รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ "การประเมินประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งด้วยโครงสร้างและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเลและแนวชายฝั่งในพื้นที่นำร่อง บ้านขุนสมุทรจีน บริเวณอ่าวไทยตอนบน"

โดย ผศ.ดร.ปราโมทย์ โศจิศุภร และคณะ

สิงหาคม พ.ศ. 2555

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

หลักการและเหตุผล

อ่าวไทยตอนในเกิดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอย่างรุนแรงในช่วง 30 ปีที่ผ่านมานี้เนื่องจากสาเหตุหลาย ๆ อย่างประกอบกัน อาทิเช่น การทรุดตัวของแผ่นดินจากการดูดน้ำบาดาลไปใช้เกินกว่าจะมีน้ำมาทดแทนได้ ปริมาณตะกอนจากแผ่นดินลดลงกว่า 75 เปอร์เซ็นต์เมื่อมีการก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำไว้ที่ต้นน้ำ การขุดลอกร่องน้ำแล้วนำตะกอนไปทิ้งทะเลเป็นการนำตะกอนออกจากชายฝั่ง เป็นต้น นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงป่าชายเลนเป็นนากุ้ง นาเลี้ยงปลาทำให้ชายฝั่งขาดปราการตามธรรมชาติในการลดแรงกัดเซาะจากคลื่นทำให้ชายฝั่งทะเลเกิดการถอยร่นอย่างรวดเร็ว จึงเกิดแนวคิดในการก่อสร้างโครงสร้างชายฝั่งที่ช่วยลดแรงปะทะจากคลื่น เกิดสภาพน้ำนิ่งหลังแนวโครงสร้าง ทำให้ลดการกัดเซาะตะกอนท้องน้ำและช่วยให้ตะกอนแขวนลอยสามารถตกตะกอนได้ง่ายยิ่งขึ้น ช่วยในการสร้างเสถียรภาพของชายฝั่ง

โครงสร้างที่ผู้วิจัย (ศ.ดร.ธนวัฒน์ จารุพงศ์สกุล) ได้พัฒนาขึ้นนี้ได้รับเงินสนับสนุนการก่อสร้างจากจังหวัดสมุทรปราการ โครงสร้างเป็นเสาสามเหลี่ยมปักเป็นแนวเรียงซ้อนกันแบบสับหว่างจำนวน 3 แถว มีชื่อว่า “ขุนสมุทรจีน 49A2” และดำเนินการนำร่องติดตั้งอยู่ที่ชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการขอจดอนุสิทธิบัตรไว้แล้ว และ สกว. ได้ให้ทุนศึกษาภายใต้โครงการ “การศึกษาบูรณาการเชิงพื้นที่เพื่อแก้ปัญหาน้ำทะเลกัดเซาะชายฝั่งสมุทรปราการ : กรณีศึกษานำร่องเพื่อการออกแบบ ณ บ้านขุนสมุทรจีน ต.แหลมฟ้าผ่า อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ” เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่น ผลการศึกษาในช่วงเวลา 2 ปี พบว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่น “ขุนสมุทรจีน 49A2” ช่วยลดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณบ้านขุนสมุทรจีนลงได้ มีการเพิ่มขึ้นของตะกอนริมชายฝั่งโดยเฉพาะอนุภาคตะกอนขนาดเล็กประเภทดินเหนียว มีสาหร่ายที่มีเมือกจำพวกไดอะตอมและไซยาโนแบคทีเรียเกาะยึดหน้าดิน และเกิดความอุดมสมบูรณ์ทางชีวภาพของพืชและสัตว์น้ำหลายชนิด

แม้กระนั้นก็ตาม ผลการศึกษายังไม่มีผลการประเมินประสิทธิภาพของเขื่อนในการสลายกำลังคลื่นที่เข้ามาจากทิศทางต่าง ๆ กัน และทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่งตามฤดูกาลที่แน่ชัด ในการอธิบายประสิทธิภาพได้อย่างสมบูรณ์ในการสร้างความเชื่อมั่นของโครงสร้างฯ ที่พัฒนาขึ้นให้กับหน่วยงานของรัฐและประชาชนในวงกว้างได้ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้ต้องการเพิ่มความแม่นยำข้อมูลยืนยันประสิทธิภาพของโครงสร้าง “ขุนสมุทรจีน 49A2” และยกระดับความรู้ความเข้าใจการจัดการปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในการขยายผลต้นแบบและรูปแบบโครงสร้างไปดำเนินการในพื้นที่อื่น ๆ โดยเฉพาะอ่าวไทยตอนบนที่เป็นพื้นที่วิกฤตที่มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งสูงสุดของประเทศ

วัตถุประสงค์

เพื่อติดตามและประเมินประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งด้วยโครงสร้าง “ขุนสมุทรจีน 49A2” ในพื้นที่นำร่องที่บ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการ โดยการวิเคราะห์การลดพลังงานคลื่นที่เคลื่อนตัวเข้าหาฝั่งและอัตราการสะสมตะกอนท้องน้ำบริเวณด้านหลังแนวเขื่อนกันคลื่น รวมทั้งศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเลและแนวชายฝั่งในอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันตก

สมมุติฐานการวิจัย

คลื่นกัดเซาะทั้งท้องทะเลและชายฝั่งทะเล เขื่อนสลายกำลังคลื่นช่วยสลายพลังงานคลื่นและทำให้เกิดการสะสมของตะกอนด้านหลังเขื่อน ประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่นจึงขึ้นอยู่กับความสูงคลื่นและทิศทางที่คลื่นเคลื่อนตัวเข้ามา พลังงานคลื่นที่ลดลงทำให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนท้องน้ำได้

พื้นที่ศึกษา

การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของท้องทะเล 3 แนว คือที่บ้านขุนสมุทรจีน บ้านบางปู จังหวัดสมุทรปราการ และบ้านพันท้ายนรสิงห์ จังหวัดสมุทรสาคร ส่วนพื้นที่ศึกษาอื่นๆ จะอยู่ในบริเวณด้านหน้าและด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นที่ชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีน อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ

วิธีการศึกษาแยกตามกิจกรรม

<u>การตรวจวัดความสูงและคาบคลื่น</u> บริเวณด้านหน้าเขื่อน 1-3 จุด และด้านหลังเขื่อน 3 จุด ติดตั้งโปรแกรมเครื่องวัดคลื่นให้ตรวจวัดทุกๆ 1 วินาที ซึ่งมีหน่วยเก็บข้อมูลได้สูงสุด 11 ชั่วโมง ผูกเครื่องวัดคลื่นไว้กับลำไม้ไผ่แล้วนำไปปัก ณ จุดเก็บข้อมูลขณะน้ำเริ่มขึ้น วัดระยะห่างจากเซนเซอร์ของเครื่องมือถึงท้องน้ำ หลังจากเก็บข้อมูลครบตามเวลาที่ตั้งไว้ถ่ายข้อมูลจากเครื่องมือลงสู่คอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ความสูงคลื่นนัยสำคัญ คาบคลื่น ความยาวคลื่น และพลังงานคลื่น คำนวณทิศคลื่นจากทิศทางลมโดยเฉลี่ยทิศทางแบบเวคเตอร์ตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูลคลื่น คำนวณนความเร็วกระแสน้ำเหนือท้องน้ำราว 0.5-1 เมตร เพื่อประเมินความเร็ววิกฤตที่ทำให้ตะกอนท้องน้ำเกิดการฟุ้งกระจายขึ้นมาได้

<u>การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอน</u> ในพื้นที่ศึกษานำร่องบ้านขุนสมุทรจีน โดยติดตั้งไม้วัดระดับตะกอนถาวรให้ได้มาตรฐานซึ่งได้เดินระดับเพื่อหาจุดอ้างอิงของท้องน้ำเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางของประเทศไทย การปักไม้วัดระดับน้ำจะวางเป็นโครงข่ายสี่เหลี่ยมประมาณ 20 จุด โดยตำแหน่งจุดปักไม้จะตรงกับตำแหน่งจุดตรวจวัดในโครงการก่อนหน้านั้น ใช้ระยะเวลาในการติดตั้งไม้วัดระดับท้องน้ำ สร้างหมุดหลักฐาน และถ่ายโยงระดับจากหมุดไปที่ไม้วัดระดับท้องน้ำแต่ละอันประมาณ 1 สัปดาห์ ทำการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนท้องน้ำที่จุดปักไม้ไผ่โดยดูจากสเกลที่ขีดไว้ที่ไม้บรรทัดใช้เวลาตรวจวัดประมาณ 1 วัน และวิเคราะห์ผลการตรวจวัดประมาณ 5 วัน นำเสนอข้อมูลในรูปของกราฟและตัวเลขระดับท้องน้ำในแต่ละเดือน

<u>การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงะดับการกัดเซาะคลื่นม้วนตัวเมื่อปะทะโครงสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่น “ขุนสมุทรจีน 49A2”</u> โดยทำการสำรวจพื้นที่ศึกษา ค้นหาข้อมูลอ้างอิง สำรวจการเปลี่ยนแปลงระดับการกัดเซาะของคลื่นม้วนตัวปะทะโครงสร้างด้วยเครื่องมือสำรวจรังวัดชนิดละเอียดซึ่งจะได้ความลึกของร่องดินที่ฐานของเสาซึ่งถูกคลื่นกัดเซาะ นอกจากนี้จะต้องเดินระดับจากหมุดหลักฐานไปยังเสาเพื่อหาอัตราการทรุดตัวของเสาเขื่อน ทำการตรวจวัดปีละครั้งประมาณเดือนเมษายนในช่วงน้ำแห้งตอนกลางวันเพื่อให้สามารถดำเนินงานได้สะดวก ใช้เวลาสำรวจครั้งละ 3 วัน และวิเคราะห์ข้อมูลอีกประมาณ 2 สัปดาห์ ข้อมูลที่ได้คือความลึกของร่องน้ำที่ฐานเสาและอัตราการทรุดตัวของเสากันคลื่น (เทียบกันระหว่างการตรวจวัด 2 ครั้งนี้ เพราะยังไม่เคยมีการศึกษาการทรุดตัวของเสามาก่อน)

<u>การติดตามและตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเล</u>จากชายฝั่งออกไป 12 กิโลเมตร จำนวน 3 แถว คือที่บ้านขุนสมุทรจีน บ้านพันท้ายนรสิงห์ และบ้านบางปู จังหวัดสมุทรปราการ วิธีการสำรวจประกอบด้วยการสำรวจพื้นที่ศึกษา ค้นหาข้อมูลอ้างอิงในสนาม ตรวจวัดความลึกท้องทะเลด้วยเครื่องมือ digital echo sounder และบอกตำแหน่งด้วยเครื่อง DGPS ปีละ 1 ครั้ง วิเคราะห์ ประมวลผลและนำเสนอผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นท้องทะเลในรูปของกราฟ

<u>การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและอัตราการตกตะกอน</u> โดยใช้เครื่องดักตะกอนที่ทำด้วยท่อพีวีซีตัดเป็นท่อนขนาดประมาณ 0.30 เมตร ประกอบกันเป็นโครงสร้างสี่เหลี่ยม เจาะรูที่กระบอกเพื่อดักตะกอน

แขวนลอยและตะกอนท้องน้ำจากทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก วางเครื่องดักตะกอนไว้ที่ท้องน้ำ ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน จึงกู้เครื่องดักตะกอน นำมาวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและปริมาณในห้องปฏิบัติการต่อไป ทำการตรวจวัดปีละ 3 ครั้งในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมในเดือนตุลาคม

<u>การตรวจวัดข้อมูลสมุทรศาสตร์</u> ได้แก่ การไหลของน้ำ การแพร่กระจายของความเค็ม อุณหภูมิ และตะกอนแขวนลอย เป็นรายชั่วโมงบริเวณชายฝั่งทะเล โดยการตรวจวัด 2 ครั้ง (25 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน) ตามฤดูกาลหลักให้ตรงกับการติดตั้งเครื่องดักตะกอนแขวนลอยเพื่อให้ทราบสภาพทางสมุทรศาสตร์และการใช้ข้อมูลกระแสน้ำสำหรับเปรียบเทียบกับผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลข เก็บข้อมูลครั้งละ 2 วันและวิเคราะห์ข้อมูลอีก 2 สัปดาห์ ข้อมูลที่ได้เป็นกราฟและตัวเลขการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ ในรอบวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง

<u>การประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อประเมินปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยตามฤดูกาล</u> โดยการปรับขนาดช่องกริดแบบจำลองเชิงตัวเลขของการไหลเวียนน้ำในอ่าวไทยตอนบนให้เล็กลงเพื่อจำลองทิศทางการไหลของน้ำใกล้ฝั่งให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นรวมทั้งเพิ่มการไหลของน้ำท่าจากแม่น้ำหลัก 4 สายสู่อ่าวไทยตอนบน และวิเคราะห์คำนวณคลื่นจากข้อมูลลมที่สถานีสันดอนปากแม่น้ำเจ้าพระยาแล้วนำข้อมูลกระแสน้ำและคลื่นมาคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยที่ฟุ้งกระจายจากท้องน้ำสำหรับปี พ.ศ.2552-2553 รวมทั้งตรวจสอบผลการคำนวณปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยในปี พ.ศ.2549-2551 ด้วย

ผลการศึกษาแยกตามกิจกรรม

<u>ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา</u>

จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่วิเคราะห์ในระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2553 จะเห็นได้ชัดเจนว่าในมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางลมในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แตกต่างไปจากช่วงเวลาก่อนหน้าที่จะมีการสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่นค่อนข้างชัดเจน ส่วนลมในช่วงการเปลี่ยนฤดูมรสุมและช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทิศทางและความเร็วลมยังคงอยู่ในทิศทางคล้ายคลึงกัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างเวลาเช่นเดียวกัน ส่วนผลกระทบจากพายุจรในช่วงหลังจากการสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่นนั้นยังไม่ได้รับผลกระทบเนื่องจากยังไม่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนผ่านพื้นที่ศึกษา

<u>ความสูงและคาบคลื่นด้านหน้า/ด้านหลังเขื่อนกันคลื่น</u>

ความสูงคลื่นนัยสำคัญบริเวณชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.05 – 0.5 เมตร โดยความสูงคลื่นจะมากในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมในเดือนมีนาคมและเมษายนจนถึงช่วงต้นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ประมาณเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ความเร็วลมโดยเฉลี่ยมากที่สุดในรอบปี ความสูงคลื่นมีค่าระหว่าง 0.1-0.5 เมตร ลิมิตของความสูงคลื่นมากสุดประมาณ 0.5 เมตร สำหรับพื้นที่ชายฝั่งที่มีความลึก 2-3 เมตรและความเร็วลมในระดับ 5 เมตรต่อวินาที หากคลื่นสูงกว่านี้จะเกิดการแตกตัว ความสูงคลื่นน้อยสุดในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในเดือนธันวาคม โดยมีค่าประมาณ 0.05 เมตร

คาบคลื่นอยู่ในช่วง 3-5.5 วินาที โดยสามารถแยกเป็นคลื่น Swell ซึ่งมีคาบคลื่นมากกว่า 5 วินาที และความยาวคลื่นมากกว่า 20 เมตร และคลื่นลม (Wind wave) ซึ่งมีคาบคลื่นและความยาวคลื่นน้อยกว่า 5 วินาที และ 20 เมตรตามลำดับ โดยรวมแล้วความสูงคลื่นค่อนข้างสัมพันธ์กับความเร็วลมในพื้นที่ แต่ในบางครั้งอาจตรวจวัดความสูงคลื่นนัยสำคัญได้ค่ามากแต่ความเร็วลมน้อย เนื่องเกิดคลื่น swell จากนอกชายฝั่งเคลื่อนตัวเข้ามาในพื้นที่และบางครั้งลมที่ตรวจวัดมีความเร็วสูงแต่ความสูงคลื่นต่ำเนื่องจากลมไม่ได้พัดต่อเนื่องเป็นเวลานาน หรือลมพัดมาจากชายฝั่งซึ่งห่างจากแนวเขื่อนกันคลื่นไม่มาก คลื่นจากลมจึงยังพัฒนาได้ไม่เต็มที่

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างด้านหน้าและด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นจะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่าในช่วงที่ความสูงคลื่นมีค่ามากๆ ราว 0.3-0.5 เมตร และคลื่นเคลื่อนที่มากจากทิศใต้ตั้งฉากกับแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่นความสูงคลื่นด้านหลังเขื่อนจะมีค่าน้อยกว่าด้านหน้าอย่างชัดเจน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากระยะทางในการพัฒนา

ตัวของคลื่น (Fetch length) ในอ่าวไทยมายังชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน ระยะทางมากสุดประมาณ 660 กิโลเมตร จากทิศใต้ ซึ่งทิศทางคลื่นเคลื่อนที่เข้ามาจะตั้งฉากกับแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่นพอดี ทำให้เขื่อนมีประสิทธิภาพการสลายกำลังคลื่นดีที่สุดในช่วงที่มีคลื่นแรง

พลังงานศักย์ของคลื่นเปลี่ยนแปลงตามความสูงและทิศทางคลื่น โดยมีค่ามากสุดประมาณ $8x10^{-7}$ m^2/s ในช่วงคลื่นแรงและเคลื่อนตัวมาจากทิศใต้ สำหรับช่วงคลื่นลมสงบในเดือนธันวาคมพลังงานคลื่นน้อยมากจนเกือบเป็นศูนย์ ประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่นขึ้นอยู่กับความสูงคลื่นและชนิดของคลื่น โดยเขื่อนสามารถลดพลังงานศักย์คลื่นได้ 0-50 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่ความสูงคลื่นโดยเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 0.2 เมตร หรือเป็นคลื่น swell ซึ่งมีคาบคลื่นมากกว่า 5 วินาทีและความยาวคลื่นยาว แต่เขื่อนจะไม่สามารถลดพลังงานศักย์คลื่นได้และพลังงานศักย์ด้านหลังเขื่อนอาจจะมากกว่าด้านหน้าเขื่อนได้ในช่วงที่ความสูงคลื่นนัยสำคัญโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า 0.2 เมตร และเป็นคลื่นชนิดคลื่นลม (wind wave) เนื่องจากคลื่นลมสามารถเกิดขึ้นได้อีกที่ด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นและยังส่งผลให้พลังงานคลื่นด้านหลังเขื่อนเพิ่มขึ้นอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามพลังงานคลื่นที่เกิดขึ้นในช่วงนี้มีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงคลื่นแรง

การคำนวณความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำ (Bottom orbital velocity) เปลี่ยนแปลงตามความสูงคลื่นและความลึกน้ำเป็นหลัก คือ ในช่วงที่มีความสูงคลื่นมากจะทำให้ความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำมีค่ามาก และความเร็วกระแสน้ำเป็นวงที่ท้องน้ำจะลดลงตามความสูงคลื่นที่ลดลง ความลึกน้ำที่ลดลงด้านหลังเขื่อนจะช่วยเพิ่มความสูงคลื่นให้มากขึ้นทำให้ความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำด้านหลังเขื่อนเพิ่มขึ้นมากกว่าด้านหน้า แต่สำหรับคลื่นที่มีความสูงคลื่นโดยประมาณมากกว่า 0.35 เมตร จะถูกลดทอนความสูงคลื่นโดยเขื่อนสลายกำลังคลื่นจนส่งผลให้ความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำด้านหลังเขื่อนน้อยกว่าด้านหน้าได้ ความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำด้านหลังเขื่อนมีค่าอยู่ในช่วง 0.05-0.033 m/s อนุภาคส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่าทรายแป้งขนาดกลาง (Median silt) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 0.0156 มิลลิเมตร สรุปได้ว่าอนุภาคส่วนใหญ่ด้านหลังเขื่อนไม่เกิดการกัดเซาะ ยกเว้นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าทรายแป้งหยาบ (Coarse silt) ที่มีขนาดตั้งแต่ 0.0156 มิลลิเมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นเพียงองค์ประกอบเล็กน้อยของตะกอนด้านหลังแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่น

<u>การสะสมตัวของตะกอนด้านหลังเขื่อนกันคลื่น</u>

การติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนด้านหลังเขื่อนกันคลื่นพบว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่นมีประสิทธิภาพในการหยุดยั้งการกัดเซาะชายฝั่งทะเล นอกจากนั้นยังช่วยเก็บเกี่ยวตะกอนให้มีการสะสมตัวบริเวณหลังเขื่อนโดยเฉลี่ยเดือนละ 1-3 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามเมื่อระดับตะกอนเพิ่มถึงระดับหนึ่งประมาณ 20-30 เซนติเมตรแล้วไม่พบการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอีก การเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนในช่วง 2 ปีหลังของโครงการวิจัยระยะที่ 2 มีค่าคงที่นั้นเป็นเพราะมีตะกอนบางส่วนได้ถูกลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดพาออกไปสู่นอกชายฝั่งโดยเฉพาะช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคมและคลื่นบางส่วนในช่วงมรสุมตะวัยตกเฉียงใต้ยังสามารถทะลุผ่านช่องว่างของโครงสร้างขุนสมุทรจีนบริเวณปากร่องน้ำ ที่ทางโครงการวิจัยฯได้เว้นไว้สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างป้องกันในส่วนที่สอง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการก่อสร้างโครงสร้างส่วนที่สองที่ได้ออกแบบไว้แล้วในการจดสิทธิบัตร โครงสร้างส่วนที่สองได้ออกแบบไว้สำหรับป้องกันไม่ให้ตะกอนเคลื่อนที่ออกนอกชายฝั่งเร็วเกินไปอีกทั้งเป็นการรักษาร่องน้ำตามธรรมชาติให้ประชาชนในพื้นที่สามารถใช้งานได้เป็นปกติ ซึ่งหากมีการก่อสร้างโครงสร้างส่วนที่สองตามแบบจำลองต้นแบบเสร็จสมบูรณ์ครบถ้วนจะทำให้ระดับการสะสมตัวตะกอนชายฝั่งบริเวณสถานีศึกษานำร่องบ้านขุนสมุทรจีนจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

<u>การสำรวจผลกระทบการกัดเซาะจากคลื่นม้วนตัวปะทะโครงสร้าง (Scouring)</u>

ผลการสำรวจการกัดเซาะฐานรากของเสาเขื่อนรวม 3 ครั้งพบว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนของทุกปี การกัดเซาะโดยคลื่นม้วนตัวบริเวณฐานรากของเสาเข็มอยู่ที่ประมาณ 30-70 เซนติเมตร แต่ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ของทุกปี มีการพาตะกอน

บริเวณหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นมาสะสมบริเวณฐานรากของเสาเข็มประมาณ 20-50 เซนติเมตร จึงทำให้แนวเสาเข็มของเขื่อนสลายกำลังคลื่นมีเสถียรภาพสูงมาก โดยเฉลี่ยทั้งปีของมรสุมทั้ง 2 ฤดูมีการกัดเซาะโดยคลื่นม้วนตัวบริเวณฐานของเสาเข็มประมาณ 10-20 เซนติเมตร การติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นท้องทะเลบริเวณฐานรากของเสาเข็มในอนาคตอาจจะไม่มีความจำเป็นจะมีการตรวจวัดอีกในอนาคต ข้อมูลการเคลื่อนที่ของตะกอนบริเวณชายฝั่งในแต่ละฤดูกาลสามารถช่วยให้นักวิจัยนำมาปรับปรุงประสิทธิภาพของการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งและการเสริมตะกอนให้ชายฝั่งในอนาคตเพื่อป้องกันปัญหาผลกระจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอนาคตได้เป็นอย่างดี

<u>การติดตามและตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเล</u>

จากผลการสำรวจระดับท้องน้ำตั้งแต่ชายฝั่งทะเลออกไป 12 กิโลเมตร จำนวน 3 แถว คือที่บ้านขุนสมุทรจีน บ้านพันท้ายนรสิงห์ และบ้านบางปู จังหวัดสมุทรปราการ 2 ครั้งในปี พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2553 เทียบกับแผนที่เดินเรือของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ พ.ศ. 2503 เป็นเวลา 48 ปี (พ.ศ. 2503-2551) พบการถอยร่นของแนวชายฝั่งในอัตราต่างๆ กัน นอกจากนี้ระดับท้องทะเลก็ลดลงไปด้วยโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลที่มีระดับท้องน้ำลดลงไปค่อนข้างมาก นอกจากอิทธิพลของคลื่นแล้วน่าจะมีผลมาจากการบุกรุกป่าชายเลนมาเป็นบ่อกุ้ง-บ่อปลาทำให้คลื่นสะท้อนกลับรุนแรงขึ้น การทรุดตัวของแผ่นดิน และขาดตะกอนจากบกสู่ทะเล เป็นต้น

จากการเปรียบเทียบพื้นท้องทะเลของแนวสำรวจทั้ง 3 จุด ในระหว่างปีพ.ศ. 2551 ปีพ.ศ. 2553 และ ปี พ.ศ.2555 พบว่าพื้นท้องทะเลมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลยในบริเวณแนวสำรวจที่ 1 ในบริเวณพื้นที่บ้านคลองตำหรุ สำหรับแนวสำรวจที่ 2 ในบริเวณพื้นที่บ้านขุนสมุทรจีน พบว่ามีการกัดเซาะพื้นท้องทะเลเพียงเล็กน้อยบริเวณพื้นท้องทะเลบริเวณแนวสำรวจที่กิโลเมตรที่ 5-12 และข้อมูลแนวสำรวจที่ 3 ในบริเวณพื้นที่บ้านโคกขามพบการกัดเซาะพื้นท้องทะเลเพียงเล็กน้อยบริเวณ 1 กิโลเมตรแรก ส่วนบริเวณอื่นๆ แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นท้องทะเลของอ่าวไทยตอนบนพบว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นผลการตรวจวัดในปี พ.ศ. 2551 ปี พ.ศ. 2553 และ ปี พ.ศ. 2555 จึงแทบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามอาจเกิดเหตุการณ์ไม่ปกติ เช่น เกิดพายุพัดเข้ามาในพื้นที่ หรือน้ำท่วม เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นท้องทะเลอ่าวไทยตอนบนอย่างเฉียบพลันได้

<u>การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง</u>

การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำในโครงการนี้ได้ทำการตรวจวัดทั้งหมด 6 ครั้งโดยครอบคลุมทั้งฤดูมรสุมและช่วงเปลี่ยนฤดู โดยจะขอสรุปรวมเป็นในแต่ละฤดูกาลทั้ง 4 ช่วงดังนี้

ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ได้ทำการตรวจวัดด้วยกัน 2 ครั้ง คือครั้งแรกในระหว่างวันที่ 12-18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 และครั้งที่สองระหว่างวันที่ 19-27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 โดยในครั้งแรกทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 2 สถานี ที่ 2 ระดับ พบว่าตะกอนแขวนลอยเกิดจากการที่คลื่นกวนตะกอนท้องน้ำให้ฟุ้งกระจายขึ้นมายิ่งใกล้ฝั่งจะมีตะกอนท้องน้ำฟุ้งกระจายขึ้นมาได้มากขึ้น การเคลื่อนตัวสุทธิถูกพัดพาไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ตามอิทธิพลของกระแสน้ำเนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งสัดส่วนอนุภาคตะกอนส่วนใหญ่เป็นอนุภาคทรายแป้งรองลงมาเป็นอนุภาคดินเหนียว ส่วนอนุภาคทรายมีอยู่น้อย ส่วนการตรวจวัดครั้งที่สองได้ทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 4 สถานี ที่ 3 ระดับ พบว่าการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือเนื่องจากช่วงเวลาตรวจวัดครั้งที่ 2 นี้ทิศทางลมเริ่มมีการเปลี่ยนทิศทางโดยอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้และลมใต้เริ่มพัดแรงเข้ามาในช่วงการตรวจวัด ทำให้กระแสน้ำระดับบนมีการไหลไปในทิศทางดังกล่าว ส่วนการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำพบว่าตะกอนสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งคาดว่ายังเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันออกและลมตะวันเฉียงเหนือที่ทำให้กระแสน้ำที่ท้องน้ำยังมีทิศทางไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ โดยมี

สัดส่วนของอนุภาคตะกอนดินเหนียวและสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ ส่วนสัดส่วนของอนุภาคทรายนั้นมีสัดส่วนที่น้อยมากในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจากการเคลื่อนตัวของตะกอนในช่วงนี้ทำให้พอทราบว่า มีการเคลื่อนตัวของตะกอนเข้าไปสะสมตัวบริเวณด้านหลังเขื่อนน้อย โดยตะกอนจะไปสะสมตัวบริเวณด้านข้างวัดและด้านข้างสะพานวัดทางด้านตะวันตกมากกว่า

ช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้ทำการตรวจวัดด้วยกัน 2 ครั้ง คือครั้งแรกในระหว่างวันที่ 25 กรกฎาคม – 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 และครั้งที่สองระหว่างวันที่ 7-14 สิงหาคม พ.ศ. 2554 โดยในครั้งแรกทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 4 สถานี ที่ 3 ระดับ พบว่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันออก และจากการพิจารณาสัดส่วนของอนุภาคตะกอนพบว่าบริเวณใกล้ฝั่งจะมีสัดส่วนของดินเหนียวสูงและรองลงมาเป็นสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้ง แต่เมื่อไกลฝั่งออกไปปริมาณสัดส่วนดินเหนียวจะค่อยๆลดลง และสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งจะค่อยๆเพิ่มขึ้น ส่วนสัดส่วนของอนุภาคทรายนั้นมีสัดส่วนที่น้อยมากในพื้นที่ศึกษา สำหรับการตรวจวัดครั้งที่ 2 ทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 4 สถานี ที่ 3 ระดับ จากการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำในช่วงนี้พบว่าภาพรวมแล้วทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปทางตะวันตกเฉียงเหนือซึ่งต่างจากการทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนในการตรวจวัดครั้งแรก เนื่องด้วยอิทธิพลจากตะกอนและกระแสน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่เข้ามาทางด้านตะวันออกมากกว่าช่วงการตรวจวัดครั้งแรก จึงทำให้การเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำจะมีแนวโน้มการเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมที่พัดมาจากทางทิศใต้ ส่วนปริมาณตะกอนในแต่ละระดับพบว่าตะกอนระดับบนจะน้อยกว่าตะกอนระดับล่างเสมอ โดยแต่ละสถานีมีสัดส่วนอนุภาคตะกอนใกล้เคียงกับการตรวจวัดครั้งแรก ซึ่งจากการเคลื่อนที่ของตะกอนในการตรวจวัดทั้งสองครั้งในช่วงฤดูนี้ พอทำให้ทราบว่ามีการเคลื่อนตัวของตะกอนเข้าไปสะสมตัวบริเวณด้านหลังเขื่อนมากขึ้นโดยจะเคลื่อนตัวไปสะสมที่บริเวณด้านข้างวัดและบริเวณด้านข้างสะพานของวัดทางด้านตะวันออก

ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมครั้งที่ 1 ได้ทำการตรวจวัด1 ครั้ง ในระหว่างวันที่ 26 เมษายน – 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 โดยทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 3 สถานี ที่ 3 ระดับพบว่า การเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ เนื่องมาจากอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้และลมใต้ จากการพิจารณาสัดส่วนอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ ส่วนอนุภาคตะกอนทรายมีน้อยมาก ซึ่งจากการเคลื่อนที่ของตะกอนในการตรวจวัดในช่วงฤดูนี้ พอทำให้ทราบว่ามีการเคลื่อนตัวของตะกอนเข้าไปสะสมตัวบริเวณด้านหลังเขื่อนมากขึ้นโดยจะเคลื่อนตัวไปสะสมที่บริเวณด้านข้างวัดและบริเวณด้านข้างสะพานของวัดทางด้านตะวันออกรวมถึงบริเวณใกล้ๆกับแนวป่าชายเลนฝั่งตะวันออกด้วย

ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมครั้งที่ 2 ได้ทำการตรวจวัด1 ครั้ง ในระหว่างวันที่ 14 -21 ตุลาคม พ.ศ. 2554 โดยทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 4 สถานี ที่ 3 ระดับ พบว่าการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำในช่วงเปลี่ยนฤดูนี้ มีการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดแรงเข้ามาในช่วงนี้ รวมกับอิทธิพลจากตะกอนและกระแสน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาร่วมด้วย โดยมีสัดส่วนอนุภาคอนุภาคทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาเป็นอนุภาคดินเหนียว ส่วนสัดส่วนอนุภาคทรายมีน้อยมากในบริเวณนี้ ซึ่งจากการเคลื่อนตัวของตะกอนในช่วงนี้ทำให้พอทราบว่า มีการเคลื่อนตัวของตะกอนเข้าไปสะสมตัวบริเวณเดียวกับช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

<u>การวิเคราะห์ข้อมูลสมุทรศาสตร์</u>

การไหลเวียนของน้ำเกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงและลมที่ผิวหน้าน้ำ กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงเป็นแบบคลื่นนิ่ง (standing wave) และมีความเร็วต่ำเนื่องจากอยู่กันอ่าว กระแสน้ำสุทธิเกิดจากอิทธิพลของลมเป็นหลัก จากการสำรวจทั้ง 2 ครั้งเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 มีลมพัดมาจากทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ทำให้

