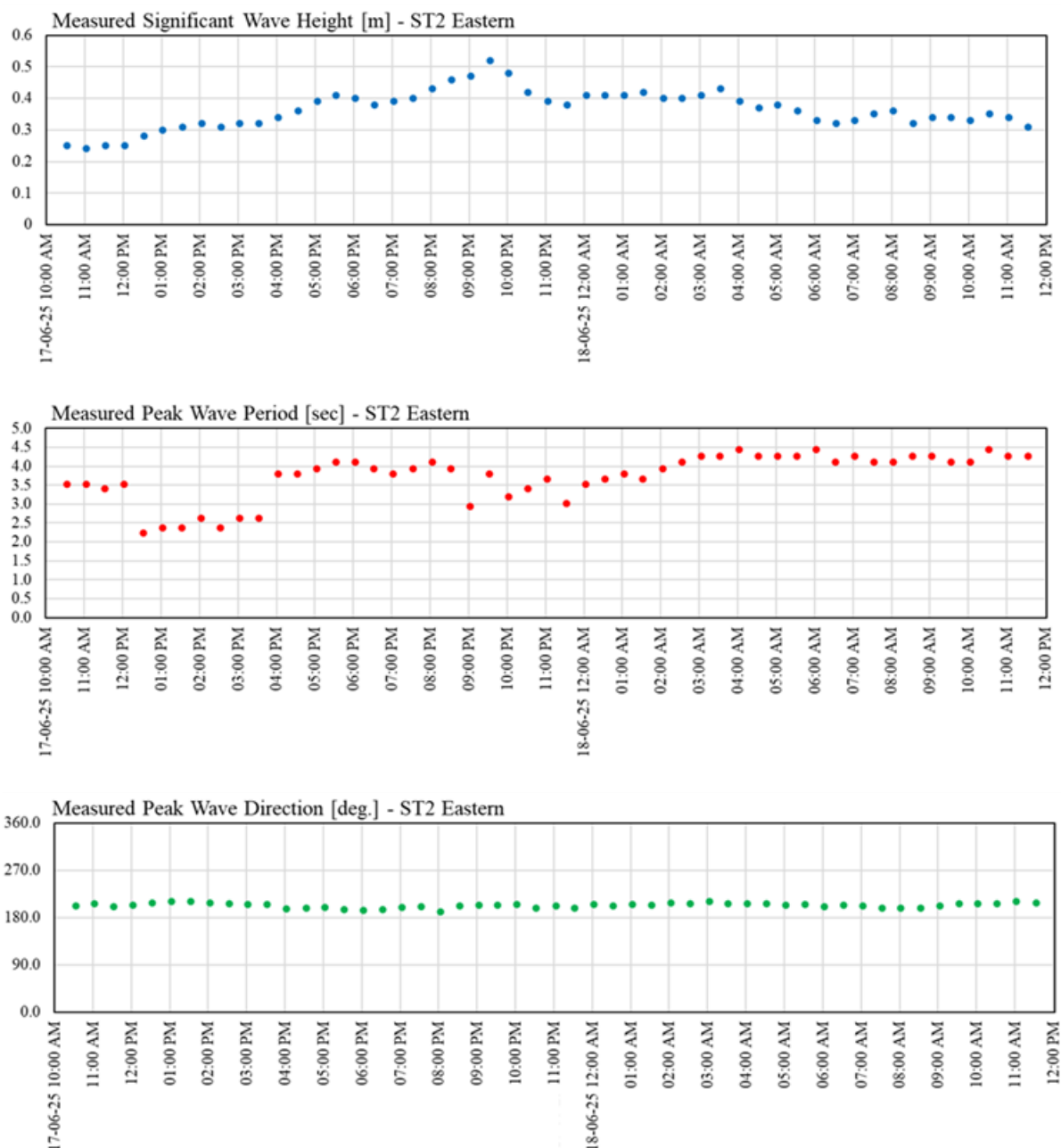
รูปที่ 4-18 วิธีการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคลื่นรุ่น Spotter จากบริษัท SOFAR OCEAN



รูปที่ 4-19 ภาพถ่ายระหว่างการติดตั้งตรวจวัดคลื่น
บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อ.มาบตาพุด จ.ระยอง
ระหว่างวันที่ 17-18 มิถุนายน พ.ศ. 2568



รูปที่ 4-20 ผลการตรวจวัดความสูงคลื่นและคาบคลื่นที่มีพลังงานสูงที่สุด (Peak wave period, T_p)
จุดที่ 1 ฝั่งตะวันตก บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อ.มาบตาพุด จ.ระยอง
ระหว่างวันที่ 17-18 มิถุนายน พ.ศ. 2568



รูปที่ 4-21 ผลการตรวจวัดความสูงคลื่นและคาบคลื่นที่มีพลังงานสูงสุด (Peak wave period, T_p)
จุดที่ 2 ฝั่งตะวันออก บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อ.มาบตาพุด จ.ระยอง
ระหว่างวันที่ 17-18 มิถุนายน พ.ศ. 2568

4.5 ข้อมูลลักษณะพื้นฐานของชายฝั่ง

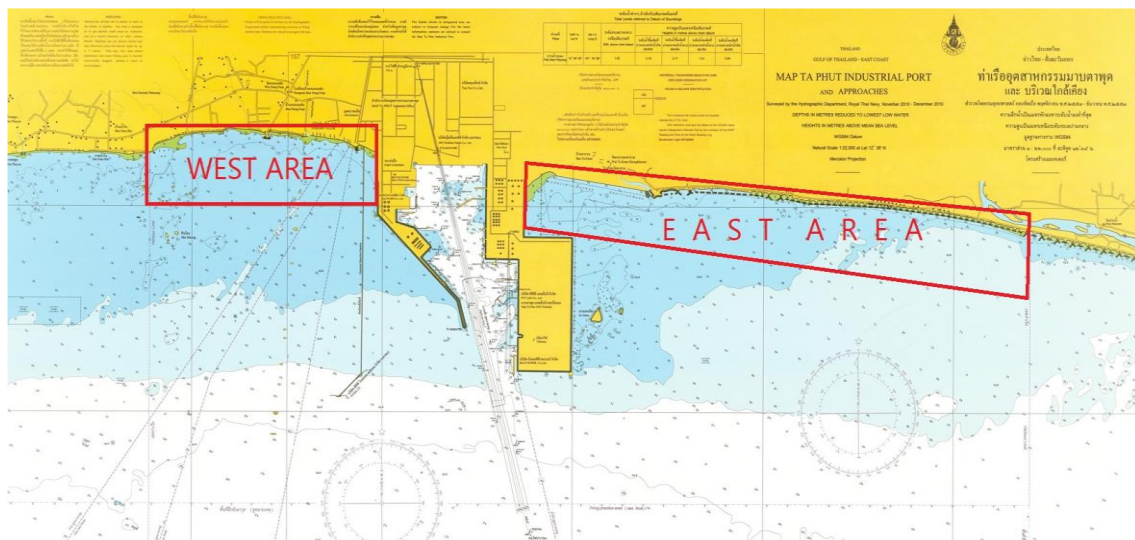
ดำเนินการสำรวจระดับความลาดชันของชายหาด เพื่อนำข้อมูลไปจัดทำลักษณะ BEACH PROFILE และเปรียบเทียบกับข้อมูลสำรวจเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการสำรวจตั้งแต่ชายฝั่งทะเลบริเวณแนวน้ำขึ้นสูงสุดลงไปในพื้นที่ในแนวเหนือ-ใต้ จนถึงระดับความลึกประมาณ -2 เมตร และต้องสำรวจข้อมูลระดับความลาดชันทุก ๆ ระยะทาง 5 เมตร ขอบเขตของพื้นที่ที่จะต้องทำการสำรวจคือพื้นที่ด้านตะวันออกและด้านตะวันตกของท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยมีขอบเขตของงานดังนี้

- **พื้นที่ด้านตะวันออก**

จุดเริ่มต้นโครงการตั้งแต่ชายฝั่งทะเลที่เป็นเขตติดต่อกับท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด (บริเวณปากคลองชากหมาก) ไปทางด้านตะวันออก ระยะทางตามแนวชายฝั่งทะเลประมาณ 7 กิโลเมตร จุดสิ้นสุดของโครงการอยู่ที่บริเวณหน้าโรงแรม พี.เอ็ม.วาย.

- **พื้นที่ด้านตะวันตก**

จุดเริ่มต้นโครงการตั้งแต่ชายฝั่งทะเลที่เป็นเขตติดต่อกับท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด (บริเวณสำนักงานการนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) ไปทางด้านตะวันตกระยะทางตามแนวชายฝั่งทะเลประมาณ 4 กิโลเมตร จุดสิ้นสุดของโครงการอยู่ที่บริเวณหาดน้ำริน



รูปที่ 4-22 ขอบเขตพื้นที่สำรวจสิ่งแวดล้อมชายฝั่งทะเล

■ ระบบพิกัดแผนที่

1. ระบบพิกัดทางราบ

ใช้ระบบพิกัดแผนที่ Universal Transverse Mercator Grid Zone 47 บนพื้นฐานของ World Geodetic System 1984 (WGS84) โดยมีค่าพารามิเตอร์ทางยี่ห้อดังนี้

Semi Major Axis(m) : 6378137.0000

Semi Minor Axis(m) : 6356752.3142

Flattening(1/f) : 298.2572

2. ระบบพิกัดทางตั้ง

อ้างอิงจากระดับจากค่าระดับทะเลปานกลาง (MEAN SEA LEVEL)

■ หมุดอ้างอิงทางแผนที่

ใช้หมุดหลักฐานแผนที่หมายเลข GPS816 และ MTP 816-2 ตั้งอยู่ในบริเวณท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง มีค่าพิกัดอ้างอิงในระบบ WGS84 ดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ค่าพิกัดอ้างอิงในระบบ WGS84

BENCH MARK	GRID NORTHING	GRID EASTING	ELEVATION (M.S.L.)
GPS 816	1,402,024.824	732,271.104	3.262
MTP 816-2	1,401,570.015	732,117.232	3.300



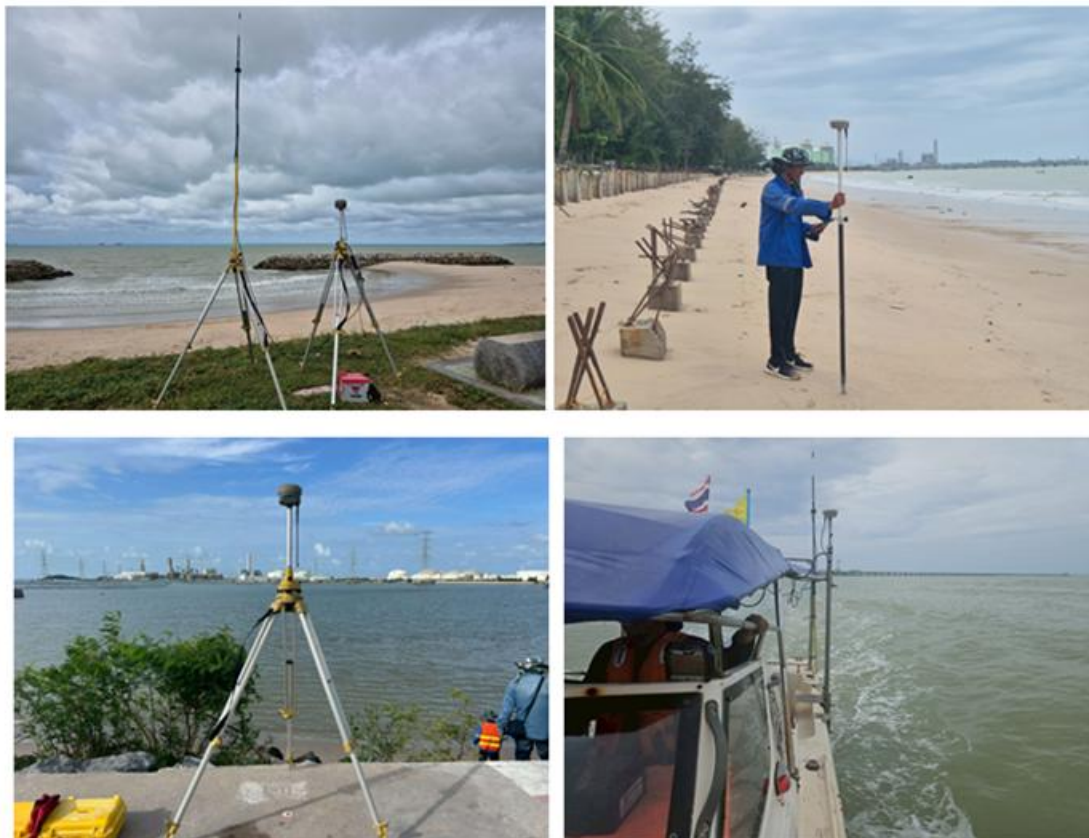
รูปที่ 4-23 หมุดอ้างอิงทางแผนที่ (GPS816 และ MTP816-2)

■ เครื่องมือสำรวจ

1. เครื่องหาตำแหน่งพิกัด (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM : GNSS)

เครื่องหาตำแหน่งพิกัดที่ใช้สำหรับหาตำแหน่งที่เรือหยั่งน้ำเป็นแบบสองความถี่ โดยรับสัญญาณดาวเทียม L1 และ L2 แสดงตำแหน่งพิกัดแบบทันทีทันใด สำหรับใช้กับระบบนำร่อง เพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องตามมาตรฐานของงานสำรวจทางน้ำ (INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION : IHO-S44) จึงใช้ระบบ RTK มาปรับแก้ค่าพิกัด โดยตั้ง GNSS RTK BASE STATION ที่หมดควบคุมโครงการ แล้วส่งค่าปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของดาวเทียมแต่ละดวงไปยัง GNSS (ROVER) ที่ติดตั้งบนเรือสำรวจผ่านทางระบบ WIRELESS DATA LINK ซึ่งสามารถแสดงค่าพิกัดได้ละเอียดถูกต้องถึงระดับเซนติเมตร โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินกว่า 0.1 เมตร

GNSS (Rover) ON BOARD เป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบสองความถี่ GNSS(Rover) ทำหน้าที่หาตำแหน่งที่เรือทุก ๆ 1 วินาที โดยรับค่าปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของสัญญาณดาวเทียมจาก GNSS BASE STATION และส่งค่าพิกัดตำแหน่งที่เรือไปยังคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นตัวควบคุมการสำรวจทั้งหมด



รูปที่ 4-24 เครื่องหาพิกัดระบบ GNSS ใช้สำหรับหาตำแหน่งพิกัดบนฝั่งและในเรือสำรวจ

2. เครื่องหยั่งน้ำ (ECHO SOUNDER)

ใช้เครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อนชนิดดิจิทัล (Digital Echo Sounder) KNUDSEN ใช้ความถี่เสียงในย่านความถี่ 210 KHz , 200 KHz , 40 KHz , 33 KHz สามารถปรับแต่งความถี่เป็นแบบ High Frequency หรือ Low Frequency ได้ตามความต้องการ หรือทำงานทั้งสองความถี่พร้อม ๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ Transducer มีสัญญาณ Output แบบ Digital สำหรับต่อพ่วงกับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์หาตำแหน่งที่เรืออื่น ๆ ได้ โดยผ่านทางสายเคเบิล RS-232 สามารถหยั่งน้ำได้ในลึกตั้งแต่ 0.5 เมตร ถึง 600 เมตร และสามารถปรับเปลี่ยนหน่วยจากเมตรเป็นฟุตหรือจากฟุตเป็นเมตรได้



รูปที่ 4-25 เครื่องหยั่งน้ำ SBES “KNUDSEN Chrip3212”

3. เครื่องวัดระดับน้ำชนิด Digital Tide Gauge

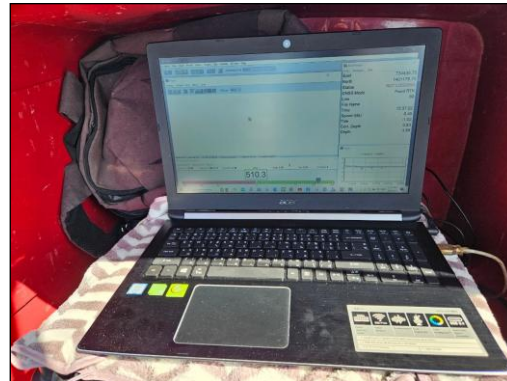
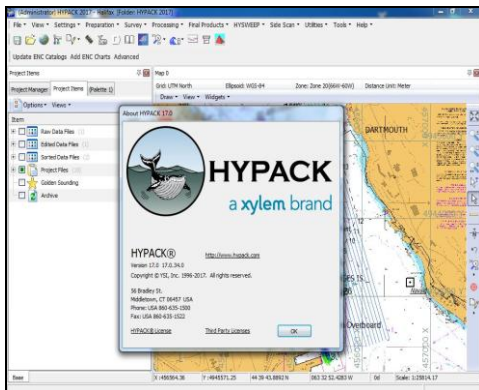
เป็นเครื่องวัดระดับน้ำแบบใช้ SENSOR แบบความกดของ HOBO ควบคุมการทำงานด้วย Software โดยส่งคำสั่งด้วยคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กผ่านสายเคเบิล RS232 สามารถบันทึกค่าระดับน้ำขึ้น-ลง ได้ในห้วงเวลาที่กำหนดตั้งแต่ทุก 1 นาที เป็นต้นไป มี Memory ในการบันทึกข้อมูลในตัว (Internal Memory) ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลต่อเนื่องกันได้ไม่น้อยกว่าหนึ่งสัปดาห์ Download ข้อมูลเป็น Text file



รูปที่ 4-26 เครื่องวัดระดับน้ำ HOBO

4. คอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำรวจ

โปรแกรมที่ใช้สำหรับควบคุมระบบงานสำรวจความลึกคือโปรแกรม HYPACK ติดตั้งบนคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการนำร่อง การจัดเก็บข้อมูลทั้งค่าพิกัดจาก GNSS และค่าระดับความลึกจากเครื่องหยั่งน้ำ โดยเชื่อมต่ออุปกรณ์ดังกล่าวผ่านสายเคเบิลแบบ SERIAL นอกจากนี้ยังใช้ในการประมวลผลข้อมูลระดับความลึกน้ำ จัดทำดิจิทัลเทอร์เรนโมเดล จัดทำคอนทัวร์ สร้างภาพพื้นท้องทะเลแบบสามมิติ คำนวณปริมาตร และเขียนแบบ