กระแสน้ำสุทธิไหลไปทางทิศตะวันออก ขณะที่กระแสน้ำสุทธิในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยทิศทางของกระแสน้ำสุทธิสวนทางกับการเคลื่อนตัวสุทธิของตะกอนแขวนลอยจากเครื่องดักตะกอน ความเค็มของน้ำประมาณ 30 psu ซึ่งเป็นคุณสมบัติของน้ำชายฝั่งทะเลที่มีน้ำท่าลงมาเจือจางเล็กน้อย สำหรับอุณหภูมิของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยอุณหภูมิน้ำต่ำในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแล้วเพิ่มสูงขึ้นในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยในเขตน้ำตื้น (ไม่เกิน 8 เมตร) จะสัมพันธ์กับความสูง(พลังงาน)คลื่นอย่างชัดเจน สังเกตจากตะกอนแขวนลอยจากการสำรวจครั้งที่ 1 จะต่ำเพราะคลื่นไม่รุนแรงขณะที่ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยในการสำรวจครั้งที่ 2 สูงเมื่อมีคลื่นรุนแรง

<u>การประเมินปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยตามฤดูกาลด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข</u>

การประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยรวมทั้งตะกอนท้องน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขเริ่มต้นจากแบบจำลองเชิงตัวเลขของการไหลเวียนของน้ำอันเนื่องมาจากน้ำขึ้นน้ำลงและลมที่ผิวหน้าน้ำในพื้นที่อ่าวไทยตอนบนทั้งอ่าวโดยมีการตรวจสอบความถูกต้องของผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลขด้วยข้อมูลการตรวจวัด 2 ครั้ง พบว่าแบบจำลองสามารถจำลองการไหลของน้ำได้ถูกต้อง ต่อมาทำนายคลื่นจากข้อมูลลมแล้วตรวจสอบความถูกต้องกับผลการตรวจวัดคลื่นจริงซึ่งจะเห็นได้ว่าคลื่นทำนายไม่ตรงกับผลการตรวจวัดด้วยสาเหตุหลายประการ เช่น ตรวจวัดคลื่นได้เฉพาะคลื่นขนาดเล็ก หรือข้อมูลลมจากสถานีตรวจวัดอากาศอาจะไม่ใช่ตัวแทนที่ดีของลมในทะเล เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อได้ข้อมูลกระแสน้ำ คลื่น และขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำก็สามารถจะประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนที่ฟุ้งมาจากท้องน้ำได้โดยใช้แบบจำลองอีกชุดหนึ่ง ผลการประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนที่ฟุ้งมาจากท้องน้ำบริเวณชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการในช่วงปี พ.ศ. 2549-2554 พบว่าการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิไปทางทิศตะวันออกเข้าหาปากร่องน้ำเจ้าพระยาในอัตราประมาณ 30,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับตัวเลขที่ทางบริษัท SEATEC เคยประเมินไว้ ทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลสอดคล้องกับการไหลสุทธิของมวลน้ำบริเวณก้นอ่าว เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผลจากแบบจำลองจะต้องมีการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนบริเวณชายฝั่งโดยหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งทำให้ตะกอนท้องน้ำฟุ้งขึ้นมามากกว่าอิทธิพลของคลื่น+กระแสน้ำ

<u>สรุปและข้อเสนอแนะ</u>

การดำเนินงานได้ผลตรงตามวัตถุประสงค์ ข้อมูลจากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่นสามารถลดกำลังคลื่นได้ดีหากเป็นคลื่นที่มีพลังงานมาก(ความสูงคลื่นมากหรือเคลื่อนที่ได้เร็ว)และเคลื่อนที่มาจากทิศใต้เข้ามาปะทะเขื่อน ประสิทธิภาพของเขื่อนสามารถลดพลังงานศักย์คลื่นได้สูงสุด 50 เปอร์เซ็นต์ อนึ่งเขื่อนจะไม่สามารถลดพลังงานคลื่นได้หากเกิดคลื่นด้านหลังเขื่อนเมื่อลมพัดมาจากทิศเหนือ

ประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งคือเขื่อนสลายกำลังคลื่นสามารถดักตะกอนไว้ด้านหลังเขื่อนหรือไม่ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่ามีการสะสมตัวของตะกอนด้านหลังเขื่อนและจะเข้าสู่สมดุลเมื่อชั้นตะกอนเพิ่มขึ้นถึงระดับ 10-20 เซนติเมตร หากตะกอนมากกว่านี้จะถูกคลื่นและกระแสน้ำกัดเซาะออกไป ดังนั้นเขื่อนในสภาพปัจจุบันจะไม่สามารถทำให้ตะกอนสะสมด้านหลังเขื่อนจนสูงพ้นผิวน้ำได้จึงต้องมีการปรับปรุงเขื่อน เช่นก่อสร้างแนวเขื่อนให้ยาวออกไป ปิดทางเปิดด้านหน้าเขื่อน หรือปิดกั้นด้านข้างของพื้นที่ด้านหลังเขื่อนเพื่อช่วยดักตะกอนไม่ให้ไหลออกไป

ข้อเสนอแนะสำหรับโครงการวิจัยในระยะต่อไป ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อการทดลองเติมตะกอนให้ชายฝั่งเนื่องจากภาพรวมของชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนบนตะกอนส่วนใหญ่ถูกกัดเซาะและตะกอนถูกพัดพาออกสู่นอกชายฝั่งจำนวนมาก อีกทั้งตะกอนจากแม่น้ำสายต่างๆก็มีปริมาณแขวงลอยลดน้อยลงเนื่องมาจากผลกระทบของการสร้างเขื่อนบริเวณทางตอนบนของลุ่มน้ำ ทำให้ตะกอนบริเวณชายฝั่งไม่พอจึงมีการกัดเซาะตะกอนที่เป็นแผ่นดิน ดังนั้นนอกจากที่นักวิจัยจะทำการคิดค้นโครงสร้างที่ช่วยลดพลังงานคลื่นให้น้อยลงแล้วควรจะมีการทดลองเติมตะกอนให้ชายฝั่งโดยการสูบตะกอนบางส่วนจากนอกชายฝั่งให้กลับเข้าสู่ระบบอีกครั้ง ทำให้ชายฝั่งไม่เกิดการกัด

เซาะเพิ่ม ผู้วิจัยมีความเห็นว่าประเทศไทยเราขาดงานวิจัยและการทดลองในพื้นที่เล็กๆที่ช่วยแก้ไขปัญหาพิบัติภัยที่เกิดขึ้นจริงในประเทศ งานแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่มีในปัจจุบันเรายังใช้แนวความคิดและวิธีการแบบเก่าๆ ประเทศไทยมีความจำเป็นต้องพัฒนาความรู้ ความเข้าใจรวมถึงเทคโนโลยีใหม่ๆในการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งโดยใช้ข้อมูลจากการวิจัยมาสนับสนุนการแก้ไขปัญหาระยะยาว

สัญญาเลขที่ RDG5230023

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ "การประเมินประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งด้วยโครงสร้าง และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเลและแนวชายฝั่งในพื้นที่นำร่อง บ้านขุนสมุทรจีน บริเวณอ่าวไทยตอนบน"

คณะผู้วิจัย	สังกัด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ โศจิศุภร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ บุศราศิริ ธนะ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

คำนำ

บริเวณก้นอ่าวไทยตอนบนเกิดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอย่างรุนแรงในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาด้วยสาเหตุหลาย ๆ ประการประกอบกัน อาทิเช่น การทรุดตัวของแผ่นดินจากการดูดน้ำบาดาลไปใช้เกินกว่าจะมีน้ำมาทดแทนได้ การลดลงของปริมาณตะกอนจากแผ่นดิน การเปลี่ยนแปลงป่าชายเลนเป็นนากุ้ง นาเลี้ยงปลาทำให้ชายฝั่งขาดปราการตามธรรมชาติในการลดแรงกัดเซาะจากคลื่นทำให้ชายฝั่งทะเลเกิดการถอยร่นอย่างรวดเร็ว เป็นต้น จึงเกิดแนวคิดในการก่อสร้างโครงสร้างชายฝั่งหลากหลายรูปแบบที่ช่วยลดแรงปะทะจากคลื่น เกิดสภาพน้ำนิ่งหลังแนวโครงสร้าง ทำให้ลดการกัดเซาะตะกอนท้องน้ำและช่วยให้ตะกอนแขวนลอยสามารถตกตะกอนได้ง่ายยิ่งขึ้น ช่วยในการสร้างเสถียรภาพของชายฝั่ง

โครงสร้างที่ผู้วิจัย (ศ.ดร.ธนวัฒน์ จารุพงศ์สกุล) ได้พัฒนาขึ้นนี้ได้รับเงินสนับสนุนการก่อสร้างจากจังหวัดสมุทรปราการ โครงสร้างเป็นเสาสามเหลี่ยมปักเป็นแนวเรียงซ้อนกันแบบสับหว่างจำนวน 3 แถว มีชื่อว่า “ขุนสมุทรจีน 49A2” และดำเนินการนำร่องติดตั้งอยู่ที่ชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการขอจดอนุสิทธิบัตรไว้แล้ว และ สกว. ได้ให้ทุนศึกษาภายใต้โครงการ “การศึกษาบูรณาการเชิงพื้นที่เพื่อแก้ปัญหาน้ำทะเลกัดเซาะชายฝั่งสมุทรปราการ : กรณีศึกษานำร่องเพื่อการออกแบบ ณ บ้านขุนสมุทรจีน ต.แหลมฟ้าผ่า อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ” เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่น ผลการศึกษาในช่วงเวลา 2 ปี พบว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่น “ขุนสมุทรจีน 49A2” ช่วยลดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณบ้านขุนสมุทรจีนลงได้ มีการเพิ่มขึ้นของตะกอนริมชายฝั่งโดยเฉพาะอนุภาคตะกอนขนาดเล็กประเภทดินเหนียว มีสาหร่ายที่มีเมือกจำพวกไดอะตอมและไซยาโนแบคทีเรียเกาะยึดหน้าดิน และเกิดความอุดมสมบูนณ์ทางชีวภาพของพืชและสัตว์น้ำหลายชนิด

แม้กระนั้นก็ตาม ผลการศึกษายังไม่มีผลการประเมินประสิทธภาพของเขื่อนในการสลายกำลังคลื่นที่เข้ามาจากทิศทางต่าง ๆ กัน และทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่งตามฤดูกาลที่แน่ชัด ในการอธิบายประสิทธิภาพได้อย่างสมบูรณ์ในการสร้างความเชื่อมั่นของโครงสร้างฯ ที่พัฒนาขึ้นให้กับหน่วยงานของรัฐและประชาชนในวงกว้างได้ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้ต้องการเพิ่มความแม่นยำข้อมูลยืนยันประสิทธิภาพของโครงสร้าง “ ขุนสมุทรจีน 49A2” และยกระดับความรู้ความเข้าใจการจัดการปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในการขยายผลต้นแบบและรูปแบบโครงสร้างไปดำเนินการในพื้นที่อื่นๆ โดยเฉพาะอ่าวไทยตอนบนที่เป็นพื้นที่วิกฤตที่มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งสูงสุดของประเทศ

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG5230023

ชื่อโครงการ : การประเมินประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งด้วยโครงสร้างและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเล และแนวชายฝั่งในพื้นที่นำร่อง บ้านขุนสมุทรจีน บริเวณอ่าวไทยตอนบน

ชื่อนักวิจัย : ปราโมทย์ โศจิศุภร[1], ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล[1], บุษราศิริ ธนะ[1]
([1]คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

Email address : pramot.s@chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : กันยายน 2553 – ตุลาคม 2555

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งด้วยโครงสร้าง “ขุนสมุทรจีน 49A2” ในพื้นที่นำร่องที่บ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการ โดยการวิเคราะห์การลดพลังงานคลื่น ที่เคลื่อนตัวเข้าหาฝั่งและอัตราการสะสมตะกอนท้องน้ำบริเวณด้านหลังแนวเขื่อนกันคลื่น และศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเลและแนวชายฝั่งในอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันตก โดยมีสมมุติฐานว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่นช่วยสลายพลังงานคลื่นและทำให้เกิดการสะสมของตะกอนด้านหลังเขื่อน

ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2553 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทิศทางลมในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อเทียบกับช่วงก่อนการสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่นค่อนข้างชัดเจน ในช่วงดังกล่าวไม่มีพายุเคลื่อนผ่านเข้ามาในพื้นที่ศึกษาจึงไม่เกิดการกัดเซาะชายฝั่งเนื่องจากพายุ เขื่อนจะมีประสิทธิภาพในสลายกำลังคลื่นได้ดีที่สุดเมื่อคลื่นมีความสูง 0.3-0.5 เมตร และเคลื่อนที่มาจากทิศใต้ โดยสามารถลดพลังงานศักย์คลื่นได้มากที่สุดราว 50 เปอร์เซ็นต์ ตะกอนเกิดการสะสมตัวบริเวณหลังเขื่อนเฉลี่ยเดือนละ 1-3 เซนติเมตร แต่เมื่อระดับตะกอนเพิ่มขึ้นถึงระดับ 20-30 เซนติเมตรจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอีก การกัดเซาะฐานรากของเสาเขื่อนสลายกำลังคลื่นอยู่ที่ประมาณ 30-70 เซนติเมตร ซึ่งถือว่าแนวเสาเข็มของเขื่อนสลายกำลังคลื่นมีเสถียรภาพสูงมาก ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นท้องทะเลเกิดขึ้นอย่างช้าๆ อย่างไรก็ตามอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นท้องทะเลอย่างเฉียบพลันได้หากเกิดเหตุการณ์ไม่ปกติ เช่น เกิดพายุพัดเข้ามาในพื้นที่ หรือน้ำท่วม เป็นต้น ขนาดอนุภาค ปริมาณ และทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกและเวลาซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานคลื่น ทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิไปทางตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลัก การประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งโดยแบบจำลองเชิงตัวเลขในช่วงปี พ.ศ. 2549-2554 พบว่าการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิไปทางทิศตะวันออกเข้าหาปากร่องน้ำเจ้าพระยาในอัตราประมาณ 30,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลสอดคล้องกับการไหลสุทธิของมวลน้ำบริเวณก้นอ่าว

คำหลัก : ขุนสมุทรจีน 49A2, การลดพลังงานคลื่น, การสะสมของตะกอนท้องน้ำ, อ่าวไทยตอนบน

Abstract

Project Code : RDG5230023

Project Title : The Evaluation on the Effectiveness of Solving the Coastal Erosion by Hard Structure and Analysis of Coastal and Seabed Change at the Pilot Site : Ban Khun Samut Chin in the Upper Gulf of Thailand

Investigators : Sojisuporn P. [1], Jarupongsakul T. [1], Thana B. [1]

([1]Faculty of Science, Chulalongkorn University)

Email address : pramot.s@chula.ac.th

Project Duration : September 2009 – October 2011

The purpose of this project is to evaluate the effectiveness of "Khun Samut Chin 49A2" pile structure in reducing incoming wave height & energy and promoting sediment deposition behind the structure. The main hypothesis is that this structure can reduce the incoming wave energy, hence increasing the chance of sediment particle deposition.

Analysis of meteorological data during 2006-2010 A.D. has shown that wind direction during the SW monsoon season has shifted toward southerly wind instead of southwesterly wind. Wind pattern during the NE monsoon season does not change from earlier study. There is no storm passing through the studied area during the study period. Analysis of significant wave height and wave energy in front of and behind the pile structure revealed that the structure is most effective when the incoming wave is about 0.3-0.5 m in height and the wave comes from the south. The structure can reduce the wave energy up to 50%. Measurement of sediment accumulation behind the pile structure has shown that sediment accumulation rate is about 1-3 cm per month. The accumulation stops once the accumulated sediment thickness is about 20-30 cm. Scouring at the base of the pile structure is found to be 30-70 cm. Base of this scouring depth, the pile structure is deemed stable (the lower end of the pile was pushed down 3-5 m below the seabed.). Depth survey of the bottom bathymetry during 2008, 2010 and 2012 reveals that the bottom depth changed very slowly. However, storm or flooding if ever happens would result in the abrupt change of the bottom topography. Measurement of suspended and bottom sediment transport has shown that particle size, amount and direction of sediment transport can change with sampling depth and with season. The net transport direction was northeastward. Estimation of suspended sediment and bed-load transport using the numerical models indicated the annual sediment transport of 30,000 m^3/yr and the transport direction was eastward.

Keywords : Khun Samut Chin 49A2, Wave energy reduction, Sediment Accumulation, Upper Gulf of Thailand

สารบาญ

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ค

สารบาญรูป

สารบาญตาราง

บทที่ 1
บทนำ

<u>หลักการและเหตุผล</u>

อ่าวไทยตอนในเกิดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอย่างรุนแรงในช่วง 30 ปีที่ผ่านมานี้เนื่องจากสาเหตุหลาย ๆ อย่างประกอบกัน อาทิเช่น การทรุดตัวของแผ่นดินจากการดูดน้ำบาดาลไปใช้เกินกว่าจะมีน้ำมาทดแทนได้ ปริมาณตะกอนจากแผ่นดินลดลงกว่า 75 เปอร์เซนต์เมื่อมีการก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำไว้ที่ต้นน้ำ การขุดลอกร่องน้ำแล้วนำตะกอนไปทิ้งทะเลเป็นการนำตะกอนออกจากชายฝั่ง เป็นต้น นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงป่าชายเลนเป็นนากุ้ง นาเลี้ยงปลาทำให้ชายฝั่งขาดปราการตามธรรมชาติในการลดแรงกัดเซาะจากคลื่นทำให้ชายฝั่งทะเลเกิดการถอยร่นอย่างรวดเร็ว จึงเกิดแนวคิดในการก่อสร้างโครงสร้างชายฝั่งที่ช่วยลดแรงปะทะจากคลื่น เกิดสภาพน้ำนิ่งหลังแนวโครงสร้าง ทำให้ลดการกัดเซาะตะกอนท้องน้ำและช่วยให้ตะกอนแขวนลอยสามารถตกตะกอนได้ง่ายยิ่งขึ้น ช่วยในการสร้างเสถียรภาพของชายฝั่ง

โครงสร้างที่ผู้วิจัย (ศ.ดร.ธนวัฒน์ จารุพงศ์สกุล) ได้พัฒนาขึ้นนี้ได้รับเงินสนับสนุนการก่อสร้างจากจังหวัดสมุทรปราการ โครงสร้างเป็นเสาสามเหลี่ยมปักเป็นแนวเรียงซ้อนกันแบบสับหว่างจำนวน 3 แถว มีชื่อว่า “ขุนสมุทรจีน 49A2” และดำเนินการนำร่องติดตั้งอยู่ที่ชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการขอจดอนุสิทธิบัตรไว้แล้ว และ สกว. ได้ให้ทุนศึกษาภายใต้โครงการ “การศึกษาบูรณาการเชิงพื้นที่เพื่อแก้ปัญหาน้ำทะเลกัดเซาะชายฝั่งสมุทรปราการ : กรณีศึกษานำร่องเพื่อการออกแบบ ณ บ้านขุนสมุทรจีน ต.แหลมฟ้าผ่า อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ” เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่น ผลการศึกษาในช่วงเวลา 2 ปี พบว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่น “ขุนสมุทรจีน 49A2” ช่วยลดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณบ้านขุนสมุทรจีนลงได้ มีการเพิ่มขึ้นของตะกอนริมชายฝั่งโดยเฉพาะอนุภาคตะกอนขนาดเล็กประเภทดินเหนียว มีสาหร่ายที่มีเมือกจำพวกไดอะตอมและไซยาโนแบคทีเรียเกาะยึดหน้าดิน และเกิดความอุดมสมบูรณ์ทางชีวภาพของพืชและสัตว์น้ำหลายชนิด

แม้กระนั้นก็ตาม ผลการศึกษายังไม่มีผลการประเมินประสิทธภาพของเขื่อนในการสลายกำลังคลื่นที่เข้ามาจากทิศทางต่าง ๆ กัน และทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่งตามฤดูกาลที่แน่ชัด ในการอธิบายประสิทธิภาพได้อย่างสมบูรณ์ในการสร้างความเชื่อมั่นของโครงสร้างฯ ที่พัฒนาขึ้นให้กับหน่วยงานของรัฐและประชาชนในวงกว้างได้ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้ต้องการเพิ่มความแม่นยำข้อมูลยืนยันประสิทธิภาพของโครงสร้าง “ขุนสมุทรจีน 49A2” และยกระดับความรู้ความเข้าใจการจัดการปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในการขยายผลต้นแบบและรูปแบบโครงสร้างไปดำเนินการในพื้นที่อื่นๆ โดยเฉพาะอ่าวไทยตอนบนที่เป็นพื้นที่วิกฤตที่มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งสูงสุดของประเทศ

<u>วัตถุประสงค์</u>

- เพื่อติดตามและประเมินประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งด้วยโครงสร้าง “ขุนสมุทรจีน 49A2” ในพื้นที่นำร่องที่บ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการ โดยการวิเคราะห์การลดพลังงานคลื่น ที่เคลื่อนตัวเข้าหาฝั่งและอัตราการสะสมตะกอนท้องน้ำบริเวณด้านหลังแนวเขื่อนกันคลื่น
- เพื่อศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเลและแนวชายฝั่งในอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันตก

สมมุติฐานการวิจัย

คลื่นกัดเซาะทั้งท้องทะเลและชายฝั่งทะเล เขื่อนสลายกำลังคลื่นช่วยสลายพลังงานคลื่นและทำให้เกิดการสะสมของตะกอนด้านหลังเขื่อน ประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่นขึ้นอยู่กับความสูงคลื่น ทิศทางที่คลื่นเคลื่อนตัวเข้ามา และระดับน้ำ คลื่นม้วนตัวทำให้เกิดการกัดเซาะฐานรากของเขื่อนกันคลื่น การเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยจะขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสน้ำสุทธิตามฤดูกาล ในขณะที่พลังงานคลื่นจะเป็นตัวกำหนดปริมาณการกัดเซาะตะกอนจากท้องน้ำ

รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงขอบเขตอำเภอ จังหวัดสมุทรปราการ

พื้นที่ศึกษา

การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของท้องทะเล 3 แนว คือที่บ้านขุนสมุทรจีน บ้านบางปู จังหวัดสมุทรปราการ และบ้านพันท้ายนรสิงห์ จังหวัดสมุทรสาคร ส่วนพื้นที่ศึกษาอื่นๆ จะอยู่ในบริเวณด้านหน้าและด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นที่ชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีน อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ

จังหวัดสมุทรปราการ ตั้งอยู่ปลายสุดของแม่น้ำเจ้าพระยาและด้านเหนือของอ่าวไทย ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13 – 14 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 – 101 องศาตะวันออก นิยมเรียกว่า “เมืองปากน้ำ” ห่างจากกรุงเทพไปทางตะวันออกเฉียงใต้เป็นระยะทาง 25 กิโลเมตร มีเนื้อที่ทั้งสิ้น 1,004 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 627,557 ไร่ แนวชายฝั่งทะเลของจังหวัดสมุทรปราการมีความยาวประมาณ 47 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง รูปที่ 1.1

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	กรุงเทพมหานคร (เขตราษฎร์บูรณะ และเขตพระโขนง)
ทิศใต้	ติดต่อกับ	อ่าวไทย
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	กรุงเทพมหานคร (เขตบางขุนเทียน)

เขตการปกครอง

จังหวัดสมุทรปราการแบ่งเขตการปกครอง ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 เขตการปกครอง จังหวัดสมุทรปราการ

อำเภอ	ตำบล
เมือง	ปากน้ำ สำโรงเหนือ บางเมือง ท้ายบ้าน บางปูใหม่ แพรกษา บางโปรง บางปู บางด้วน บางเมืองใหม่ เทพารักษ์ ท้ายบ้านใหม่ แพรกษาใหม่
บางบ่อ	บางบ่อ บ้านระกาศ บางพลีน้อย บางเพรียง คลองด่าน คลองสวน เปร็ง คลองนิยมยาตรา
บางพลี	บางพลีใหญ่ บางแก้ว บางปลา บางโฉลง ราชาเทวะ หนองปรือ
พระประแดง	ตลาด บางพึ่ง บางจาก บางครุ บางหญ้าแพรก บางหัวเสือ สำโรงใต้ บางยอ บางกะเจ้า บางน้ำผึ้ง บางกระสอบ บางกอบัว ทรงคนอง สำโรง สำโรงกลาง
พระสมุทรเจดีย์	นาเกลือ บ้านคลองสาน แหลมฟ้าผ่า ปากคลองบางปลากด ในคลองบางปลากด
บางเสาธง	บางเสาธง ศรีษะจรเข้น้อย ศรีษะจรเข้ใหญ่

<u>สภาพภูมิประเทศ</u>

ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม ไม่มีภูเขา มีลำคลองหลายสายเพื่อใช้ในการเกษตรและคมนาคม มีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านกลางจังหวัดทำให้แยก พื้นที่ออกเป็นด้านตะวันตกและตะวันออก โดยทั่วไปแล้วลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดสมุทรปราการ สามารถแยกออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

- บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาทั้งสองฝั่ง ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มทั้งหมด แต่เดิมเหมาะแก่การทำนา ทำสวน และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ปัจจุบันได้เปลี่ยนไปตามสภาพสภาวะเศรษฐกิจด้านอุตสาหกรรม และการขยายตัวของชุมชนเมืองทำให้พื้นที่เกษตรกรรมลดลงมาก
- บริเวณตอนใต้ใกล้ชายฝั่งทะเล น้ำทะเลท่วมถึงและพื้นดินเค็มจัดในฤดูแล้ง ลักษณะทางกายภาพของดินเป็นเลนเหลวลุ่มลึก เหมาะแก่การปลูกต้นจาก และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
- บริเวณที่ราบกว้างใหญ่ทางตอนเหนือและตะวันออก ซึ่งจะเป็นที่ราบลุ่มติดต่อกันตลอด มีคลองชลประทานหลายแห่ง เนื่องจากมีประตูสำหรับระบายและกักเก็บน้ำ อำนวยประโยชน์ในด้านการชลประทานเหมาะสมแก่การทำนา และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

<u>สภาพภูมิอากาศ</u>

จังหวัดสมุทรปราการ พื้นที่ทางทิศใต้ติดกับอ่าวไทย จึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกหนักในช่วงเดือนกันยายน - ตุลาคม ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำ ทำให้เกิดการก่อตัวของพายุใต้ฝุ่น และพายุโซนร้อนในทะเลจีนใต้ แต่โดยรวมแล้วอากาศเย็นสบายตลอดปี ไม่ร้อนจัดและไม่หนาวเย็น ความชื้นในอากาศสูง สภาพอากาศเป็นไปตามฤดูกาล คือ ฤดูร้อนเริ่มจากเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม ฤดูฝน เริ่มจากเดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม ฤดูหนาว เริ่มจากเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนกุมภาพันธ์

<u>ขอบเขตการศึกษา</u>

ระยะที่ 1 (วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2552 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2553)

- การตรวจวัดคลื่นผิวน้ำและกระแสน้ำใกล้ท้องน้ำ 8 ครั้ง
- การตรวจวัดปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยด้วยเครื่องดักตะกอนในบริเวณชายฝั่งในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ 1 ครั้ง
- การตรวจวัดการไหลของน้ำ การแพร่กระจายของความเค็ม อุณหภูมิ และตะกอนแขวนลอยในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ 1 ครั้ง

- การติดตั้งไม้วัดระดับท้องทะเลพร้อมทั้งเดินระดับไปยังไม้วัดทุกอัน
- การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนและพื้นท้องทะเลด้านหลังแนวเขื่อนกันคลื่น 6 ครั้ง
- การศึกษาการกัดเซาะ/ทับถมตะกอนในท้องทะเล 3 บริเวณ 1 ครั้ง

ระยะที่ 2 (วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2553 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2553)

- การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนและพื้นท้องทะเลด้านหลังแนวเขื่อนกันคลื่น 6 ครั้ง
- การตรวจวัดคลื่นผิวน้ำและกระแสน้ำใกล้ท้องน้ำ 13 ครั้ง
- การตรวจวัดการไหลของน้ำ การแพร่กระจายของความเค็ม อุณหภูมิ และตะกอนแขวนลอยในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 1 ครั้ง
- วิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและพายุจรในระหว่างปี พ.ศ. 2549 - 2553
- การศึกษาการกัดเซาะ/ทับถมตะกอนในท้องทะเล 3 บริเวณ 1 ครั้ง
- การตรวจวัดปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยด้วยเครื่องดักตะกอนในบริเวณชายฝั่งในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ 1 ครั้ง

ระยะที่ 3 (วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2554)

- การตรวจวัดคลื่นผิวน้ำและกระแสน้ำใกล้ท้องน้ำ 9 ครั้ง
- การตรวจวัดปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยด้วยเครื่องดักตะกอนในบริเวณชายฝั่งในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ 1 ครั้ง
- การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยตลอดทั้งปีด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข

ระยะที่ 4

- การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอน และพื้นท้องทะเลด้านหลังแนวเขื่อนกันคลื่น 12 ครั้ง
- การศึกษาการกัดเซาะ/ทับถมตะกอนในท้องทะเล 3 บริเวณ 1 ครั้ง
- การตรวจวัดคลื่นผิวน้ำและกระแสน้ำใกล้ท้องน้ำ 8 ครั้ง
- การตรวจวัดปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยด้วยเครื่องดักตะกอนในบริเวณชายฝั่งในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมในเดือนตุลาคม
- การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยทั้งปีด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข

<u>รายละเอียดการดำเนินงานรวมทั้งวิธีการดำเนินการวิจัยและวิธีการเก็บข้อมูลในแต่ละกิจกรรม</u>

- **การตรวจวัดความสูงและคาบคลื่น**บริเวณด้านหน้าเขื่อน 1-3 จุด และด้านหลังเขื่อน 3 จุด ติดตั้งโปรแกรมเครื่องวัดคลื่นให้ตรวจวัดทุกๆ 1 วินาที ซึ่งมีหน่วยเก็บข้อมูลได้สูงสุด 11 ชั่วโมง ผูกเครื่องวัดคลื่นไว้กับลำไม้ไผ่แล้วนำไปปัก ณ จุดเก็บข้อมูลขณะน้ำเริ่มขึ้น วัดระยะห่างจากเซนเซอร์ของเครื่องมือถึงท้องน้ำ หลังจากเก็บข้อมูลครบตามเวลาที่ตั้งไว้ถ่ายข้อมูลจากเครื่องมือลงสู่คอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ความสูงคลื่นนัยสำคัญ คาบคลื่น ความยาวคลื่น และพลังงานคลื่น คำนวนทิศคลื่นจากทิศทางลมโดยเฉลี่ยทิศทางแบบเวคเตอร์ตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูลคลื่น
- **การคำนวณความเร็วกระแสน้ำ**เหนือท้องน้ำราว 0.5-1 เมตร เพื่อประเมินความเร็ววิกฤตที่ทำให้ตะกอนท้องน้ำเกิดการฟุ้งกระจายขึ้นมาได้ ทำการคำนวนโดยใช้ข้อมูลความสูงคลื่นนัยสำคัญ คาบคลื่น ความยาวคลื่น และความลึกน้ำ เฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมง
- **การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอน**ในพื้นที่ศึกษานำร่องบ้านขุนสมุทรจีน โดยติดตั้งไม้วัดระดับตะกอนถาวรให้ได้มารตฐานซึ่งได้เดินระดับเพื่อหาจุดอ้างอิงของท้องน้ำเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางของประเทศไทย การปักไม้วัดระดับน้ำจะวางเป็นโครงข่ายสี่เหลี่ยมประมาณ 20 จุด โดย

ตำแหน่งจุดปักไม้จะตรงกับตำแหน่งจุดตรวจวัดในโครงการก่อนหน้านั้น ใช้ระยะเวลาในการติดตั้งไม้วัดระดับท้องน้ำ สร้างหมุดหลักฐาน และถ่ายโยงระดับจากหมุดไปที่ไม้วัดระดับท้องน้ำแต่ละอัน ประมาณ 1 สัปดาห์ ทำการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนท้องน้ำที่จุดปักไม้ไผ่โดยดูจากสเกลที่ขีดไว้ที่ไม้บรรทัดใช้เวลาตรวจวัดประมาณ 1 วัน และวิเคราะห์ผลการตรวจวัดประมาณ 5 วัน นำเสนอข้อมูลในรูปของกราฟและตัวเลขระดับท้องน้ำในแต่ละเดือน

- **การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงะดับการกัดเซาะคลื่นม้วนตัวเมื่อปะทะโครงสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่น "ขุนสมุทรจีน 49A2"** โดยทำการสำรวจพื้นที่ศึกษา ค้นหาข้อมูลอ้างอิง สำรวจการเปลี่ยนแปลงระดับการกัดเซาะของคลื่นม้วนตัวปะทะโครงสร้างด้วยเครื่องมือสำรวจรังวัดชนิดละเอียด ซึ่งจะได้ความลึกของร่องดินที่ฐานของเสาซึ่งถูกคลื่นกัดเซาะ นอกจากนี้จะต้องเดินระดับจากหมุดหลักฐานไปยังเสาเพื่อหาอัตราการทรุดตัวของเสาเขื่อน ทำการตรวจวัดปีละครั้งประมาณเดือนเมษายนในช่วงน้ำแห้งตอนกลางวันเพื่อให้สามารถดำเนินงานได้สะดวก ใช้เวลาสำรวจครั้งละ 3 วัน และวิเคราห์ข้อมูลอีกประมาณ 2 สัปดาห์ ข้อมูลที่ได้คือความลึกของร่องน้ำที่ฐานเสาและอัตราการทรุดตัวของเสากันคลื่น (เทียบกันระหว่างการตรวจวัด 2 ครั้งนี้ เพราะยังไม่เคยมีการศึกษาการทรุดตัวของเสามาก่อน)
- **การติดตามและตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเล**จากชายฝั่งออกไป 12 กิโลเมตร จำนวน 3 แถว คือที่บ้านขุนสมุทรจีน บ้านพันท้ายนรสิงห์ และบ้านบางปู จังหวัดสมุทรปราการ วิธีการสำรวจประกอบด้วยการสำรวจพื้นที่ศึกษา ค้นหาข้อมูลอ้างอิงในสนาม ตรวจวัดความลึกท้องทะเลด้วยเครื่องมือ digital echo sounder และบอกตำแหน่งด้วยเครื่อง DGPS ปีละ 1 ครั้ง วิเคราะห์ประมวลผลและนำเสนอผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นท้องทะเลในรูปของกราฟ
- **การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและอัตราการตกตะกอน** โดยใช้เครื่องดักตะกอนที่ทำด้วยท่อพีวีซีตัดเป็นท่อนขนาดประมาณ 0.30 เมตร ประกอบกันเป็นโครงสร้างสี่เหลี่ยมเจาะรูที่กระบอกเพื่อดักตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำจากทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก วางเครื่องดักตะกอนไว้ที่ท้องน้ำ ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน จึงกู้เครื่องดักตะกอน นำมาวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและปริมาณในห้องปฏิบัติการต่อไป ทำการตรวจวัดปีละ 3 ครั้งในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมในเดือนตุลาคม
- **การตรวจวัดข้อมูลสมุทรศาสตร์** ได้แก่ การไหลของน้ำ การแพร่กระจายของความเค็ม อุณหภูมิ และตะกอนแขวนลอย เป็นรายชั่วโมงบริเวณชายฝั่งทะเล โดยการตรวจวัด 2 ครั้ง (25 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน) ตามฤดูกาลหลักให้ตรงกับการติดตั้งเครื่องดักตะกอนแขวนลอยเพื่อให้ทราบสภาพทางสมุทรศาสตร์และการใช้ข้อมูลกระแสน้ำสำหรับเปรียบเทียบกับผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลข เก็บข้อมูลครั้งละ 2 วันและวิเคราะห์ข้อมูลอีก 2 สัปดาห์ ข้อมูลที่ได้เป็นกราฟและตัวเลขการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ ในรอบวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง
- **การประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อประเมินปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยตามฤดูกาล** โดยการปรับขนาดช่องกริดแบบจำลองเชิงตัวเลขของการไหลเวียนน้ำในอ่าวไทยตอนบนให้เล็กลงเพื่อจำลองทิศทางการไหลของน้ำใกล้ฝั่งให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นรวมทั้งเพิ่มการไหลของน้ำท่าจากแม่น้ำหลัก 4 สายสู่อ่าวไทยตอนบน และวิเคราะห์คำนวนคลื่นจากข้อมูลลมที่สถานีสันดอนปากแม่น้ำเจ้าพระยาแล้วนำข้อมูลกระแสน้ำและคลื่นมาคำนวนการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยที่ฟุ้งกระจายจากท้องน้ำสำหรับปี พ.ศ.2552-2553 รวมทั้งตรวจสอบผลการคำนวนปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยในปี พ.ศ.2549-2551 ด้วย

- **การปฏิบัติการร่วมกับชาวบ้านและทีมวิจัยชุมชนในการเก็บข้อมูลสมุทรศาสตร์และสร้างการมีส่วนร่วมในการประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง** โดยการถ่ายทอดเทคโนโลยีการประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งแก่ทีมวิจัยท้องถิ่น เริ่มตั้งแต่สาเหตุที่ชายฝั่งเกิดการกัดเซาะ แนวคิด/โครงสร้างในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง การประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง การร่วมออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน ร่วมสำรวจ/วิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจ การสรุปผลจากการสำรวจ และต้องเผยแพร่ผลการสำรวจให้ชุมชนได้รับทราบในรูปแบบของการจัดประชุมร่วมกับทีมวิจัยนิเวศวิทยาและสังคมศาสตร์ จัดประชุมวิจัยท้องถิ่นและเผยแพร่ข้อมูลทุกๆ 6 เดือน รวม 4 ครั้ง

บทที่ 2
การศึกษาด้านอุตุนิยมวิทยา
โดย
อาจารย์ บุศราศิริ ธนะ

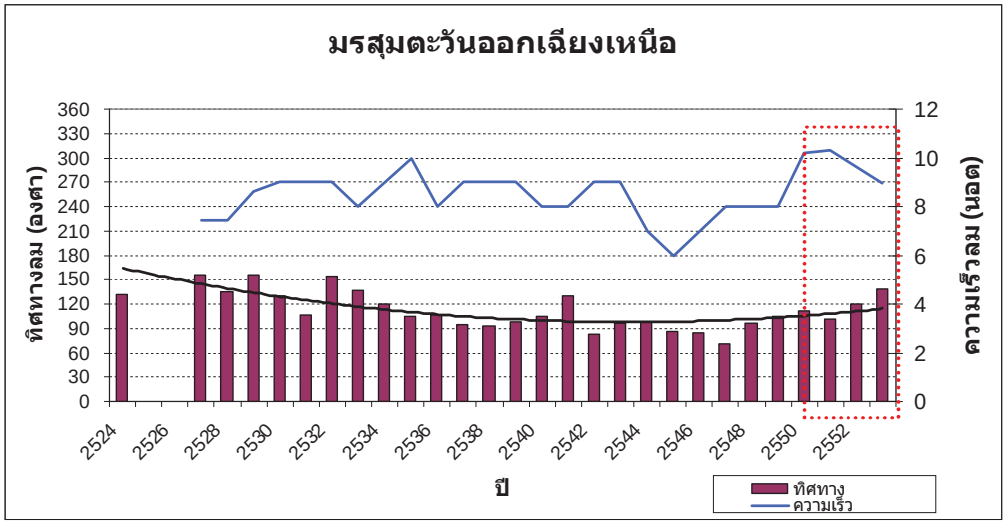
<u>วิธีการดำเนินงาน</u>

ได้ใช้ข้อมูลต่อเนื่องจากโครงการเดิมและข้อมูลเพิ่มเติมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ถึง เดือนกันยายน 2553 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางอุตุนิยมวิทยาภายหลังจากมีการก่อสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่นบริเวณบ้านขุนสมุทรจีน ซึ่งข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ศึกษาได้แก่ ความเร็วและทิศทางลม ปริมาณฝน และอุณหภูมิ ที่สถานีนำร่อง ของกรมอุตุนิยมวิทยา

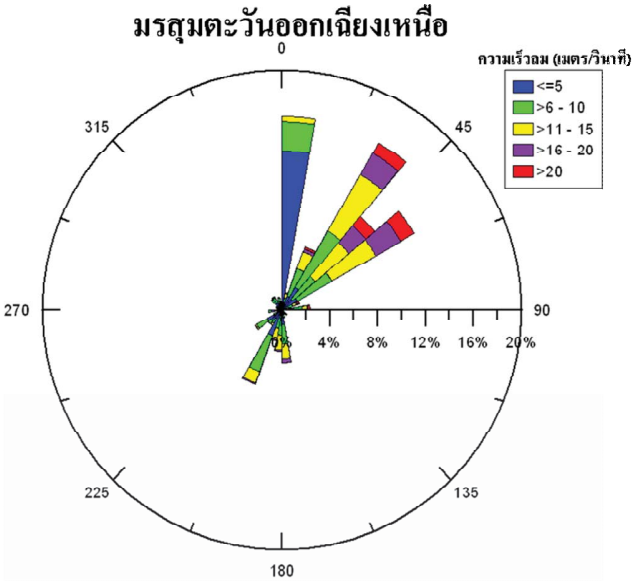
<u>การวิเคราะห์ข้อมูลลม</u>

ลมที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นลมที่ได้จากการตรวจวัดราย 3 ชั่วโมงในเวลา 07, 10, 13, 16 และ 19 นาฬิกา (ไม่มีการตรวจวัดในเวลากลางคืน) โดยแบ่งลมตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงฤดูมรสุม และได้หาค่าเฉลี่ยทั้งทิศทางและความเร็วลม และแสดงความเร็วและทิศทางลมจากข้อมูลทั้งหมดที่ตรวจวัดได้ในรูปแบบของ wind rose ดังนี้

- มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) จากการวิเคราะห์ข้อมูลลมช่วง 25 ปีแรกพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทิศทางลมจากลมตะวันออกเฉียงใต้เป็นทิศตะวันออกมากขึ้นในระยะเวลา 25 ปีที่ผ่านมาอย่างชัดเจน ส่วนในช่วงเวลาที่มีการประเมินประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่นมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางลมจากทิศตะวันออกไปเป็นตะวันออกเฉียงใต้มากขึ้น ในช่วงระยะเวลา 4 ปีที่ผ่านมาและความเร็วลมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 2.1 แนวโน้มของค่าเฉลี่ยทิศทางลมมากขึ้นนั้นหากพิจารณาองศาของลมจะได้ทิศทางที่มีทิศเคลื่อนจากด้านเหนือมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ชัดเจนจาก wind rose ว่ามีลมในทิศทางเหนือเคลื่อนเข้าสู่สถานี

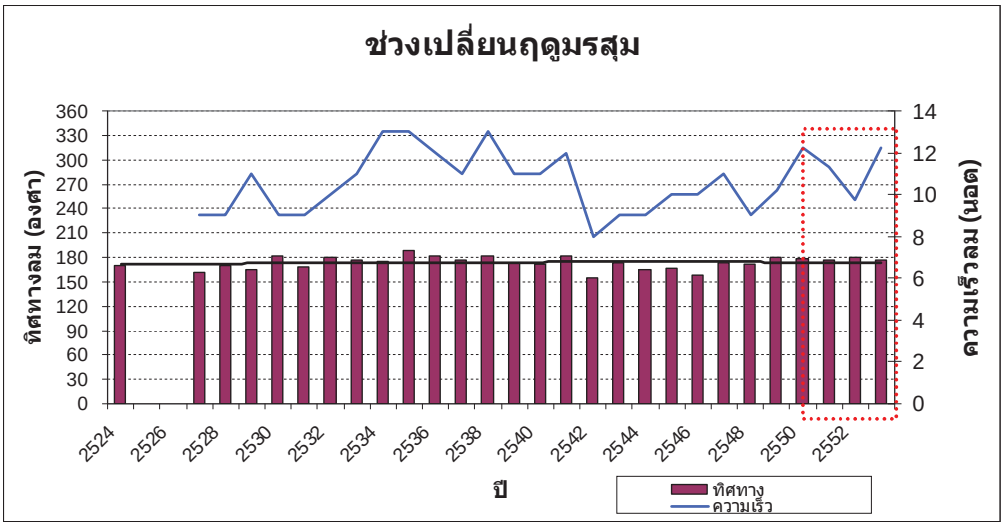


รูปที่ 2.1 ทิศทางและความเร็วลมในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – 2553

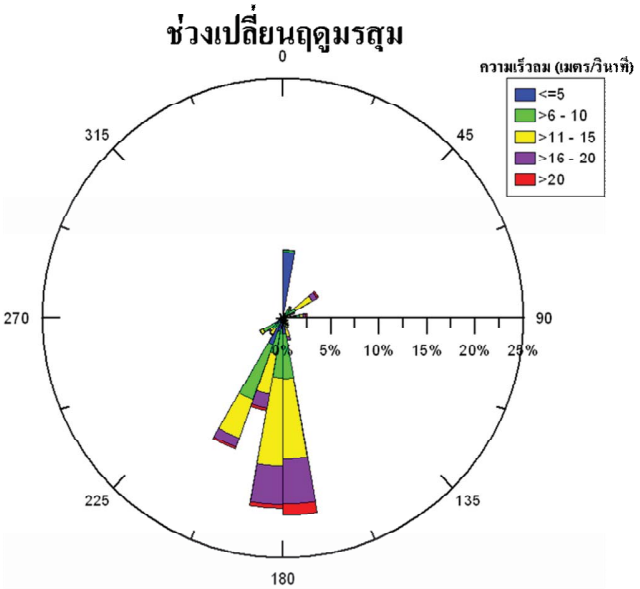


รูปที่ 2.2 Wind rose แสดงทิศทางและความเร็วลมช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

- ช่วงการเปลี่ยนฤดูมรสุม (กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม) ในช่วงเวลาการเปลี่ยนฤดูมรสุมนั้นลมมีทิศใต้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งทิศทางลมในช่วงการเปลี่ยนฤดูยังคงคล้ายคลึงกับในอดีตที่ผ่าน แต่ความเร็วลมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากช่วงปี พ.ศ. 2542 – 2548 ดังรูปที่ 2.3 และข้อมูลที่แสดงโดย wind rose ก็สอดคล้องกันในทิศทางช่วงการเปลี่ยนฤดูยังคงเป็นทิศใต้เป็นส่วนใหญ่ (รูปที่ 2.4)

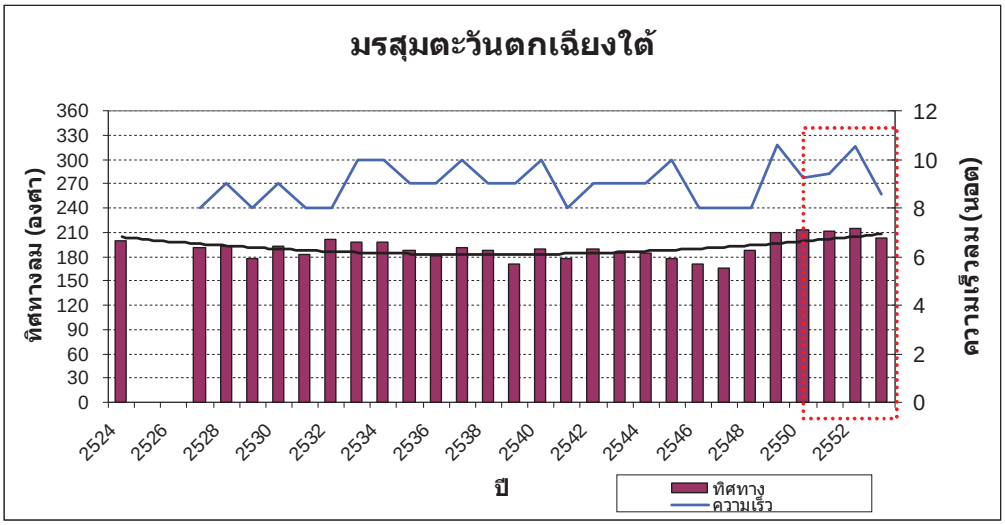


รูปที่ 2.3 ทิศทางและความเร็วลมในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – 2553

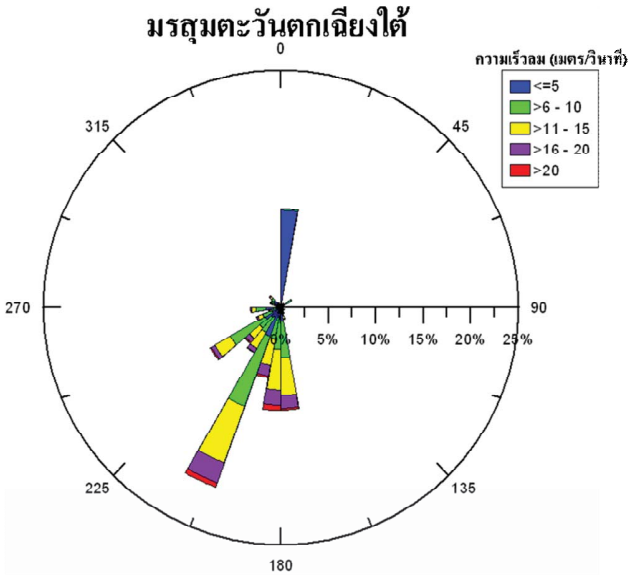


รูปที่ 2.4 Wind rose แสดงทิศทางและความเร็วลมช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม

- มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) ในทำนองเดียวกันกับช่วงการเปลี่ยนฤดูมรสุม ในช่วงของฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางจากทิศใต้เป็นทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนมาทางใต้เป็นส่วนใหญ่ ส่วนความเร็วลมไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ดังรูปที่ 2.5 สอดคล้องกับการแสดงผลด้วย wind rose ทิศทางส่วนใหญ่เป็นทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนมาทางใต้เป็นส่วนใหญ่และมีข้อมูลประมาณ 30% ที่มีลมใต้ โดยมีความผิดปกติของลมเป็นลมเหนืออยู่เป็นบางเวลา (ดังรูปที่ 2.6)



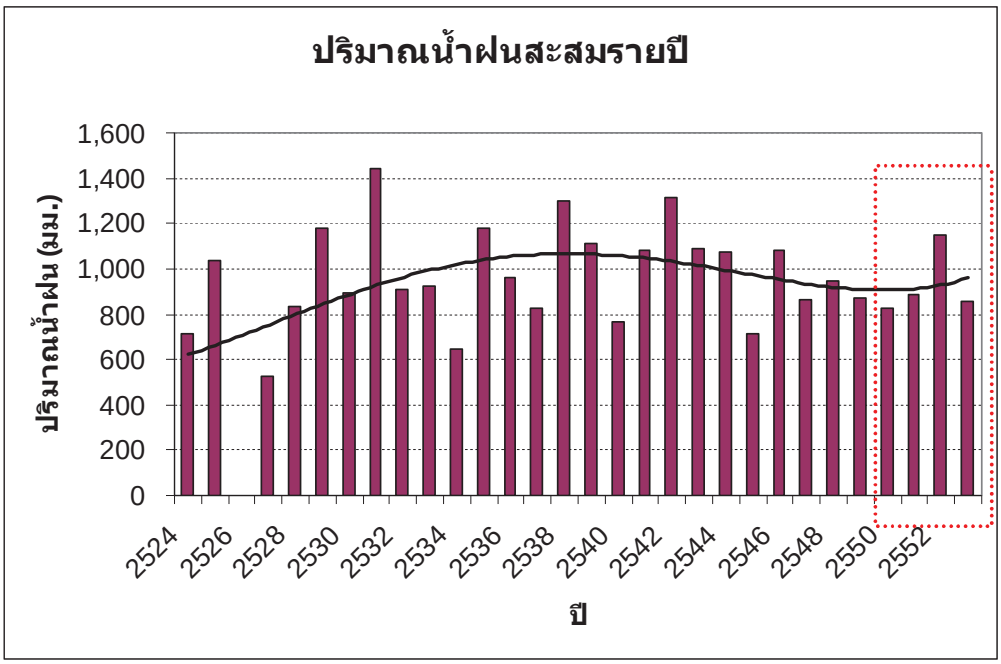
รูปที่ 2.5 ทิศทางและความเร็วลมในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – 2553



รูปที่ 2.6 Wind rose แสดงทิศทางและความเร็วลมช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

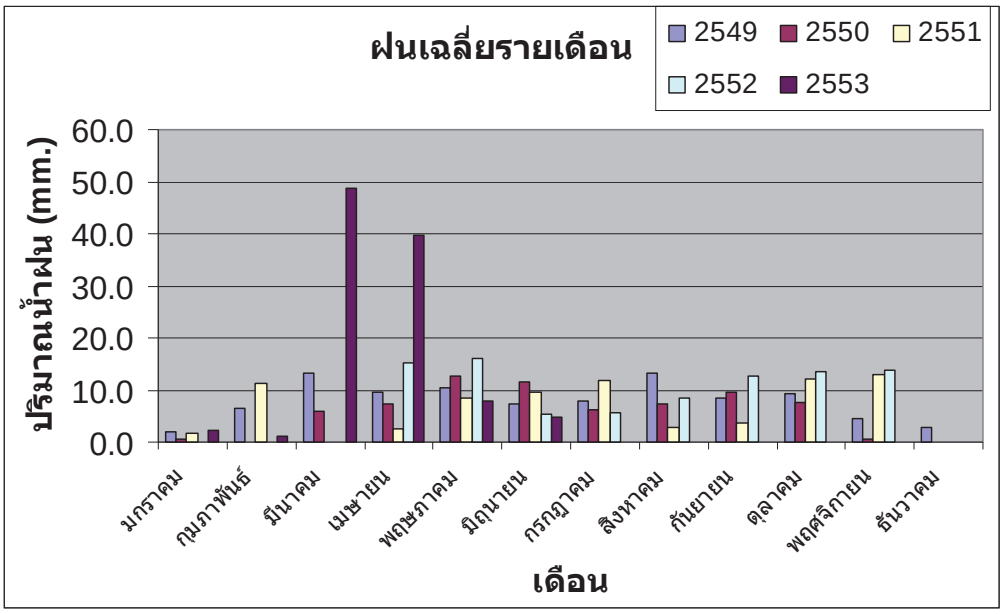
<u>ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสม</u>

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ยังคงน้อยกว่าในช่วงก่อนปี พ.ศ. 2549 ยกเว้น ปี พ.ศ. 2552 ที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมสูงกว่าในปีอื่น ๆ ของช่วงเวลาการประเมิน ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ปริมาณฝนสะสมรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – 2553

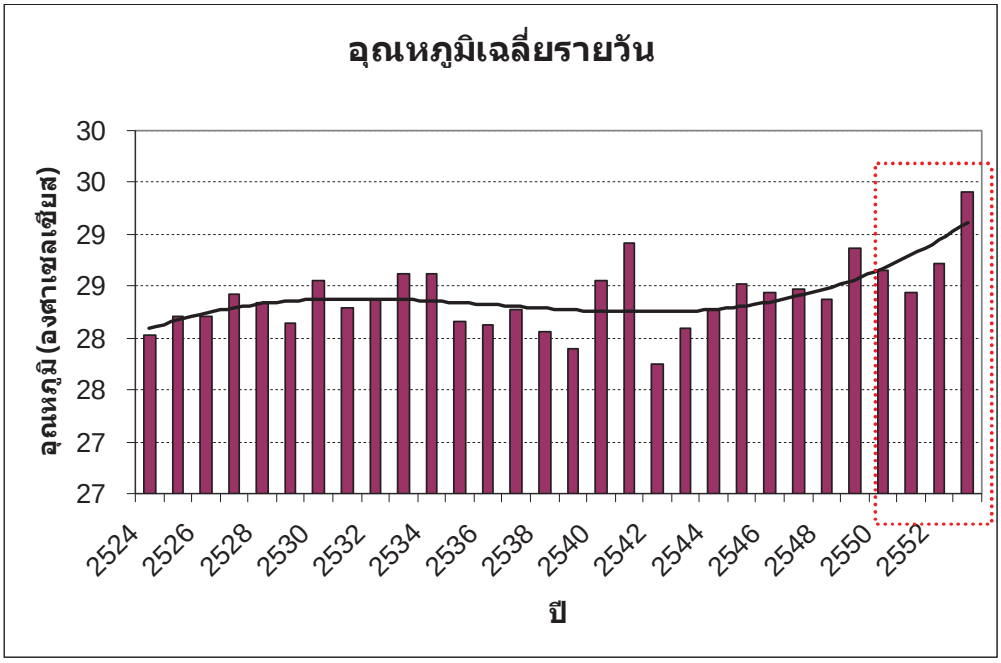
จากการศึกษาข้อมูลในอดีตพบว่าปริมาณน้ำฝนบริเวณพื้นที่ศึกษามีปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีมากกว่า 800 มิลลิเมตร โดยปริมาณฝนสูงสุดในปี พ.ศ. 2531 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีสูงกว่า 1,400 มิลลิเมตรต่อปี และมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงที่ศึกษา แต่ในช่วง 4 ปีสุดท้ายจนถึงปัจจุบันปริมาณน้ำฝนรายปีมีแนวโน้มลดลงต่อเนื่องจากช่วงระยะเวลา 3 ปีสุดท้ายก่อนช่วงการประเมินผลกระทบ โดยมีเพียงปี พ.ศ. 2552 มีค่าปริมาณน้ำฝนรายปีมากกว่า 1,100 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งจากข้อมูลฝนรายเดือน (รูปที่ 2.8) พบว่าในปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นในช่วงต้นและช่วงปลายของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ หากพิจารณาปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2549-2553 พบว่าในเดือนมีนาคมและเมษายน ในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณฝนสูงกว่าในช่วงเวลาเดียวกันของปีอื่น ๆ อย่างชัดเจน ซึ่งช่วงดังกล่าวเป็นช่วงของการเปลี่ยนฤดูมรสุม



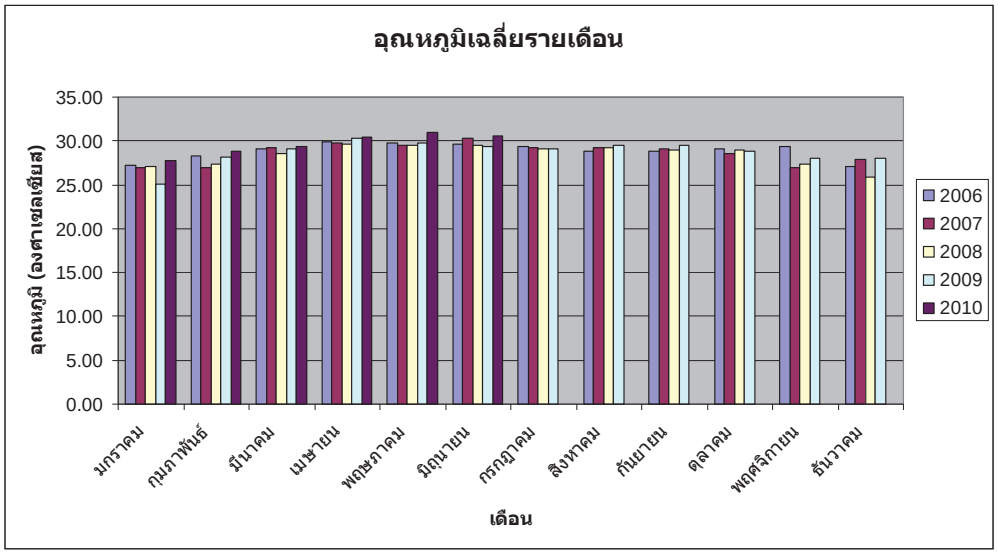
รูปที่ 2.8 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – 2553

<u>ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันและรายเดือน</u>

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน พบว่าในช่วงที่ทำการประเมินประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่น ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2553 นั้นอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันสูงขึ้นกว่าในอดีตที่ผ่านมาอย่างชัดเจน (รูปที่ 2.9) และเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในแต่ละเดือนของปีต่าง ๆ ข้อมูลในปี พ.ศ. 2553 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าปีอื่น ๆ ในทุก ๆ เดือนเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – 2553

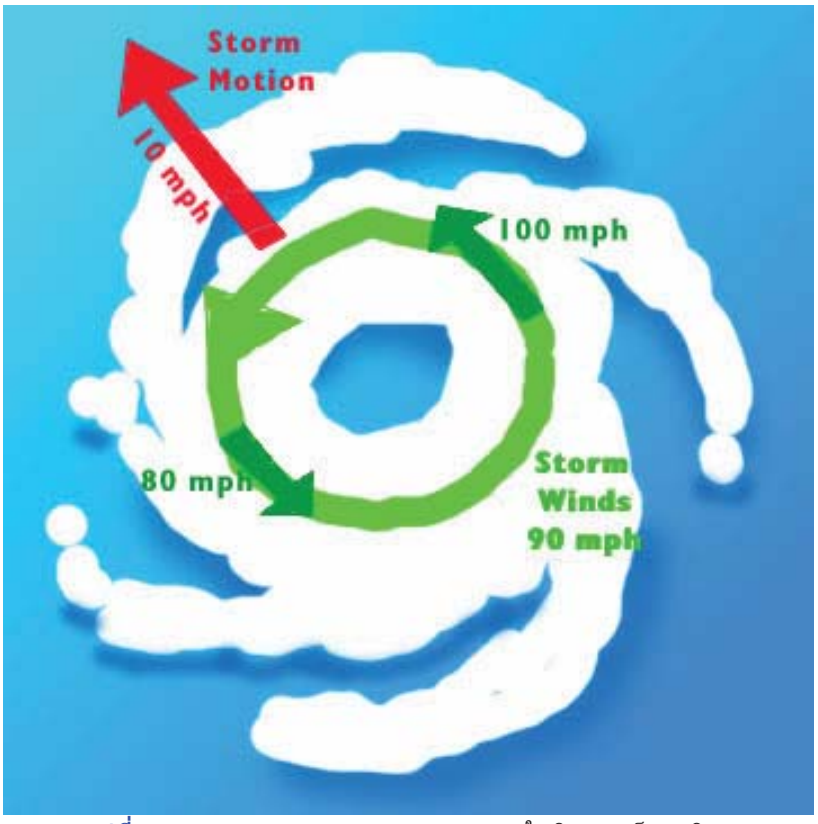


รูปที่ 2.10 อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน เปรียบเทียบในเดือนต่าง ๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – 2553

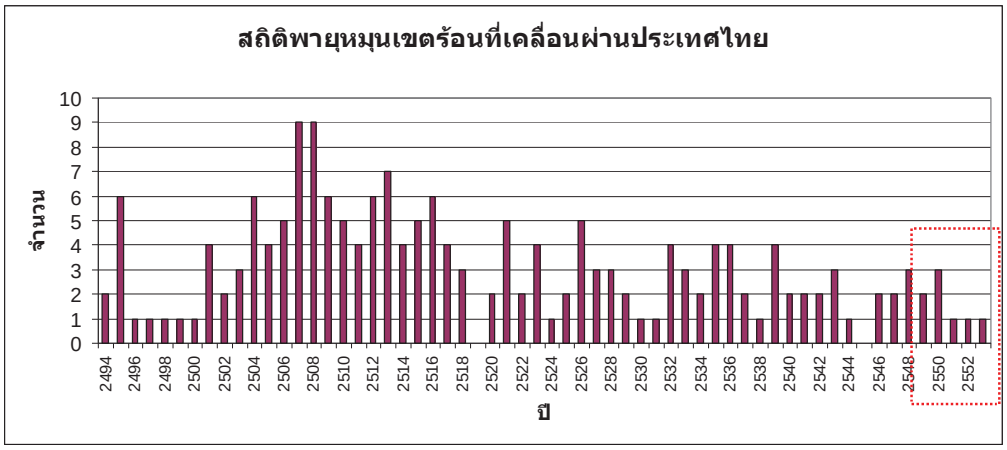
<u>พายุจร</u>

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2553 มีพายุเพียงลูกเดียวเคลื่อนที่ผ่านภาคใต้ตอนบนในปี พ.ศ. 2549 ส่วนในปีอื่น ๆ มีเพียงพายุที่เคลื่อนที่ผ่านประเทศไทยตอนบนและอ่อนกำลังลงในที่สุด แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้จะไม่พายุจรเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ศึกษาหรือพื้นที่ใกล้เคียง แต่การหมุนเวียนของลมรอบศูนย์กลางพายุที่อ่อนกำลังลงในบริเวณประเทศไทยตอนบนยังส่งผลกระทบต่อลักษณะคลื่นลมในบริเวณอ่าวไทยได้เช่นเดียวกัน ลักษณะการหมุนเวียนของลมรอบศูนย์กลางพายุที่เคลื่อนที่ผ่านประเทศไทยนั้น ลมจะมีการหมุนเวียนรอบศูนย์กลางในทิศทวนเข็มนาฬิกา ซึ่ง

ความเร็วลมที่ส่งผลกระทบต่อคลื่นลมในทะเลมีความสอดคล้องกับทิศทางการเคลื่อนตัวด้วย ดังรูป รูปที่ 2.11 ลมที่มีความรุนแรงมากที่สุดในบริเวณทางด้านหน้าขวามือของทิศทางการเคลื่อนที่