รูปที่ 4-27 คอมพิวเตอร์และโปรแกรม HYPACK

■ การปฏิบัติงาน

1. จัดทำหตุควบคุมโครงการ

จัดทำหตุควบคุมโครงการโดยใช้นอตแสดงนเลสฝงในคอนกริต เพื่อทำเป็นเครื่องหตุและดำเนินการรังวัดค่าพิกัดและค่าระดับทะเลปานกลางด้วยเครื่องรับดาวเทียม GNSS แบบ STATIC โดยใช้ระยะเวลาในการรังวัดแต่ละหตุประมาณ 2 ชั่วโมง อ้างอิงค่าพิกัดและค่าระดับจากหตุ GPS-816 ตั้งอยู่ภายในนิคมอุตสาหกรรมมาตาทุต การจัดทำหตุควบคุมโครงได้ดำเนินการดังนี้

ฝั่งตะวันออกของท่าเรืออุตสาหกรรมมาตาทุต ดำเนินการจัดทำหตุควบคุมโครงการ จำนวน 4 หตุ คำนวณค่าพิกัดแบบ Post Processing ด้วยโปรแกรม Geo office ซึ่งในโปรแกรมนี้มีการคำนวณค่าระดับทะเลปานกลาง (H) จากค่า Geoid-Spheroid Separation (n) โดยใช้ TGM2017 เป็น Geoid Model ในการคำนวณมีสูตรดังนี้

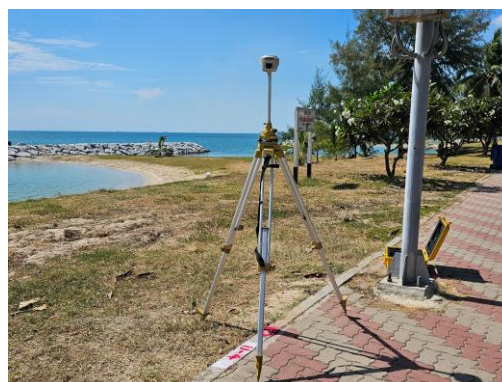
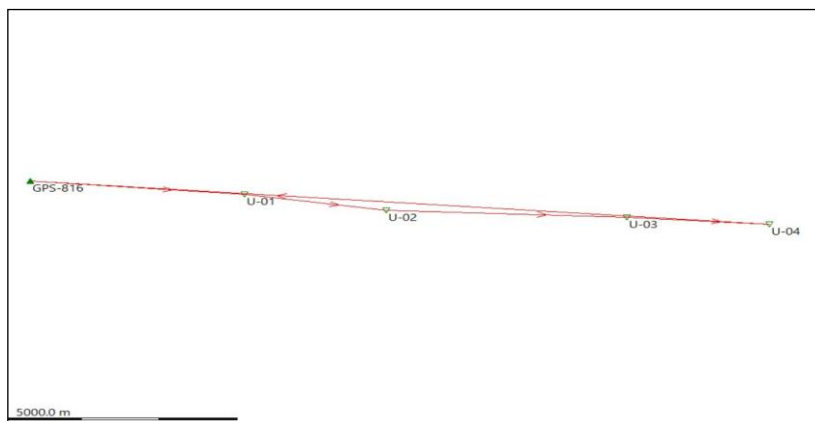
$$\text{Geoid -Spheroid Separation (N)} = h - H$$

เมื่อ h = height from spheroid
 H = M.S.L.

ผลการคำนวณ มีความคลาดเคลื่อน 0.5 ppm หรือ 1:1,953,643 ซึ่งถือว่าได้มาตรฐานสำหรับงานสำรวจ แสดงดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ผลการคำนวณค่าระดับทะเลปานกลาง (H) ฝั่งตะวันออกของท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด

Point Id	Point Class	Northing	Easting	M.S.L.	Posn. + Hgt. Qlty
GPS-816	Control	1402024.824	732271.104	3.262	0
U-01	Reference	1401801.705	735002.909	3.627	0.0001
U-02	Reference	1401536.702	736821.46	2.158	0.0002
U-03	Reference	1401427.158	739892.404	3.423	0.0002
U-04	Reference	1401309.954	741710.761	3.514	0.0002



รูปที่ 4-28 การรังวัดค่าพิกัดและค่าระดับด้วยเครื่องรับดาวเทียม GNSS-STATIC ฝั่งตะวันออก

ฝั่งตะวันตกของท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด ดำเนินการจัดทำหาค่าควบคุมโครงการ จำนวน 2 หมู่
คำนวณค่าพิกัดแบบ Post Processing ด้วยโปรแกรม Geo office ซึ่งในโปรแกรมนี้นี้มีการคำนวณค่าระดับทะเลปานกลาง
(H) จากค่า Geoid-Spheroid Separation (n) โดยใช้ TGM2017 เป็น Geoid Model ในการคำนวณสูตรดังนี้

$$\text{Geoid -Spheroid Separation (N)} = h - H$$

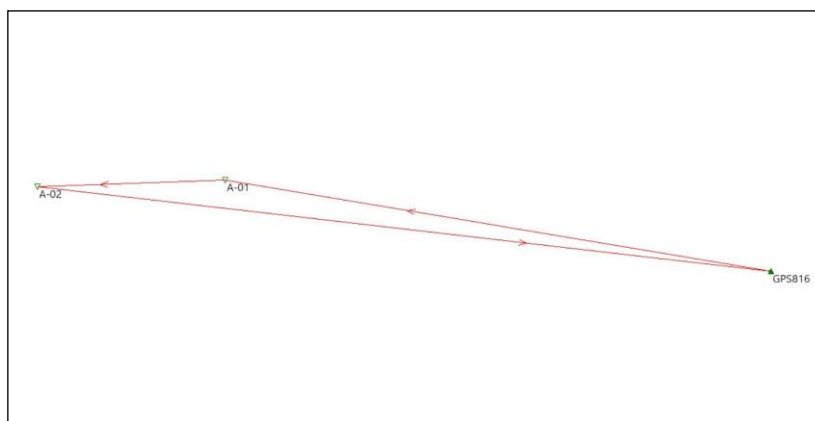
เมื่อ h = height from spheroid

H = M.S.L.

ผลการคำนวณ มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.5 ppm หรือ 1:1,983,589 ซึ่งถือว่าได้มาตรฐานสำหรับงานสำรวจ แสดงดัง
ตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ผลการคำนวณค่าระดับทะเลปานกลาง (H) ฝั่งตะวันตกของท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด

Point Id	Point Class	Northing	Easting	M.S.L.	Posn. + Hgt. Qlty
GPS816	Control	1402024.824	732271.104	3.262	0
A-01	Reference	1402557.328	729095.763	2.302	0.0003
A-02	Reference	1402517.300	728005.368	7.321	0.0000



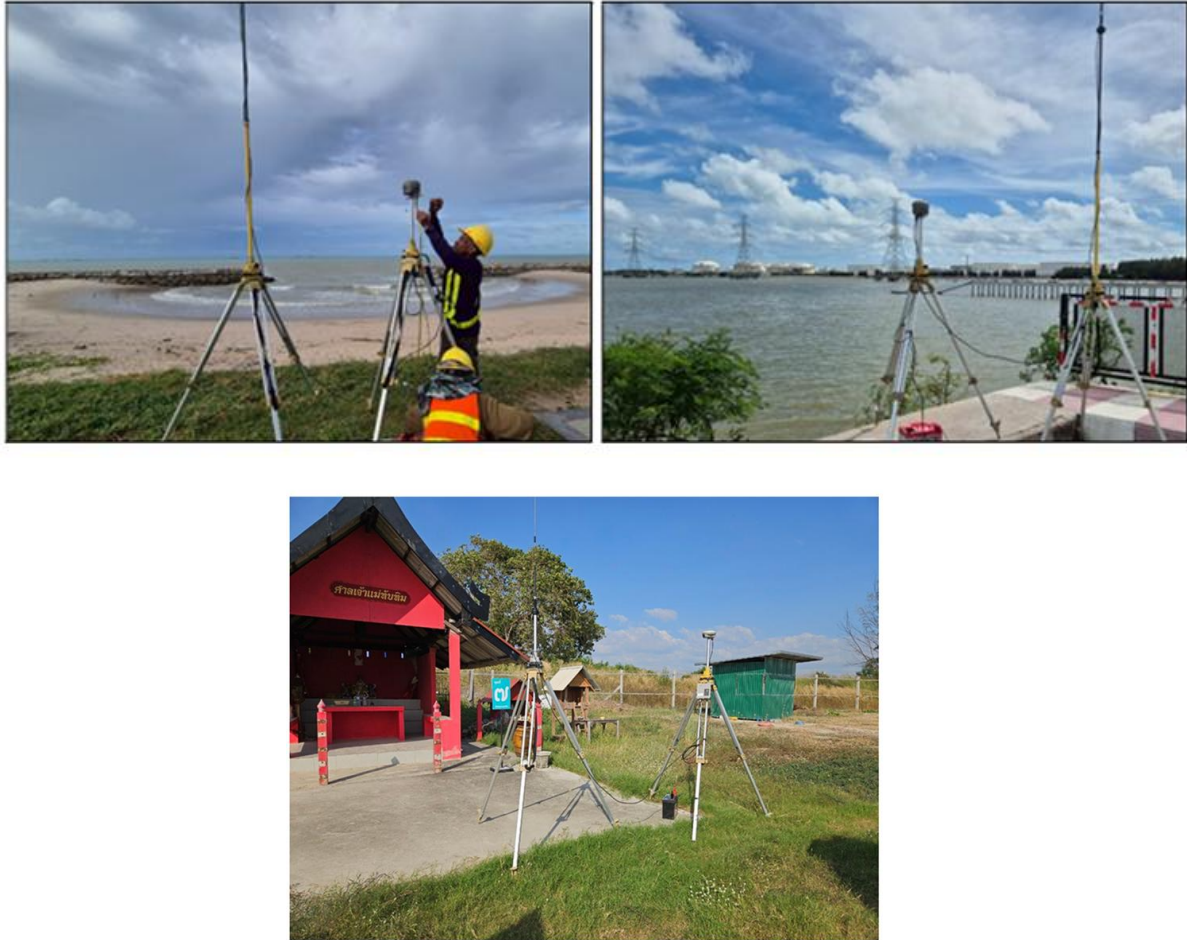
รูปที่ 4-29 การรังวัดค่าพิกัดและค่าระดับด้วยเครื่องรับดาวเทียม GNSS-STATIC ฝั่งตะวันตก



รูปที่ 4-29 (ต่อ) การรังวัดค่าพิกัดและค่าระดับด้วยเครื่องรับดาวเทียม GNSS-STATIC ฝั่งตะวันตก

2. ติดตั้งสถานี GNSS RTK BASE STATION

ใช้หมุดควบคุมโครงการในข้อ 1. เป็นจุดสำหรับการติดตั้ง GNSS BASE STATION สำหรับอ้างอิงในการสำรวจ ค่าระดับชายฝั่งด้วย GNSS RTK และสำรวจค่าระดับพื้นที่ท้องทะเล GNSS RTK BASE STATION ทำหน้าที่คอยเฝ้าติดตามตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนของดาวเทียม GNSS ด้วยการวัดระยะทางจากตัวดาวเทียมมายัง BASE STATION แล้วเปรียบเทียบกับระยะทางจริงที่คำนวณได้จากพิกัดที่ตั้งของ GNSS RTK BASE STATION กับดาวเทียม แล้วส่งค่าปรับแก้ให้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS (ROVER) ที่อยู่บนเรือสำรวจและ GNSS(ROVER) ที่ติดตั้งบนโพลสำหรับเดินเก็บค่าระดับชายฝั่งผ่านทางระบบ WIRELESS DATA LINK เพื่อให้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS (ROVER) นำไปปรับแก้ทำให้การคำนวณตำแหน่งพิกัดมีความละเอียดแม่นยำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของงานสำรวจ (ระดับ 10 เซนติเมตร)



รูปที่ 4-30 ตั้งสถานี GNSS RTK BASE STATION ที่หมดควบคุมโครงการ

3. การสอบเทียบค่าพิกัดของ GNSS

ก่อนที่จะเริ่มงานสำรวจได้นำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS (ROVER) ที่จะใช้เดินเก็บค่าระดับชายฝั่งและที่จะใช้ติดตั้งบนเรือสำรวจระดับพื้นที่ท้องน้ำ ไปตรวจสอบเทียบค่าพิกัดกับหมดควบคุมโครงการ โดยนำไปตั้งรับสัญญาณดาวเทียมที่หมดควบคุมโครงการ เมื่อเครื่อง GNSS รับสัญญาณดาวเทียมแล้วคำนวณค่าพิกัด จึงนำค่าพิกัดไปเปรียบเทียบกับค่าพิกัดของหมดที่ตั้ง ผลการสอบเทียบพบว่าการคำนวณด้วยระบบ RTK มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน ± 5 ซม.



รูปที่ 4-31 การสอบเทียบค่าพิกัดของ GNSS (ROVER)

4. สำรวจค่าระดับชายฝั่งทะเล

ใช้หมุดควบคุมโครงการที่ค้นพบเป็นจุดอ้างอิงสำรวจค่าระดับชายฝั่งทะเลด้วย GNSS แบบ RTK โดยการนำเครื่อง GNSS ไปตั้งเพื่อตรวจสอบค่าพิกัดกับหมุดควบคุมโครงการที่จัดทำไว้ ในการสำรวจตามแนวสำรวจในครั้งก่อน โดยการนำเข้าสู่ข้อมูลแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งแสดงแนวสำรวจทุกแนวไว้ในจอแสดงผลของระบบนำทางของ GNSS (Navigation System) ดำเนินการสำรวจในพื้นที่ฝั่งตะวันตกของท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด จำนวน 40 แนว และสำรวจในพื้นที่ด้านตะวันออก จำนวน 67 แนว แต่ละแนวห่างกันประมาณ 100-150 เมตร เริ่มสำรวจจากแนวชายฝั่งลงไปทะเลในตามเส้นทางที่กำหนดในแผนที่ ระยะทางระหว่างจุดสำรวจแต่ละจุดห่างกันประมาณ 5 เมตร



รูปที่ 4-32 สำรวจค่าระดับชายฝั่งด้วย GNSS แบบ RTK

5. สำรวจค่าระดับพื้นที่ท้องทะเล

พื้นที่ที่มีความลึกน้ำตั้งแต่ระดับ -1.5 ม.รทก. เป็นต้นไป จะทำการสำรวจค่าระดับพื้นที่ท้องทะเลด้วยวิธี Echo Sounding โดยใช้เรือยนต์เป็นพาหนะ และใช้ระบบนำร่องเช่นเดียวกับการสำรวจบนฝั่ง จำนวน 110 แนว (แนวเดียวกันกับแนวบนฝั่ง)

ติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์สำรวจได้แก่ เครื่องวัดระดับน้ำ Digital Tide Gauge, ระบบหาตำแหน่งพิกัด GNSS, เครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อน (Single Beam Echo Sounder) และคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมระบบการสำรวจและบันทึกข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำ AUTOMATIC TIDE GAUGE

ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำ AUTOMATIC TIDE GAUGE บริเวณท่าเทียบเรือของสถานีวัดระดับน้ำสำนักงานท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด กำหนดให้เครื่องวัดระดับน้ำบันทึกข้อมูลระดับน้ำขึ้น-ลง ทุก ๆ 10 นาทีต่อเนื่องกันตลอดระยะเวลาที่สำรวจ (รายละเอียดข้อมูลระดับน้ำขึ้น-ลง แสดงดังภาคผนวก ค-7)



รูปที่ 4-33 ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำ DIGITAL TIDE GAUGE

5.2 การหยั่งน้ำ (SOUNDING)

ทำการสำรวจด้วยการหยั่งน้ำ (SOUNDING) โดยใช้เครื่องหยั่งน้ำ (ECHO SOUNDER) หาค่าระดับของพื้นท้องน้ำและหาตำแหน่งพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมระบบ GNSS (Global Navigation Satellite System) บันทึกข้อมูลทั้งค่าระดับพื้นท้องน้ำและค่าพิกัดด้วยระบบคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ ซึ่งใช้ HYDROGRAPHIC SURVEY SOFTWARE (HYPACK) เป็นโปรแกรมควบคุมระบบปฏิบัติการที่เรียกว่าระบบ AUTOMATION SOUNDING SYSTEM โดยนับเวลาในการบันทึกข้อมูลการหยั่งน้ำด้วยระบบปฏิบัติการระบบนี้จะให้ค่าความถูกต้องของค่าระดับความลึกพื้นท้องทะเลและค่าตำแหน่งพิกัดถูกต้องตรงตามความเป็นจริงมากที่สุดเนื่องจากการควบคุมระบบด้วย HYPACK SOFTWARE จะบันทึกข้อมูลระดับพื้นท้องน้ำจากเครื่อง ECHO SOUNDER และบันทึกข้อมูลค่าพิกัดจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS โดยเวลา เครื่อง ECHO SOUNDER และเครื่อง GNSS จะส่งข้อมูลเข้าระบบปฏิบัติการโดยผ่านทางเคเบิลทุก ๆ 1 วินาที ดังนั้น ณ เวลาใด ๆ ข้อมูลค่าระดับพื้นท้องน้ำและค่าตำแหน่งพิกัดจะอยู่ ณ ตำแหน่งที่ตรงกันเสมอ

การค่าหาระดับพื้นท้องน้ำ อาศัยหลักการสะท้อนของคลื่นเสียงด้วยการปล่อยคลื่นเสียงออกจากแหล่งกำเนิดผ่านตัวกลาง (น้ำ) ไปยังพื้นท้องน้ำแล้วสะท้อนกลับมายังแหล่งกำเนิดเสียง คำนวณหาระยะทางจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังพื้นท้องน้ำด้วยการจับเวลาที่เริ่มจากการปล่อยคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดจนถึงเวลาที่คลื่นเสียงสะท้อนกลับมายังแหล่งกำเนิดคูณด้วยความเร็วในการเดินทางของเสียงแล้วหารด้วยสอง โดยมีสมการดังนี้

$$\text{สูตร } d = (v \times t) / 2$$

เมื่อ d = ความลึกพื้นที่ท้องน้ำ

V = ความเร็วในการเดินทางของเสียง

T = เวลาที่ใช้ในการเดินทางของเสียง



รูปที่ 4-34 การสำรวจระดับความลึกพื้นที่ท้องทะเลด้วยระบบ AUTOMATION

การสำรวจระดับพื้นท้องน้ำด้วยระบบ Automation Sounding System มีขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์บนเรือสำรวจ รวมทั้งขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

5.2.1 ติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์

ติดตั้ง Transducer (เป็นอุปกรณ์รับ-ส่ง สัญญาณเสียงใต้น้ำของเครื่อง Echo Sounder) ไว้ที่ท้ายเรือ(ตำแหน่งเดียวกันกับเสาอากาศ GNSS) โดยให้ Transducer จมลึกลงไปใต้น้ำ 0.50 เมตร เชื่อมต่อรับส่งข้อมูลเข้ากับตัวเครื่อง Echo Sounder และเชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลระหว่างตัว ECHO SOUNDER เข้ากับคอมพิวเตอร์

ติดตั้งเสาอากาศเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS บริเวณท้ายเรือ ซึ่งตรงกับตำแหน่งที่ติดตั้ง Transducer ของเครื่อง Echo Sounder (การติดตั้งเสาอากาศ GNSS ให้ตรงกับตำแหน่ง Transducer จะทำให้ค่าพิกัดที่อ่านจาก GNSS ตรงกับตำแหน่งค่าระดับพื้นท้องน้ำที่อ่านจาก Echo Sounder) เชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS เข้ากับคอมพิวเตอร์ที่รันโปรแกรม HYPACK ผ่านทางระบบ WIRELESS DATA LINK



รูปที่ 4-35 ติดตั้งเสาอากาศ GNSS บริเวณท้ายเรือตำแหน่งเดียวกับหัวส่งเครื่องหยั่งน้ำ

ติดตั้งคอมพิวเตอร์ไว้บริเวณกลางลำเรือ เพื่อแสดงข้อมูลระบบนำร่องให้ผู้ควบคุมเรือสามารถบังคับเรือให้แล่นในแนวสำรวจ ต่อพ่วง GNSS และ Echo Sounder เข้ากับคอมพิวเตอร์แล้วทดสอบการทำงานโดย Run I/O Test



รูปที่ 4-36 ตั้งคอมพิวเตอร์ไว้บริเวณกลางลำเรือ

5.2.2 ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องหยั่งน้ำ (Echo sounder Calibration)

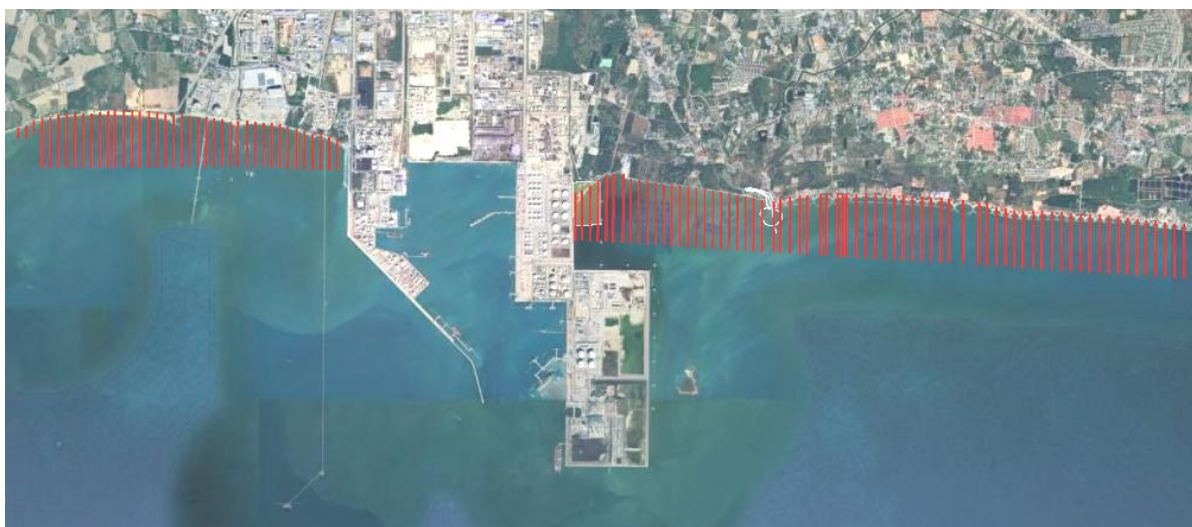
ทำการตรวจสอบความถูกต้องค่าความลึกที่อ่านได้จากเครื่องหยั่งน้ำด้วยการทำ Bar Check คือการนำเอาแผ่นโลหะ (Bar) ที่สะท้อนสัญญาณคลื่นเสียงซึ่งผูกด้วยลวดสลิงมีเครื่องหมายบอกระยะทุก ๆ 1 เมตร หย่อนลงไปใต้น้ำให้แนวดิ่งตรงกับแนวดิ่งที่ติดตั้ง Transducer ของเครื่องหยั่งน้ำ แผ่นโลหะจะสะท้อนสัญญาณเสียงที่ส่งออกไปทาง Transducer เครื่องหยั่งน้ำจะอ่านค่าความลึกของแผ่นโลหะ ซึ่งจะต้องตรงกับค่าความลึกของระยะที่ลวดสลิง หากเครื่องหยั่งน้ำอ่านค่าความลึกของแผ่นโลหะไม่ตรง ให้ปรับแต่งเครื่องหยั่งน้ำให้อ่านค่าความลึกให้ตรงกับระยะที่ลวดสลิง ทำการทดสอบทุก ๆ ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4-37 ตรวจสอบค่าความลึกด้วยการทำบาร์เช็ด

5.2.3 สำรวจระดับพื้นท้องน้ำและบันทึกข้อมูล (Sounding & Recording Data)

กำหนดแนวที่จะทำการสำรวจในคอมพิวเตอร์ ด้วยการป้อนค่าพิกัดจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของแต่ละแนวตามหมุดหลักฐานอ้างอิงตามแนวชายฝั่งทะเลที่สร้างไว้ โดยใช้โปรแกรมสำรวจ HYPACK แนวสำรวจอยู่ในทิศทางเหนือ-ใต้ มีระยะห่างระหว่างแนวประมาณ 100 เมตร ความยาวของแนวสำรวจออกไปในทะเลประมาณ 500 เมตร



รูปที่ 4-38 แนวสำรวจระดับพื้นท้องน้ำ

ทำการสำรวจและบันทึกข้อมูลระดับพื้นท้องน้ำพร้อมกับพิกัดตำแหน่งที่เรือ โดยการควบคุมเรือสำรวจให้แล่นในแนวที่กำหนดไว้ โปรแกรมสำรวจทางอุทกศาสตร์ (HYPACK) จะรับข้อมูลค่าพิกัดเรือสำรวจจากเครื่อง GNSS ผ่านการเชื่อมต่อแบบ WIRELESS DATA LINK แล้วนำข้อมูลมาประมวลผลโดยใช้ระบบนำร่องของโปรแกรมเป็นระบบแสดงตำแหน่งเรือทุก ๆ 1 วินาที โดยระบบนำร่องจะบอกให้ผู้ควบคุมเรือทราบถึงตำแหน่งที่เรือ ณ เวลานั้น และให้ข้อมูลแนะนำผู้ควบคุมเรือว่าจะต้องปฏิบัติอย่างไร เรือจึงจะอยู่ในเส้นทางที่กำหนด ทำให้ผู้ควบคุมเรือสามารถบังคับเรือให้อยู่ในแนวสำรวจที่กำหนดไว้ได้ตลอดเวลา



รูปที่ 4-39 สำรวจและบันทึกข้อมูลระดับพื้นท้องน้ำ

ข้อมูลสำรวจที่บันทึกประกอบด้วยเวลา ตำบลที่เรือ และความลึกของน้ำ คอมพิวเตอร์จะสร้าง Data Files (RAW DATA) สำหรับบันทึกข้อมูลเหล่านั้น โดยแยกการบันทึกในแต่ละแนวสำรวจ ในแต่ละแนวสำรวจจะมีข้อมูลต่อเนื่องตลอดแนวที่ทำการสำรวจ การบันทึกข้อมูลผู้ควบคุมเรือสำรวจอาจกำหนดให้โปรแกรมเริ่ม/หยุดการบันทึกโดยอัตโนมัติ(Automatic Start/end) หรือเริ่ม/หยุดด้วยคำสั่งของผู้ควบคุมเรือสำรวจก็ได้ (Manual Start/End)

5.2.4 การตรวจสอบข้อมูล (DATA PROCESSING)

นำข้อมูลที่บันทึกใน DATA FILE (RAW DATA) มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยโปรแกรมการสำรวจ HYPACK โดยใช้ EDIT FUNCTION เรียกดูข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในแต่ละแนวสำรวจมาพิสูจน์ (Verify) ว่ามีข้อมูลแปลกปลอมที่ไม่ใช่ข้อมูลที่แท้จริงจากการสำรวจหรือไม่ เช่นข้อมูลความลึกที่ลึกหรือตื้นผิดปกติ (SPIKE) ซึ่งจะถูกต้องทิ้งไป

5.2.5 การหักลบเลขน้ำ (DATA CORRECTION)

นำข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาหักลบระดับพื้นท้องน้ำค่าระดับน้ำขึ้น-ลง ซึ่งถูกบันทึกไว้ในเครื่องวัดระดับน้ำแบบดิจิทัลของแต่ละวัน โดยอ้างอิงค่าความลึกจากระดับทะเลปานกลาง โดยการป้อนข้อมูลค่าระดับน้ำขึ้น-ลง ตามวันเวลา คอมพิวเตอร์จะดำเนินการหักลบค่าความลึกน้ำโดยอัตโนมัติ

5.2.6 การสร้างเส้นชั้นความลึกเท่า (CONTOUR LINE)

ใช้ข้อมูลที่ได้ทำการหักลบระดับน้ำขึ้น-ลง แล้ว ไปสร้างเส้นความลึกเท่า (CONTOUR) โดยกำหนดให้สร้างเส้น CONTOUR ทุก ๆ 1.0 เมตร ด้วยคอมพิวเตอร์

5.2.7 การคัดเลือกข้อมูลเลขน้ำลงในแผนที่

นำข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนการหาค่าระดับน้ำขึ้น-ลงแล้ว ไปคัดเลือกเพื่อพล็อตลงในแผนที่ เนื่องจากคอมพิวเตอร์ได้บันทึกข้อมูลไว้เป็นจำนวนมาก หากพล็อตข้อมูลทั้งหมดจะทำให้ตัวเลขความลึกของน้ำทับกันจนไม่สามารถอ่านได้ จึงต้องมีการคัดเลือกข้อมูลเพียงบางส่วนมาพล็อตในแผนที่ สำหรับมาตราส่วน 1 : 15,000 กำหนดให้พล็อตข้อมูลความลึกน้ำแต่ละจุดห่างกันประมาณ 50 เมตร ส่วนข้อมูลที้นำไปใช้สร้างแนว CROSS SECTION ของแต่ละแนวนั้น แต่ละจุดห่างกันประมาณ 5 เมตร

6. รวบรวมข้อมูล

นำข้อมูลทั้งส่วนที่สำรวจวิธี Echo Sounding และสำรวจด้วยวิธี Poling ของแต่ละแนวมารวมกัน แล้วพล็อตกราฟรูปตัดขวางแสดงลักษณะความลาดชันของหาด ในพื้นที่ด้านตะวันออก จำนวน 67 รูปตัด และด้านตะวันตก จำนวน 40 รูปตัด

4.6 ผลการเคลื่อนที่ของมวลทราย (Drifting of sand)

ผลการเคลื่อนย้ายตะกอนทรายพื้นที่ด้านทิศตะวันออกแสดงดังนี้

- 1) พื้นที่ส่วนที่หนึ่ง เริ่มตั้งแต่ Section E1-E4 (บริเวณปากคลองชักหมาก) จำนวนพื้นที่ที่นำมาคำนวณ 119,569 ตารางเมตร มีตะกอนทับถม จำนวน 8,648 ลูกบาศก์เมตร และมีการสูญเสียตะกอน จำนวน 4,227 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น จำนวน +4,421 ลูกบาศก์เมตร
- 2) พื้นที่ส่วนที่สอง เริ่มตั้งแต่ Section E4-E7 จำนวนพื้นที่ที่นำมาคำนวณ 159,961 ตารางเมตร มีตะกอนทับถม จำนวน 13,381 ลูกบาศก์เมตร และมีการสูญเสียตะกอน จำนวน 2,272 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น จำนวน +11,109 ลูกบาศก์เมตร
- 3) พื้นที่ส่วนที่สาม เริ่มตั้งแต่ Section E7-E24 (บริเวณหาดทรายทองถึงปากคลองตากวน) จำนวนพื้นที่ 608,244 ตารางเมตร มีตะกอนทับถม จำนวน 59,067 ลูกบาศก์เมตร และมีการมีการสูญเสียจำนวน 4,154 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น จำนวน +54,913 ลูกบาศก์เมตร
- 4) พื้นที่ส่วนที่สี่ เริ่มตั้งแต่ Section E24-E45 (บริเวณปากคลองตากวนถึงหาดสุชาดา) จำนวนพื้นที่ 1,380,799 ตารางเมตร มีตะกอนทับถม จำนวน 71,684 ลูกบาศก์เมตร และมีการสูญเสียจำนวน 71,509 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น จำนวน +175 ลูกบาศก์เมตร
- 5) พื้นที่ส่วนที่ห้า เริ่มตั้งแต่ Section E45-E70 (บริเวณหาดสุชาดาถึงหน้าโรงแรมพีเอ็มวอย) จำนวนพื้นที่ 1,775,653 ตารางเมตร มีตะกอนทับถม จำนวน 71,562 ลูกบาศก์เมตร และมีการสูญเสียจำนวน 123,821 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนลดลงจำนวน -52,259 ลูกบาศก์เมตร

ผลการเคลื่อนย้ายตะกอนทรายพื้นที่ด้านทิศตะวันตกแสดงดังนี้

- 1) พื้นที่ส่วนที่หนึ่ง เริ่มตั้งแต่ W1-W12 จำนวนพื้นที่ที่นำมาคำนวณ 534,143 ตารางเมตร มีตะกอนทับถมจำนวน 25,615 ลูกบาศก์เมตร และมีการสูญเสียตะกอน จำนวน 53,177 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนลดลง -27,562 ลูกบาศก์เมตร
- 2) พื้นที่ส่วนที่สอง เริ่มตั้งแต่ W12-W20 จำนวนพื้นที่ที่นำมาคำนวณ 458,188 ตารางเมตร มีตะกอนทับถมจำนวน 27,350 ลูกบาศก์เมตร และมีการสูญเสียตะกอน จำนวน 51,507 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนลดลง -24,157 ลูกบาศก์เมตร
- 3) พื้นที่ส่วนที่สาม เริ่มตั้งแต่ W20-W29 จำนวนพื้นที่ที่นำมาคำนวณ 580,361 ตารางเมตร มีตะกอนทับถมจำนวน 16,744 ลูกบาศก์เมตร และมีการสูญเสียตะกอน จำนวน 75,367 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนลดลง -58,623 ลูกบาศก์เมตร
- 4) พื้นที่ส่วนที่สี่ เริ่มตั้งแต่ W29-W40 จำนวนพื้นที่ที่นำมาคำนวณ 543,038 ตารางเมตร มีตะกอนทับถมจำนวน 41,730 ลูกบาศก์เมตร และมีการสูญเสียตะกอน จำนวน 27,183 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนลดลง -14,547 ลูกบาศก์เมตร

สรุปผลการคำนวณอัตราการเคลื่อนย้ายมวลทรายระหว่างเดือนมิถุนายน 2568 พบว่าพื้นที่ด้านทิศตะวันออกของท่าเรือมาบตาพุดตั้งแต่ปากคลองซากหมาก (เขตติดต่อกับพื้นที่ท่าเรือ) จนถึงโรงแรม พี.เอ็ม.วาย ระยะทางตามแนวชายฝั่งประมาณ 7 กิโลเมตร จำนวนพื้นที่ที่นำมาศึกษา รวม 4,044,226 ตารางเมตร มีตะกอนทับถมจำนวน 224,342 ลูกบาศก์เมตร และมีการสูญเสียตะกอนจำนวน 205,983 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนโดยรวมเพิ่มขึ้นจำนวน +18,359 ลูกบาศก์เมตร ส่วนพื้นที่ด้านทิศตะวันตกของท่าเรือมาบตาพุดตั้งแต่เขตติดต่อกับเขตท่าเรือด้านทิศตะวันตกไปทางด้านตะวันตกจนถึงหาดน้ำรินระยะทางตามแนวชายฝั่งประมาณ 4 กิโลเมตร จำนวนพื้นที่ที่นำมาศึกษา รวม 2,115,730 ตารางเมตร มีตะกอนทับถมจำนวน 111,439 ลูกบาศก์เมตร และมีการสูญเสียตะกอนจำนวน 207,234 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีปริมาณตะกอนโดยรวมลดลงจำนวน -95,795 ลูกบาศก์เมตร