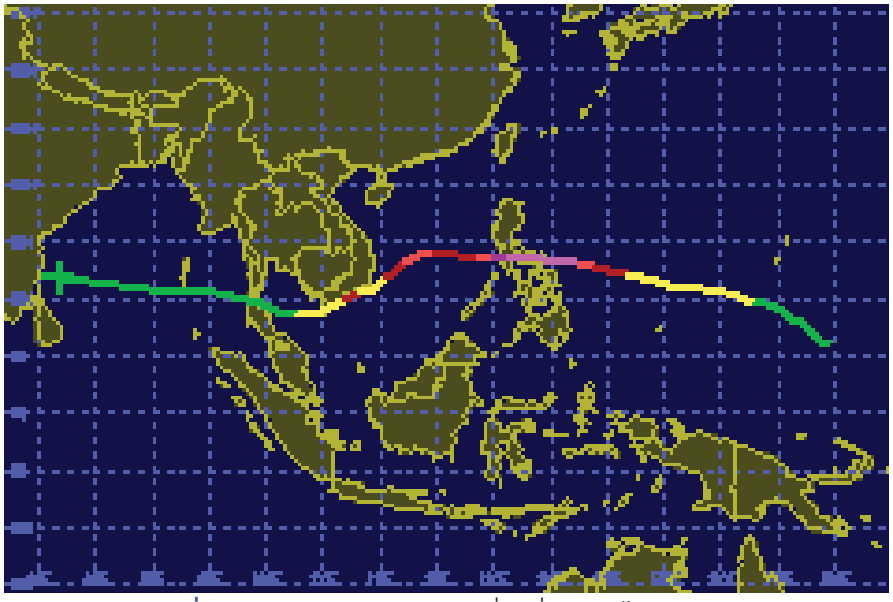


รูปที่ 2.11 แบบจำลองการหมุนของลมรอบพายุในทิศทวนเข็มนาฬิกา
และความเร็วลมที่สอดคล้องกับทิศทางการเคลื่อนที่



รูปที่ 2.12 สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่ผ่านประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 – 2553

หากพิจารณาจำนวนพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2594 – 2553 เห็นได้ชัดเจนว่า จำนวนของพายุหมุนเขตร้อนในระหว่างปี พ.ศ. 2504 – 2517 มีความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย 4-6 ลูกต่อปี และสูงที่สุดในปี 2507 และ 2508 มีจำนวนสูงที่สุด 9 ลูก แต่ในช่วงเวลาที่ทำการประเมินประสิทธิภาพเขื่อนสลายกำลังคลื่นมีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนผ่านพื้นที่ประเทศไทยน้อยกว่าในช่วงเวลาอื่น ๆ ดังนั้นผลกระทบต่อคลื่นลมทะเลเนื่องจากลมที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของพายุหมุนเขตร้อนก็จะน้อยด้วยเช่นกัน ดังได้กล่าวมาข้างต้นแล้วว่ามีเพียงปี พ.ศ. 2549 ที่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนที่ผ่านภาคใต้ตอนบน ซึ่งส่งกระทบต่อลักษณะคลื่นลมในทะเล ดังรูปที่ 2.12 ในช่วงที่พายุเคลื่อนที่จะทำให้เกิดลมพัดในทิศพัดออกจากชายฝั่งและทิศทางเข้าสู่ฝั่งดังได้อธิบายไว้แล้วข้างต้น ตามรูปที่ 2.11 แต่อย่างไรก็ตามความแรงของพายุขณะเคลื่อนที่ผ่านอ่าวไทยมีความแรงในระดับพายุดีเปรสชั่น (ดังรูปที่ 2.13) เท่านั้น



รูปที่ 2.13 พายุหมุนเขตร้อนขณะเคลื่อนที่ผ่านอ่าวไทยตอนบน

<u>สรุป</u>

จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่วิเคราะห์ในระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2553 จะเห็นได้ชัดเจนว่าในมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางลมในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แตกต่างไปจากช่วงเวลาก่อนหน้าที่จะมีการสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่นค่อนข้างชัดเจน ส่วนลมในช่วงการเปลี่ยนฤดูมรสุมและช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทิศทางและความเร็วลมยังคงอยู่ในทิศทางคล้ายคลึงกัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างเวลาเช่นเดียวกัน ส่วนผลกระทบจากพายุจรในช่วงหลังจากการสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่น ได้รับผลกระทบน้อยมากเนื่องจากจำนวนพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนผ่านอ่าวไทยตอนบนมีน้อยมาก

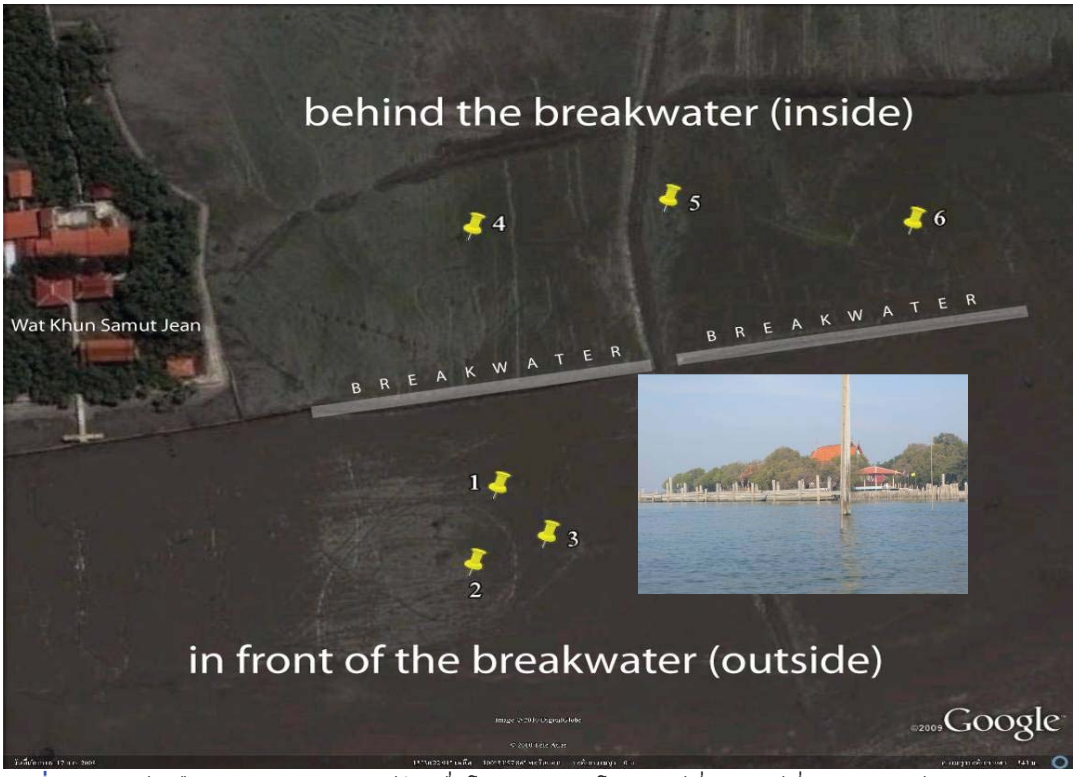
บทที่ 3
การตรวจวัดความสูงคลื่น คาบคลื่น และการคำนวณความเร็วกระแสน้ำใกล้ท้องน้ำ
โดย
ผศ.ดร.ปราโมทย์ โศจิศุภร

<u>วิธีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลคลื่น</u>

การตรวจวัดคลื่นด้านหน้าและหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นจะใช้เครื่องวัดคลื่น 4-6 ตัวผูกติดกับลำไม้ไผ่ลำละ 1 เครื่อง ทำการปักไม้ไผ่ที่ด้านหน้าและด้านหลังแนวเขื่อนตามพิกัดจุดตรวจวัดในตารางที่ 3.1 และแผนที่จุดตรวจวัดในรูปที่ 3.1 ใช้เครื่องวัดคลื่นยี่ห้อ Solinst รุ่น 3001 (รูปที่ 3.2) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ทุกๆ 1 วินาที และเครื่องวัดคลื่นยี่ห้อ Global Water WL16 (รูปที่ 3.3) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ทุก 2 วินาที เมื่อสิ้นสุดการตรวจวัดทำการถ่ายข้อมูลลงเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการแยกข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลงออกจากข้อมูลคลื่นโดยใช้วิธี moving average แล้วนำข้อมูลคลื่นมาทำการคำนวณหาความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นโดยใช้วิธี parametric method (Silvester, 1974) นำความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นที่ได้มาคำนวนหาความยาวคลื่นและความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่น (wave orbital velocity) ที่ท้องน้ำ (ภาคผนวก ก) และวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นแบบฮาร์โมนิค (Khandekar 1989, Wells 1986) เพื่อจำแนกพลังงานคลื่นตามความถี่และคำนวณพลังงานรวมของคลื่น หลังจากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลความเร็วและทิศทางของลม ที่สถานีนำร่องซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับทิศทางคลื่นใช้การสังเกตด้วยสายตาและประเมินจากทิศทางลม

ตารางที่ 3.1 พิกัดจุดตรวจวัดคลื่น บริเวณชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน ตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ

ตำแหน่ง	ละติจูด	ลองติจูด
หน้าเขื่อน 1	13° 30’ 20.80” N	100° 31’ 56.50” E
หน้าเขื่อน 2	13° 30’ 20.60” N	100° 31’ 56.70” E
หน้าเขื่อน 3	13° 30’ 21.70” N	100° 31’ 56.70” E
หลังเขื่อน 4	13° 30’ 24.60” N	100° 31’ 57.30” E
หลังเขื่อน 5	13° 30’ 25.10” N	100° 31’ 25.10” E
หลังเขื่อน 6	13° 30’ 25.30” N	100° 32’ 02.40” E



รูปที่ 3.1 หมุดสีเหลืองแสดงตำแหน่งสถานีวัดคลื่นโดยประมาณ โดยสถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานี 3 อยู่ด้านนอกเขื่อน และ สถานี 4 สถานีที่ 5 และสถานีที่ 6 อยู่ด้านในเขื่อน แถบสีขาวคือตำแหน่งเขื่อนกันคลื่น ด้านซ้ายบนคือวัดขุนสมุทรจีน (แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth)

รูปที่ 3.2 เครื่องวัดระดับน้ำที่สามารถนำมาใช้วัดคลื่น ยี่ห้อ Solinst รุ่น 3001

รูปที่ 3.3 เครื่องวัดระดับน้ำที่สามารถนำมาใช้วัดคลื่น ยี่ห้อ Global Water WL16

ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่น

ความสูงคลื่นนัยสำคัญบริเวณชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.05 – 0.5 เมตร โดยความสูงคลื่นจะมากในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมในเดือนมีนาคมและเมษายนจนถึงช่วงต้นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ประมาณเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ความเร็วลมโดยเฉลี่ยมากที่สุดในรอบปี ความสูงคลื่นมีค่าระหว่าง 0.1-0.5 เมตร ลิมิตของความสูงคลื่นมากสุดประมาณ 0.5 เมตร สำหรับพื้นที่ชายฝั่งที่มีความลึก 2-3 เมตรและความเร็วลมในระดับ 5 เมตรต่อวินาที หากคลื่นสูงกว่านี้จะเกิดการแตกตัว หลังจากนั้นความสูงคลื่นจะค่อยๆลดลงแต่อาจจะเพิ่มมากขึ้นได้ในช่วงที่ฝนตกหนักและลมพัดแรง ความสูงคลื่นน้อยสุดในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในเดือนธันวาคม โดยมีค่าประมาณ 0.05 เมตร (รูปที่ 3.4 และภาคผนวก ก) คาบคลื่นอยู่ในช่วง 3-5.5 วินาที โดยสามารถแยกเป็นคลื่น Swell ซึ่งมีคาบคลื่นมากกว่า 5 วินาที และความยาวคลื่นมากกว่า 20 เมตร (จุดแบ่งระหว่าง swell กับ wind wave ยังไม่ชัดเจน ในที่นี้เป็นมาตรฐานการแบ่งของผู้วิจัยเอง) และคลื่นลม (Wind wave) ซึ่งมีคาบคลื่นและความยาวคลื่นน้อยกว่า 5 วินาที และ 20 เมตรตามลำดับ (รูปที่ 3.5 และภาคผนวก ก) โดยรวมแล้วความสูงคลื่นค่อนข้างสัมพันธ์กับความเร็วลมในพื้นที่ แต่ในบางครั้งอาจตรวจวัดความสูงคลื่นนัยสำคัญได้ค่ามากแต่ความเร็วลมน้อย เนื่องเกิดคลื่น swell จากนอกชายฝั่งเคลื่นตัวเข้ามาในพื้นที่ และบางครั้งลมที่ตรวจวัดมีความเร็วสูงแต่ความสูงคลื่นต่ำเนื่องจากลมไม่ได้พัดต่อเนื่องเป็นเวลานาน หรือลมพัดมาจากชายฝั่งซึ่งห่างจากแนวเขื่อนกันคลื่นไม่มาก คลื่นจากลมจึงยังพัฒนาได้ไม่เต็มที่

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างด้านหน้าและด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นจะสังเกตุเห็นได้อย่างชัดเจนว่าในช่วงที่ความสูงคลื่นมีค่ามากๆ ราว 0.3-0.5 เมตร และคลื่นเคลื่อนที่มากจากทิศใต้ตั้งฉากกับแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่นความสูงคลื่นด้านหลังเขื่อนจะมีค่าน้อยกว่าด้านหน้าอย่างชัดเจน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากระยะทางในการพัฒนาตัวของคลื่น (Fetch length) ในอ่าวไทยมายังชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน (รูปที่ 3.6) ระยะทางมากสุดประมาณ 660 กิโลเมตร จากทิศใต้ ซึ่งทิศทางที่คลื่นคลื่อนตัวเข้ามาจะตั้งฉากกับแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่นพอดี ทำให้เขื่อนมีประสิทธิภาพการสลายกำลังคลื่นดีที่สุดในช่วงที่มีคลื่นแรง

ในทางตรงกันข้ามช่วงที่ความสูงคลื่นโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า 0.2 เมตร ความสูงคลื่นด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นจะมีค่าไม่แตกต่างจากด้านหน้ามากนักหรืออาจมากกว่าด้านหน้าเล็กน้อยไม่เกิน 0.02 เมตร ความสูงคลื่นที่เพิ่มขึ้นสามารถเกิดได้จากหลายปัจจัยเสริมกัน คือ ปัจจัยแรกแนวเขื่อนหินทิ้งของวัดขุนสมุทรจีนสะท้อนคลื่นกลับมาโดยเฉพาะคลื่นที่เคลื่อนที่มาจากทิศตะวันออกทำให้เกิดการเสริมกันของยอกคลื่นด้านหลังแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่น ปัจจัยที่สองคือลมที่พัดเหนือผิวน้ำถ่ายเทพลังงานลงสู่น้ำเกิดการพัฒนาตัวของคลื่นด้านหลังแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่น ปัจจัยที่สามคือความลึกน้ำด้านหลังเขื่อนซึ่งน้อยกว่าด้านหน้าส่งผลให้ฐานคลื่นเสียดทานกับท้องน้ำ

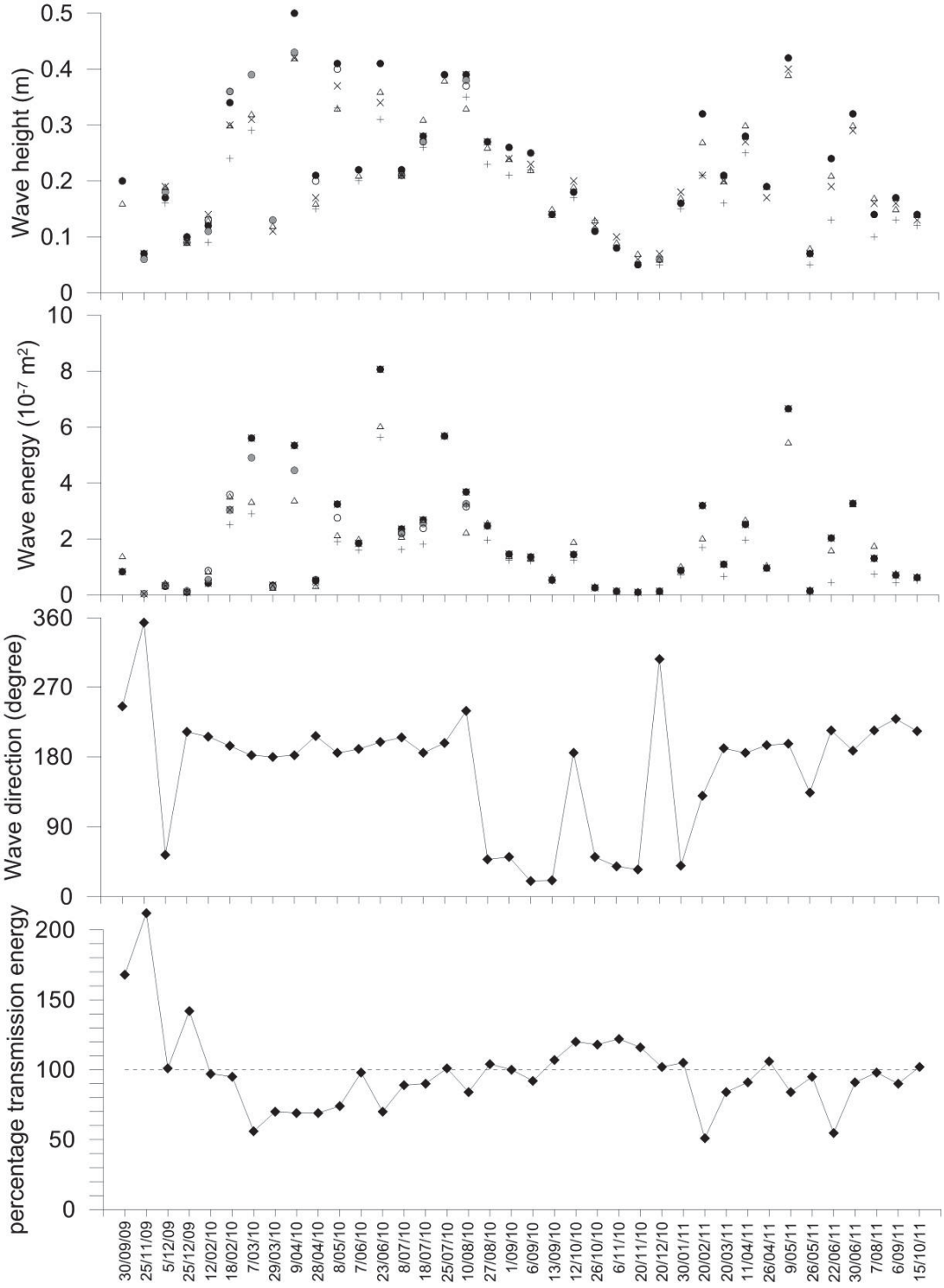
มากขึ้นความสูงคลื่นจึงเพิ่มขึ้น ในบางครั้งความสูงคลื่นอาจเพิ่มขึ้นมากจนเกิดเป็นคลื่นหัวแตกทั้งด้านหน้าและด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่น ยกเว้นบริเวณร่องน้ำซึ่งมีความลึกน้ำใกล้เคียงด้านหน้าเขื่อนความสูงคลื่นจะน้อยกว่าด้านหน้าเขื่อนเสมอ และปัจจัยสุดท้ายคือด้านขวาสุดของแนวเขื่อนเกิด End-effect กล่าวคือเสาสามเหลี่ยมสร้างคลื่นเพิ่มขึ้นมาอีกแล้วคลื่นเคลื่อนที่เข้าไปด้านหลังเขื่อนและเกิดการเสริมกันของคลื่นทำให้ความสูงคลื่นเพิ่มมากขึ้น

<u>พลังงานคลื่น</u>

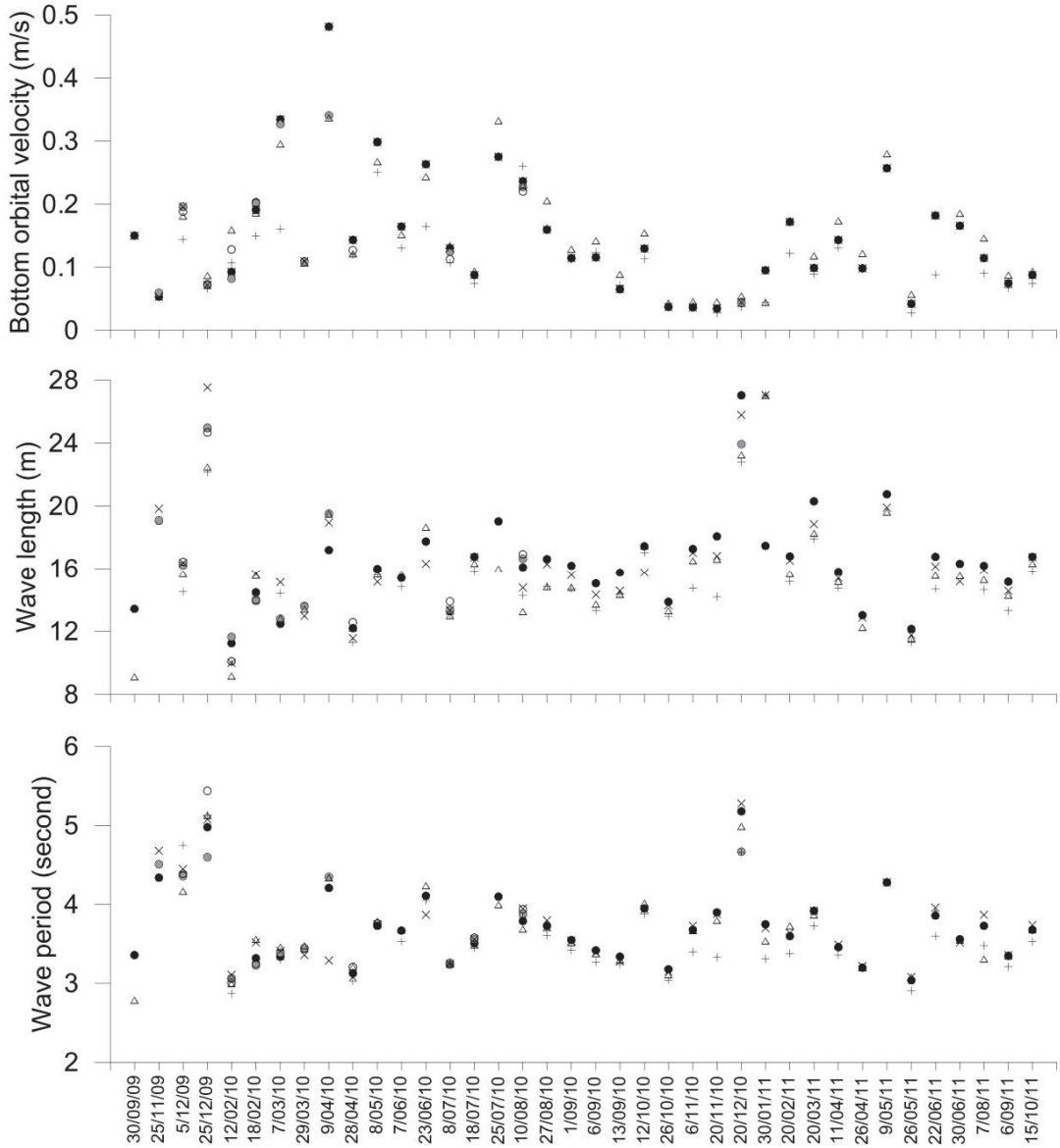
พลังงานรวมของคลื่นเปลี่ยนแปลงตามความสูงและทิศทางคลื่น โดยมีค่ามากสุดประมาณ $8x10^{-7}$ m^2/s ในช่วงคลื่นแรงและเคลื่อนตัวมาจากทิศใต้ สำหรับช่วงคลื่นลมสงบในเดือนธันวาคมพลังงานคลื่นน้อยมากจนเกือบเป็นศูนย์ ประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่นขึ้นอยู่กับความสูงคลื่นและชนิดของคลื่น โดยเขื่อนสามารถลดพลังงานศักย์คลื่นได้ 0-50 เปอร์เซนต์ ในช่วงที่ความสูงคลื่นโดยเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 0.2 เมตร หรือเป็นคลื่น swell ซึ่งมีคาบคลื่นมากกว่า 5 วินาทีและความยาวคลื่นยาว แต่เขื่อนจะไม่สามารถลดพลังงานศักย์คลื่นได้และพลังงานศักย์ด้านหลังเขื่อนอาจจะมากกว่าด้านหน้าเขื่อนได้ในช่วงที่ความสูงคลื่นนัยสำคัญโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า 0.2 เมตร และเป็นคลื่นชนิดคลื่นลม (wind wave) เนื่องจากคลื่นลมสามารถเกิดขึ้นได้อีกที่ด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นและยังส่งผลให้พลังงานคลื่นด้านหลังเขื่อนเพิ่มขึ้นอีกด้วย (รูปที่ 3.4 และตารางที่ 3.2) แต่อย่างไรก็ตามพลังงานคลื่นที่เกิดขึ้นในช่วงนี้มีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงคลื่นแรง

<u>ความเร็วกระแสน้ำใกล้ท้องน้ำ</u>

จากรูปที่ 3.5 ความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำ (Bottom orbital velocity) เปลี่ยนแปลงตามความสูงคลื่นและความลึกน้ำเป็นหลัก คือ ในช่วงที่มีความสูงคลื่นมากจะทำให้ความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำมีค่ามาก และความเร็วกระแสน้ำเป็นวงที่ท้องน้ำจะลดลงตามความสูงคลื่นที่ลดลง ความลึกน้ำที่ลดลงด้านหลังเขื่อนจะช่วยเพิ่มความสูงคลื่นให้มากขึ้นทำให้ความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำด้านหลังเขื่อนเพิ่มขึ้นมากกว่าด้านหน้า แต่สำหรับคลื่นที่มีความสูงคลื่นโดยประมาณมากกว่า 0.35 เมตร จะถูกลดทอนความสูงคลื่นโดยเขื่อนสลายกำลังคลื่นจนส่งผลให้ความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำด้านหลังเขื่อนน้อยกว่าด้านหน้าได้ ความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำด้านหลังเขื่อนมีค่าอยู่ในช่วง 0.05-0.033 m/s อนุภาคส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่าทรายแป้งขนาดกลาง (Median silt) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 0.0156 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบตามรูปที่ 3.7 จึงสรุปได้ว่าอนุภาคส่วนใหญ่ด้านหลังเขื่อนไม่เกิดการกัดเซาะ ยกเว้นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าทรายแป้งหยาบ (Fine silt) ที่มีขนาดตั้งแต่ 0.0156 มิลลิเมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นเพียงองค์ประกอบเล็กน้อยของตะกอนด้านหลังแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่น



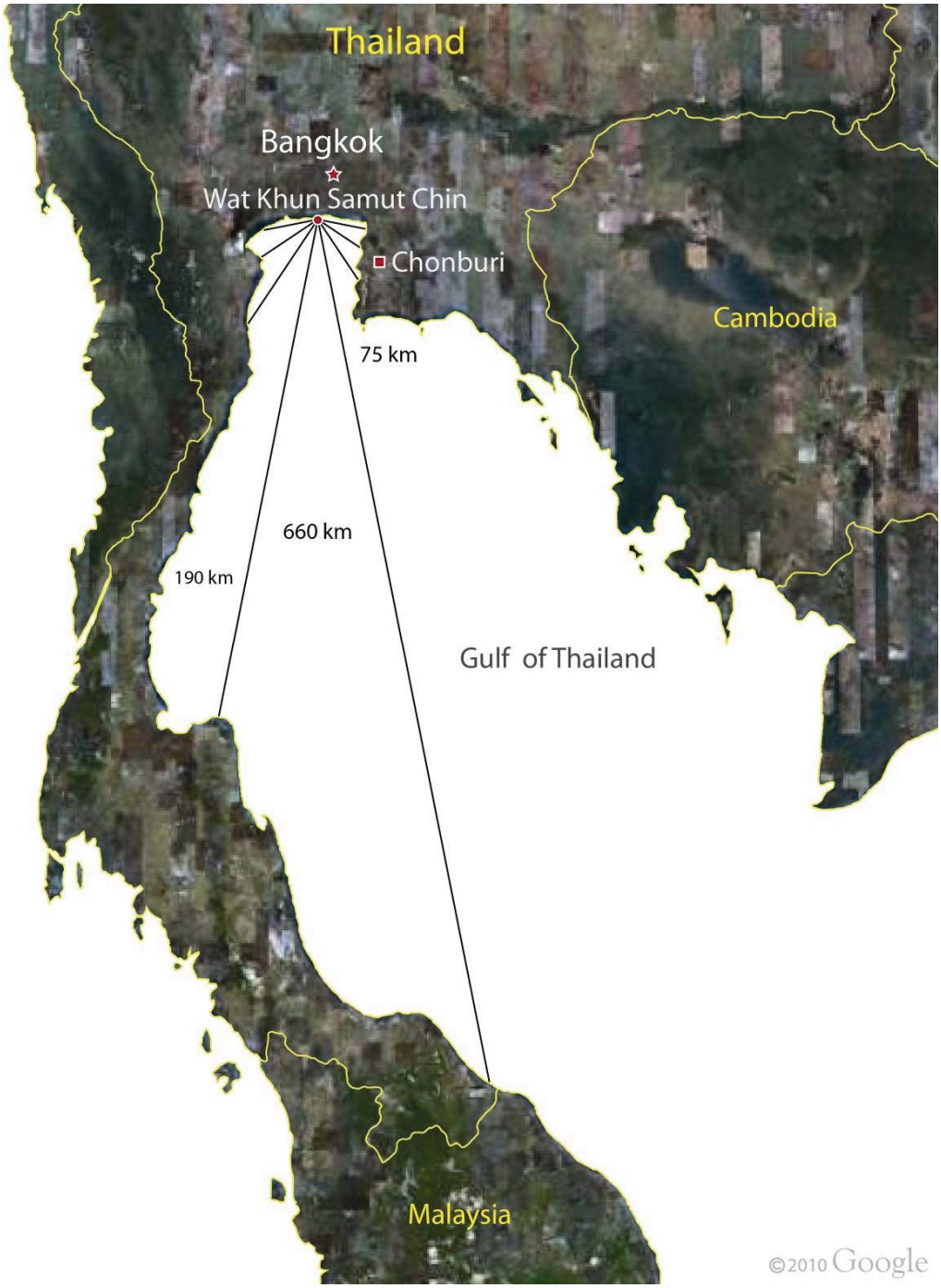
รูปที่ 3.4 ความสูงคลื่น (Wave height, m) และพลังงานคลื่น (Wave energy, 10^{-7} m^2/s) ทิศทางคลื่น (Wave direction, degree) และเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านพลังงานคลื่น (วงกลมสีดำ วงกลมสีเทา และวงกลมสีขาว คือจุดตรวจวัดคลื่นด้านหน้าเขื่อนจุดที่ 1 จุดที่ 2 และจุดที่ 3 ตามลำดับ สามเหลี่ยม เครื่องหมายบวก และเครื่องหมายกากบาท คือจุดตรวจวัดคลื่นด้านหลังเขื่อนสถานีที่ 4 สถานีที่ 5 และสถานีที่ 6 ตามลำดับ)



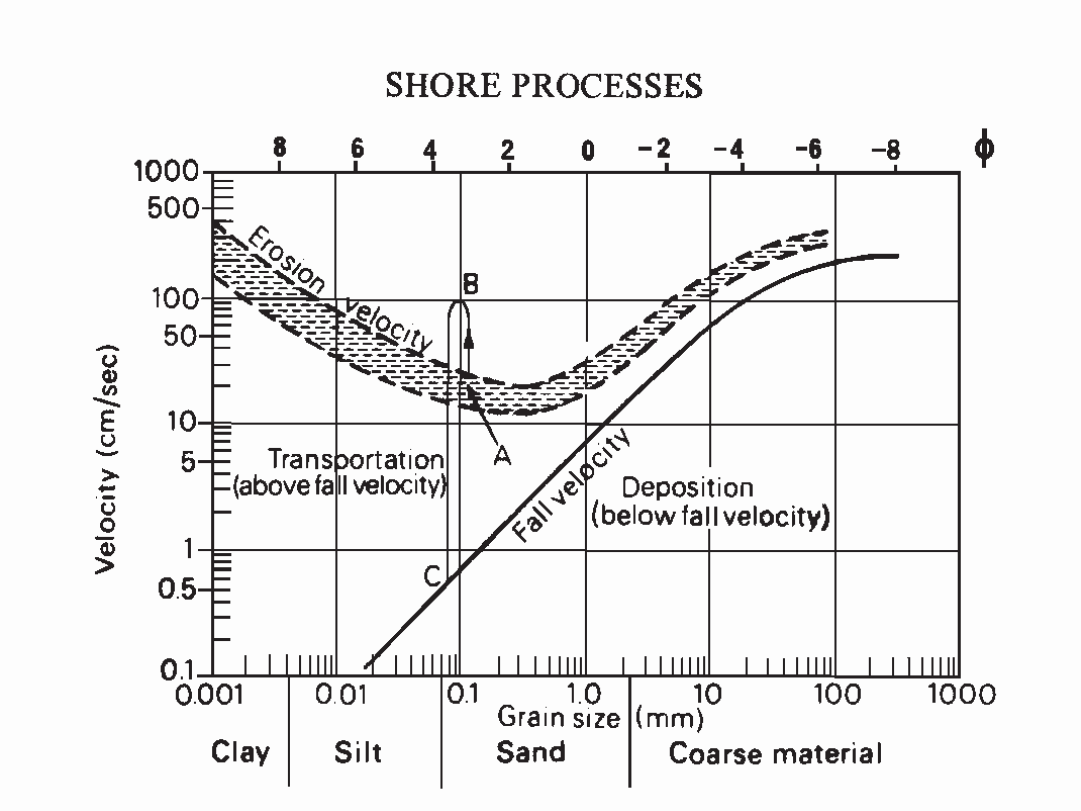
รูปที่ 3.5 ความเร็วกระแสน้ำเป็นวงเนื่องจากคลื่นที่ท้องน้ำ (Bottom orbital velocity, m/s) ความยาวคลื่น (Wave length, m) และคาบคลื่น (Wave period, second) (วงกลมสีดำ วงกลมสีเทา และวงกลมสีขาว คือจุดตรวจวัดคลื่นด้านหน้าเขื่อนจุดที่ 1 จุดที่ 2 และจุดที่ 3 ตามลำดับ สามเหลี่ยม เครื่องหมายบวก และเครื่องหมายกากบาท คือจุดตรวจวัดคลื่นด้านหลังเขื่อนจุดที่ 4 จุดที่ 5 และจุดที่ 6 ตามลำดับ)