4.7 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

1) สาเหตุการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

อ่าวระยองก่อนการก่อสร้างท่าเรือมาบตาพุดเกิดจากการกระทำของคลื่นจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือน พฤษภาคม ถึงเดือนกันยายน ทำให้มีลักษณะเป็นอ่าวเสี้ยววงพระจันทร์ระหว่างโขดหินของหมู่เกาะนอกอ่าวสัทธิบาททางด้านทิศตะวันตก และโขดหินเขาแหลมหญ้านอกอ่าวบ้านเพทางด้านทิศตะวันออก โดยคลื่นที่สำคัญเป็นคลื่นมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะพามวลทรายเคลื่อนตัวจากทิศตะวันตกไปทิศทางตะวันออก ลักษณะการเคลื่อนตัวของมวลทรายในอ่าวระยอง เป็นอิทธิพลจากคลื่นลมทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติ จากผลการศึกษา โดยการรวบรวมข้อมูลจากรายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหามลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการทำเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด พบว่า สภาพคลื่นลมที่กระทบชายหาดเป็นเส้นตรง เชื่อมต่อระหว่างโขดหินสองกอง เกิดจากปรากฏการณ์ที่เรียกว่า

อ่าวเสี้ยววงพระจันทร์ อ่าวด้านตะวันตกมีลักษณะเป็นส่วนโค้ง เกิดจากอิทธิพลของคลื่นจากทิศตะวันตกเฉียงใต้หักเห รอบหมู่เกาะนอกอ่าวลัดทึบ ส่วนปลายอ่าว ทางด้านตะวันออกเป็นเส้นตรง ตั้งฉากกับคลื่นจากทิศตะวันตกเฉียงใต้

จากการทบทวนรายงานปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการทำเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด ปี พ.ศ. 2566 จากรายงานดังกล่าวฯ ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อมีการสร้างท่าเรือมาบตาพุดในระยะที่ 1 จากเดือนตุลาคม พ.ศ. 2532 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2535 โครงสร้างท่าเรือจก้นมวลทรายที่เคลื่อนตัวไปตามชายฝั่งจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออกเป็นผลให้ ชายฝั่งนอกทางตะวันตกของท่าเรือและชายฝั่งถูกกัดเซาะทางด้านตะวันออกของท่าเรือตั้ง และเมื่อมีการขยายท่าเรือไปทางตะวันออกในระยะที่ 2 ชายฝั่งถูกกัดเซาะทางด้านตะวันออกของท่าเรือเลื่อนไปตามแนวทางตะวันออกอีกประมาณ 1,500 เมตร โดยมีขนาดของการกัดเซาะเท่าเดิม ผลการศึกษาพบว่าชายหาดที่ไกลกว่า 8,000 เมตรจากท่าเรือปัจจุบันไม่ถูกผลกระทบของการสร้างท่าเรือ แต่ยังคงได้รับอิทธิพลของคลื่นเหมือนก่อนการสร้างท่าเรือ แต่ยังคงได้รับอิทธิพลของคลื่นเหมือนก่อนการก่อสร้างท่าเรือ

จากภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2533 และวันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2536 ระหว่างการก่อสร้างท่าเรือ แสดงให้เห็นว่าเกาะสะเก็ดซึ่งอยู่ทางตะวันออกของท่าเรือสามารถช่วยยึดแนวชายหาดทางด้านตะวันออกไว้เป็นแนวเส้นตรง เมื่อพ้นอิทธิพลของเกาะสะเก็ดแล้ว ชายฝั่งทางตะวันออกจะถูกกัดเซาะมากขึ้น เว้าเข้าไปในแผ่นดิน อิทธิพลของกองหินบ่อฝั่งหรือเกาะนอกฝั่งในการพอกพูนทรายด้านหลังกองหินหรือเกาะ คลื่นที่วิ่งผ่านกองหินนอกฝั่งหรือเกาะแล้วจะหักเข้าทางด้านหลังของเกาะทำให้ทรายมาทับถมบริเวณนี้เกิดการงอกของชายฝั่ง ลักษณะอิทธิพลของเกาะใกล้ชายฝั่งแบบนี้เป็นเช่นเดียวกันกับอิทธิพลของเกาะสะเก็ดที่ช่วยป้องกันแนวชายฝั่งทางด้านฝั่งตะวันออกของเกาะ

สำหรับการศึกษาได้ศึกษาเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากโครงการทำเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุดสามารถแบ่งได้เป็นกรณีมีโครงการท่าเรือมาบตาพุดในระยะที่ 3 (โดยข้อมูลการสำรวจเป็นช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2568) ชายฝั่งทางด้านทิศตะวันตกของโครงการท่าเรือฯ ส่วนมากเป็นพื้นที่ที่มีการกัดเซาะสลับกับทับถม และชายฝั่งทางด้านทิศตะวันออกของโครงการท่าเรือฯ โดยรวมเป็นพื้นที่ที่มีการทับถมบริเวณติดกับพื้นที่ท่าเรือ และมีส่วนที่เกิดการกัดเซาะ โดยจะสามารถสรุปสาเหตุการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเป็น ชายฝั่งทางด้านทิศตะวันออกของท่าเรือเป็นการปรับตัวของชายฝั่งใหม่ เกิดการสะสมของทราย มีการทับถมบริเวณที่อยู่ติดกับท่าเรือ โดยคลื่นที่หักเหจากปลายโขดหินนำทรายมาบริเวณนี้ (Shadow Zone) และช่วงปลายของอ่าวยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก เนื่องจากโครงสร้างป้องกันชายฝั่งที่มีในพื้นที่ศึกษา และชายฝั่งทางทิศตะวันตกเป็นการปรับตัวของชายฝั่งใหม่ ส่วนใหญ่พื้นที่บริเวณนี้ ทรายเคลื่อนที่ออกจากฝั่งจึงส่งผลให้บริเวณนี้เกิดการกัดเซาะสลับกับทับถม

2) การดำเนินการติดตามและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

ในการติดตามและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งบริเวณท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด มีการดำเนินการต่าง ๆ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- จากการทบทวนรายงานปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด ปี พ.ศ. 2566 จากรายงานดังกล่าวฯ ได้มีการสำรวจสันฐานชายฝั่งบริเวณท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยการสำรวจระดับชายหาดทั้งบนบกและใต้น้ำ 2 ครั้ง โดยสำรวจออกไปจากแนวชายฝั่งจนถึงระดับความลึก 2.0 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ระยะสำรวจครอบคลุมแนวชายหาด 4 กิโลเมตรทางตะวันตกของท่าเรือ และ 7 กิโลเมตรทางตะวันออกของท่าเรือ โดยทำการสำรวจในเดือนพฤษภาคม และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 ช่วงเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2567 และช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2568

- การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยการใช้ข้อมูลสำรวจสองครั้งมาคำนวณการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง และสรุปการเปลี่ยนแปลงสภาพชายฝั่งอันเนื่องมาจากอิทธิพลของท่าเรือฯ และใช้ข้อมูลทั้งสองครั้งร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคต เพื่อประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นและหาแนวทางบรรเทาปัญหาไว้ล่วงหน้า

3) การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง จะทำให้สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคตได้ และทำให้ประเมินสถานการณ์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ล่วงหน้า พร้อมทั้งหาแนวทางบรรเทาปัญหาได้ล่วงหน้าก่อนเหตุการณ์จริง

ในการศึกษานี้ ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ LITPACK ที่พัฒนาขึ้นโดยสถาบันชลศาสตร์เดนมาร์ก (Danish Hydraulic Institute) เพื่อจุดประสงค์ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของตะกอนทรายชายฝั่งเนื่องจากการกระทำของคลื่นและกระแสน้ำ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งในระยะยาว แบบจำลองชุดนี้ใช้หลักการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของคลื่นที่เข้าสู่ฝั่งด้วยสมการอย่างง่าย ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์การยกตัวของคลื่น เนื่องจากการเคลื่อนที่เข้าสู่ที่ตื้น (Wave Shallowing) การหักเหของคลื่น (Wave Refraction) ส่วนการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านสิ่งกีดขวาง เช่น กองหินนอกฝั่ง จะแยกการคำนวณต่างหาก จากนั้นจะนำผลการคำนวณคลื่นที่ได้มาคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่ง และใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง เนื่องจากแบบจำลองนี้ใช้วิธีการคำนวณคลื่นด้วยสมการพื้นฐานซึ่งใช้เวลาในการคำนวณน้อย ดังนั้น แบบจำลองนี้จึงสามารถนำมาใช้คำนวณการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในระยะยาวได้ จากที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นว่า แบบจำลอง LITPACK มีคุณสมบัติและความสามารถในการคำนวณใกล้เคียงกับแบบจำลอง GENESIS แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากแบบจำลอง LITPACK ได้เพิ่มให้มีการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของคลื่นผ่านหน้าตัดชายฝั่งได้มากกว่าหนึ่งหน้าตัด ซึ่งเรียกได้ว่า เป็นแบบจำลองกึ่งสองมิติ จึงทำให้แบบจำลอง LITPACK สามารถนำมาวิเคราะห์ในบริเวณที่มีหน้าตัดตามขวางชายฝั่งที่ไม่สม่ำเสมอได้เร็วกว่าเมื่อเทียบกับการใช้แบบจำลอง GENESIS ร่วมกับแบบจำลองคลื่นเข้าสู่ฝั่งแบบสองมิติ

4) ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในแบบจำลอง LITPACK

เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแนวชายหาด ประกอบด้วย

- ตำแหน่งแนวชายฝั่งเริ่มต้น
- ข้อมูลคลื่น
- ข้อมูลหน้าตัดตามขวางแนวชายฝั่งที่ระยะต่าง ๆ ที่ถือเป็นตัวแทนของบริเวณใกล้เคียง
- ข้อมูลตะกอนทรายในพื้นที่ ซึ่งข้อมูลที่สำคัญคือ ขนาดตะกอนทรายเฉลี่ย (D50)
- ข้อมูลสิ่งก่อสร้างในพื้นที่ซึ่งจะประกอบไปด้วย ตำแหน่ง ความทึบของโครงสร้าง

5) การใช้แบบจำลอง

ในการศึกษานี้ได้เตรียมข้อมูลแนวชายฝั่งที่สำรวจในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2564 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 มาใช้เป็นแนวชายฝั่งเริ่มต้นสำหรับช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 และมิถุนายน พ.ศ. 2568 เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง และใช้แนวชายฝั่งจากการสำรวจในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2568 ในการสอบทานแบบจำลองที่ปรับเทียบไว้ ข้อมูลคลื่นที่ใช้ได้จากการวิเคราะห์คลื่นลมและการรวบรวมจากหุ่นสมุทรศาสตร์จังหวัดระยอง ส่วนข้อมูลหน้าตัดตามขวางปี พ.ศ. 2564 - 2565 และพิกัดแสดงดังรูปที่ 4-40 ถึงรูปที่ 4-42 และลักษณะเป็นตัวแทนของแต่ละพื้นที่ของปี พ.ศ. 2567 - 2568 และพิกัดแสดงดังรูปที่ 4-43 ถึงรูปที่ 4-45

เมื่อนำข้อมูลแนวชายฝั่งระหว่างปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2548 ดังกล่าวข้างต้น ประกอบกับข้อมูลสิ่งก่อสร้างก้างคลื่น และขวางแนวการเคลื่อนที่ของทรายทำให้สามารถคำนวณแนวชายฝั่งอนาคตของพื้นที่บริเวณนี้ได้โดยผลการคำนวณแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงชายของแนวชายฝั่งเพียงเล็กน้อย โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในพื้นที่เป็นช่วงสั้น ๆ และไม่ใช้ผลกระทบอันเนื่องมาจากท่าเรือ โดยผลการสอบทานแบบจำลองเมื่อใช้แนวชายฝั่งจากการสำรวจในปี พ.ศ. 2565 ถึงพ.ศ. 2568 แสดงไว้ในรูปที่ 4-46 ถึงรูปที่ 4-49 ผลการใช้แบบจำลอง LITPACK คำนวณแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2568 ดังรูปที่ 4-50 ถึงรูปที่ 4-53 และผลการคำนวณแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2588 ของแบบจำลองด้วยแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568 ดังรูปที่ 4-54 ถึงรูปที่ 4-57

ผลจากแบบจำลองที่ปรับเทียบแล้วสามารถคำนวณปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนตามแนวชายฝั่ง และพบว่ามีการเคลื่อนที่ของทรายไปทางตะวันออกสูงสุดประมาณ 30,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี การเคลื่อนที่ของทรายไปทางตะวันตกสูงสุดประมาณ 16,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

ในส่วนของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ที่ปรึกษาได้ใช้แบบจำลองที่ปรับเทียบและสอบทานแล้วมาคำนวณแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2588 (อนาคต 20 ปี) ในกรณีที่ไม่มีมีการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างในทะเลเพิ่มเติมแสดงให้เห็นว่า แนวชายฝั่งในปัจจุบันมีโอกาสกัดเซาะและทับถม เป็นไปตามธรรมชาติเดิมที่เป็นอยู่

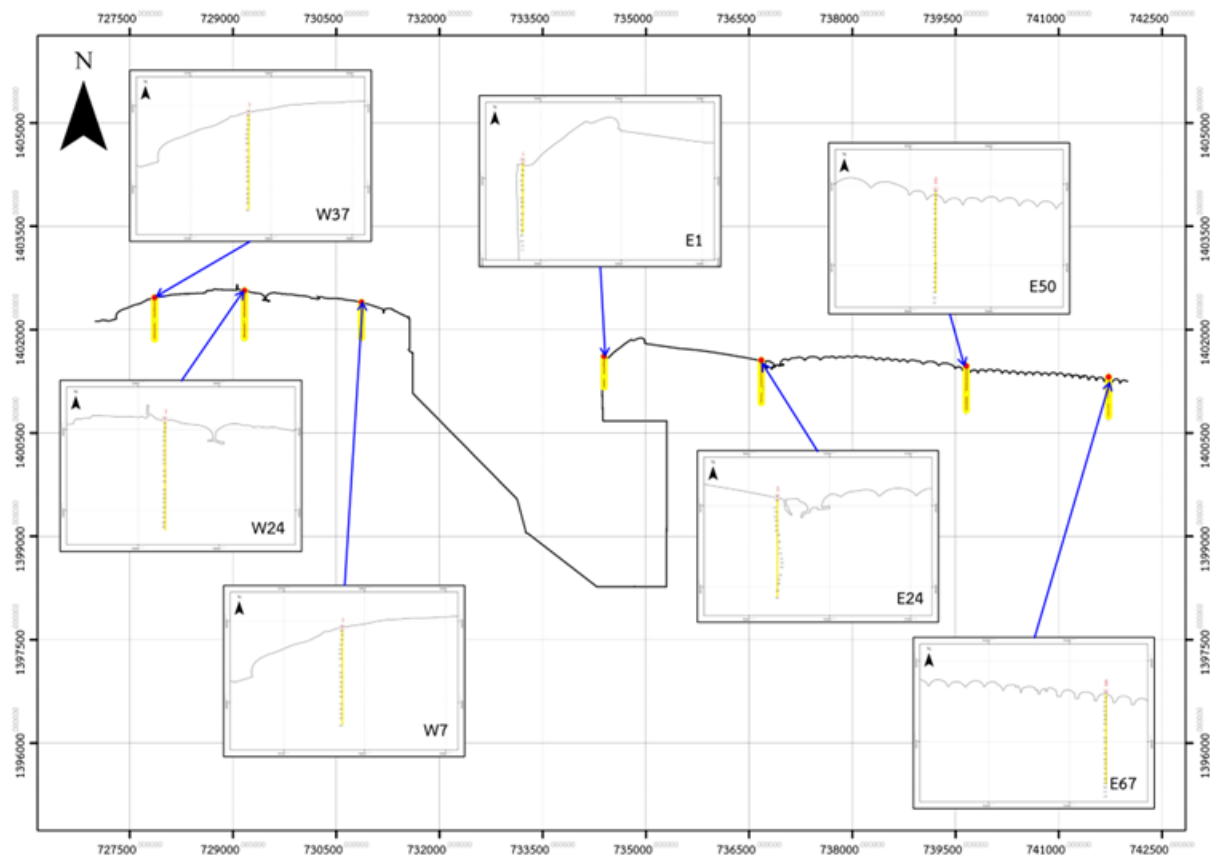
จากผลการคำนวณ แสดงให้เห็นว่า แนวชายหาดในภาพรวมของบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากแนวชายหาดได้ปรับตัวเกือบจะเข้าสู่สมดุลแล้ว การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในบริเวณนี้ได้ว่า เป็นการกัดเซาะและทับถมไปตามธรรมชาติที่ชายฝั่งกำลังปรับสู่สมดุล โดยพบว่า หลังการก่อสร้างท่าเรือฯ แนวชายฝั่งได้มีการปรับตัวเพื่อเข้าสู่สมดุลใหม่ใน

ช่วงแรก และช้าลงเรื่อย ๆ จนปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และอนุมานได้ว่าในอนาคตท่าเรือฯ จะไม่ส่งผลกระทบต่อแนวชายฝั่งบริเวณข้างเคียงอีก และอีกทั้งยังคงมีแนวโครงสร้างป้องกันชายฝั่งในพื้นที่อีกด้วย

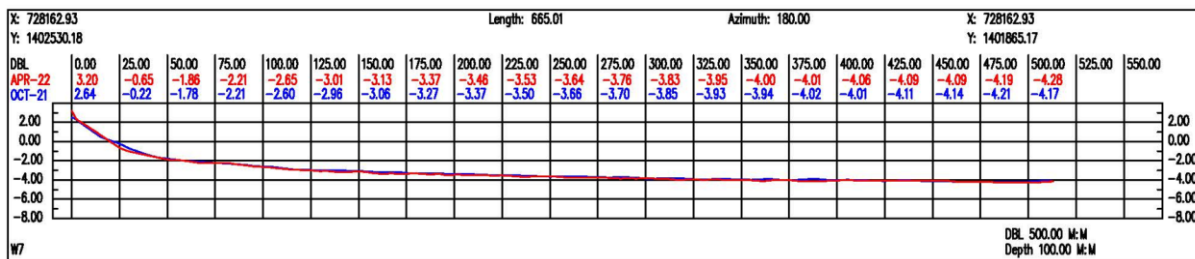
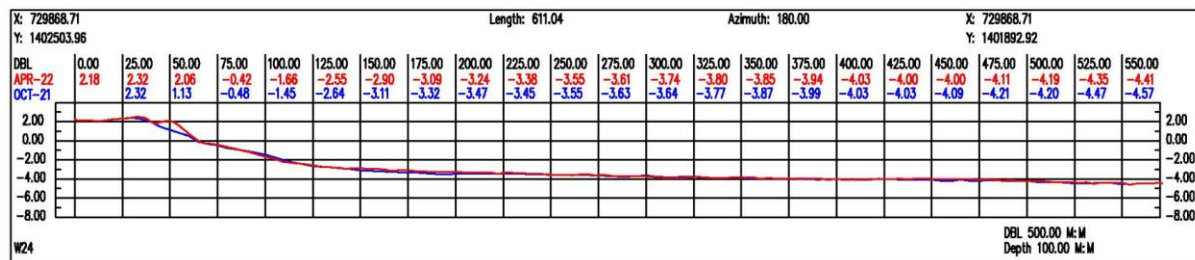
6) สรุปผลการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

ผลจากทั้งการสำรวจและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงให้เห็นว่า มีการเปลี่ยนแปลงแนวชายหาดเพียงเล็กน้อยในบริเวณแคบ ๆ ทั้งนี้อาจจะไม่ใช่ผลกระทบอันเนื่องมาจากท่าเรือฯ และเมื่อใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คำนวณแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2588 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งเพียงเล็กน้อยเช่นกัน ทั้งนี้สรุปจากภาพรวมการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งบริเวณนี้ได้ว่าภายหลังการมีโครงการท่าเรือมาบตาพุดในระยะที่ 2 และมีโครงการท่าเรือมาบตาพุดในระยะที่ 3 แนวชายฝั่งได้ปรับตัวแล้ว ถึงแม้ว่าจะมีการก่อสร้างในระยะที่ 3 เพิ่ม แต่เป็นแนวเดิมกับที่คลื่นกระทบเข้าฝั่งทำให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีแนวทางคล้ายเดิมที่มีโครงการท่าเรือมาบตาพุดระยะที่ 2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนตามแนวชายฝั่งตามแนวชายฝั่งสุทธิจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก ส่งผลให้ทางทิศตะวันตกจะไม่ค่อยได้รับผลกระทบจากโครงการท่าเรือฯ ส่งผลให้สภาพชายฝั่งด้านทิศตะวันออกของท่าเรือถือว่าแนวการปรับตัวค่อนข้างน้อยลงแล้ว อย่างไรก็ตามในบริเวณยังคงมีโครงสร้างที่มีบางส่วนที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนของคลื่นได้

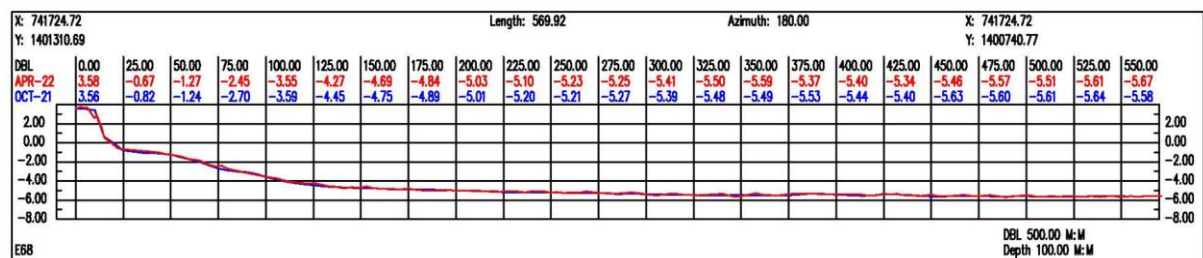
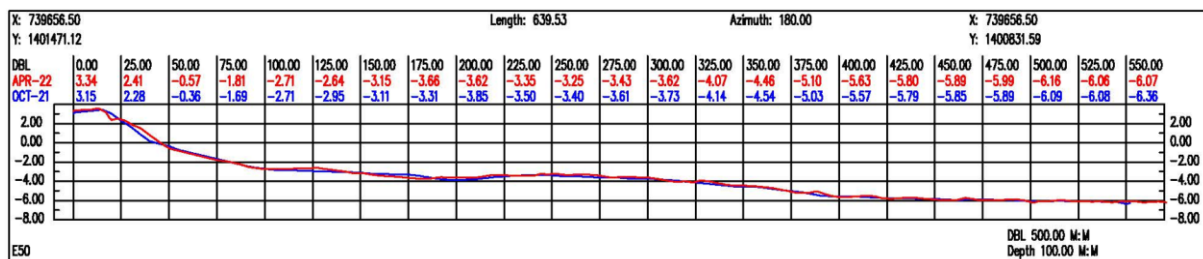
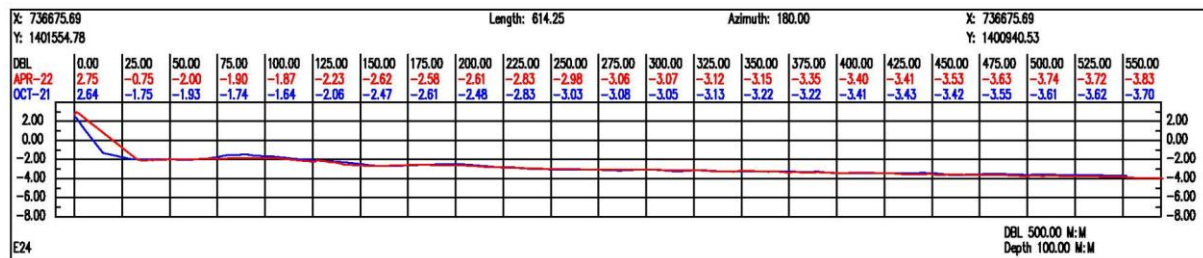
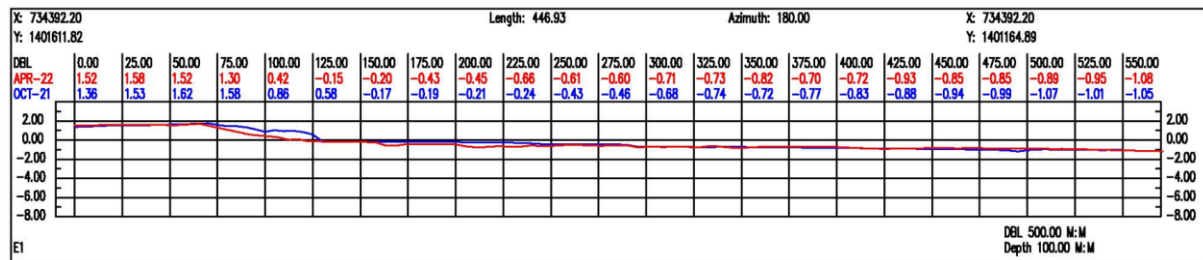
ทั้งนี้ การแสดงรูปภาพต่าง ๆ จะใช้ระบบพิกัดแบบ UTM ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยแปลงพิกัดบนพื้นผิวโลกให้เป็นพิกัดเชิงเส้น (Easting และ Northing) ทำให้การใช้งานแผนที่และการสำรวจมีความแม่นยำมากขึ้น และสะดวกในการคำนวณ พิกัดของจุดเริ่มต้นโครงการอยู่ที่พิกัด 47 P 727000 ม. ตะวันออก, 1402000 ม. เหนือ ส่วนจุดสิ้นสุดโครงการที่พิกัด 47 P 742000 ม. ตะวันออก, 1401750 ม. เหนือ



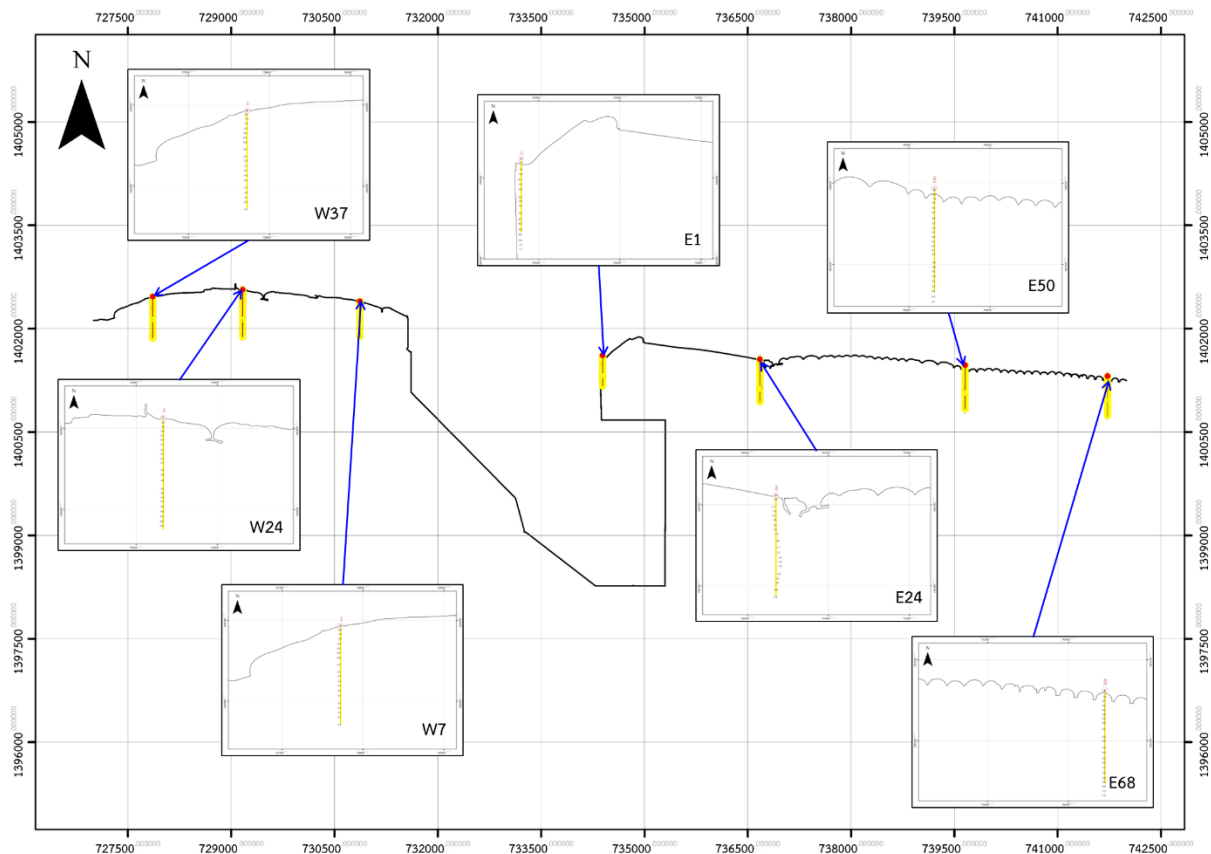
รูปที่ 4-40 แสดงตำแหน่งแนวตัดขวางชายฝั่งทั้ง 7 ปี ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2564 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565
ที่เป็นตัวแทนความลึกในแบบจำลอง LITPACK



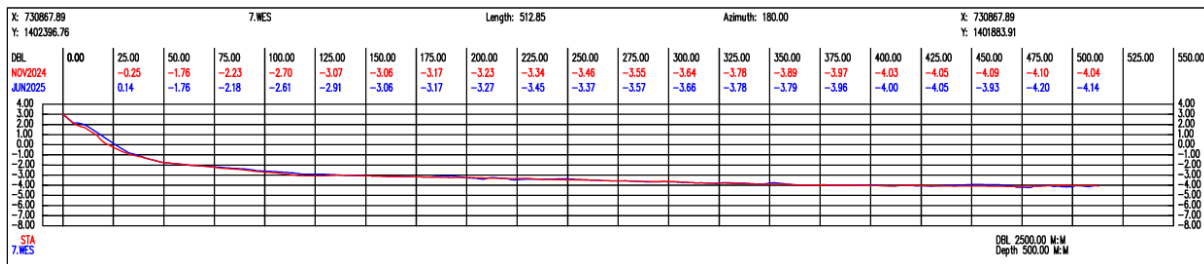
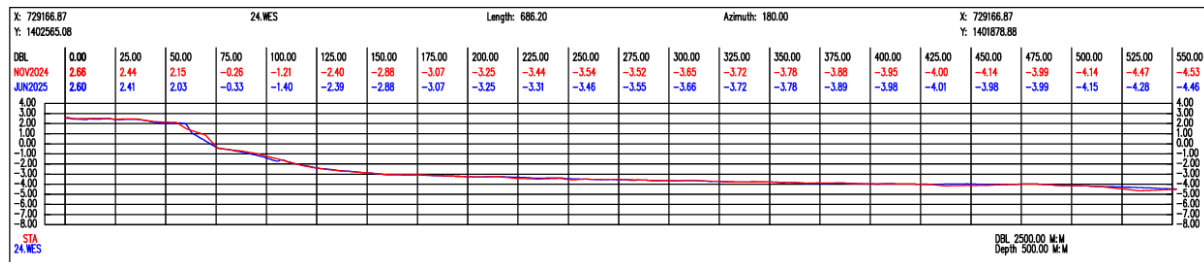
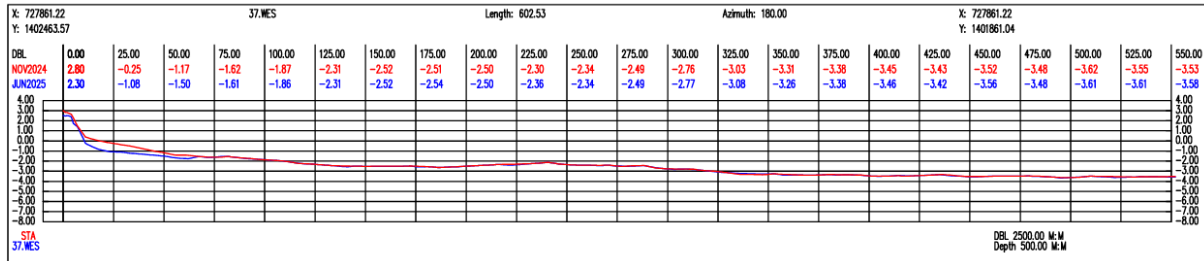
รูปที่ 4-41 แนวตัดขวางชายฝั่งทั้ง 3 ที่เป็นตัวแทนความลึกน้ำในแบบจำลอง LITPACK (ฝั่งตะวันตก)
ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2564 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565



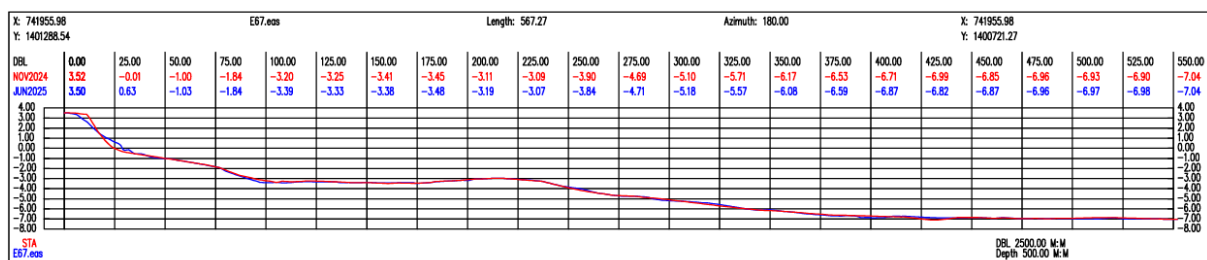
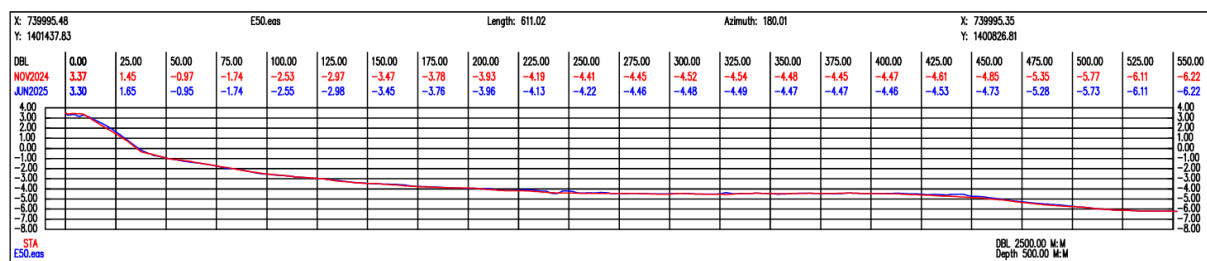
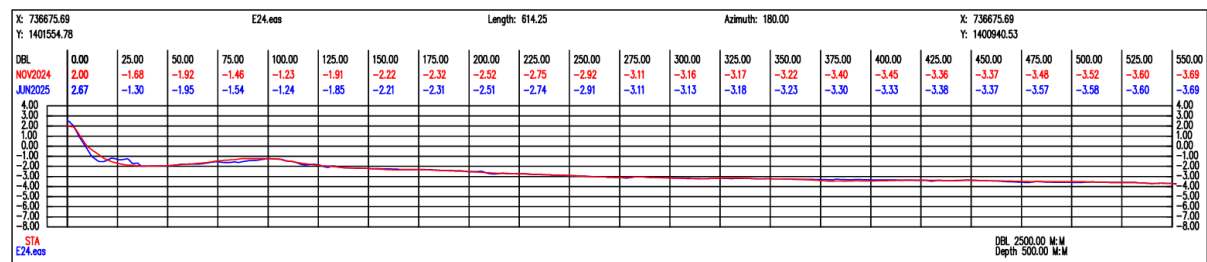
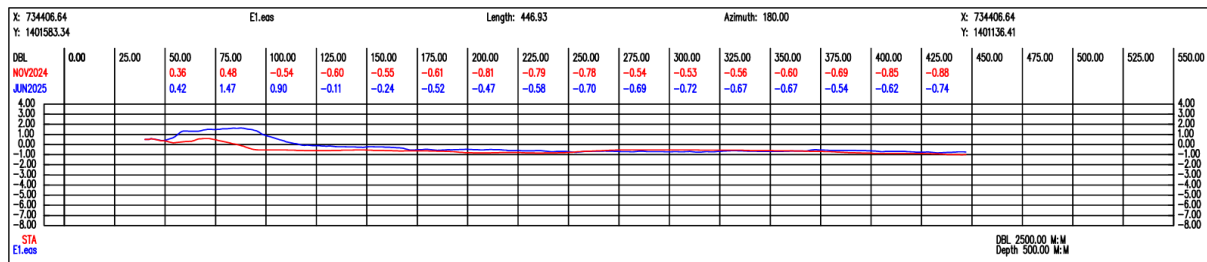
รูปที่ 4-42 แนวตัดขวางชายฝั่งทั้ง 4 ที่เป็นตัวแทนความลึกน้ำในแบบจำลอง LITPACK (ฝั่งตะวันตก)
ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2564 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565