ตารางที่ 3.2 พลังงานคลื่นจากการตรวจวัดทั้ง 38 ครั้ง และเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านพลังงาน

วัน/เดือน/ปี	พลังงานคลื่นรวม (x 10^{-7} เมตร^2)						% การส่งผ่านพลังงาน
	หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6	
30 ก.ย. 52	0.83	-	-	1.39	-	-	168
25 พ.ย. 52	0.05	0.04	-	-	-	0.10	212
5 ธ.ค. 52	0.33	0.36	0.31	0.43	0.33	0.25	101
25 ธ.ค. 52	0.10	0.14	0.10	0.12	0.13	0.25	142
12 ก.พ. 53	0.42	0.55	0.87	0.84	0.40	0.57	97
18 ก.พ. 53	3.05	3.03	3.58	3.53	2.51	3.15	95
7 มี.ค. 53	5.61	4.91	-	3.35	2.91	2.60	56
29 มี.ค. 53	0.35	0.30	-	0.27	-	0.20	70
9-10 เม.ย. 53	5.35	4.46	-	3.39	-	3.34	69
28-29 เม.ย. 53	0.51	-	0.54	0.33	0.34	0.41	69
8-9 พ.ค. 53	3.24	-	2.76	2.15	1.89	2.62	74
7-9 มิ.ย. 53	1.84	-	-	2.01	1.60	-	98
23-25 มิ.ย. 53	8.07	-	-	6.04	5.63	5.22	70
8-9 กค. 53	2.36	2.23	2.19	2.10	1.62	2.33	89
18-20 ก.ค. 53	2.68	2.56	2.38	2.70	1.81	2.31	90
25-26 ก.ค. 53	5.68	-	-	5.72	-	-	101
10-12 ส.ค. 53	3.68	3.26	3.16	2.24	3.19	3.06	84
27-30 ส.ค. 53	2.47	-	-	2.58	1.96	3.16	104
1-3 ก.ย. 53	1.46	-	-	1.39	1.25	1.75	100
6-8 ก.ย. 53	1.36	-	-	1.31	1.22	1.24	92
13-15 ก.ย. 53	0.53	-	-	0.65	0.49	0.56	107
12-14 ต.ค. 53	1.44	-	-	1.91	1.24	2.00	120
26-29 ต.ค. 53	0.26	-	-	0.30	0.31	0.32	118
6-8 พ.ย. 53	0.13	-	-	0.17	0.13	0.18	122
20-22 พ.ย. 53	0.09	-	-	0.14	0.06	0.13	116
20-22 ธ.ค. 53	0.13	-	-	0.13	0.08	0.18	102
30-31 ม.ค. 54	0.87	-	-	1.03	0.71	1.01	105
20-21 ก.พ. 54	3.20	-	-	2.03	1.70	1.18	51
20-21 มี.ค. 54	1.09	-	-	1.09	0.66	1.00	84
11-12 เม.ย. 54	2.52	-	-	2.69	1.96	2.28	91
26-27 เม.ย. 54	0.96	-	-	1.07	-	0.95	106
9-10 พ.ค. 54	6.66	-	-	5.47	-	5.74	84
26-27 พ.ค. 54	0.15	-	-	0.20	0.08	0.16	95
22-23 มิ.ย. 54	2.03	-	-	1.61	0.45	1.27	54.8
30มิ.ย.-1ก.ค. 54	3.27	-	-	3.26	-	2.67	91
7-8 ส.ค. 54	1.31	-	-	1.77	0.74	1.37	98
6 ก.ย. 54	0.71	-	-	0.78	0.43	0.71	90
15 ต.ค. 54	0.62	-	-	0.67	0.52	0.70	102



รูปที่ 3.6 ระยะทางในการพัฒนาตัวของคลื่น (Fetch length) ในบริเวณชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน จ.สมุทรปราการ



รูปที่ 3.7 กราฟการกัดเซาะและตกตะกอนสำหรับอนุภาคตะกอนใดๆ ในรูปแสดงตัวอย่างอนุภาคตะกอนทรายขนาด 0.1 มิลลิเมตรจะเริ่มขยับตัวเมื่อความเร็วกระแสน้ำเกินกว่า A เซนติเมตรต่อวินาที และจะเคลื่อนที่ไปได้จนกว่าความเร็วจะลดลงต่ำกว่า C เซนติเมตรต่อวินาทีซึ่งต่ำกว่า A (จาก Beer 1983)

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

Beer, T. 1983. Environmental Oceanography, An Introduction to the Behavior of Coastal Waters. Pergamon Press. 262 pp.

Holthuijsen, L. H. 2007. Waves in oceanic and coastal waters. Cambridge University Press. 387 pp.

Khandekar, M.L. 1989. Operational analysis and prediction of ocean wind waves. Coastal and Estuarine Studies No. 33 Springer-Verlag. 214 pp.

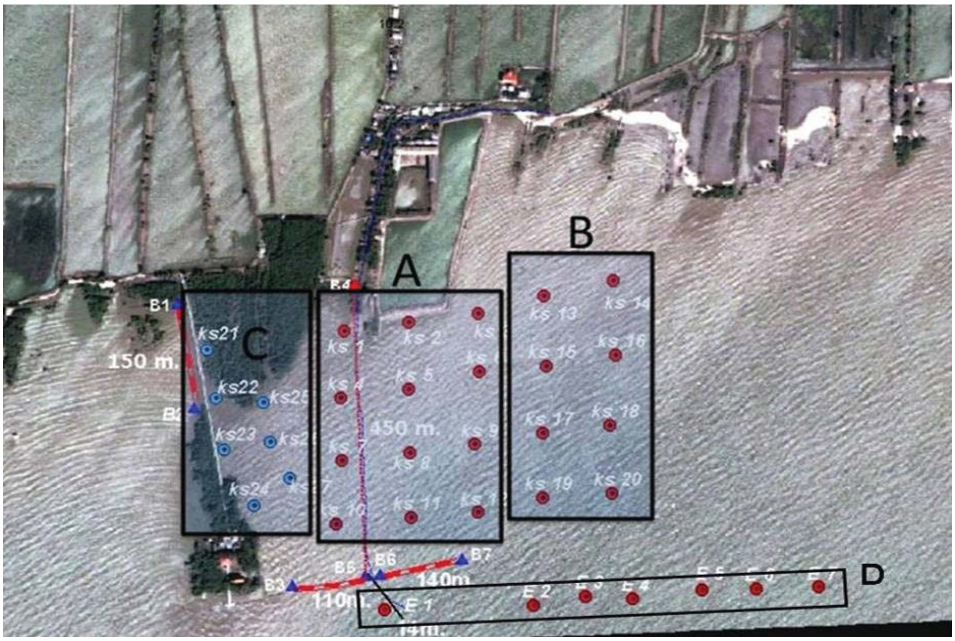
Silvester, R. 1974. Coastal Engineering 1. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York. 457 pp.

Wells, Neil. 1986. The atmosphere and ocean: a physical introduction. Taylor & Francis Ltd. 347 pp.

บทที่ 4
การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงตะกอน
โดย
ศ.ดร.ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล

<u>การซ่อมหมุดวัดระดับพื้นท้องทะเล พร้อมทั้งเดินค่าระดับไปยังหมุดวัดระดับทุกอันในบริเวณพื้นที่ศึกษานำร่อง</u>

ตามที่โครงการวิจัยการกัดเซาะชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีน ซึ่งได้รับการสนับสนุนการวิจัยจาก สกว. ในระยะที่ 1 (ปี 2549-2551) ได้ออกแบบการติดตั้งหมุดวัดระดับตะกอนแบบถาวรไว้บริเวณพื้นที่ศึกษานำร่องทั้งสิ้น 34 จุด โดยแบ่งเป็น 4 พื้นที่ย่อย ได้แก่พื้นที่ย่อย A ซึ่งอยู่หลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นโดยตรง มีทั้งสิ้น 12 หมุดวัดระดับตะกอน พื้นที่ย่อย B ซึ่งได้รับอิทธิพลของเขื่อนสลายกำลังคลื่น ช่วยบังคลื่นลมด้านข้าง ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีทั้งสิ้น 8 หมุดวัดระดับตะกอน พื้นที่ย่อย C ซึ่งได้รับอิทธิพลของวัดขุนสมุทราวาสและเขื่อนสลายกำลังคลื่นบังลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ให้ มีทั้งสิ้น 7 หมุดวัดระดับตะกอน และพื้นที่ย่อย D ซึ่งอยู่ด้านหน้าเขื่อนสลายกำลังคลื่นบริเวณแนวเสาไฟฟ้าเดิม มีทั้งสิ้น 7 หมุดวัดระดับตะกอน ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งหมุดวัดระดับตะกอนแบบถาวรในระยะแรกได้ทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ตอกฝังลงในชั้นดินอ่อนปานกลางที่ความลึกประมาณ 3.5-5.0 เมตร โผล่พ้นผิวดินประมาณ 1-2 เมตร และติดตั้งธงแสดงเครื่องหมายไว้เพื่อให้นักวิจัยท้องถิ่นและชาวประมงมองเห็นอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงตำแหน่งหมุดวัดระดับตะกอนแบบถาวรบริเวณพื้นที่นำร่องบ้านขุนสมุทรจีน

รูปที่ 4.2 หมุดตรวจวัดข้อมูลระดับตะกอนซึ่งทำจากวัสดุ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ยาว 6-7 เมตร

โดยหมุดวัดระดับตะกอนแบบถาวรในพื้นที่โซน A, B และ D จำนวน 27 จุด ได้ทำการติดตั้งในวันที่ 27 กรกฎาคม 2549 ตั้งแต่เริ่มโครงการในระยะแรกก่อนมีการก่อสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่น ส่วนหมุดวัดระดับตะกอนแบบถาวรอีก 7 จุด ในพื้นที่โซน C ได้มีการติดตั้งหลังจากการก่อสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่นเสร็จ ในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2550 ซึ่งการตรวจวัดระดับการสะสมตัวตะกอนสุทธิได้มีการวัดทั้งหมด 27 จุด เป็นประจำทุกเดือนโดยทีมนักวิจัยชุมชนบ้านขุนสมุทรจีน ยกเว้นหมุดวัดระดับตะกอนแบบถาวรในพื้นที่โซน D ซึ่งมีระดับน้ำขึ้นสูงเกือบตลอดเวลา จึงไม่สามารถวัดระดับตะกอนได้อย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องทำการยกเลิกการตรวจวัดในเวลาต่อมา

การศึกษาวิจัยโครงการขุนสมุทรจีนในระยะที่ 1 (ปี 2549-2551) ปัญหาหมุดวัดระดับตะกอนแบบถาวรในพื้นที่โซน A, B, และ C จำนวน 27 จุด ซึ่งได้ทำการติดตั้งในทะเลและใช้งานเป็นเวลานาน 2 ปีกว่า วัสดุที่ทำด้วยท่อ PVC ซึ่งมีอายุการใช้งานไม่นาน ทำให้หมุดวัดระดับตะกอนแบบถาวรบางจุดมีการชำรุดเสียหาย การวัดระดับตะกอนในพื้นที่นำร่องจึงไม่สามารถวัดระดับตะกอนได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องติดตั้งซ่อมหมุดวัดระดับตะกอนแบบถาวรทั้ง 27 จุด โดยทำการเปลี่ยนวัสดุจากท่อ PVC เส้นผ่าศูนย์กลาง $1\frac{1}{2}$ นิ้ว เป็นท่อเหล็กแป๊ปขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ความยาวเท่าเดิม พร้อมกับการเดินค่าระดับไปยังหมุดวัดระดับตะกอนทุกตัว ตั้งแต่วันที่ 27 พฤศจิกายน 2552 เสร็จเรียบร้อย ทำให้โครงการวิจัยการกัดเซาะชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีนในระยะที่ 2 (พศ.2552-2554) สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนได้ทั้ง 27 จุดได้อย่างต่อเนื่องอีกครั้งหนึ่ง ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2552 เป็นต้นมา

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การเปลี่ยนวัสดุที่ทำด้วยท่อ PVC เป็นท่อเหล็กแป๊ปทำให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อที่หลุดหายไปและสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนได้อย่างต่อเนื่อง หลังจากปรับปรุงวัสดุหมุดวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนท้องน้ำแล้วได้ให้นักวิจัยท้องถิ่นตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนเป็นรายเดือนต่อไป นักวิจัยท้องถิ่นจะทำการตรวจสอบสภาพวัสดุของหมุดวัดตะกอนทุกตัวพร้อม ๆกับมีการวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนอย่างต่อเนื่อง หากเกิดการแตกหักหรือสูญหายก็จะรีบแจ้งนักวิจัยและดำเนินการซ่อมได้ทันท่วงที

การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนและพื้นท้องทะเลด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่น

จากการติดตั้งไม้วัดระดับตะกอนแบบถาวรไว้ในบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 34 จุด โดยแบ่งเป็น 4 พื้นที่ย่อย ได้แก่ พื้นที่ย่อย A ซึ่งอยู่หลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นโดยตรงจำนวน 12 จุด พื้นที่ย่อย B ซึ่งได้รับอิทธิพลของเขื่อนสลายกำลังคลื่นช่วยบังคลื่นลมด้านข้างช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จำนวน 8 จุด พื้นที่ย่อย C ซึ่งได้รับอิทธิพลของวัดขุนสมุทราวาสและเขื่อนสลายกำลังคลื่นบังลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จำนวน 7 จุด และพื้นที่ย่อย D ซึ่งอยู่ด้านหน้าเขื่อนสลายกำลังคลื่นบริเวณแนวเสาไฟฟ้าเดิมจำนวน 7 จุด มีการตรวจวัดระดับตะกอนที่จุดตรวจวัดทุกจุดเป็นรายเดือนต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันระยะเวลาทั้งสิ้น 5 ปี 3 เดือน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการประเมินประสิทธิผลของการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งด้วยโครงสร้างขุนสมุทรจีน จึงได้มีการนำข้อมูลตรวจวัดในโครงการวิจัยการกัดเซาะชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีน ซึ่งได้รับการสนับสนุนการวิจัยจาก สกว. ในระบะที่ 1 (ปี 2549-2551) มาเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้เพื่อวิเคราะห์การทับถมของดินตะกอนในพื้นที่โครงการต่อไป

จากตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนและพื้นท้องทะเลด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่น ตั้งแต่โครงการวิจัยในระยะแรก (สิงหาคม 2549 ถึง กันยายน 2551) และข้อมูลการวัดระดับตะกอนต่อเนื่องจนถึงเดือนพฤศจิกายน 2554 ซึ่งครอบคลุมงานวิจัยในระยะที่ 2 (กันยายน 2552 ถึง สิงหาคม 2554)

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนและพื้นท้องทะเลด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่น

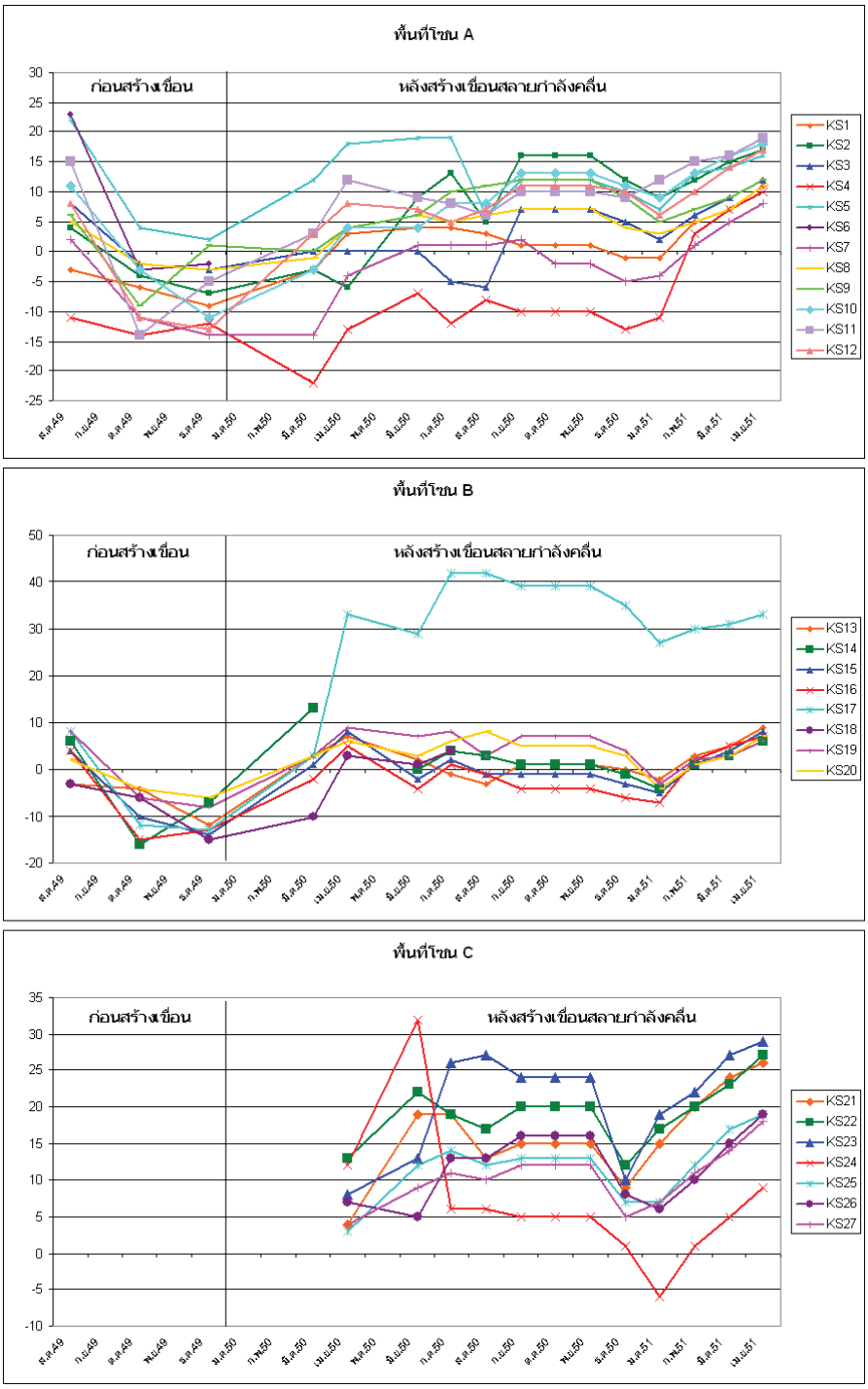
ปี	เดือน	วัน	KS1	KS2	KS3	KS4	KS5	KS6	KS7	KS8	KS9	KS10	KS11	KS12	KS13	KS14	KS15	KS16	KS17	KS18	KS19	KS20	KS21	KS22	KS23	KS24	KS25	KS26	KS27
49	8	27	-3	4	8	-11	22	23	2	5	6	11	15	8	-3	6	4	4	8	-3	8	2							
49	10	28	-6	-4	-2	-14	4	-3	-11	-2	-9	-3	-14	-11	-4	-16	-10	-15	-12	-6	-6	-4							
49	12	27	-9	-7	-3	-12	2	-2	-14	-3	1	-11	-5	-13	-12	-7	-14	-13	-13	-15	-8	-6							
50	1	31	เริ่มติดตั้งเขื่อนสลายกำลังคลื่น "ชุนสมุทรจีน 49A2"																										
50	3	10	-3	-3	0	-22	12		-14	-1	0	-3	3	3	3	13	1	-2	3	-10	3	3							
50	4	11	3	-6		-13	18		-4	4	4	4	12	8	7		8	5	33	3	9	6	4	13	8	12	3	7	4
50	6	8	4	9	0	-7	19		1	6	6	4	9	7	2	0	-2	-4	29	1	7	3	19	22	13	32	12	5	9
50	7	9	4	13	-5	-12	19		1	5	10	8	8	5	-1	4	2	1	42	4	8	6	19	19	26	6	14	13	11
50	8	6	3	5	-6	-8	6		1	6	11	8	6	7	-3	3	-1	-1	42		3	8	13	17	27	6	12	13	10
50	9	9	1	16	7	-10	12		2	7	12	13	10	11	1	1	-1	-4	39		7	5	15	20	24	5	13	16	12
50	10	10	1	16	7	-10	12		-2	7	12	13	10	11	1	1	-1	-4	39		7	5	15	20	24	5	13	16	12
50	11	12	1	16	7	-10	12		-2	7	12	13	10	11	1	1	-1	-4	39		7	5	15	20	24	5	13	16	12
50	12	10	-1	12	5	-13	10		-5	4	9	11	9	10	0	-1	-3	-6	35		4	3	9	12	10	1	7	8	5
51	1	8	-1	9	2	-11	7		-4	3	5	9	12	6	-2	-4	-5	-7	27		-3	-4	15	17	19	-6	7	6	7
51	2	11	5	12	6	3	13		1	5	7	13	15	10	3	1	1	2	30		2	1	20	20	22	1	12	10	11
51	3	12	7	15	9	7	14		5	7	9	16	16	14	5	3	4	5	31		3	3	24	23	27	5	17	15	14
51	4	16	11	17	12	10	16		8	11	12	18	19	17	9	6	8	7	33		6	7	26	27	29	9	19	19	18
51	5	29	14	13	6	8	20		5	9	10	21	16	9	4	3	5	4			6	5	18	21	28	14	16	14	16
51	6	30	4	7	1	-5	24		4	10	24	20	15	12	3	1	-1	-5			6	1	9	14	22	12	18	19	17
51	7	26	8	0	0	-3	20		4	9	20	18	13	11	3	2	-2	-7			5	2	7	19	25	13	14	16	15
51	8	29	2	4	0	-2	20		4	7	17	17	12	10	2	2	-1	-6			5	1	6	18	24	11	14	15	13
51	9	30	2	13	12	-5	19		-1	11	15	16	12	9	1	2	-2	-8			3	-1	11	16	21	-5	12	13	11
51	10	29	2	13	11	-7	19		-3	12	13	14	11	8	2	1	-1	-7			1	-1	11	14	20	-4	10	11	10
51	11	30	2	15	10	-7	18		-3	10	12	15	10	8	1	-1	-2	-8			1	2	10	12	17	-5	8	10	8
51	12	29	2	16	10	-8	17		-3	11	10	13	8	7	1	-2	-4	-7			-2	-4	9	10	14	-6	8	11	7
52	1	30	1	15	9	-6	16		-2	10	11	12	8	5									7	10	13	-5	6	12	8
52	2	27	3	16	11	-4	16		-1	12	10	13	7	8									8	9	13	-4	7	11	7
52	3	30	9	18	12	-3	17		2	13	11	14	8	9									10	11	15	-1	9	14	9
52	4	28	12	21	15	-2	18		3	14	13	14	9	11									11	11	16	-1	10	15	10
52	5	30	12	11	15	-1	19		5	14	15	21	10	13									13	11	18	1	12	17	11
52	6	29	15		17	3	20		7	15	15	22	12	15									14	13	19	2	14	19	12
52	7	30	17		16	4	21		9	19	17	22	13	16									16	15	20	3	15	22	12
52	11	31	17		17	2	19		3	20	17	18	12	14									15	11	17	1	12	21	10
52	12	30	15	25	14	-2	20	10	2	20	15	14	9	8	12	11	18	17	18	8	10	9	13	8	14	-2	10	20	7
53	1	28	14	23	13	-4	19	10	2	19	13	13	9	6	11	10	16	16	18	7	8	7	11	18	13	-3	8	17	5
53	2	26	15	21	14	-3	19	12	2	17	12	12	9	7	13	12	15	16	17	8	9	6	13	19	13	-1	9	15	4

ปี	เดือน	วัน	KS1	KS2	KS3	KS4	KS5	KS6	KS7	KS8	KS9	KS10	KS11	KS12	KS13	KS14	KS15	KS16	KS17	KS18	KS19	KS20	KS21	KS22	KS23	KS24	KS25	KS26	KS27
53	3	30	17	22	15	-2	20	13	5	17	13	12	10	9	14	15	18	18	18	9	9	7	15	21	17	3	11	18	6
53	4	28	19	22	16	-1	22	15	7	18	13	12	12	10	15	17	21	21	19	9	10	9	17	24	20	3	12	21	8
53	5	30	23	21	17	1	23	17	8	19	13	13	14	12	16	20	24	24	19	10	10	10	20	27	24	5	13	24	10
53	6	29	26	23	19	2	25	18	10	20	15	14	14	13	18	23	27	26	20	11	11	12	22	29	27	7	15	26	12
53	7	31	28	25	20	4	27	19	12	21	17	15	16	15	19	25	29	28	21	12	13	14	24	32	30	10	16	27	13
53	8	26	23	20	6	-5	25	17	11	19	16	9	11	15	18	21	16	32	17	10	11	18	19	28	25	-2	10	24	13
53	9	29	20	19	5	-5	25	13	10	17	16	8	11	14	18	20	16	31	15	10	10	17	19	26	24	-2	9	24	13
53	10	27	19	19	6	-4	24	13	9	17	15	8	12	13	17	20	15	31	14	10	9	16	19	25	22	-2	7	23	13
53	11	29	19	18	8	-4	24	12	10	16	15	6	10	14	17	19	15	30	13	9	10	15	18	22	23	-3	7	22	13
53	12	30	18	19	6	-5	22	13	10	18	17	6	9	15	19	20	18	31	13	11	12	15	19	23	21	-2	7	22	14
54	1	31	19	20	9	-3	23	17	13	22	20	8	11	18	23	23	22	35	15	14	15	19	22	24	18	-1	5	18	19
54	2	25	19	22	10	-1	23	16	14	24	20	10	13	19	21	24	26	37	16	17	18	24	24	27	21	2	6	20	20
54	3	27	22	26	14	2	27	17	17	25	22	14	16	19	22	26	31	39	19	19	24	30	26	29	25	4	7	21	23
54	4	26	23	28	17	4	28	17	18	19	24	17	19	20	25	27	34	40	20	21	27	33	28	32	27	7	8	23	24
54	5	30	11	18	9	-5	22	12	9	11	8	28	6	3	17	10	20	24	6	10	20	29	5	21	14	1	2	11	10
54	6	29	11	18	9	-5	22	12	9	11	8	28	6	3	17	10	20	24	6	10	20	29	5	21	14	1	2	11	10
54	7	29	10	16	9	-5	21	12	9	9	9	25	5	3	17	10	18	23	6	9	18	24	5	20	14	1	2	13	9
54	8	26	8	15	9	-6	21	13	9	8	10	21	5	2	16	9	17	23	5	8	16	21	5	20	13	2	1	12	9
54	9	28	7	14	9	-8	21	13	10	8	11	18	5	1	16	9	16	23	4	8	14	18	5	19	12	1	0	13	8
54	10	27	5	13	9	-10	19	13	11	8	13	12	5	2	17	9	14	21	4	7	13	16	3	19	11	2	2	12	6
54	11	29	4	12	10	-10	20	15	13	7	12	3	3	2	15	8	12	20	2	7	10	15	3	17	10	2	3	13	5

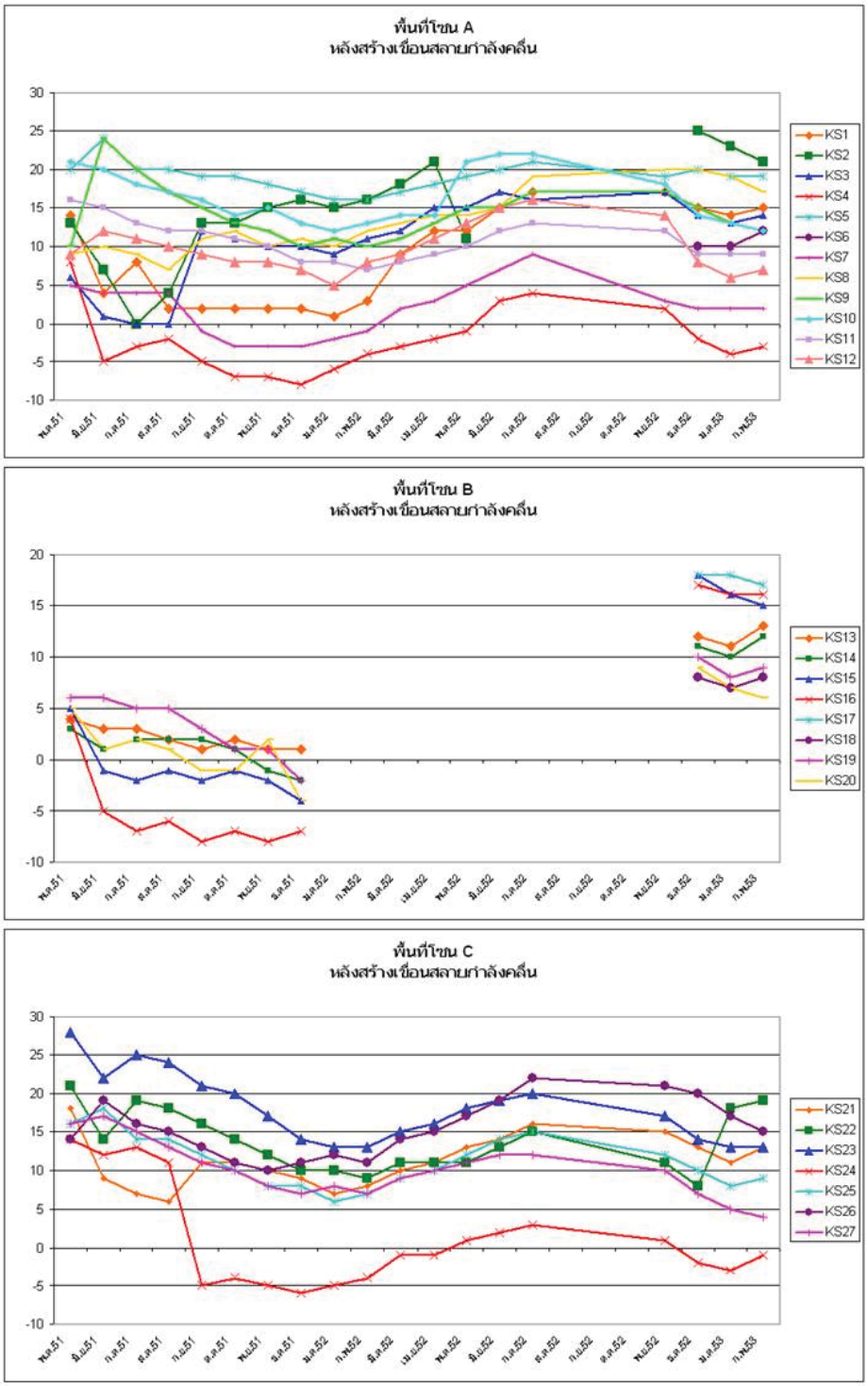
รูปที่ 4.3 แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนชายฝั่งในพื้นที่โครงการนำร่องในช่วง 6 เดือนแรกก่อนมีการติดตั้งเขื่อนสลายกำลังคลื่นตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2550 พบว่าทั้งในพื้นที่โซน A และ B ระดับตะกอนมีการสะสมตัวลดลงประมาณ 30 เซนติเมตร หรือโดยเฉลี่ยลดลงเดือนละ 3-5 เซนติเมตร สำหรับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนชายฝั่งในช่วง 1 ปีแรกหลังจากมีการติดตั้งเขื่อนสลายกำลังคลื่นตั้งแต่เดือนมีนาคม 2550 ถึงเดือนมีนาคม 2551 พบการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนสะสมตัวเพิ่มมากขึ้นในทุกพื้นที่ทั้งโซน A, B และ C โดยเฉพาะข้อมูลการเพิ่มขึ้นของตะกอนในพื้นที่โซน A ที่อยู่ในแนวป้องกันของเขื่อนสลายกำลังคลื่นโดยตรง พบว่ามีการเพิ่มขึ้นถึง 40-70 เซนติเมตร ในพื้นที่โซน C ที่อยู่บริเวณด้านข้างของเขื่อนสลายกำลังคลื่นด้านข้างของวัดขุนสมุทราวาสก็มีการเพิ่มขึ้นของระดับตะกอนอีกประมาณ 20-30 เซนติเมตร และในส่วนของพื้นที่โซน B ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่ด้านข้างของแนวป้องกันเขื่อนสลายกำลังคลื่นก็มีการเพิ่มขึ้นของระดับตะกอนชายฝั่งประมาณ 10-15 เซนติเมตร