รูปที่ 4-43 แสดงตำแหน่งแนวตัดขวางชายฝั่งทั้ง 7 ปี ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 และมิถุนายน พ.ศ. 2568
ที่เป็นตัวแทนความลึกในแบบจำลอง LITPACK

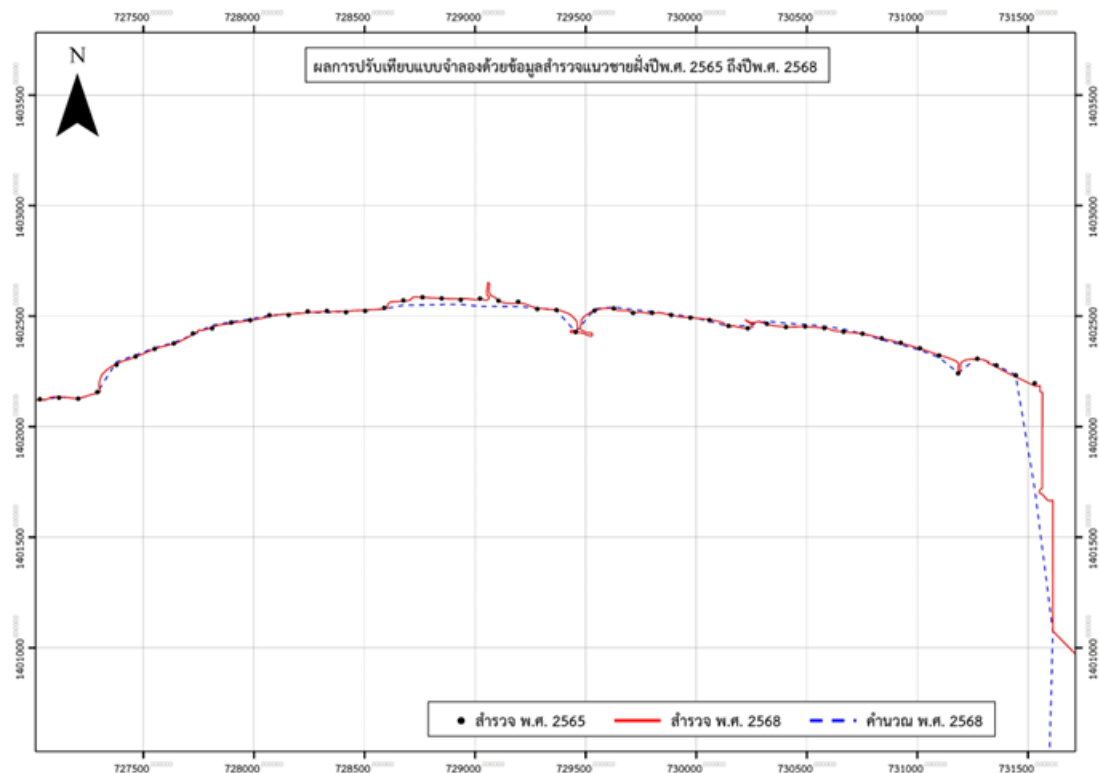


รูปที่ 4-44 แนวตัดขวางชายฝั่งทั้ง 3 ที่เป็นตัวแทนความลึกน้ำในแบบจำลอง LITPACK (ฝั่งตะวันตก)
ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 และมิถุนายน พ.ศ. 2568

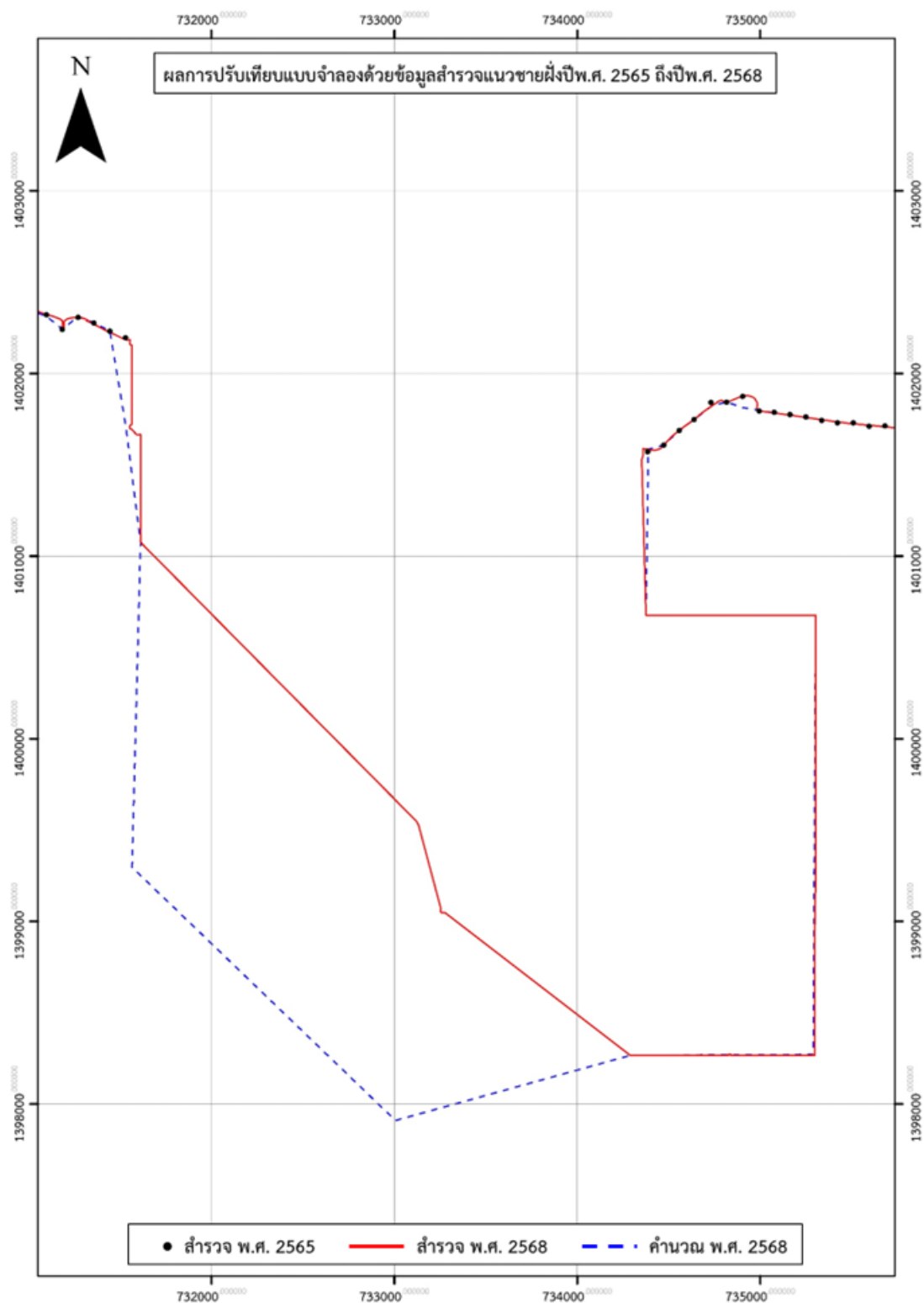


รูปที่ 4-45 แนวตัดขวางชายฝั่งทั้ง 4 ที่เป็นตัวแทนความลึกน้ำในแบบจำลอง LITPACK (ฝั่งตะวันออก)

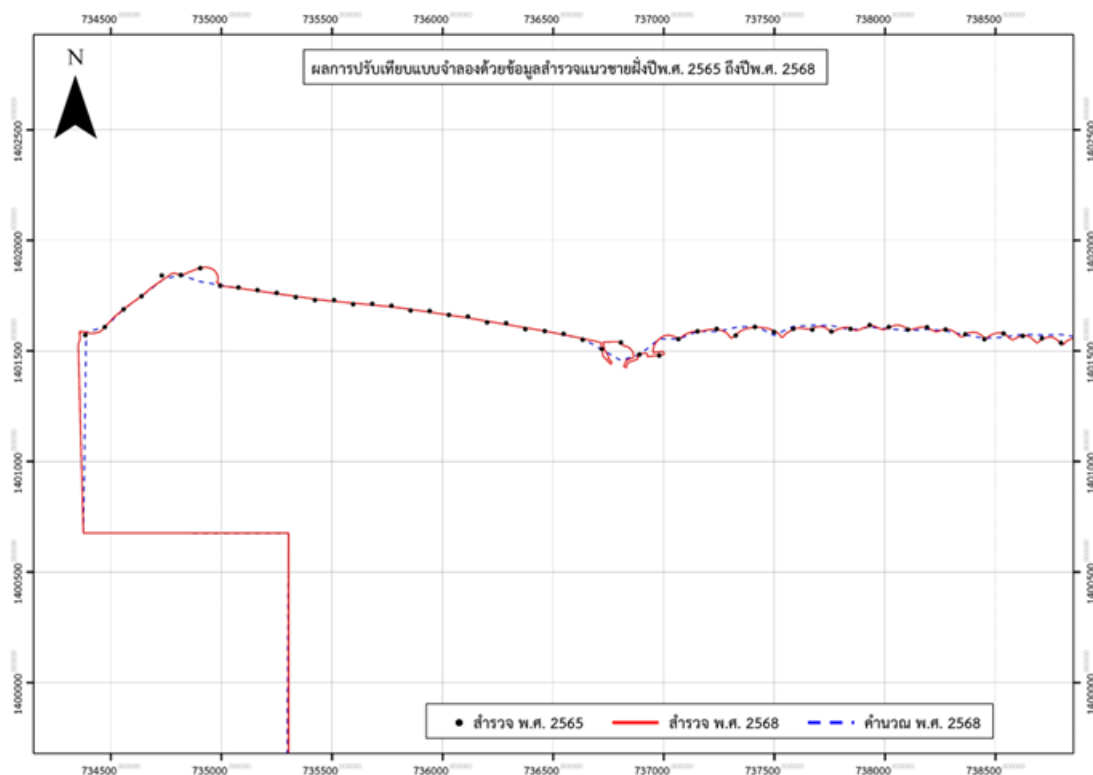
ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 และมิถุนายน พ.ศ. 2568



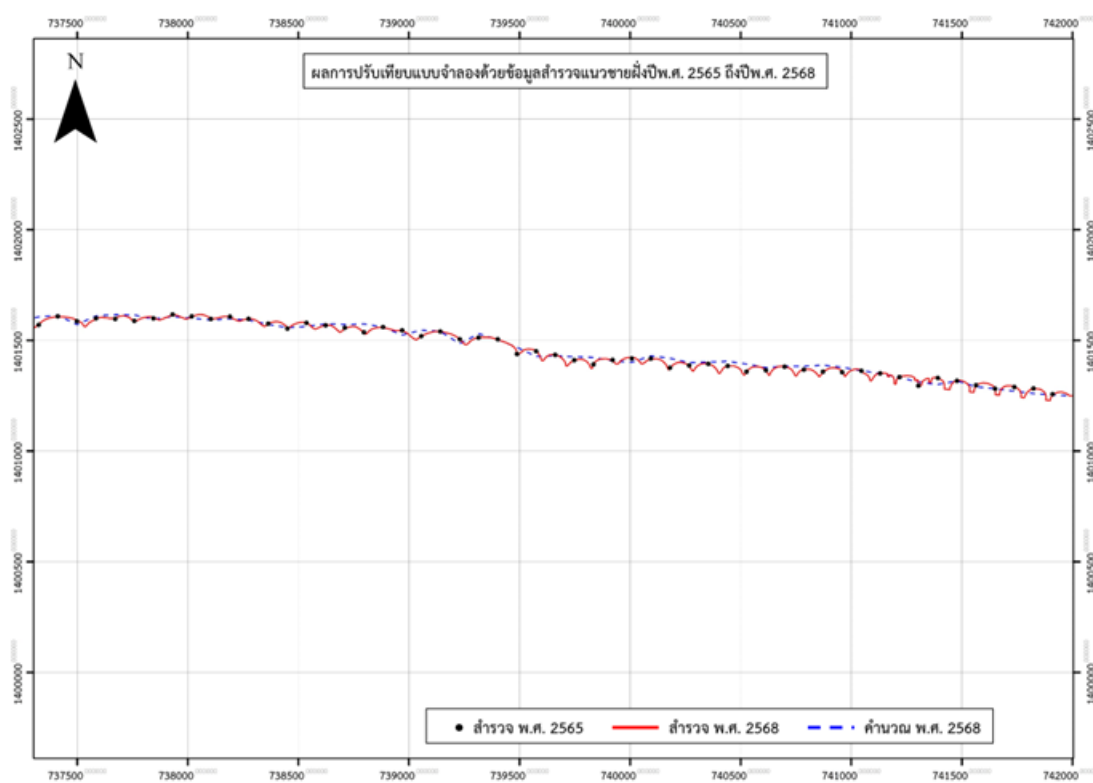
รูปที่ 4-46 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลสำรวจแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2565 ถึงปี พ.ศ. 2568
(ฝั่งตะวันตก)



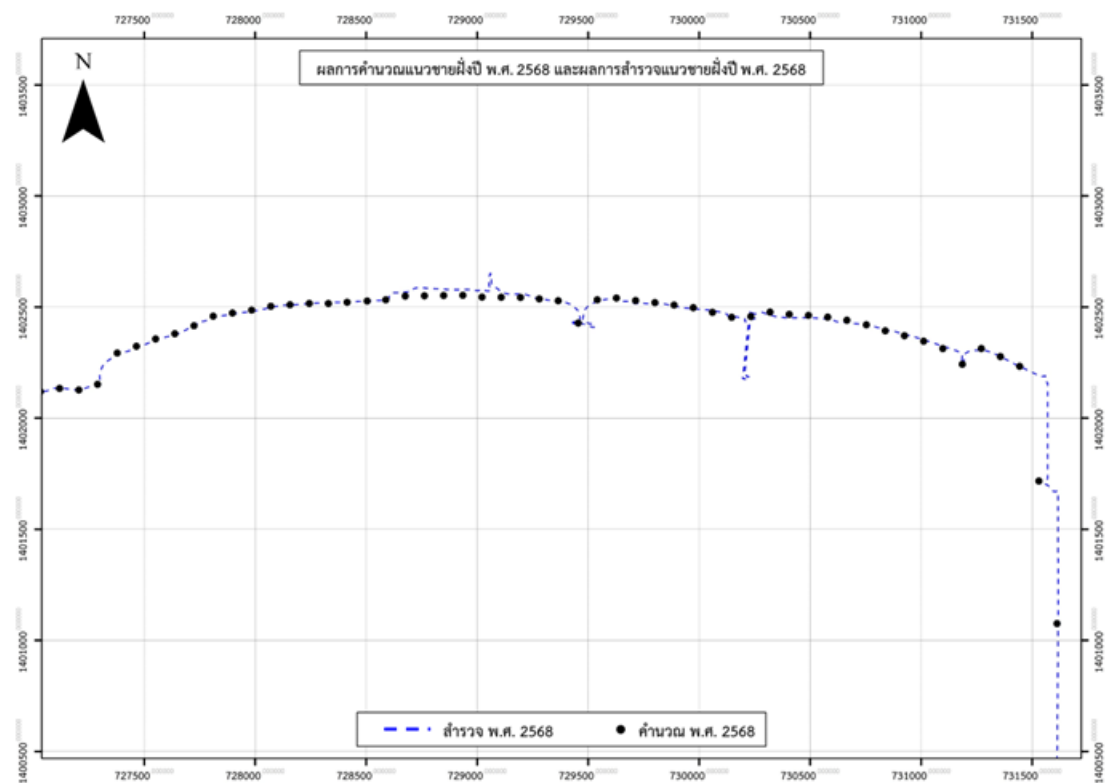
รูปที่ 4-47 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลสำรวจแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2565 ถึงปี พ.ศ. 2568
(พื้นที่โครงการทำเรือ)



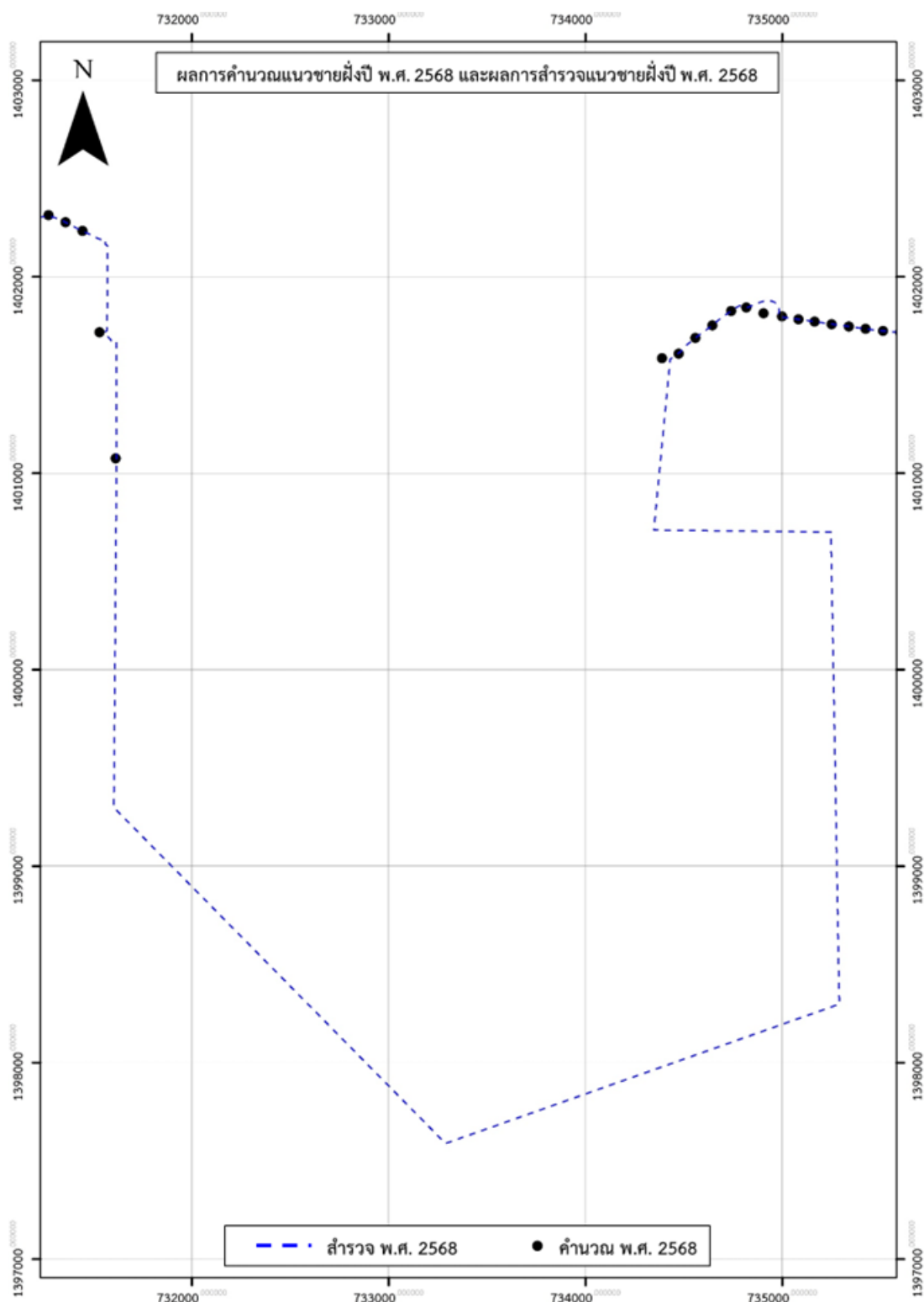
รูปที่ 4-48 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลสำรวจแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2565 ถึงปี พ.ศ. 2568
(ฝั่งตะวันออก พื้นที่ 1)



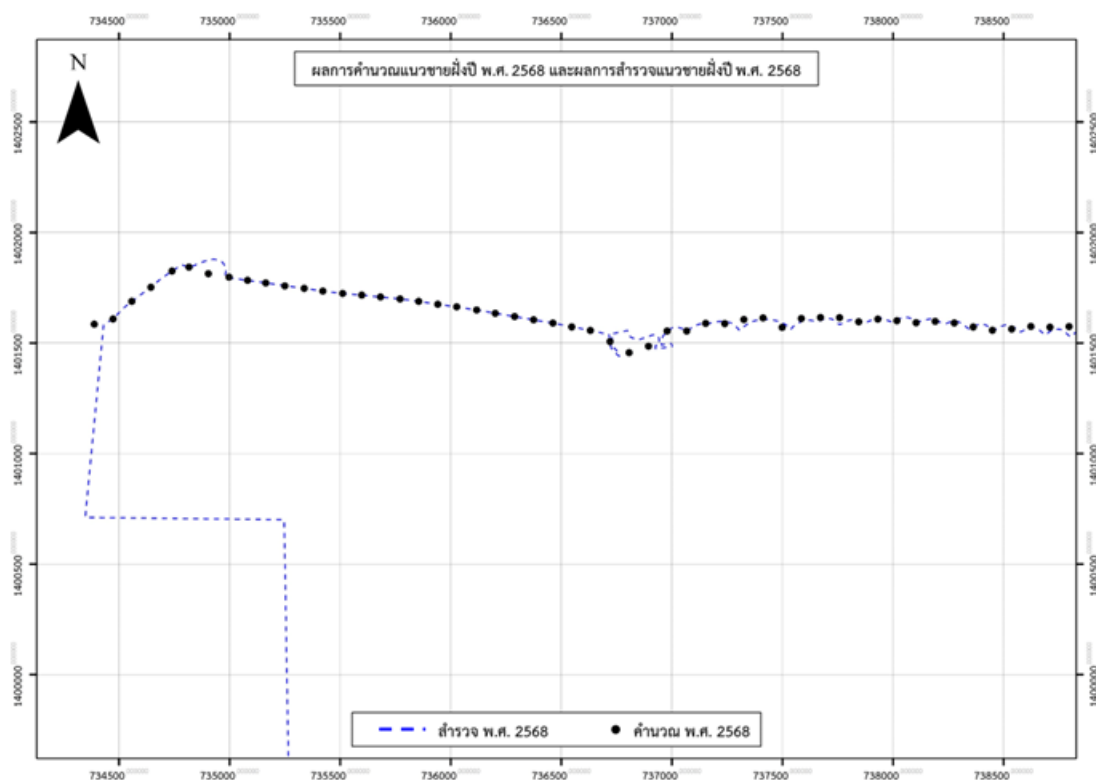
รูปที่ 4-49 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลสำรวจแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2565 ถึงปี พ.ศ. 2568
(ฝั่งตะวันออก พื้นที่ 2)



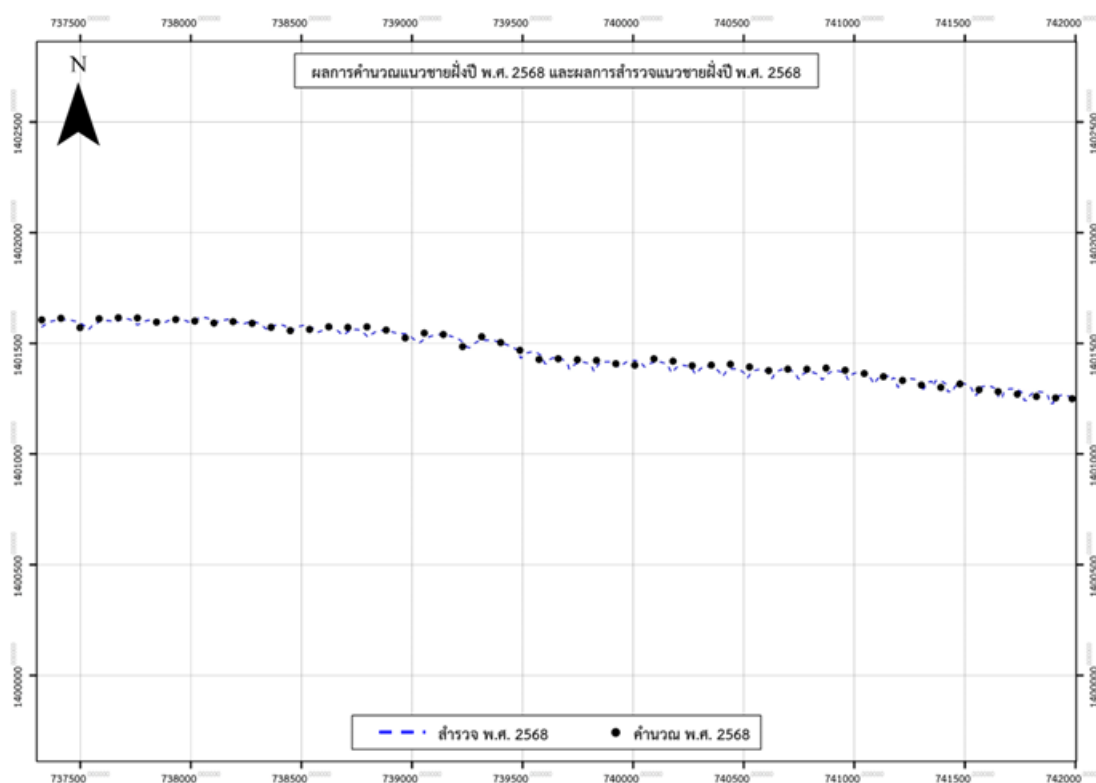
รูปที่ 4-50 ผลการคำนวณแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568 และผลการสำรวจแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568 (ฝั่งตะวันตก)



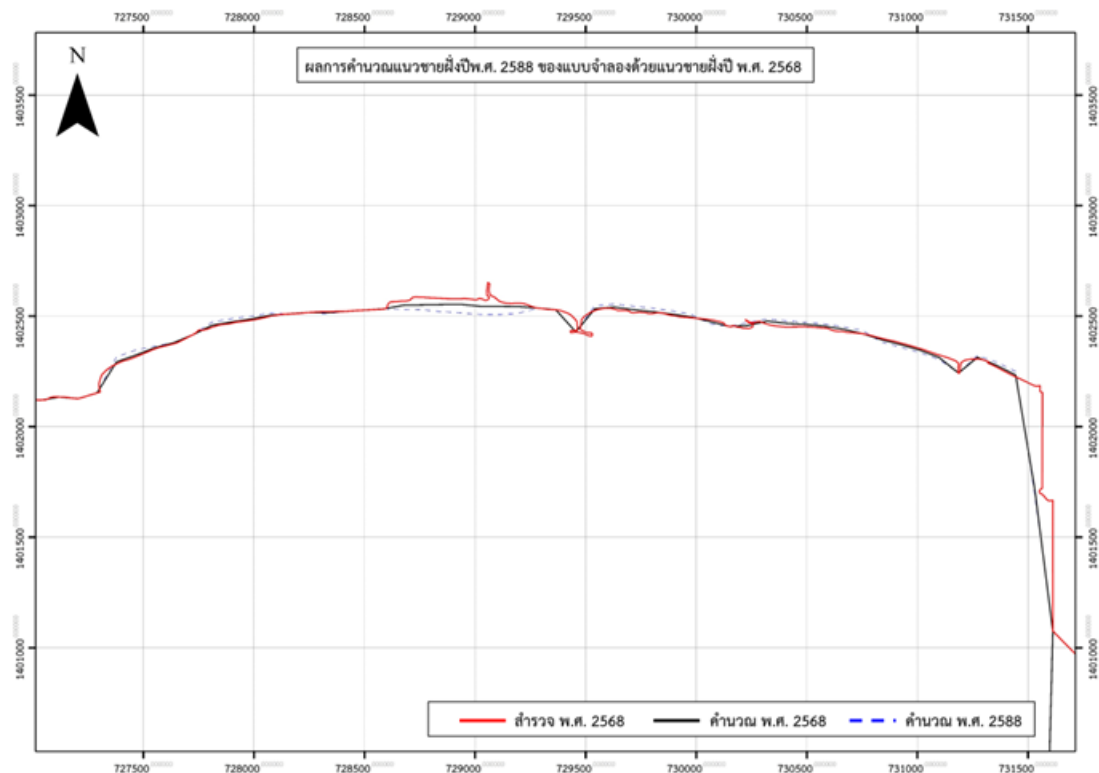
รูปที่ 4-51 ผลการคำนวณแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568 และผลการสำรวจแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568 (พื้นที่โครงการทำเรือ)



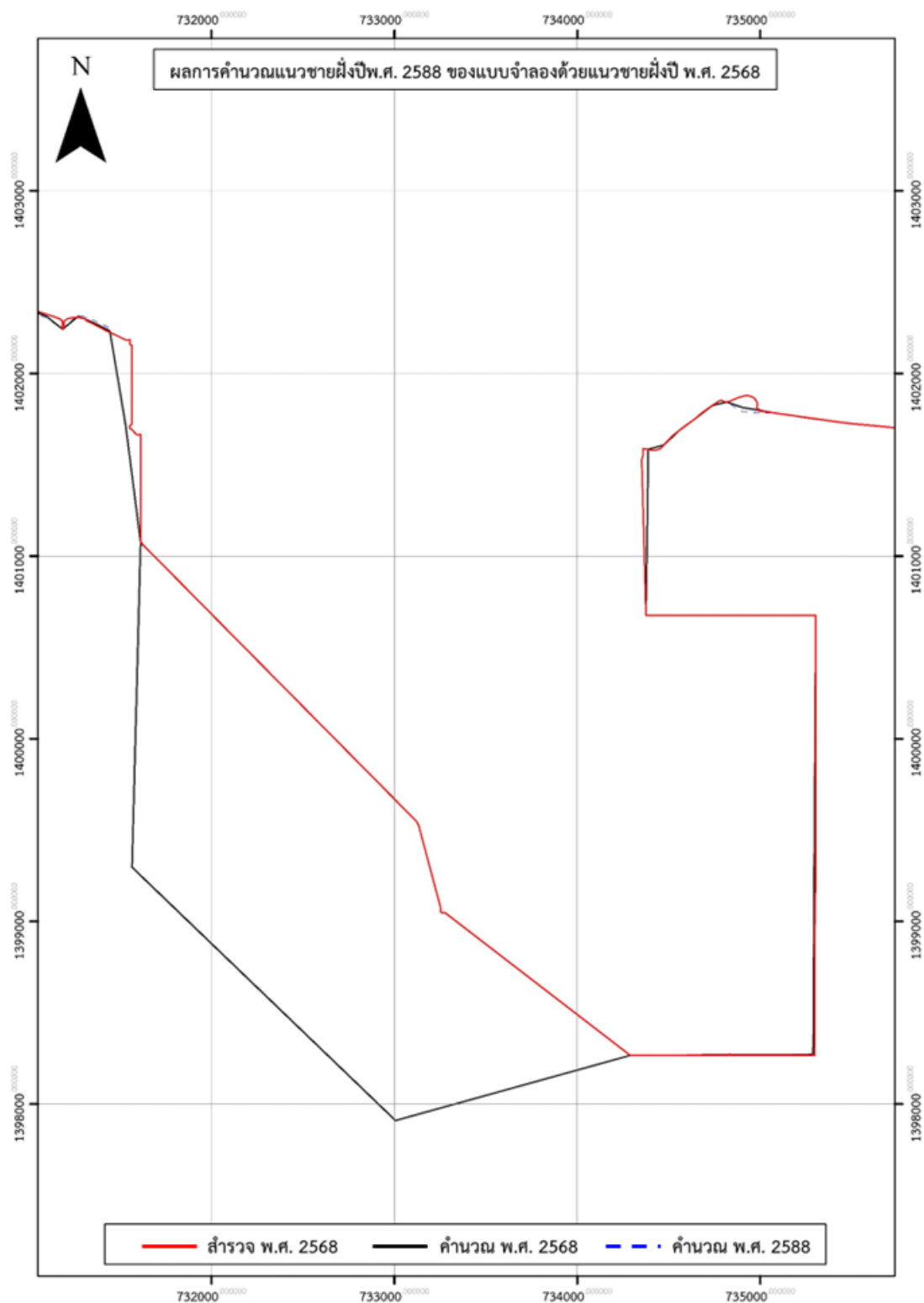
รูปที่ 4-52 ผลการคำนวณแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568 และผลการสำรวจแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568
(ฝั่งตะวันออก พื้นที่ 1)



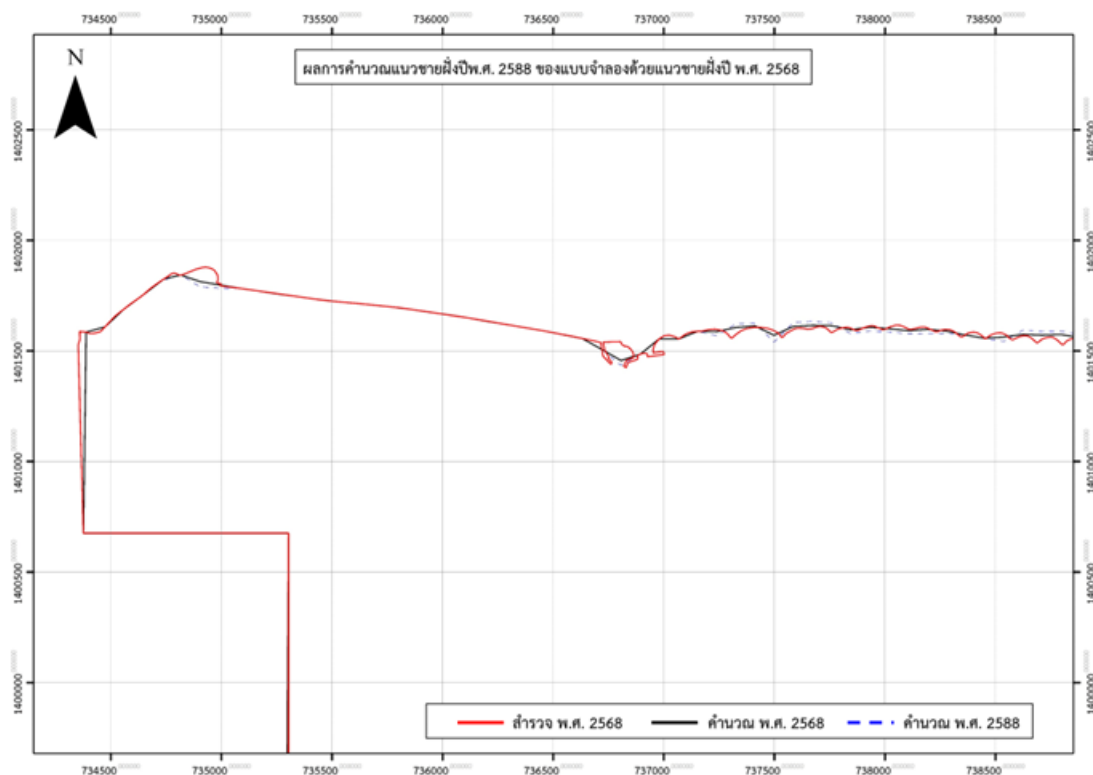
รูปที่ 4-53 ผลการคำนวณแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568 และผลการสำรวจแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568
(ฝั่งตะวันออก พื้นที่ 2)