รูปที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนและพื้นท้องทะเลด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่น ซึ่งได้จากการตรวจวัดตะกอนเป็นประจำประมาณเดือนละ 1 ครั้ง ในพื้นที่ย่อยโซน A, B, และ C พบว่าในภาพรวมการสะสมตัวของตะกอนในช่วงตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2553 การสะสมตัวของตะกอนหลังจากโครงการเริ่มมาเป็นเวลา 3 ปี ในทุกพื้นที่ย่อยโซน A, B, และ C มีการเพิ่มขึ้นของตะกอนค่อนข้างคงที่โดยพื้นที่ A มีระดับตะกอนเพิ่มขึ้น 5-18 เซนติเมตร พื้นที่ B มีระดับตะกอนเพิ่มขึ้น 3-10 เซนติเมตร และพื้นที่ C มีระดับตะกอนเพิ่มขึ้น 8-15 เซนติเมตร ยกเว้นหมุดวัดระดับตะกอนที่ KS27 ที่มีระดับตะกอนลดลงตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551 ซึ่งอาจจะมาจากสาเหตุการสร้างเขื่อนหินทิ้งรอบตัววัดขุนสมุทราวาส ทำให้คลื่นมีการปะทะตัวเขื่อนและเกิดการม้วนตัวของคลื่นทำให้ตะกอนมีการกัดเซาะมากขึ้น สาเหตุของการสะสมตัวของตะกอนบริเวณพื้นที่นำร่องบ้านขุนสมุทรจีนมีลักษณะคงที่ เนื่องมาจากยังมีตะกอนบางส่วนถูกลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ และพาตะกอนออกสู่นอกชายฝั่ง ดังนั้น หากบริเวณบ้านขุนสมุทรจีนมีการสร้างโครงสร้างส่วนที่ 2 คือ โครงสร้างกันตะกอนปากร่องน้ำ จะทำให้ตะกอนมีการสะสมตัวเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ อย่างไรก็ตามจากข้อมูลการตรวจวัดระดับตะกอนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่นสามารถช่วยหยุดยั้งการกัดเซาะชายฝั่งทะเลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

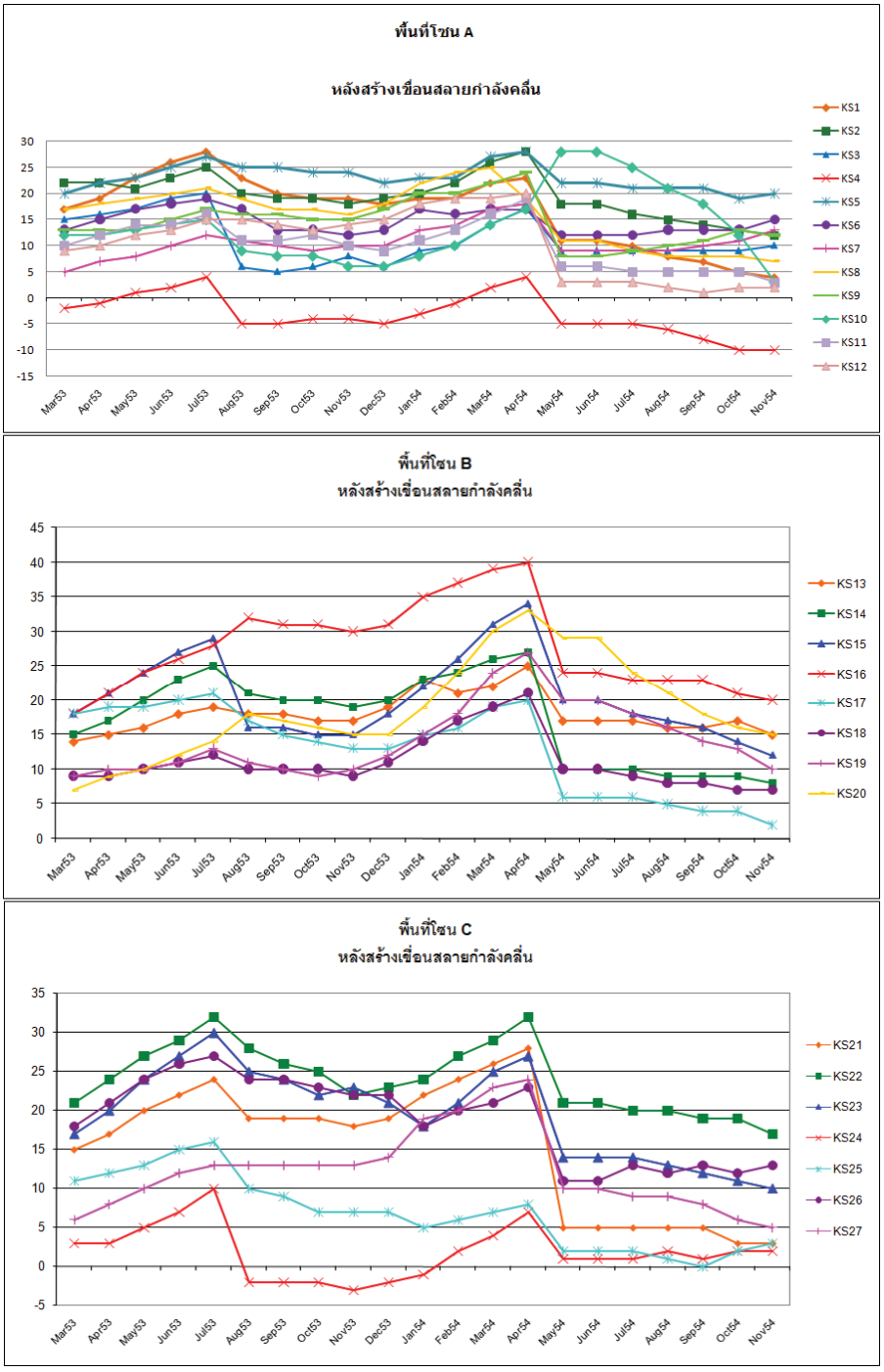
รูปที่ 4.5 แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนและพื้นท้องทะเลด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นในช่วงเดือนมีนาคม 2553 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2554 ข้อมูลจากการตรวจวัดตะกอนในทุกพื้นที่ย่อยโซน A, B, และ C มีการเพิ่มขึ้นของตะกอนค่อนข้างคงที่ จากข้อมูลการตรวจวัดระดับตะกอนในช่วง 2 ปี 3 เดือนของโครงการวิจัยระยะที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่นมีประสิทธิภาพมากสามารถหยุดยั่งการกัดเซาะชายฝั่งทะเลได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นยังช่วยเก็บเกี่ยวตะกอนให้มีการสะสมตัวบริเวณหลังเขื่อนในทุกพื้นที่ทั้ง A, B, และ C โดยเฉลี่ยเดือนละ 1-3 เซนติเมตร



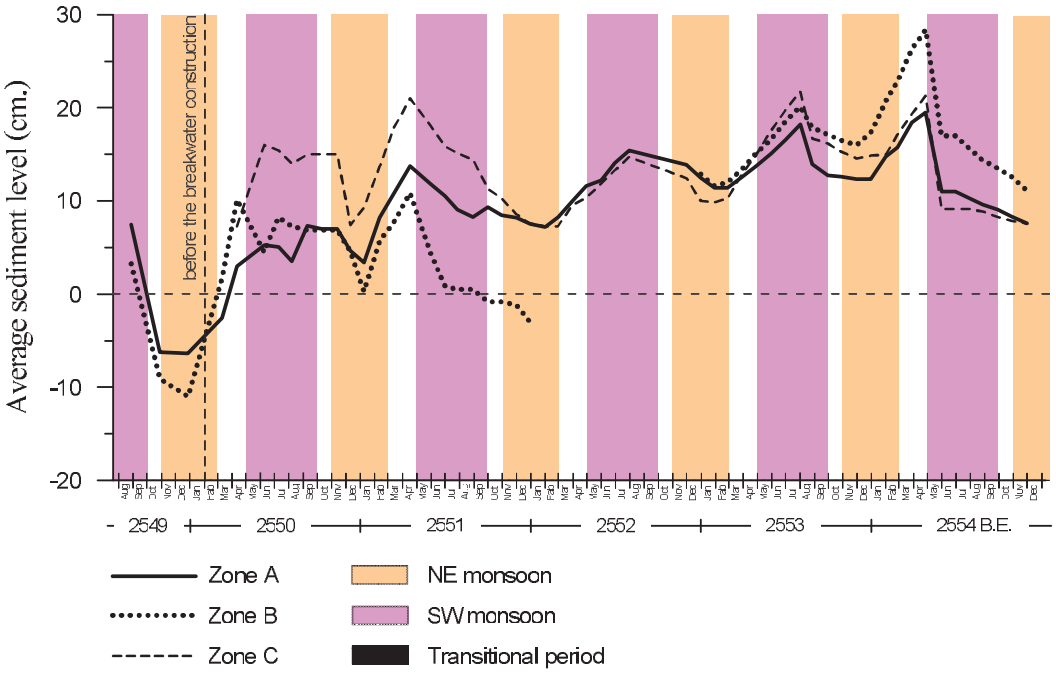
รูปที่ 4.3 ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนชายฝั่งทะเลบริเวณบ้านขุนสมุทรจีน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549 จนถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2551



รูปที่ 4.4 ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนชายฝั่งทะเลบริเวณบ้านขุนสมุทรจีน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 จนถึงเดือนมีนาคม 2553 พ.ศ.



รูปที่ 4.5 ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนชายฝั่งทะเลบริเวณบ้านขุนสมุทรจีน ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554



รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนชายฝั่งทะเลบริเวณบ้านขุนสมุทรจีน ตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2549 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554

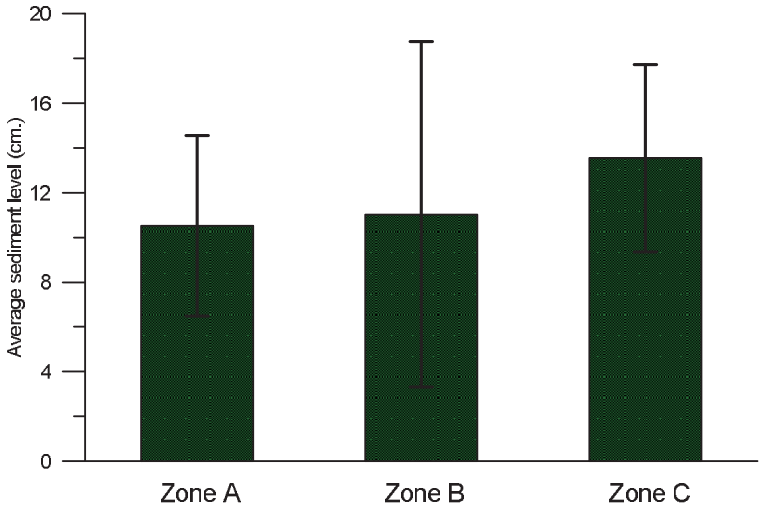
รูปที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของระดับตะกอนในแต่ละโซนในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2554 จากข้อมูลค่าเฉลี่ยของระดับตะกอนพบว่าตะกอนท้องน้ำจะเกิดการสะสมตัวในช่วงปลายฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือถึงช่วงต้นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงพฤษภาคมหรือกรกฎาคมโดยประมาณ) เนื่องจากในช่วงนี้เป็นช่วงที่ระดับน้ำทะเลลดลงต่ำสุดในรอบปีและลดลงต่ำสุดในตอนกลางวันทำให้ชั้นตะกอนโผล่พ้นน้ำและได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์เกิดการคายน้ำซึ่งช่วยให้การอัดตัวกันของอนุภาคตะกอนแน่นขึ้น (compaction) ชั้นตะกอนจึงมีความแข็งแรงและสามารถเกิดการสะสมตัวของตะกอนท้องน้ำได้ สำหรับการกัดเซาะจะเกิดขึ้นในช่วงต้นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ถึงช่วงกลางของฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนมิถุนายนถึงมกราคมโดยประมาณ) ทั้งนี้ระดับน้ำทะเลในช่วงดังกล่าวค่อนข้างสูงชั้นตะกอนจึงจมอยู่ใต้น้ำเกือบตลอดเวลาทำให้ชั้นตะกอนอ่อนนุ่มมากขึ้นผนวกกับความรุนแรงของคลื่นในช่วงที่ฝนตกทำให้ตะกอนท้องน้ำฟุ้งกระจายขึ้นมาในมวลน้ำและการพัดพาตะกอนไปยังบริเวณอื่นโดยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อย่างไรก็ตามผลการตรวจวัดระดับตะกอนอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นๆ ในพื้นที่นอกเหนือจากปัจจัยที่ได้เสนอไปข้างต้น เนื่องจากในพื้นที่ดังกล่าวมีการประกอบกิจกรรมของมนุษย์มากมาย เช่น โครงสร้างป้องกันชายฝั่งอื่นๆ การคราดลูกหอนแครง การติดตั้งอวนดักเคย และการใช้เรือเข้าออกร่องน้ำของประชาชนในพื้นที่ เป็นต้น

ค่าเฉลี่ยระดับตะกอนที่สะสมในพื้นที่โซน A, B และ C (สำหรับเฉพาะ 44 เดือนที่มีข้อมูลครบทุกพื้นที่) เท่ากับ 10.5, 11.0 และ 13.5 ซม. ตามลำดับ (ดูตารางที่ 4.2 และรูป 4.7) โซน B มีการสะสมตัวของตะกอนมากกว่าโซน A เล็กน้อยแต่ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยก็มากเช่นกัน การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับตะกอนที่สะสมในแต่ละพื้นที่โดยการทดสอบค่าเฉลี่ยของระดับตะกอนที่สะสมทีละคู่ (paired t-test) พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับตะกอนในพื้นที่ A และพื้นที่ B ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าเฉลี่ยของระดับตะกอนในพื้นที่ C แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับค่าเฉลี่ยของระดับตะกอนในพื้นที่ A และพื้นที่ B ที่ระดับความเชื่อมั่น 90

เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าพื้นที่โซน C ได้ผลเชิงบวกจากจากพื้นที่วัดและเขื่อนสลายกำลังคลื่นช่วยกำบังคลื่นจึงเกิดการสะสมตะกอนได้มากกว่าโซน A ซึ่งอยู่หลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นโดยตรง ผลการทดสอบลำดับการสะสมของตะกอนเฉลี่ยโดยใช้ระเบียบวิธีของทูกี้ดับบลิว (Tukey's W procedure) พบว่าการสะสมตะกอนเฉลี่ยในพื้นที่โซน C มีค่าระดับตะกอนสูงกว่าพื้นที่ A และ B อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระดับการสะสมตะกอนในพื้นที่ A และ B ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งผลการทดสอบสอดคล้องกับผลจากการทดสอบเป็นคู่ ถึงแม้พื้นที่โซน C จะอยู่ด้านหลังแนวเสาสามเหลี่ยมและมีวัดขุนสมุทราวาสช่วยป้องกันคลื่นพื้นที่ใกล้กับแนวเขื่อนหินทิ้งของวัดขุนสมุทราวาสยังคงถูกกัดเซาะเนื่องจากแรงกระแทกของคลื่นกับแนวเขื่อนหินทิ้ง เช่นระดับตะกอนในจุดตรวจวัด KS24 ซึ่งมีระดับตะกอนต่ำกว่าจุดสำรวจอื่นๆ ในพื้นที่ C ค่อนข้างมาก แต่สำหรับจุดตรวจวัด KS25 เป็นร่องน้ำจากบ่อเลี้ยงหอยซึ่งไหลผ่านแนวป่ายชายเลนลงมาจึงทำให้ระดับตะกอนต่ำกว่าจุดตรวจวัดอื่นๆ สำหรับพื้นที่ A และพื้นที่ B ถึงแม้จะไม่มีความแตกต่างของระดับตะกอนแต่เมื่อพิจารณาจากความแปรปรวนของข้อมูลระดับตะกอนจะพบว่าในพื้นที่ B จะมีความแปรปรวน/ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน/พิสัยของระดับตะกอนมากกว่า A ค่อนข้างมาก (ตารางที่ 4.2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ A ซึ่งอยู่ด้านหลังของแนวเสาสามเหลี่ยมมีเสถียรภาพและความมั่นคงของพื้นทะเลมากกว่าพื้นที่ B ซึ่งอยู่ด้านข้างของแนวเสาสามเหลี่ยม

ตารางที่ 4.2 ระดับการสะสมตะกอนเฉลี่ย ความแปรปรวน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและพิสัยของข้อมูลระดับตะกอนในพื้นที่ A พื้นที่ B และพื้นที่ C บริเวณบ้านขุนสมุทรจีน

	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C
ระดับการสะสมตะกอนเฉลี่ย	10.5	11.0	13.5
ความแปรปรวน	16.2	59.7	17.6
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.0	7.7	4.2
พิสัย	22.0	31.4	14.4



รูปที่ 4.7 กราฟแท่งแสดงระดับการสะสมตะกอนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลระดับตะกอนในพื้นที่ A พื้นที่ B และพื้นที่ C บริเวณบ้านขุนสมุทรจีน

<u>สรุปผลและข้อเสนอแนะ</u>

จากข้อมูลการตรวจวัดระดับตะกอนหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นในช่วงโครงการวิจัยระยะที่ 1 และการวิจัยระยะที่ 2 (ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2549 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2554) ซึ่งรวมระยะเวลาการติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนทั้งสิ้น 5 ปี 3 เดือน แสดงให้เห็นว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่นมีประสิทธิภาพมากสามารถหยุดยั้งการกัดเซาะชายฝั่งทะเลได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นยังช่วยเก็บเกี่ยวตะกอนให้มีการสะสมตัวบริเวณหลังเขื่อนในทุกพื้นที่ทั้ง A, B, และ C โดยเฉลี่ยเดือนละ 1-3 เซนติเมตร โดยเฉพาะพื้นที่ C อยู่หลังวัดขุนสมุทราวาสช่วยกำบังคลื่นทำให้การสะสมตะกอนมากกว่าพื้นที่ B และ C อย่างไรก็ตามข้อมูลจากการศึกษาได้บ่งชี้ว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่นนี้สามารถทำให้มีการสะสมตัวของตะกอนชายฝั่งเพิ่มมากขึ้นได้ก็จริงแต่เมื่อระดับตะกอนเพิ่มถึงระดับหนึ่ง ประมาณ 20-30 เซนติเมตรแล้วไม่พบการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอีก การเปลี่ยนแปลงระดับตะกอนในช่วง 2 ปีหลังของโครงการวิจัยระยะที่ 2 มีค่าคงที่นั้นเป็นเพราะมีตะกอนบางส่วนได้ถูกลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดพาออกไปสู่นอกชายฝั่งโดยเฉพาะช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคมและคลื่นบางส่วนในช่วงมรสุมตะวัยตกฉียงใต้ยังสามารถทะลุผ่านช่องว่างของโครงสร้างขุนสมุทรจีนบริเวณปากร่องน้ำ ที่ทางโครงการวิจัยฯได้เว้นไว้สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างป้องกันในส่วนที่สอง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการก่อสร้างโครงสร้างส่วนที่สองที่ได้ออกแบบไว้แล้วในการจดสิทธิบัตร โครงสร้างส่วนที่สองได้ออกแบบไว้สำหรับป้องกันไม่ให้ตะกอนเคลื่อนที่ออกนอกชายฝั่งเร็วเกินไปอีกทั้งเป็นการรักษาร่องน้ำตามธรรมชาติให้ประชาชนในพื้นที่สามารถใช้งานได้เป็นปกติ ซึ่งหากมีการก่อสร้างโครงสร้างส่วนที่สองตามแบบจำลองต้นแบบเสร็จสมบูรณ์ครบถ้วนจะทำให้ระดับการสะสมตัวตะกอนชายฝั่งบริเวณสถานีศึกษานำร่องบ้านขุนสมุทรจีนจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะสำหรับโครงการวิจัยในระยะต่อไป ควรมีการศึกษาวิจัยในขั้นต่อไปเพื่อการทดลองเติมตะกอนให้ชายฝั่งเนื่องจากภาพรวมของชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนบนตะกอนส่วนใหญ่ถูกกัดเซาะและตะกอนถูกพัดพาออกสู่นอกชายฝั่งจำนวนมาก อีกทั้งตะกอนจากแม่น้ำสายต่างๆก็มีปริมาณแขวนลอยลดน้อยลงเนื่องมาจากผลกระทบของการสร้างเขื่อนบริเวณทางตอนบนของลุ่มน้ำ ทำให้ตะกอนบริเวณชายฝั่งไม่พอจึงมีการกัดเซาะตะกอนที่เป็นแผ่นดิน ดังนั้นนอกจากที่นักวิจัยจะทำการคิดค้นโครงสร้างที่ช่วยลดพลังงานคลื่นให้น้อยลงแล้วควรจะมีการทดลองเติมตะกอนให้ชายฝั่งโดยการสูบตะกอนบางส่วนจากนอกชายฝั่งให้กลับเข้าสู่ระบบอีกครั้ง ทำให้ชายฝั่งไม่เกิดการกัดเซาะเพิ่ม ผู้วิจัยมีความเห็นว่าประเทศไทยเราขาดงานวิจัยและการทดลองในพื้นที่เล็กๆที่ช่วยแก้ไขปัญหาพิบัติภัยที่เกิดขึ้นจริงในประเทศ งานแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่มีในปัจจุบันเรายังใช้แนวความคิดและวิธีการแบบเก่าๆ ประเทศไทยมีความจำเป็นต้องพัฒนาความรู้ ความเข้าใจรวมถึงเทคโนโลยี่ใหม่ๆในการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งโดยใช้ข้อมูลจากการวิจัยมาสนับสนุนการแก้ไขปัญหาระยะยาว

บทที่ 5
การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับการกัดเซาะของคลื่นม้วนตัว เมื่อปะทะโครงสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่น "ขุนสมุทรจีน 49A2"

โดย

ศ.ดร.ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล

<u>การสำรวจผลกระทบการกัดเซาะจากคลื่นม้วนตัวปะทะโครงสร้าง (Scouring)</u>

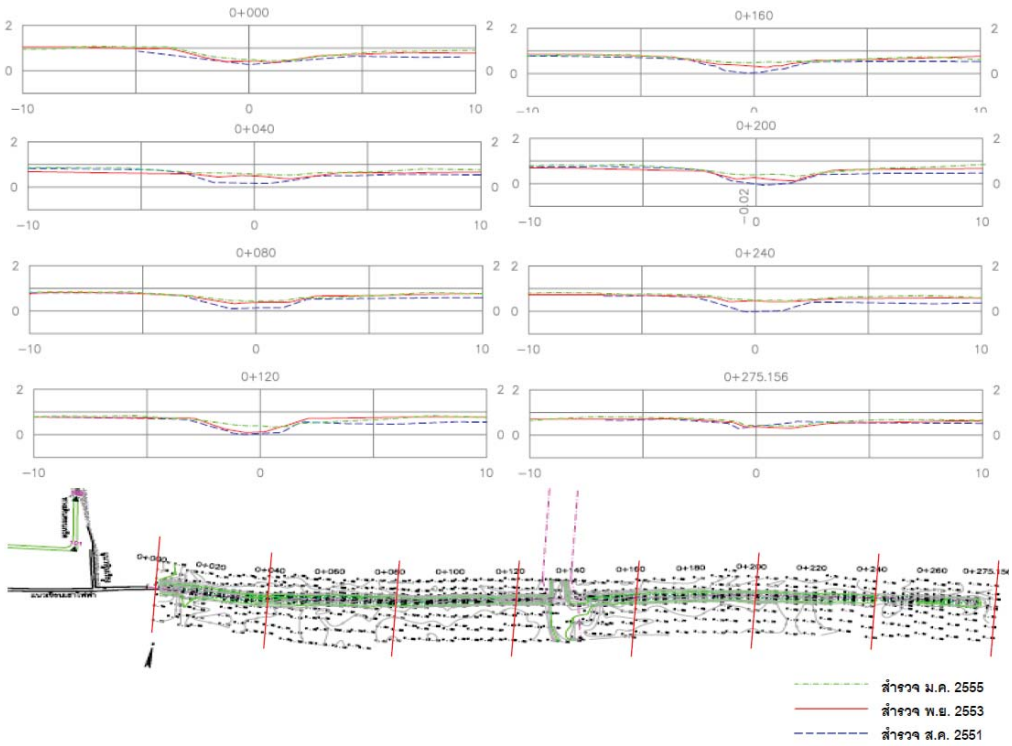
การสำรวจการกัดเซาะบริเวณฐานรากของเสาเข็ม (รูปที่ 5.1) ซึ่งเกิดจากผลกระทบของคลื่นม้วนตัวปะทะโครงสร้าง (Scouring) ได้จากการทำการรังวัดขั้นรายละเอียดห่างจากแนวเสาเข็มข้างละ 10 เมตรและมีข้อมูลภาพตัดขวางของพื้นท้องน้ำบริเวณที่มีการติดตั้งเขื่อนสลายกำลังคลื่นทุกๆ 20 เมตรดโดยมีการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจไว้ในปี พ.ศ. 2551 ปี พ.ศ.2553 และปี พ.ศ. 2555 การสำรวจระดับพื้นท้องน้ำบริเวณที่มีการติดตั้งโครงสร้างเสาสามเหลี่ยม "เขื่อนสลายกำลังคลื่น" โดยทำการรังวัดขั้นรายละเอียดห่างจากแนวเสาเข็มสามเหลี่ยมข้างละ 10 เมตร ตลอดแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่น รูปที่ 5.2 แสดงข้อมูลภาพตัดขวางของพื้นท้องน้ำบริเวณที่มีการติดตั้งเขื่อนสลายกำลังคลื่นทุกๆ 20 เมตร โดยมีการเปรียบเทียบข้อมูลที่มีการตรวจวัดไว้เมื่อเดือนสิงหาคม 2551 จะเห็นได้ว่าการตรวจวัดในเดือนสิงหาคม 2551 นั้นเป็นเดือนที่ได้รับอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พื้นท้องน้ำบริเวณเขื่อนสลายกำลังคลื่นได้รับผลกระทบจากคลื่นที่เข้ามาในมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณฐานเสาเข็มเป็นแนวร่องลึก 30-70 เซนติเมตร แต่จากการตรวจวัดในเดือนพฤศจิกายน 2553 ซึ่งเป็นเดือนที่ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ปรากฏว่าคลื่นที่เกิดจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นตัวพาตะกอนบริเวณหลังเขื่อนมาสะสมตัวมากขึ้นทำให้ร่องที่เกิดจากการกัดเซาะโดยคลื่นม้วนตัว (Scouring) มีตะกอนเพิ่มขึ้น 20-50 เซนติเมตร ดังนั้นข้อมูลจากการสำรวจตรวจวัดทั้ง 2 ครั้ง ทำให้ทีมคณะผู้วิจัยมั่นใจได้ว่าแนวเสาเข็มเขื่อนสลายกำลังคลื่นมีความเสถียรมาก การกัดเซาะบริเวณฐานเสาเข็มของเขื่อนสลายกำลังคลื่นที่เกิดจากคลื่นม้วนตัว (Scouring) อยู่ในระดับที่ไม่น่าเป็นห่วง เพราะทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบยอมให้มีการกัดเซาะโดยคลื่นม้วนตัวได้ไม่เกิน 2 เมตร

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นท้องทะเลบริเวณที่มีการติดตั้งโครงสร้างเสาสามเหลี่ยมอีกครั้งในเดือน มกราคม 2555 ซึ่งเป็นช่วงเกือบจะเป็นปลายฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อเป็นการทดสอบข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในครั้งที่แล้ว (เดือนพฤศจิกายน 2553) รูปที่ 5.2 แสดงข้อมูลยืนยันแน่นอนว่า ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือได้พาตะกอนจากบริเวณหลังเขื่อนเข้ามาทำให้ระดับการกัดเซาะจากคลื่นม้วนตัวปะทะโครงสร้าง (Scouring) ในบริเวณที่มีการติดตั้งโครงสร้างเสาสามเหลี่ยมลดลง 5-10 เซนติเมตรดั้งนั้นเสถียรภาพของโครงสร้างเสาสามเหลี่ยมจึงมีความคงทนแข็งแรง

รูปที่ 5.1 แสดงการกัดเซาะระดับพื้นท้องน้ำบริเวณที่มีการติดตั้งโครงสร้างเสาสามเหลี่ยม “เขื่อนสลายกำลังคลื่น” จากคลื่นม้วนตัวปะทะโครงสร้าง (Scouring)

<u>สรุปผลและข้อเสนอแนะ</u>

จากผลการสำรวจทั้ง 3 ครั้งพบว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนของทุกปี การกัดเซาะโดยคลื่นม้วนตัวบริเวณฐานรากของเสาเข็มอยู่ที่ประมาณ 30-70 เซนติเมตร แต่ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ของทุกปี มีการพาตะกอนบริเวณหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นมาสะสมบริเวณฐานรากของเสาเข็มประมาณ 20-50 เซนติเมตร จึงทำให้แนวเสาเข็มของเขื่อนสลายกำลังคลื่นมีเสถียรภาพสูงมาก โดยเฉลี่ยทั้งปีของมรสุมทั้ง 2 ฤดูมีการกัดเซาะโดยคลื่นม้วนตัวบริเวณฐานของเสาเข็มประมาณ 10-20 เซนติเมตร การติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นท้องทะเลบริเวณฐานรากของเสาเข็มในอนาคตอาจจะไม่มีความจำเป็นจะมีการตรวจวัดอีกในอนาคต ข้อมูลการเคลื่อนที่ของตะกอนบริเวณชายฝั่งในแต่ละฤดูกาลสามารถช่วยให้นักวิจัยนำมาปรับปรุงประสิทธิภาพของการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งและการเสริมตะกอนให้ชายฝั่งในอนาคตเพื่อป้องกันปัญหาผลกระจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอนาคตได้เป็นอย่างดี



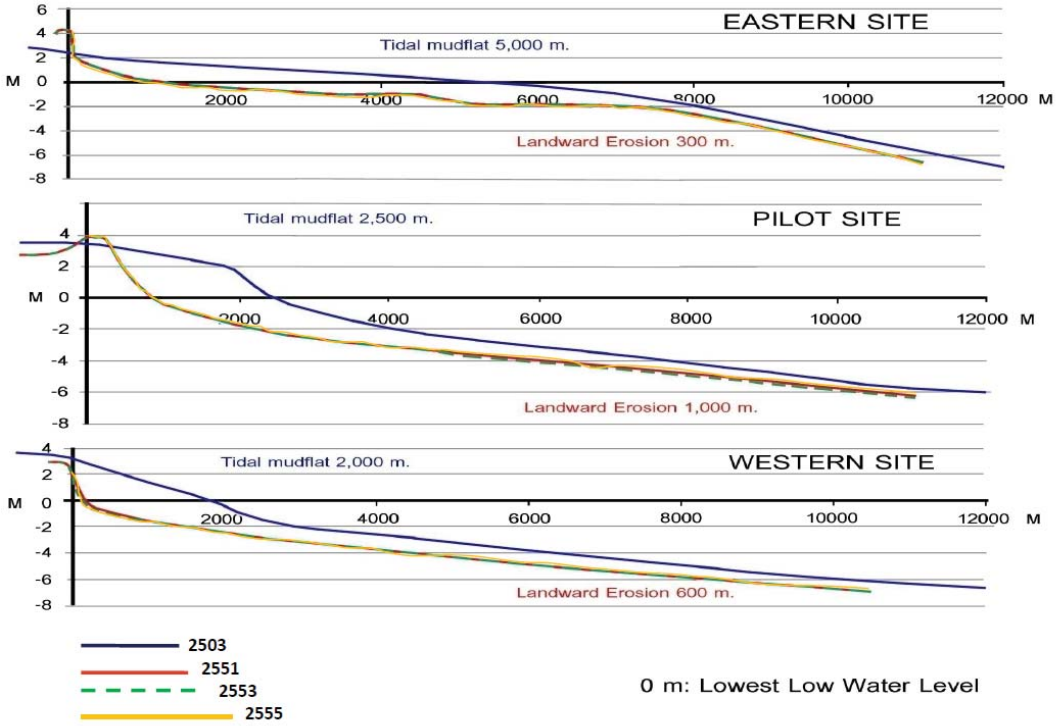
รูปที่ 5.2 (ล่าง) แสดงผลการสำรวจระดับพื้นท้องน้ำบริเวณที่มีการติดตั้งโครงสร้างเสาสามเหลี่ยม “เขื่อนสลายกำลังคลื่น” โดยทำการรังวัดขั้นรายละเอียดห่างจากแนวเสาเข็มสามเหลี่ยมข้างละ 10 เมตร ตลอดแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่น (บน) แสดงข้อมูลภาพตัดขวางของพื้นท้องน้ำบริเวณที่มีการติดตั้งเขื่อนสลายกำลังคลื่นทุกๆ 40 เมตร โดยมีการเปรียบเทียบข้อมูลที่มีการตรวจวัดไว้เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551, เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 และ เดือนมกราคม พ.ศ. 2555

บทที่ 6
การติดตามและตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเล
โดย
ศ.ดร.ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล