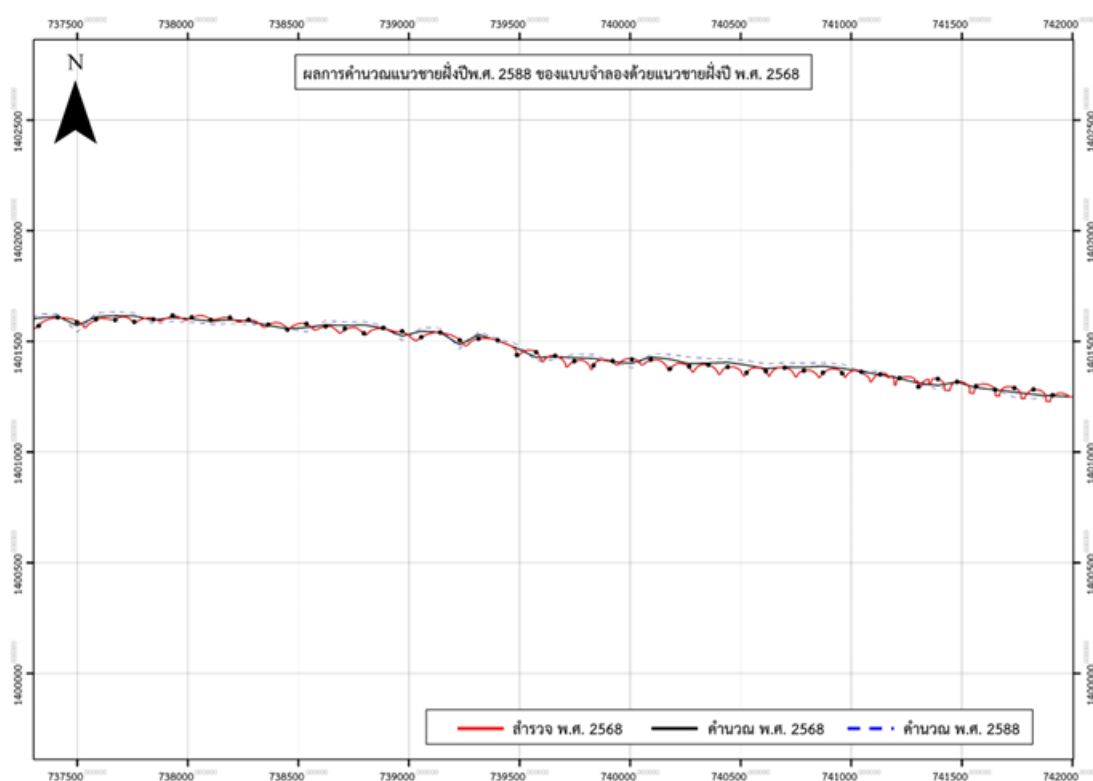
รูปที่ 4-54 ผลการคำนวณแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2588 ของแบบจำลองด้วยแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568 (ฝั่งตะวันตก)



รูปที่ 4-55 ผลการคำนวณแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2588 ของแบบจำลองด้วยแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568 (พื้นที่โครงการ)



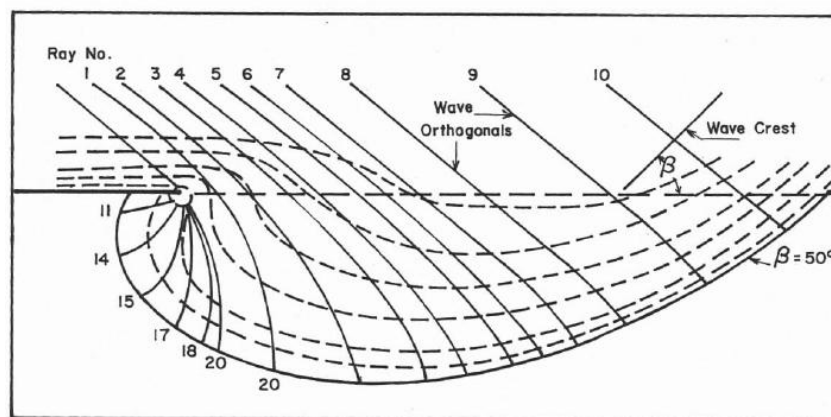
รูปที่ 4-56 ผลการคำนวณแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2588 ของแบบจำลองด้วยแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568
(ฝั่งตะวันออก พื้นที่ 1)



รูปที่ 4-57 ผลการคำนวณแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2588 ของแบบจำลองด้วยแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2568
(ฝั่งตะวันออก พื้นที่ 2)

4.8 การศึกษาด้านสัณฐานชายฝั่ง (Coastal Morphology)

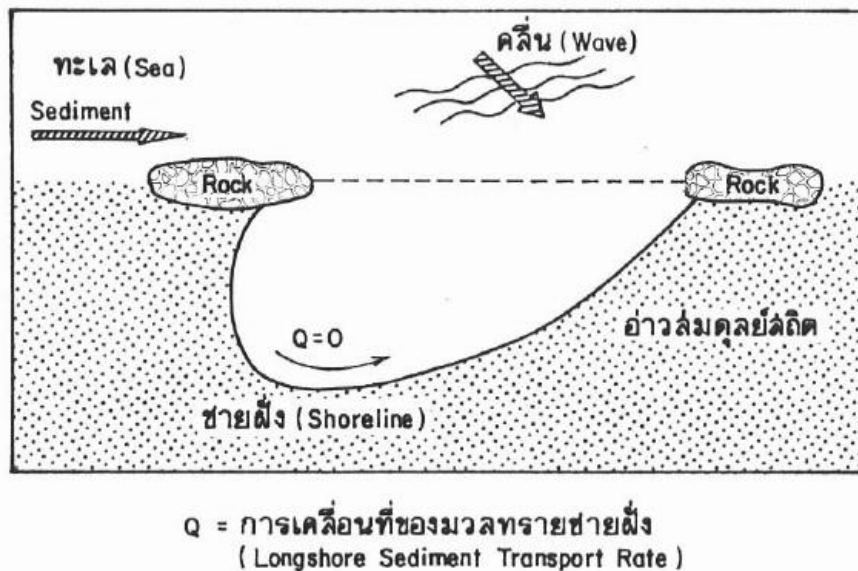
ลักษณะของชายหาดรูปโค้งหรือหาดวงพระจันทร์เป็นชายหาดที่เกิดขึ้นเองจากการปรับตัวตามธรรมชาติมากกว่าร้อยละ 50 ของชายฝั่งทั่วโลก ซึ่งสามารถหาได้จากแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่อุทกศาสตร์เพื่อการเดินเรือ เส้นชายฝั่งเป็นรูปหาดโค้งเกิดจากการเคลื่อนที่ของคลื่นเข้าสู่ฝั่งให้เกิดการหักเห (Refraction) และเลี้ยวเบนไป (Diffraction) เมื่อชายฝั่งมีโขดหินโผล่ (Out crop) หัวหาด (Head land) จะบังคับให้คลื่นเลี้ยวเบนดังแสดงในรูปที่ 4-58



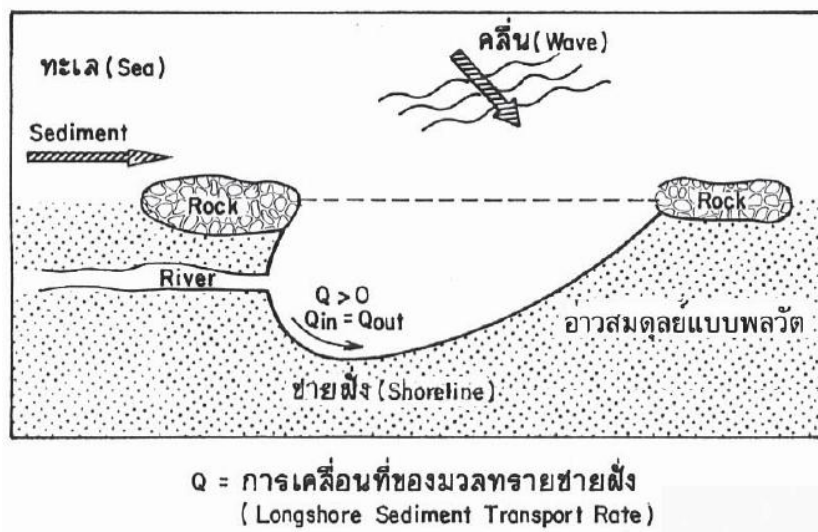
รูปที่ 4-58 การเคลื่อนที่ของแนวคลื่น ผ่านโขดหินทำให้มีการเลี้ยวเบน (diffraction)

จากรูปที่ 4-58 เห็นได้ว่าแนวคลื่นที่ 0 1 และ 2 เมื่อเลี้ยวเบนผ่านโขดหิน แนวคลื่นที่ 0 เกิดการเลี้ยวเบนมากที่สุด และแตกออกเป็นหลายๆ แนวคลื่น คือแนวคลื่น 11 ถึง 20 คลื่นเหล่านี้จะพัดพามวลทรายให้เคลื่อนที่จากซ้ายไปขวาจนสันคลื่น (Wave crest) ตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง ทำให้ปริมาณมวลทรายเคลื่อนที่ตามแนวชายฝั่ง (Long shore sediment transport) มีค่าน้อยจนแทบเป็นศูนย์ อ่าววงพระจันทร์ที่เกิดขึ้นอยู่ในสภาพสมดุล (Equilibrium) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอีกต่อไป

อ่าวสมดุลไม่มีการเคลื่อนที่ของมวลทรายชายฝั่งเรียกว่า อ่าวสมดุลสถิต (Static Equilibrium bay shape) ลักษณะของอ่าวนี้มีการแตกตัวของคลื่นพร้อมกันในเวลาเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4-59 รูปร่างของอ่าวสมดุลสถิต อย่างไรก็ตามปริมาณตะกอนจากแม่น้ำ ลำน้ำ คลอง ทะเลสาบ สามารถระบายสู่ชายฝั่ง บางส่วนของตะกอนเหล่านี้เคลื่อนที่ตามชายฝั่งไปกับคลื่น คลื่นเคลื่อนที่พัดพาตะกอนชายหาดทำให้เกิดอ่าวสมดุลลักษณะใหม่ ซึ่งยังมีการเคลื่อนที่ของมวลทรายชายฝั่งอยู่แต่มีปริมาณเท่ากันทั่วทั้งหาด ดังนั้นจึงไม่เกิดการ กัดเซาะ งอกเยของชายฝั่ง อ่าวจึงเข้าสู่สมดุล ซึ่งลักษณะของอ่าวสมดุลนี้เรียกว่า อ่าวสมดุลแบบพลวัต (Dynamic Equilibrium bay shape) หรืออ่าวสมดุลที่มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4-60

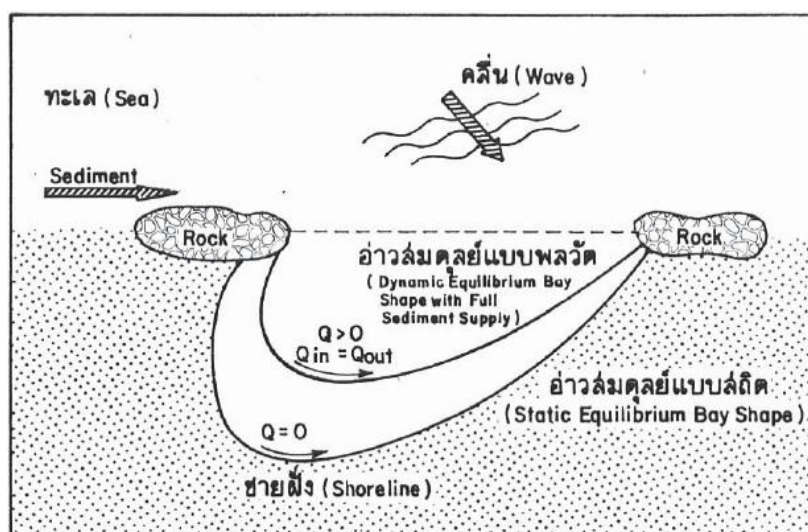


รูปที่ 4-59 การเกิดอ่าวสมดุลงอกสถิต (Static Equilibrium bay shape)



รูปที่ 4-60 การเกิดอ่าวสมดุลงอกแบบพลวัต (Dynamic Equilibrium bay shape)

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของอ่าวสมดุลทั้งสองแบบพบว่า อ่าวสมดุลแบบสถิตมีชายฝั่งโค้งยาวกว่าและเว้ามากกว่า อ่าวสมดุลแบบพลวัต ดังแสดงในรูปที่ 4-61 อ่าวสมดุลแบบพลวัตในรายงานนี้ หมายถึงอ่าวสมดุลยาวมีปริมาณตะกอนจากแม่น้ำทะเลสาบมากพอที่กำลังของคลื่นจะพัดพาตะกอนไปตามชายฝั่งได้ โดยมีการเข้าสู่สมดุลงอกมีปริมาณตะกอนจากแม่น้ำลงสู่ชายฝั่งเท่ากับปริมาณตะกอนที่พัดพาไปได้ เรียกว่า การไหลเพิ่มของมวลทรายอย่างเต็มที่ (Full Sediment Supply) ถ้าปริมาณตะกอนจากแม่น้ำลดลงไป อ่าวก็สามารถปรับชายฝั่งเข้าสู่สมดุลแบบพลวัตใหม่ได้ โดยมีรูปร่างอ่าวสมดุลแตกต่างกัน ซึ่งสมการที่ใช้สำหรับอ่าวสมดุลงอกมี 3 ลักษณะ คือ สมการก้นหอย (log spiral) สมการพาราโบลา (Parabolic) และสมการไฮเพอร์โบลา (Hyperbolic) ดังแสดงในตารางที่ 4-11



Q = การเคลื่อนที่ของมวลทรายชายฝั่ง
(Longshore Sediment Transport Rate)

รูปที่ 4-61 การเปรียบเทียบของอ่าวสมดุลทั้ง 2 ลักษณะ

ตารางที่ 4-11 การสรุปสมการของอ่าวสมดุล

Researchers	Equilibrium State		Proposed Equations	Coefficients	Data Type	
	Static	Dynamic			Field	Lab
Mashima (1961)	Yes	-	$y = px^2 - b$	p, b	-	Yes
Yasso (1964)	Yes	-	$\frac{R_2}{R_1} = e^{\theta \cot \alpha}$	α	-	Yes
Vichetpan (1969)	Yes	-	$\frac{R_2}{R_1} = e^{\alpha \theta}$	α	Yes	-
Ho (1971)	Yes	-	$\frac{R_2}{R_1} = e^{\alpha \theta}$	α	Yes	Yes
Hsu and Evans (1989)	Yes	-	$\frac{R}{R_0} = C_0 + C_1 \left[\frac{\beta}{\theta} \right] + C_2 \left[\frac{\beta}{\theta} \right]^2$	C_0, C_1, C_2	Yes	Yes
Tan and Chiew (1993, 1994)	Yes	Yes	$\frac{R}{R_0} = \{1 + \alpha - \beta \cot \beta\} + \{\beta \cot \beta - 2\alpha\} \left[\frac{\beta}{\theta} \right] + \alpha \left[\frac{\beta}{\theta} \right]^2$ where: $\alpha = 0.277 - 0.0785 \times 10^{\left[\frac{\beta \pi}{180} \right]}$ (For static equilibrium) $\alpha = -0.004 - 0.113 \times 10^{\left[\frac{\beta \pi}{180} \right]}$ (For dynamic equilibrium)	α	Yes	-
Moreno and Kraus (1999)	Yes	-	$y = \pm a \tanh^m(bx)$	a, b, m	Yes	Yes

- สรุปผลการวิเคราะห์อ่าวสมดุล (equilibrium bay)

ระบบหาดหาดแม่รำพึง-มาบตาพุดมีพื้นที่ทั้งหมด 32.79 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งในเขตตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยมีโครงสร้างริมชายฝั่ง และนอกชายฝั่ง ประกอบด้วย เขื่อนหินป้องกันคลื่นนอกชายฝั่ง รอดักทรายแบบตัววาย และเขื่อนหิน บริเวณตั้งแต่ระบบหาดหาดปลา-อู่ตะเภาจนถึงระบบหาดหาดแม่รำพึง-มาบตาพุดมีลักษณะโค้ง เป็นสถานที่ท่องเที่ยว และมีโครงสร้างท่าเรือฯ สภาพชายฝั่งเป็นหาดทราย และทรายปนโคลน

สำหรับผลการวิเคราะห์อ่าวสมดุลบริเวณระบบหาดหาดแม่รำพึง-มาบตาพุด พบว่า สามารถเข้าได้กับอ่าวสมดุลแบบสถิต (Static equilibrium bay) สามารถวิเคราะห์ได้ 2 จุดศึกษา ประกอบด้วย อิทธิพลของโครงสร้างท่าเรือฯ โดยมีระยะทาง R_0 เท่ากับ 8.93 กิโลเมตร จากการวิเคราะห์อ่าวสมดุลแบบสถิต พบว่ามีจุด Upcoast Headland จะอยู่บริเวณท่าเรือฯ และมีจุด Downcoast Headland บริเวณ Fortune Saengchan Beach Rayong ส่งผลให้บริเวณส่วนทางบริเวณทิศตะวันออกของโครงสร้างท่าเรือฯ เกือบจะเข้ากันได้กับอ่าวสมดุลแบบสถิต และอิทธิพลของทิศใต้ของเกาะเสมสาร โดยมีระยะทาง R_0 เท่ากับ 33.70 กิโลเมตร จากการวิเคราะห์อ่าวสมดุลแบบสถิต พบว่ามีจุด Upcoast Headland จะอยู่บริเวณท่าเรือฯ และมีจุด Downcoast Headland บริเวณท่าเรือไออาร์พีซี ระยองส่งผลให้บริเวณส่วนทางบริเวณระบบหาดหาดแม่รำพึง-มาบตาพุด สามารถเข้ากันได้กับอ่าวสมดุลแบบสถิต แสดงดังในรูปที่ 4-62 ถึงรูปที่ 4-63 ตามลำดับ



รูปที่ 4-62 หาดสมดุลอ่าวแบบสถิต (Static equilibrium bay)

โดยวิเคราะห์จากอิทธิพลจากโครงสร้างท่าเรือฯ



รูปที่ 4-63 หาดสมดุลอ่าวแบบสถิต (Static equilibrium bay)
โดยวิเคราะห์จากอิทธิพลจากทิศใต้ของเกาะสมสาร