<u>การตรวจวัดการกัดเซาะและทับถมตะกอนพื้นท้องทะเลของอ่าวไทยตอนบน</u>

การศึกษาการกัดเซาะและการสะสมตัวของตะกอนพื้นท้องทะเลของอ่าวไทยตอนบนได้จากการสำรวจโดยใช้เครื่องมือหยั่งน้ำลึกด้วยคลื่นเสียงสะท้อน (Echo Sounding Method) โดยทำการสำรวจทั้งหมด 3 แนว เป็นระยะทางจากชายฝั่งแต่ละแนววอกไปในทะเลประมาณ 12 กิโลเมตร โดยทำการบันทึกทุก 1 วินาที ของความลึกน้ำและค่าพิกัดโดย GPS แนวที่ 1 ทำการสำรวจในบริเวณบ้านคลองตำหรุ ต.บางปู จ.สมุทรปราการ, แนวที่ 2 ทำการสำรวจในบริเวณบ้านขุนสมุทรจีน ต.แหลมฟ้าผ่า จ.สมุทรปราการ และแนวที่ 3 ทำการสำรวจในบริเวณบ้านโคกขาม ต.พันท้ายนรสิงห์ จ.สมุทรสาคร โดยจะทำการวิเคราะห์และประมวลผลการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นท้องทะเลเทียบกับผลการศึกษาที่ทำไว้ในโครงการระยะที่ 1

รูปที่ 6.1 แสดงข้อมูลการตรวจวัดพื้นท้องทะเลของอ่าวไทยตอนบนจำนวน 3 จุด เปรียบเทียบกับพื้นท้องทะเลของกรมอุทกศาสตร์ทหารเรือปี พ.ศ. 2503 จากข้อมูลเปรียบเทียบพื้นท้องทะเลของแนวสำรวจทั้ง 3 จุด ระหว่างปี พ.ศ. 2503 กับ พ.ศ. 2551 (ช่วงเวลาประมาณ 48 ปี) พบว่า พื้นท้องทะเลบริเวณบ้านคลองตำหรุ ต.บางปู จ.สมุทรปราการ ได้ถูกกัดลึกลงไปประมาณ 2 เมตร โดยพบว่าเมื่อประมาณ 48 ปีที่แล้ว ในขณะที่มีระดับน้ำลงต่ำสุด พื้นที่ชายฝั่งทะเลบ้านคลองตำหรุมีชายหาดโคลนโผล่พ้นน้ำประมาณ 5 กิโลเมตร แต่ในปี พ.ศ. 2551 ในขณะที่มีระดับน้ำลงต่ำสุด เรากลับพบชายหาดโคลนเพียง 1 กิโลเมตร ดังนั้นผลของการกัดเซาะพื้นท้องทะเลในช่วง 48 ปีที่ผ่านมา ทำให้ชายหาดโคลนบริเวณบ้านคลองตำหรุหดสั้นลงไปประมาณเกือบ 4 กิโลเมตร ส่วนข้อมูลการสำรวจในแนวที่ 2 บริเวณบ้านขุนสมุทรจีน พบว่า พื้นท้องทะเลถูกกัดลึกลงไปประมาณ 4 เมตร และทำให้ชายหาดโคลนหดสั้นลงไปประมาณ 1.5 กิโลเมตร ภายในระยะเวลา 48 ปีที่ผ่านมา และข้อมูลในแนวสำรวจที่ 3 บริเวณบ้านโคกขาม พบว่า พื้นท้องทะเลถูกกัดลึกลงไปประมาณ 2 เมตร และทำให้ชายหาดโคลนหดสั้นลงไปประมาณ 1.75 กิโลเมตร ทำให้ขณะเวลาน้ำลงต่ำสุดบริเวณบ้านโคกขามมีชายหาดโคลนโผล่เพียง 250 เมตรเท่านั้น



รูปที่ 6.1 แสดงข้อมูลการตรวจวัดพื้นท้องทะเลของอ่าวไทยตอนบนจำนวน 3 จุด

จากข้อมูลเปรียบเทียบพื้นท้องทะเลของแนวสำรวจทั้ง 3 จุด ในระหว่างปีพ.ศ. 2551 ปีพ.ศ. 2553 และ ปี พ.ศ.2555 พบว่าพื้นท้องทะเลมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลยในบริเวณแนวสำรวจที่ 1 ในบริเวณพื้นที่บ้านคลองตำหรุ สำหรับแนวสำรวจที่ 2 ในบริเวณพื้นที่บ้านขุนสมุทรจีน พบว่ามีการกัดเซาะพื้นท้องทะเลเพียงเล็กน้อยบริเวณพื้นท้องทะเลบริเวณแนวสำรวจที่กิโลเมตรที่ 5-12 และข้อมูลแนวสำรวจที่ 3 ในบริเวณพื้นที่บ้านโคกขามพบการกัดเซาะพื้นท้องทะเลเพียงเล็กน้อยบริเวณ 1 กิโลเมตรแรก ส่วนบริเวณอื่นๆ แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 6.1

<u>สรุปผลและข้อเสนอแนะ</u>

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นท้องทะเลของอ่าวไทยตอนบนพบว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นผลการตรวจวัดในปี พ.ศ. 2551 ปี พ.ศ. 2553 และ ปี พ.ศ. 2555 จึงแทบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามอาจเกิดเหตุการณ์ไม่ปกติ เช่น เกิดพายุพัดเข้ามาในพื้นที่ หรือน้ำท่วม เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นท้องทะเลอ่าวไทยตอนบนอย่างเฉียบพลันได้ จากข้อมูลการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นท้องทะเลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 จนถึงปีพ.ศ. 2555 ทั้ง 3 แนวพบว่าการเปลี่ยนแปลงของพื้นท้องทะเลส่วนใหญ่เกิดในช่วง 0 ถึง 3 กิโลเมตรห่างจากชายฝั่ง ดังนั้นหากเราทำการสูบพ่นตะกอนจากบริเวณห่างจากชายฝั่งตั้งแต่ 3 กิโลเมตรเป็นต้นไป จึงไม่น่าจะมีผลกระทบต่อการกัดเซาะบริเวณชายฝั่ง จึงมีความเป็นไปได้ในการนำตะกอนดินโคลนจากบริเวณนอกชายฝั่งตั้งแต่ 3 กิโลเมตรเป็นต้นไปนำมาเสริมชายหาดบริเวณหาดโคลนของอ่าวไทยตอนบนที่ประสบปัญหาการกัดเซาะอย่างรุนแรงต่อไป

บทที่ 7
การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอย
โดย
ผศ.ดร.ปราโมทย์ โศจิศุภร

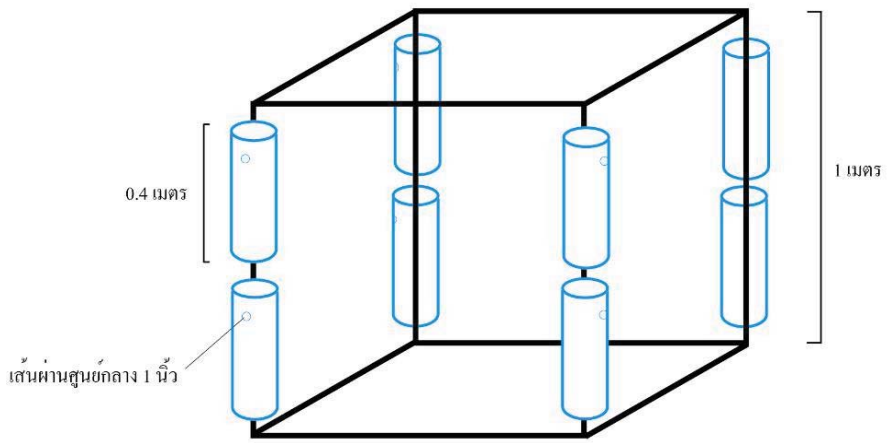
การเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่งเกิดจากอิทธิพลของกระแสน้ำหรืออิทธิพลของคลื่นอย่างเดียว หรือทั้งคลื่นและกระแสน้ำรวมกัน เมื่อตะกอนเคลื่อนที่แล้วอาจจะแบ่งการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เคลื่อนที่บริเวณพื้นท้องน้ำ (bed-load or surface creep) และส่วนที่แขวนลอยในน้ำ (suspended load)

โดยลักษณะทั่วไปนั้นกระบวนการชายฝั่งจะคอยควบคุมสมดุลการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่งให้อยู่ในสมดุลของมันเสมอ โดยเขตน้ำตื้นชายฝั่งทะเลได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของคลื่น ลม และน้ำขึ้นน้ำลงที่มากระทำอย่างต่อเนื่อง เสถียรภาพของชายฝั่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณและกระบวนการทับถมของตะกอนที่สมดุลระหว่างปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าและไหลออกตามแนวชายฝั่ง ทำให้ชายฝั่งอยู่ในสภาพ “สมดุลพลวัต (dynamic equilibrium)” ดังนั้นการพิจารณารูปทรงหรือการเปลี่ยนแปลงใดๆของชายฝั่ง จะต้องมองในภาพรวมของแต่ละรอบปี ไม่ใช่เพียงช่วงใดช่วงหนึ่ง ในการเคลื่อนที่ของตะกอนบริเวณชายฝั่งนั้นส่วนใหญ่จะได้รับอิทธิพลจากทั้งกระแสน้ำและคลื่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้าทำมุมกับชายฝั่งจะก่อให้เกิดกระแสน้ำชายฝั่ง ซึ่งจะพัดพาตะกอนให้เคลื่อนที่ไปตามแนวชายฝั่ง โดยมีการเคลื่อนที่สุทธิไปตามทิศทางของกระแสน้ำเลียบชายฝั่ง อนุภาคที่ถูกพัดพาไปจะเป็นทั้งแบบตะกอนแขวนลอย (suspended load) และตะกอนท้องน้ำ (bed load) ตะกอนแขวนลอยบริเวณชายฝั่งส่วนมากเกิดจากความปั่นป่วนจากการแตกตัวของคลื่น(โดยไม่รวมตะกอนที่พัดพามากับกระบวนการของทางน้ำ ในกรณีที่บริเวณนั้นอยู่ใกล้กับปากแม่น้ำหรือการกัดเซาะจากชายฝั่ง) ดังนั้นในบริเวณที่คลื่นแตกตัวจะมีการฟุ้งของตะกอนใกล้ท้องน้ำบางส่วนขึ้นมาแขวนลอยในมวลน้ำ โดยที่ปริมาณตะกอนระดับบนจะน้อยกว่าตะกอนระดับล่างเสมอ โดยความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยจากท้องน้ำถึงผิวน้ำจะลดลงแบบเอกโปเนนเชียล ส่วนตะกอนที่มีน้ำหนักมากที่เหลือจะเคลื่อนที่ไปบนพื้นท้องทะเลตามทิศทางของกระแสน้ำสุทธิที่ท้องน้ำ กระบวนการเหล่านี้เกิดขึ้นทั่วชายฝั่ง

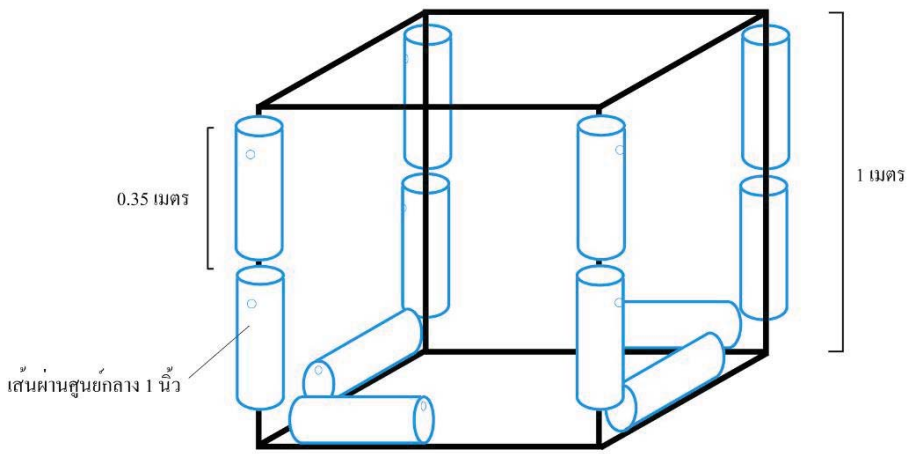
สำหรับบริเวณที่ทำการศึกษานั้นเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับปากแม่น้ำเจ้าพระยาจึงทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำส่วนใหญ่จึงพัดพามาจากปากแม่น้ำ และในพื้นที่เองก็มีตะกอนแขวนลอยที่เกิดจากการฟุ้งกระจายขึ้นมาเนื่องจากอิทธิพลของคลื่นด้วย จึงทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำบริเวณดังกล่าวมีค่อนข้างหนาแน่น ในการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอย จะพยายามทำการตรวจวัดให้ครอบคลุมทั้งช่วงฤดูมรสุมและช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม โดยการตรวจวัดตะกอนแขวนลอย จะอธิบายดังต่อไปนี้

<u>วิธีการเก็บและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอย</u>

ใช้เครื่องดักตะกอน (รูปที่ 7.1 และ 7.2) ที่ทำด้วยท่อพีวีซีตัดเป็นท่อนขนาดประมาณ 0.3 - 0.4 เมตร ประกอบกันเป็นโครงสร้างสี่เหลี่ยม ด้านละ 2 หรือ 3 ระดับความลึก โดยใช้เหล็กฉากเป็นโครงสร้างเพื่อติดตั้งท่อพีวีซี เจาะรูวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้วที่ด้านข้างด้านบนกระบอก 1 จุดเพื่อดักตะกอนแขวนลอยจากทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกตามลำดับ รูเปิดของกระบอกชั้นล่างจะอยู่เหนือระดับพื้นดินประมาณ 0.5 เมตร ส่วนรูเปิดของกระบอกชั้นบนอยู่เหนือระดับพื้นดินประมาณ 0.9 เมตรวางเครื่องดักตะกอนไว้ที่ท้องน้ำประมาณ 1 สัปดาห์ นำตะกอนที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Sand sieve analysis และ Pipette method หลังจากนั้นคำนวนอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนโดยการวิเคราะห์แบบเวคเตอร์



รูปที่ 7.1 รูปสังเขปของเครื่องดักตะกอนที่ทำจากเหล็กฉากและท่อพีวีซี (แบบ2 ระดับ)



รูปที่ 7.2 รูปสังเขปของเครื่องดักตะกอนที่ทำจากเหล็กฉากและท่อพีวีซี (แบบ 3 ระดับ)

รูปที่ 7.3 รูปของเครื่องดักตะกอนที่ทำจากเหล็กฉากและท่อพีวีซี (แบบ2 ระดับ)

รูปที่ 7.4 รูปของเครื่องดักตะกอนที่ทำจากเหล็กฉากและท่อพีวีซี (แบบ 3 ระดับ)

ตารางที่ 7.1 ตารางวันทำการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง

ลำดับ	วันที่ การตรวจวัด	จำนวนสถานีตรวจวัด	หมายเหตุ
1	12-18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553	2 สถานี 2 ระดับ	
2	25 กรกฎาคม – 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553	4 สถานี 3 ระดับ	สถานีที่ 3 หาย
3	19-27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554	4 สถานี 3 ระดับ	สถานีที่ 4 หาย
4	26 เมษายน – 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2554	3 สถานี 3 ระดับ	
5	7-14 สิงหาคม พ.ศ. 2554	4 สถานี 3 ระดับ	สถานีที่ 1 หาย
6	14 -21 ตุลาคม พ.ศ. 2554	4 สถานี 3 ระดับ	สถานีที่ 2 หาย

การตรวจวัดปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยด้วยเครื่องดักตะกอนในบริเวณชายฝั่งในระหว่างวันที่ 12 -18 กุมภาพันธ์ 2553

ทำการวางเครื่องดักตะกอนไว้ที่ท้องน้ำห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.8 และ 1.3 กิโลเมตรจากชายฝั่งทะเล **(รูปที่ 7.5)** เครื่องดักตะกอนตัวในขณะติดตั้งอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 2 เมตร ส่วนเครื่องดักตะกอนตัวนอกอยู่ต่ำกว่าระดับประมาณ 2.5 เมตร เครื่องดักตะกอนจมน้ำตลอดเวลาอยู่เป็นเวลา 6 วัน ระหว่างวันที่ 12 ถึง 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 เมื่อเก็บกู้เครื่องดักตะกอนขึ้นมาแล้วทำการถ่ายตะกอนในกระบอกลงถุงพลาสติกเพื่อนำกลับไปวิเคราะห์หาปริมาณและขนาดอนุภาคตะกอนและปริมาณโดยวิธี sieve analysis และ Pipette method (ภาคผนวก ข)

รูปที่ 7.5 จุดติดตั้งเครื่องดักตะกอน จุดที่ 1 และ 2 ห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.8 และ 1.3 กิโลเมตร ตามลำดับ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากตารางที่ ข-9 ภาคผนวก ข แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในแต่ละกระบอกจากแต่ละทิศทางใน 2 ระดับ เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่าตะกอนแขวนลอยมีองค์ประกอบอนุภาคทรายแป้งประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ มีอนุภาคทรายและอนุภาคดินเหนียวเพียงเล็กน้อย ยกเว้นกระบอกล่างทางทิศตะวันตกของเครื่องดักตะกอนใกล้ฝั่งซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวประมาณ 23 เปอร์เซนต์ อนึ่งเปอร์เซ็นต์อนุภาคทรายในเครื่องดักตะกอนไกลฝั่งจะมากกว่าในเครื่องดักตะกอนใกล้ฝั่งโดยเป็นตะกอนทรายขนาดเล็กสีน้ำตาลซึ่งไม่ทราบที่มา เมื่อพิจารณาปริมาณตะกอนพบว่าตะกอนระดับบนจะน้อยกว่าตะกอนระดับล่างเสมอ ซึ่งแสดงว่าตะกอนแขวนลอยชายฝั่งเกิดจากการฟุ้งกระจายของตะกอนพื้นท้องน้ำตามอิทธิพลของกระแสน้ำและคลื่นและจากนั้นอนุภาคตะกอนที่ฟุ้งขึ้นมาจะตกลงสู่ท้องน้ำอีกครั้งหนึ่ง ทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยจะสูงบริเวณใกล้ท้องน้ำแล้วค่าลดลงตามระยะทางจากท้องน้ำถึงผิวน้ำ ตามทฤษฎีแล้วความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยจากท้องน้ำถึงผิวน้ำจะลดลงแบบเอกโปเนนเชียลและมีปริมาณตะกอนในกระบอกชั้นบนอยู่ในช่วง 16.8 – 47.7 กรัม ขณะที่ปริมาณตะกอนในกระบอกชั้นล่างอยู่ในช่วง 34.5 – 695.9 กรัมโดยปริมาณตะกอนแขวนลอยมากๆ เคลื่อนมาจากทิศเหนือ ใต้ และตะวันออก ปริมาณตะกอนแขวนลอยในกระบอกระดับบนจากเครื่องดักตะกอนใกล้ฝั่งจะมีพอๆ กัน ส่วนปริมาณตะกอนในกระบอก

ระดับล่างของเครื่องดักตะกอนใกล้ฝั่งจะมากกว่าเครื่องดักตะกอนไกลฝั่ง เมื่อคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยสุทธิ (ตารางที่ 7.2) พบว่าตะกอนแขวนลอยเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกค่อนไปทางใต้ อาจจะบ่งบอกได้ว่ากระแสน้ำสุทธิไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และคลื่นทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนท้องน้ำใกล้ฝั่งแล้วตะกอนแขวนลอยนี้จะถูกพัดพาออกนอกชายฝั่งในช่วงฤดูกาลนี้

ตารางที่ 7.2 ปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยสุทธิจากเครื่องดักตะกอน 2 เครื่อง 2 ระดับ

12 - 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553	ติดตั้งใกล้ฝั่ง	ติดตั้งไกลฝั่ง
กระบอกระดับบน	30.87 กรัม / 269 องศา 8.0 กก./ตร.ม./วัน	12.9 กรัม / 267 องศา 3.3 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับล่าง	408.13 กรัม / 207 องศา 105.4 กก./ตร.ม./วัน	30.94กรัม / 260 องศา 8.0 กก./ตร.ม./วัน

<u>สรุปผลการดำเนินงาน</u>

ข้อมูลจากเครื่องดักตะกอนแขวนลอยพบว่าตะกอนแขวนลอยเกิดจากการที่คลื่นกวนตะกอนท้องน้ำให้ฟุ้งกระจายขึ้นมา ยิ่งใกล้ฝั่งจะมีตะกอนท้องน้ำฟุ้งกระจายขึ้นมาได้มากขึ้น การเคลื่อนตัวสุทธิถูกพัดพาไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ตามอิทธิพลของกระแสน้ำเนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งทำให้ในฤดูกาลนี้การสะสมตะกอนบริเวณด้านหลังเขื่อนมีน้อย แต่ตะกอนจะไปสะสมตัวบริเวณด้านตะวันตกของข้างวัดและด้านข้างๆสะพานวัดมากขึ้นแต่ยังไม่สามารถคำนวณปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งตามฤดูกาลได้เนื่องจากตรวจวัดตะกอนเพียง 2 ระดับและ 2 จุดเท่านั้น

<u>การตรวจวัดปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำด้วยเครื่องดักตะกอนในบริเวณชายฝั่งในวันที่ 25 กรกฎาคม – 3 สิงหาคม 2553</u>

<u>วิธีการ</u>

ทำการวางเครื่องดักตะกอนทั้งหมด 4 สถานี ห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.3 กิโลเมตร, 0.5 กิโลเมตร, 0.85 กิโลเมตร และ 1.1 กิโลเมตรจากชายฝั่งทะเล โดยมี 1 สถานีติดตั้งอยู่ด้านในเขื่อนสลายกำลังคลื่น และอีก 3 สถานีติดตั้งนอกเขื่อนตั้งแต่ด้านหน้าวัดขุนสมุทราวาสห่างออกไป (รูปที่ 7.6) วางเครื่องดักตะกอนอยู่เป็นเวลา 10 วัน ระหว่างวันที่ 25 กรกฎาคม ถึง 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553

<u>ผลการศึกษาและวิจารณ์</u>

จากตารางที่ ข-10 ภาคผนวก ข แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในแต่ละกระบอกจากแต่ละทิศทาง โดยการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งในครั้งนี้ มีเครื่องดักตะกอนสถานีที่ 3 หายไปก่อนการเก็บกู้ จึงทำให้เหลือข้อมูลตะกอนเพียง 3 สถานี คือสถานีที่ 1 , สถานีที่ 2 และสถานีที่ 4

เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีความแตกต่างระหว่างสถานีและแตกต่างกันในแต่ละระดับความลึก สถานีที่ 1 เป็นสถานีที่ติดตั้งอยู่ด้านหลังแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่นและเป็นสถานีที่โผล่พ้นน้ำในช่วงน้ำลงต่ำสุด เมื่อทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวมากที่สุดประมาณ 58 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้งรองลงมาประมาณ 41 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นได้ทำการคำนวณทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิ พบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนและระดับกลางมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 55 องศาโดยมีอัตราการ

รูปที่ 7.6 จุดติดตั้งเครื่องดักตะกอน จุดที่ 1 - 4 ห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.3, 0.5, 0.85 และ 1.1 กิโลเมตร ตามลำดับ

เคลื่อนตัวประมาณ 1.06 กก./ตร.ม./วันและ7.75 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ส่วนตะกอนระดับล่างมีทิศทางเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 108 องศามีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 15.88 กก./ตร.ม./วัน เมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้วดังตารางที่ 7.3 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกประมาณ 90 องศา ในอัตรา 22.46 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้ที่ทำให้เกิดกระแสน้ำเรียบชายฝั่งไหลไปทางทิศตะวันออก (ไปทางปากแม่น้ำเจ้าพระยา) เมื่อไหลเรียบชายฝั่งผ่านมาเจอกับตัวอาณาเขตพื้นที่วัดสมุทราวาส (มีแนวหินและกำแพงเขื่อนสลายกำลังคลื่นเป็นแนวกับบัง)ทำให้การไหลของกระแสน้ำเมื่อผ่านเขตกำแพงวัดและกำแพงเขื่อนสลายกำลังคลื่นมาแล้ว มีการเบนของทิศทางกระแสน้ำเข้าไปด้านข้างวัด จึงทำให้การไหลของกระแสน้ำบริเวณนั้นไหลเข้ามาทางตะวันออกเฉียงใต้และตะวันออก และอาจจะยังได้รับอิทธิพลจากตะกอนที่ไหลมากับทางน้ำจากหมู่บ้านร่วมกับตะกอนที่ฟุ้งกระจายขึ้นมาจากการสันจรทางเรือของชาวบ้านในหมู่บ้านนั้นด้วย

สถานีที่ 2 เป็นสถานีที่อยู่บริเวณหน้าวัดขุนสมุทรทราวาส โดยเป็นบริเวณที่อยู่นอกแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่นออกมา เมื่อทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวมากที่สุดประมาณ 52 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้งประมาณ 46 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการคำนวณทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนสุทธิ พบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 343 องศา โดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 3.18 กก./ตร.ม./วัน ส่วนตะกอนระดับกลางและระดับล่างมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 215 องศาโดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 19.20 กก./ตร.ม./วันและ7.81 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ เมื่อคำนวณการเคลื่อนที่สุทธิรวมทั้ง 3 ระดับดัง ตารางที่ 7.3 พบว่าตะกอนไหลเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ประมาณ 223 องศา ในอัตรา 25.23 กก./ตร.ม./วัน เมื่อเทียบกับสถานีที่ 1 พบว่าสัดส่วนของอนุภาคแต่ละชนิดมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณตะกอนในแต่ละระดับแตกต่างกัน โดยตะกอนระดับบนและระดับกลางของสถานีที่ 2 นั้นมีมากกว่าสถานีที่ 1 อาจจะเป็นผลมาจาก สถานีที่ 1 โผล่พ้นน้ำในช่วงน้ำลงต่ำสุด จึงทำให้การสรุปผล

การเคลื่อนตัวของตะกอนของสถานีที่ 1 นั้นอาจจะไม่ค่อยถูกต้อง แต่สำหรับตะกอนบริเวณท้องน้ำนั้น สถานีด้านในเขื่อนมีการเคลื่อนย้ายมากกว่าด้านหน้าเขื่อน ซึ่งเป็นผลมาจากบริเวณติดตั้งเครื่องดักตะกอนของสถานีที่ 1 เวลาน้ำลงน้ำจะท่วมกระบอกระดับล่างอยู่เล็กน้อยทำให้ตะกอนในช่วงนี้มีความหนาแน่น และรวมกับอิทธิพลของกระแสน้ำที่เบนเข้ามาทำให้การเคลื่อนย้ายมีมากกว่าบริเวณด้านหน้าเขื่อน แต่สำหรับทิศทางการไหลนั้นแตกต่างกันเนื่องมาจากสถานีที่ 1 มีสิ่งกีดขวางการไหลของกระแสน้ำ

สถานีที่ 4 เป็นสถานีที่อยู่ห่างออกมาจากฝั่งมากที่สุดประมาณ 1.1 กิโลเมตร เมื่อทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนพบว่าสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งมีสัดส่วนมากที่สุดประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์และสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวมีสัดส่วนรองลงมาประมาณ 41 เปอร์เซนต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายมีสัดส่วนน้อยที่สุดประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอนสุทธิ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 310 องศา โดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.58 กก./ตร.ม./วัน ส่วนตะกอนระดับกลางและระดับล่างมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 230 และ 194 องศา โดยมีอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนประมาณ 3.59 กก./ตร.ม./วัน และ 32.74 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ เมื่อคำนวณการเคลื่อนที่สุทธิรวมทั้ง 3 ระดับพบว่าตะกอนไหลเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ประมาณ 198 องศา ในอัตรา 35.48 กก./ตร.ม./วัน เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีที่ 1 และ 2 พบว่า สัดส่วนของอนุภาคทรายแป้งมีมากกว่าสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียว และทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนมีทิศทางใกล้เคียงกับสถานีที่ 2 แต่ปริมาณตะกอนในแต่ละระดับมีปริมาณน้อยกว่าทุกระดับ

ตารางที่ 7.3 ปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยสุทธิจากเครื่องดักตะกอน 3 เครื่อง 3 ระดับ รวมทั้งสรุปข้อมูลจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม – 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553

	สถานี 1 (0.3 กม.)	สถานี 2 (0.5 กม.)	สถานี 4 (1.1 กม.)
กระบอกระดับบน	5.36 กรัม / 53 องศา 1.06 กก./ตร.ม./วัน	15.42 กรัม / 343 องศา 3.18 กก./ตร.ม./วัน	2.95 กรัม / 309 องศา 0.58 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับกลาง	39.31 กรัม / 58 องศา 7.75 กก./ตร.ม./วัน	97.30 กรัม / 220 องศา 19.20 กก./ตร.ม./วัน	18.21กรัม / 230 องศา 3.59 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับล่าง	80.50 กรัม / 108 องศา 15.88 กก./ตร.ม./วัน	39.59 กรัม / 192 องศา 7.81 กก./ตร.ม./วัน	165 กรัม / 194 องศา 32.74 กก./ตร.ม./วัน
สุทธิ (กค. 2553)	113.85 กรัม / 91 องศา 22.46 กก./ตร.ม./วัน	127.83 กรัม / 223 องศา 25.23 กก./ตร.ม./วัน	179.81 กรัม / 199 องศา 35.48 กก./ตร.ม./วัน

<u>สรุปผลการดำเนินงาน</u>

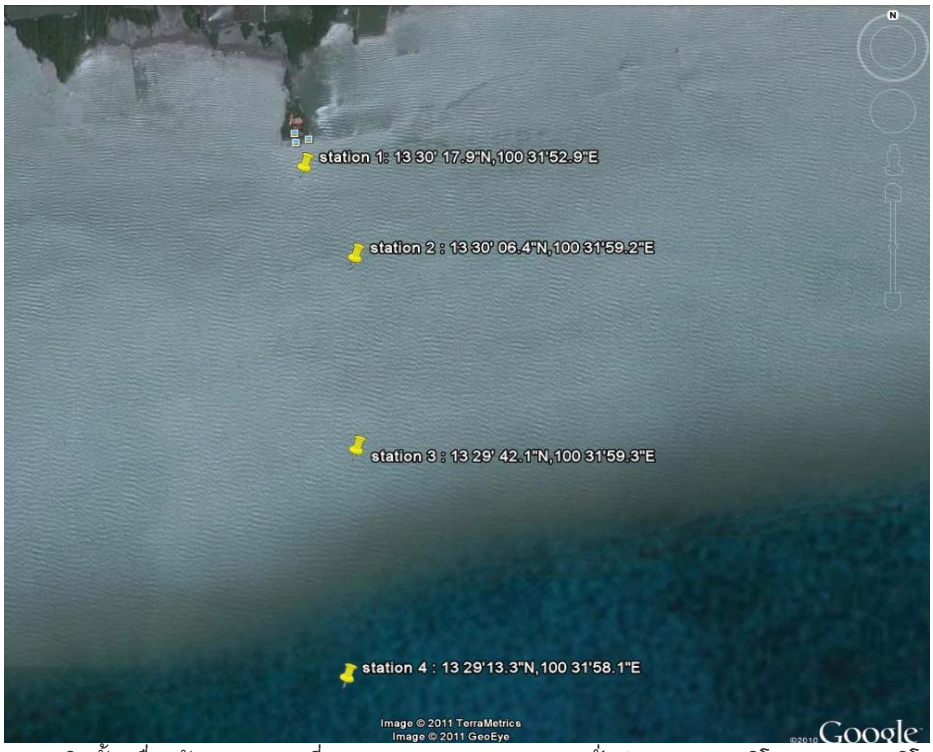
โดยภาพรวมแล้วตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันออก ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ยกเว้นบริเวณด้านหลังเขื่อน ตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เนื่องจากผลของการเลี้ยวเบนของคลื่นและการเบนทิศทางของกระแสน้ำ ซึ่งคาดว่าทำให้ตะกอนมีการเคลื่อนตัวไปสะสมที่บริเวณด้านข้างวัดและบริเวณด้านข้างสะพานของวัดด้านตะวันออก แต่ไม่สามารถบอกอัตราการสะสมตัวของตะกอนได้ และจากการพิจารณาสัดส่วนของอนุภาคตะกอนพบว่าบริเวณใกล้ฝั่งจะมีสัดส่วนของดินเหนียวสูงและรองลงมาเป็นสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้ง แต่เมื่อไกลฝั่งออกไปปริมาณสัดส่วนดินเหนียวจะค่อยๆลดลง และสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งจะค่อยๆ

เพิ่มขึ้น ส่วนสัดส่วนของอนุภาคทรายนั้นมีสัดส่วนที่น้อยมากในพื้นที่ศึกษา และในการตรวจวัดตะกอนในครั้งนี้ เครื่องดักตะกอนสถานีที่ 3 สูญหายไปก่อนการเก็บกู้ จึงทำให้ข้อมูลการเคลื่อนตัวของตะกอนตามระยะห่างจากฝั่งขาดหาย จึงทำให้การประเมินปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวหน้าตัดของชายฝั่งไม่ค่อยสมบรูณ์

<u>การตรวจวัดปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำด้วยเครื่องดักตะกอนในบริเวณชายฝั่งในวันที่ 19-27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554</u>

<u>วิธีการ</u>

วางเครื่องดักตะกอนไว้ที่ท้องน้ำห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.5 กิโลเมตร, 0.95 กิโลเมตร,1.67 กิโลเมตร และ 2.5 กิโลเมตรจากชายฝั่งทะเล (รูปที่ 7.7) วางเครื่องดักตะกอนอยู่เป็นเวลา 8 วัน ระหว่างวันที่ 19 - 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554



รูปที่ 7.7 จุดติดตั้งเครื่องดักตะกอน จุดที่ 1, 2, 3, และ 4 ห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.5 กิโลเมตร, 0.95 กิโลเมตร, 1.67 กิโลเมตร และ 2.5 กิโลเมตร ตามลำดับ

<u>ผลการศึกษาและวิจารณ์</u>

จากตารางที่ ข-11 ภาคผนวก ข แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในแต่ละกระบอกจากแต่ละทิศทาง โดยการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งในครั้งนี้ มีเครื่องดักตะกอนสถานีที่ 4 หายไปก่อนการเก็บกู้ จึงทำให้เหลือข้อมูลตะกอนเพียง 3 สถานี คือสถานีที่ 1 , สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3

เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีความแตกต่างระหว่างสถานีและแตกต่างกันในแต่ละระดับความลึก สถานีที่ 1 เป็นสถานีที่ติดตั้งอยู่ด้านในสุด ติดตั้งอยู่บริเวณหน้าวัดขุนสมุทรทราวาสและอยู่นอกแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่น โดยอยู่ห่างจากฝั่งออกมาประมาณ 500 เมตร เมื่อทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วน

อนุภาคดินเหนียวประมาณ 49 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้งประมาณ 48 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนและระดับกลางมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 206 องศาโดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 6.97 กก./ตร.ม./วันและ7.79 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าช่วงที่ทำการตรวจวัดตะกอนอาจจะมีลมตะวันตกเฉียงใต้พัดแรงเข้ามาทำให้ตะกอนแขวนลอยมีการเคลื่อนที่สุทธิในทิศทางดังกล่าว ส่วนตะกอนระดับล่างยังมีทิศทางตามทางทิศของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออยู่โดยมีทิศทางประมาณ 53 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 30.07 กก./ตร.ม./วันซึ่ง และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.4 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 63 องศา ในอัตรา 16.58 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันออกเฉียงเหนือที่ยังมีอิทธิพลอยู่ในช่วงนี้ และสถานีที่ 1 นี้เป็นจุดที่อยู่ใกล้ฝั่งอิทธิพลของคลื่นจึงทำให้การฟุ้งกระจายของตะกอนท้องน้ำมีมากกว่าสถานีที่ห่างฝั่งออกไป

สถานีที่ 2 ติดตั้งอยู่ห่างออกมาจากฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่าสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งมีมากที่สุดประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนและระดับกลางมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 279 และ 263 องศาโดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 2.91 กก./ตร.ม./วันและ 8.71 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าช่วงที่ทำการตรวจวัดตะกอนอาจจะมีลมตะวันตกเฉียงใต้พัดแรงเข้ามาทำให้ตะกอนแขวนลอยมีการเคลื่อนที่สุทธิในทิศทางดังกล่าว ส่วนตะกอนระดับล่างมีทิศทางเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 117 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 61.48 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันออกเฉียงเหนือที่ทำให้กระแสน้ำที่ท้องน้ำยังมีทิศทางไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.4 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 124 องศา ในอัตรา 51.81 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันออกและลมตะวันออกเฉียงเหนือที่ยังมีอิทธิพลอยู่ในช่วงนี้

สถานีที่ 3 ติดตั้งอยู่บริเวณห่างจากฝั่งประมาณ 1.67 กิโลเมตร เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 48 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้งประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนและระดับกลางมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 231 และ 213 องศา โดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.96 กก./ตร.ม./วัน และ2.72 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าช่วงที่ทำการตรวจวัดตะกอนอาจจะมีลมตะวันตกเฉียงใต้พัดแรงเข้ามาทำให้ตะกอนแขวนลอยมีการเคลื่อนที่สุทธิในทิศทางดังกล่าว ส่วนตะกอนระดับล่างมีทิศทางเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 38 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 10.15 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันออกเฉียงเหนือที่ทำให้กระแสน้ำที่ท้องน้ำยังมีทิศทางไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.4 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 38 องศา ในอัตรา 6.49 กก./ตร.ม./วัน และสัดส่วนของอนุภาคตะกอนสถานีที่ 3 มีสัดส่วนใกล้เคียงกับสถานีที่ 1 แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำกับสถานีที่ 1 และสถานีที่ 2 พบว่าปริมาณตะกอนมีน้อยกว่าทั้งสองสถานีในทุกระดับ ซึ่งสถานีนี้ได้รับอิทธิพลจากคลื่นน้อยกว่าสถานีอื่น ทำให้การฟุ้งของตะกอนจึงมีน้อยกว่าสถานีใกล้ฝั่ง

ตารางที่ 7.4 ปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยสุทธิจากเครื่องดักตะกอน 3 เครื่อง 3 ระดับ รวมทั้งสรุปข้อมูลจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 19-27 กุมภาพันธ์ 2554

	สถานี 1 (0.5 กม.)	สถานี 2 (0.95 กม.)	สถานี 3 (1.67 กม.)
กระบอกระดับบน	28.29 กรัม / 209 องศา 6.97 กก./ตร.ม./วัน	11.81 กรัม / 280 องศา 2.91 กก./ตร.ม./วัน	3.92 กรัม / 231 องศา 0.97 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับกลาง	31.60 กรัม / 204 องศา 7.79 กก./ตร.ม./วัน	35.29 กรัม / 263 องศา 8.71 กก./ตร.ม./วัน	11.02 กรัม / 213 องศา 2.72 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับล่าง	121.89 กรัม / 53 องศา 30.07 กก./ตร.ม./วัน	249.25 กรัม / 117 องศา 61.48 กก./ตร.ม./วัน	41.15 กรัม / 38 องศา 10.15 กก./ตร.ม./วัน
สุทธิ (กพ. 2554)	67.21 กรัม / 63 องศา 16.57 กก./ตร.ม./วัน	210.03 กรัม / 124 องศา 51.81 กก./ตร.ม./วัน	26.34 กรัม / 38 องศา 6.49 กก./ตร.ม./วัน

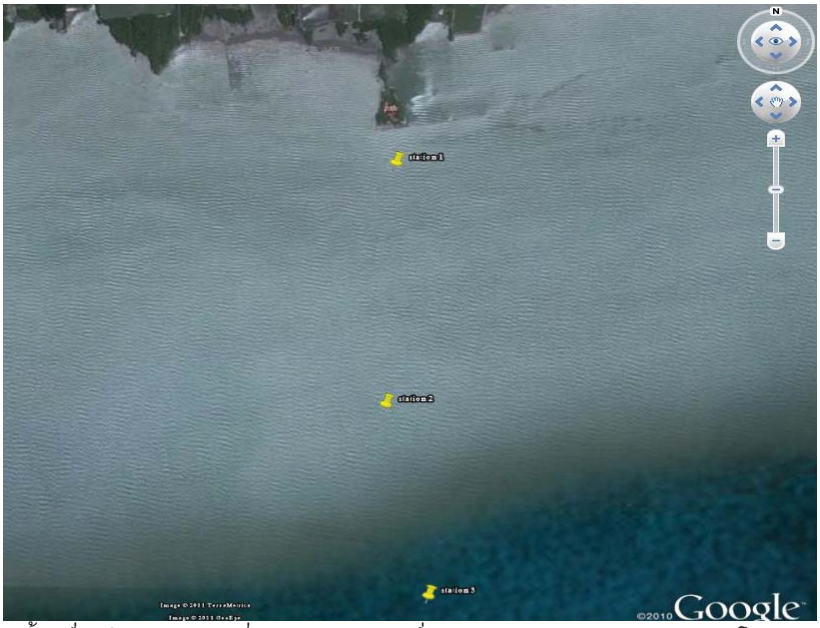
<u>สรุปผลการดำเนินงาน</u>

จากการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยพบว่าตะกอนสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ อาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้พัดแรงเข้ามาในช่วงการตรวจวัด ทำให้กระแสน้ำระดับบนมีการไหลไปในทิศทางดังกล่าว ส่วนการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำพบว่าตะกอนสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันออกและลมตะวันเฉียงเหนือที่ทำให้กระแสน้ำที่ท้องน้ำยังมีทิศทางไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ และจากการพิจารณาสัดส่วนของอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนของดินเหนียวและสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้งมีปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนสัดส่วนของอนุภาคทรายนั้นมีสัดส่วนที่น้อยมากในพื้นที่ศึกษา และในการตรวจวัดตะกอนในครั้งนี้ เครื่องดักตะกอนสถานีที่ 4 สูญหายไปก่อนการเก็บกู้ จึงทำให้ข้อมูลการเคลื่อนตัวของตะกอนตามระยะห่างจากฝั่งขาดหาย จึงทำให้การประเมินปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวหน้าตัดของชายฝั่งไม่ค่อยสมบรูณ์

<u>การตรวจวัดปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำด้วยเครื่องดักตะกอนในบริเวณชายฝั่งในวันที่ 26 เมษายน – 4 พฤษภาคม พ.ศ.2554</u>

<u>วิธีการ</u>

วางเครื่องดักตะกอนไว้ที่ท้องน้ำห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.56 กิโลเมตร, 1.67 กิโลเมตร, และ 2.50 กิโลเมตร จากชายฝั่งทะเล (รูปที่ 7.8) วางเครื่องดักตะกอนอยู่เป็นเวลา 8 วัน ระหว่างวันที่ 26 เมษายน – 4 พฤษภาคม พ.ศ.2554



รูปที่ 7.8 จุดติดตั้งเครื่องดักตะกอน จุดที่ 1-3 ห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.56, 1.67 และ 2.5 กิโลเมตร ตามลำดับ

<u>ผลการศึกษาและวิจารณ์</u>

จากตารางที่ ข-12 ภาคผนวก ข แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในแต่ละกระบอกจากแต่ละทิศทาง เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีความแตกต่างระหว่างสถานีและแตกต่างกันในแต่ละระดับความลึก สถานีที่ 1 เป็นสถานีที่ติดตั้งอยู่ด้านในสุด ติดตั้งอยู่บริเวณหน้าวัดขุนสมุทรทราวาสและอยู่นอกแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่น โดยอยู่ห่างจากฝั่งออกมาประมาณ 500 เมตร เมื่อทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้งประมาณ 69 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 335 องศาโดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 2.65 กก./ตร.ม./วันและตะกอนระดับกลางมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 162 องศาโดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ4.07 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ส่วนตะกอนระดับล่างมีทิศทางเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 50 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 27.93 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งคาดว่าการเคลื่อนตัวของตะกอนระดับบนและระดับกลางอาจจะเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงให้และลมใต้ที่พัดเข้ามาในช่วงนี้ ส่วนการเคลื่อนตัวของตะกอนระดับล่างนั้น ไม่ทราบแน่ชัด แต่ที่คาดเดานั้น คิดว่าช่วงนี้มีการปล่อยน้ำจากวังหอยออกมามาก ลงสู่คลองซึ่งมีทิศทางใกล้เคียงกับทิศทางที่ตะกอนเคลื่อนตัวเข้ามา และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.5 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 52 องศา ในอัตรา 27.16 กก./ตร.ม./วัน น่าจะมีเหตุผลตามที่กล่าวมา

สถานีที่ 2 ติดตั้งอยู่ห่างออกมาจากฝั่งประมาณ 1.6 กิโลเมตร เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่าสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งมีมากที่สุดประมาณ 58 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 39 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 259 องศามีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.25 กก./ตร.ม./วัน และตะกอนระดับกลางมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทาง

ทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 341 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 1.04 กก./ตร.ม./วัน ส่วนตะกอนระดับล่างมีทิศทางเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 147 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 8.7 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันตะวันตกเฉียงใต้และลมใต้ และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.5 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 147 องศา ในอัตรา 7.87 กก./ตร.ม./วัน

สถานีที่ 3 ติดตั้งอยู่บริเวณห่างจากฝั่งประมาณ 2.5 กิโลเมตร เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้งประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนและระดับล่างมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศใต้ประมาณ 183 องศามีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.14 กก./ตร.ม./วัน และ 8.02 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ส่วนตะกอนระดับกลางมีทิศทางเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 110 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.59 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งคาดว่าการเคลื่อนตัวตะกอนระดับบนและระดับล่างเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันตะวันตกเฉียงใต้และลมใต้ ส่วนตะกอนระดับกลางยังไม่ทราบแน่ชัดเกี่ยวกับการเคลื่อนตัวของตะกอน เนื่องจากมีทิศทางการแคลื่อนตัวต่างออกไป และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.5 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศใต้ประมาณ 180 องศา ในอัตรา 8.34 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันตะวันออกเฉียงใต้และลมใต้ที่ยังมีอิทธิพลในช่วงนี้ และสัดส่วนของอนุภาคตะกอนสถานีที่ 3 มีสัดส่วนใกล้เคียงกับสถานีที่ 1 และสถานีที่ 2 แต่มีปริมาณตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำน้อยกว่าทั้งสองสถานีในทุกระดับ เพราะว่าสถานีนี้ได้รับอิทธิพลจากคลื่นน้อยกว่าสถานีอื่น ทำให้การฟุ้งของตะกอนจึงมีน้อยกว่าสถานีใกล้ฝั่ง

ตารางที่ 7.5 ปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยสุทธิจากเครื่องดักตะกอน 3 เครื่อง 3 ระดับ รวมทั้งสรุปข้อมูลจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 26 เมษายน – 4 พฤษภาคม 2554

	สถานี 1 (0.56 กม.)	สถานี 2 (1.67 กม.)	สถานี 3 (2.5 กม.)
กระบอกระดับบน	10.74 กรัม / 336 องศา 2.65 กก./ตร.ม./วัน	1.02 กรัม / 259 องศา 0.25 กก./ตร.ม./วัน	0.59 กรัม / 184 องศา 0.15 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับกลาง	16.49 กรัม / 162 องศา 4.07 กก./ตร.ม./วัน	4.22 กรัม / 341 องศา 1.04 กก./ตร.ม./วัน	2.4 กรัม / 110 องศา 0.59 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับล่าง	113.23 กรัม / 49.51 องศา 27.93 กก./ตร.ม./วัน	35.26 กรัม / 147 องศา 8.7 กก./ตร.ม./วัน	32.49 กรัม / 184 องศา 8.01 กก./ตร.ม./วัน
สุทธิ (เม.ย. 2554)	110.12 กรัม / 52 องศา 27.16 กก./ตร.ม./วัน	31.92 กรัม / 146 องศา 7.87 กก./ตร.ม./วัน	33.83 กรัม / 180 องศา 8.35 กก./ตร.ม./วัน

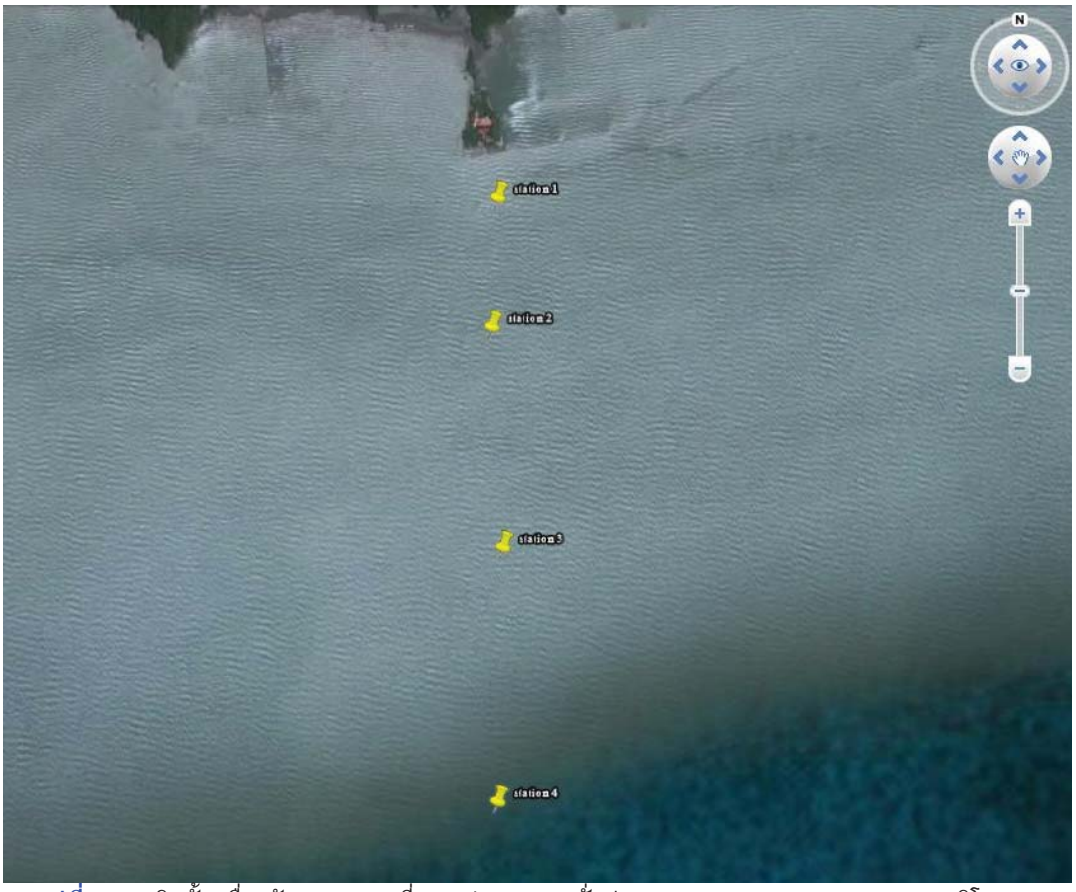
<u>สรุปผลและแผนการดำเนินงานขั้นต่อไป</u>

จากการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำในช่วงนี้พบว่าตะกอนสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ คาดว่าเนื่องมาจากอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้และลมใต้ โดยมีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวและอนุภาคทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ และเนื่องจากช่วงนี้คลื่นไม่รุนแรงมากทำให้การฟุ้งกระจายของอนุภาคขนาดใหญ่ขึ้นมาในมวลน้ำน้อย ส่วนใหญ่จะเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่ฟุ้งกระจายอยู่ในมวลน้ำ

การตรวจวัดปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำด้วยเครื่องดักตะกอนในบริเวณชายฝั่งในวันที่ 7-14 สิงหาคม พ.ศ. 2554

วิธีการ

วางเครื่องดักตะกอนไว้ที่ท้องน้ำห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.56 กิโลเมตร, 0.95 กิโลเมตร,1.53 กิโลเมตร และ 2.25 กิโลเมตรจากชายฝั่งทะเล (รูปที่ 7.9) วางเครื่องดักตะกอนอยู่เป็นเวลา 7 วัน ระหว่างวันที่ 7-14 สิงหาคม พ.ศ. 2554



รูปที่ 7.9 จุดติดตั้งเครื่องดักตะกอน จุดที่ 1-4 ห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.56, 0.95, 1.53 และ 2.25 กิโลเมตร ตามลำดับ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากตารางที่ ข-13 ภาคผนวก ข แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในแต่ละกระบอกจากแต่ละทิศทาง โดยการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งในครั้งนี้ มีเครื่องดักตะกอนสถานีที่ 1 หายไปก่อนการเก็บกู้ จึงทำให้เหลือข้อมูลตะกอนเพียง 3 สถานี คือสถานีที่ 2 , สถานีที่ 3 และสถานีที่ 4

เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีความแตกต่างระหว่างสถานีและแตกต่างกันในแต่ละระดับความลึก สถานีที่ 2 เป็นสถานีที่ติดตั้งอยู่บริเวณหน้าวัดขุนสมุทรทราวาส โดยอยู่ห่างจากฝั่งออกไปประมาณ 1 กิโลเมตร เมื่อทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 31 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้งประมาณ 67 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทาง

ของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 216 องศาโดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.46 กก./ตร.ม./วัน และระดับกลางมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 151 องศาโดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 1.06 กก./ตร.ม./วัน ส่วนตะกอนระดับล่างมีทิศทางเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 166 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 7.79 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้และลมใต้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจวัดในฤดูเดียวกัน กับการตรวจวัดครั้งที่ 2 ซึ่งจุดติดตั้งสถานีที่ 2 นี้อยู่ตำแหน่งใกล้เคียงกับสถานีที่ 4 ของการตรวจวัดครั้งที่ 2 และพบว่าการตรวจวัดครั้งนี้มีทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนที่มีการเคลื่อนที่เข้ามาทางด้านตะวันออกมากขึ้นทำให้การเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิเคลื่อนที่เข้ามาทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ จากการพิจารณาคาดว่าเป็นได้รับอิทธิพลมาจากตะกอนและกระแสน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.6 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 167 องศา ในอัตรา 9.00 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งคาดว่าเป็นไปตามเหตุผลที่กล่าวมานี้

สถานีที่ 3 ติดตั้งอยู่ห่างออกมาจากฝั่งประมาณ 1.5 กิโลเมตร เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่าสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งมีมากที่สุดประมาณ 52 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนและระดับกลางมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 167 องศา โดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.09 กก./ตร.ม./วันและ0.57 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าได้รับอิทธิพลมาจากตะกอนและกระแสน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ไหลเข้ามาทางด้านตะวันออกมากขึ้นเช่นกัน นอกเหนือจากลมตะวันตกเฉียงใต้และลมใต้ แต่สำหรับตะกอนระดับล่างมีทิศทางเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 240 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 18.33 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำต่างจากสถานีที่ 2 และสถานีที่ 4 ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้ที่ทำให้กระแสน้ำที่ท้องน้ำยังมีทิศทางไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ แต่อาจจะคาดเดาได้ว่าบริเวณท้องน้ำใกล้กับสถานีนี้ มีสิ่งกีดขวางทางด้านตะวันออกทำให้ได้รับอิทธิพลจากปากแม่น้ำน้อยกว่าสถานีอื่น และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.6 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 238 องศา ในอัตรา 18.53 กก./ตร.ม./วัน

สถานีที่ 4 ติดตั้งอยู่บริเวณห่างจากฝั่งประมาณ 2.25 กิโลเมตร เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 52 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้ง 43 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทราย 4 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนและระดับกลางมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 105 องศามีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.24 กก./ตร.ม./วัน และ 1.37 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าช่วงที่ทำการตรวจวัดตะกอนได้รับอิทธิพลมาจากตะกอนและกระแสน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ไหลเข้ามาทางด้านตะวันออกมากขึ้น ส่วนตะกอนระดับล่างมีทิศทางเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศใต้ประมาณ 182 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 27.64 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้ที่ทำให้กระแสน้ำที่ท้องน้ำยังมีทิศทางไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือพอๆกับที่ได้รับอิทธิพลจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.6 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศใต้ประมาณ 178 องศา ในอัตรา 28.05 กก./ตร.ม./วัน และหากพิจารณาสัดส่วนของอนุภาคตะกอนสถานีที่ 4 มีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวมากขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นอนุภาคดินเหนียวที่มาจากปากแม่น้ำ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำกับสถานีที่ 2 พบว่าปริมาณตะกอนมีปริมาณใกล้เคียงกันในทุกระดับ ซึ่งอาจจะพอสรุปคร่าวๆว่าสถานีที่อยู่ห่างจากฝั่งออกมามากนั้นการได้รับอิทธิพลจากคลื่นที่กวนเอาตะกอนฟุ้งขึ้นมาจะน้อยกว่าสถานีที่อยู่ใกล้ฝั่ง แต่จะได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำและตะกอนจากปากแม่น้ำที่เข้ามาทางด้านตะวันออกมีมากกว่าสถานีใกล้ฝั่ง

ตารางที่ 7.6 ปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยสุทธิจากเครื่องดักตะกอน 3 เครื่อง 3 ระดับ รวมทั้งสรุปข้อมูลจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 7-14 สิงหาคม พ.ศ. 2554

	สถานี 2 (0.5 กม.)	สถานี 3 (0.95 กม.)	สถานี 4 (1.67 กม.)
กระบอกระดับบน	1.6 กรัม / 215 องศา 0.45 กก./ตร.ม./วัน	0.33 กรัม / 167 องศา 0.09 กก./ตร.ม./วัน	0.88 กรัม / 107 องศา 0.25 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับกลาง	31.60 กรัม / 204 องศา 7.79 กก./ตร.ม./วัน	2.03 กรัม / 167 องศา 0.57 กก./ตร.ม./วัน	4.86 กรัม / 104 องศา 1.37 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับล่าง	3.78 กรัม / 151 องศา 1.06 กก./ตร.ม./วัน	65 กรัม / 240 องศา 18.32 กก./ตร.ม./วัน	98.06 กรัม / 182 องศา 27.64 กก./ตร.ม./วัน
สุทธิ (สค. 2554)	27.64 กรัม / 166 องศา 7.79 กก./ตร.ม./วัน	65.73 กรัม / 238 องศา 18.53 กก./ตร.ม./วัน	99.5 กรัม / 178 องศา 28.05 กก./ตร.ม./วัน

<u>สรุปผล</u>

จากการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำในช่วงนี้พบว่าภาพรวมแล้วทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปทางตะวันตกเฉียงเหนือเนื่องด้วยอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และกระแสน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา ส่วนทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำจะมีแนวโน้มการเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ คาดว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของกระแสน้ำน้ำขึ้นน้ำลงและจากอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนปริมาณตะกอนในแต่ละระดับพบว่าตะกอนระดับบนจะน้อยกว่าตะกอนระดับล่างเสมอ โดยแต่ละสถานีมีสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่รองลงมาเป็นอนุภาคดินเหนียวแต่ยกเว้นสถานีที่ 4 (ห่างจากฝั่ง 2.25 กม.) มีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวมากกว่า ซึ่งคาดว่าสัดส่วนดินเหนียวที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากตะกอนจากปากแม่น้ำ

<u>การตรวจวัดปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำด้วยเครื่องดักตะกอนในบริเวณชายฝั่งในวันที่ 14-21 ตุลาคม พ.ศ. 2554</u>

<u>วิธีการ</u>

วางเครื่องดักตะกอนไว้ที่ท้องน้ำห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.5 กิโลเมตร, 1.5 กิโลเมตร 2.17 กิโลเมตร และ 2.4 กิโลเมตรจากชายฝั่งทะเล (รูปที่ 7.10) วางเครื่องดักตะกอนอยู่เป็นเวลา 7 วัน ระหว่างวันที่ 14 - 21 ตุลาคม พ.ศ. 2554

รูปที่ 7.10 จุดติดตั้งเครื่องดักตะกอน จุดที่ 1-4 ห่างจากชายฝั่งประมาณ 0.5, 1.5, 2.17 และ 2.4 กิโลเมตร ตามลำดับ

<u>ผลการศึกษาและวิจารณ์</u>

จากตารางที่ ข-14 ภาคผนวก ข แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในแต่ละกระบอกจากแต่ละทิศทาง โดยการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งในครั้งนี้ มีเครื่องดักตะกอนสถานีที่ 2 หายไปก่อนการเก็บกู้ จึงทำให้เหลือข้อมูลตะกอนเพียง 3 สถานี คือสถานีที่ 1 , สถานีที่ 3 และสถานีที่ 4

เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีความแตกต่างระหว่างสถานีและแตกต่างกันในแต่ละระดับความลึก สถานีที่ 1 เป็นสถานีที่ติดตั้งอยู่ด้านในสุด ติดตั้งอยู่บริเวณหน้าวัดขุนสมุทรทราวาสและอยู่นอกแนวเขื่อนสลายกำลังคลื่น โดยอยู่ห่างจากฝั่งออกมาประมาณ 500 เมตร เมื่อทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 39 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้งประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบนมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 157 องศาโดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.04 กก./ตร.ม./วันและตะกอนระดับกลางมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 202 องศาโดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.87 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งคาดว่าช่วงที่ทำการตรวจวัดตะกอนในช่วงนี้มีทิศทางของลมผันผวน ทำให้การเคลื่อนที่ของตะกอนแขวนลอยสุทธิในระดับบนและระดับกลางมีทิศทางต่างกันก็อาจจะเป็นผลมาจากลมใต้และลมตะวันออกเฉียงใต้แรงเข้ามา ส่วนตะกอนระดับล่างมีทิศทางเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 22 องศา มีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 37.71 กก./ตร.ม./วันซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของตะวันออกเฉียงเหนือที่มีอิทธิพลมากในช่วงนี้ทำให้กระแสน้ำที่ท้องน้ำยังมีทิศทางไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.7 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 22 องศา ในอัตรา 36.82 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งเป็นผลมาจาก

อิทธิพลของลมตะวันออกเฉียงเหนือที่เข้ามามีอิทธิพลในเดือนนี้ และสถานีที่ 1 นี้เป็นจุดที่อยู่ใกล้ฝั่งอิทธิพลของคลื่น จึงทำให้การฟุ้งกระจายของตะกอนท้องน้ำมีมากกว่าสถานีที่ห่างฝั่งออกไป

สถานีที่ 3 ติดตั้งอยู่ห่างออกมาจากฝั่งประมาณ 2 กิโลเมตร เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่า สัดส่วนอนุภาคทรายแป้งมีมากที่สุดประมาณ 64 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทรายประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบน ระดับกลางและระดับล่างมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 38 องศามีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.04 กก./ตร.ม./วัน, 0.23 กก./ตร.ม./วัน และ 16.12 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าช่วงที่ทำการตรวจวัดตะกอนได้รับอิทธิพลจากลมตะวันออกเฉียงเหนือที่เริ่มพัดแรงเข้ามาร่วมกันอิทธิพลของกระแสน้ำและตะกอนที่ไหลมาจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.7 พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 39 องศา ในอัตรา 16.39 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันออกเฉียงเหนือและอิทธิพลจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา

สถานีที่ 4 ติดตั้งอยู่บริเวณห่างจากฝั่งประมาณ 2.4 กิโลเมตร เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวประมาณ 32 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้ง 66 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนอนุภาคทราย 2 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณทิศทางของตะกอนสุทธิพบว่าเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้น โดยตะกอนระดับบน ระดับกลางและระดับล่างมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 83, 80 และ 66 องศาโดยมีอัตราการเคลื่อนตัวประมาณ 0.16 กก./ตร.ม./วัน, 0.09 กก./ตร.ม./วัน และ 11.27 กก./ตร.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าช่วงที่ทำการตรวจวัดตะกอนได้รับอิทธิพลจากลมตะวันออกเฉียงเหนือที่เริ่มพัดแรงเข้ามาร่วมกันอิทธิพลของกระแสน้ำและตะกอนที่ไหลมาจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 ระดับแล้ว ดังตารางที่ 7.7พบว่าตะกอนเคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 65 องศา ในอัตรา 11.41 กก./ตร.ม./วัน ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันออกเฉียงเหนือที่เข้ามามีอิทธิพลมากในช่วงนี้ และสัดส่วนของอนุภาคตะกอนสถานีที่ 4 มีสัดส่วนใกล้เคียงกับสถานีที่ 3 แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำกับสถานีที่ 1 พบว่าปริมาณตะกอนมีน้อยกว่าในทุกระดับ แต่มีปริมาณใกล้เคียงกับสถานีที่ 3 ซึ่งสถานีที่ 3และสถานีที่ 4 นี้ได้รับอิทธิพลจากคลื่นน้อยกว่าสถานีด้านใน ทำให้การฟุ้งของตะกอนจึงมีน้อยกว่าสถานีใกล้ฝั่ง

ตารางที่ 7.7 ปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยสุทธิจากเครื่องดักตะกอน 3 เครื่อง 3 ระดับ รวมทั้งสรุปข้อมูลจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 14-21 ตุลาคม 2554

	สถานี 1 (0.5 กม.)	สถานี 3 (2.17 กม.)	สถานี 4 (2.40 กม.)
กระบอกระดับบน	0.15 กรัม / 157 องศา 0.04 กก./ตร.ม./วัน	0.13 กรัม / 33 องศา 0.03 กก./ตร.ม./วัน	0.58 กรัม / 83 องศา 0.16 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับกลาง	3.09 กรัม / 202 องศา 0.87 กก./ตร.ม./วัน	0.82 กรัม / 42 องศา 0.23 กก./ตร.ม./วัน	0.34 กรัม / 80 องศา 0.09 กก./ตร.ม./วัน
กระบอกระดับล่าง	133.78 กรัม / 22 องศา 37.71 กก./ตร.ม./วัน	57.19 กรัม / 39 องศา 16.12 กก./ตร.ม./วัน	39.98 กรัม / 66 องศา 11.27 กก./ตร.ม./วัน
สุทธิ (ตค. 2554)	131 กรัม / 22 องศา 36.82 กก./ตร.ม./วัน	58.14 กรัม / 39 องศา 16.39 กก./ตร.ม./วัน	40.48 กรัม / 65 องศา 11.41 กก./ตร.ม./วัน

สรุปผลการดำเนินงาน

จากการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมพบว่า ตะกอนสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้คาดว่าเนื่องมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดแรงเข้ามาในช่วงนี้ รวมกับกระแสน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาร่วมด้วย โดยมีสัดส่วนอนุภาคอนุภาคทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาเป็นอนุภาคดินเหนียว ส่วนสัดส่วนอนุภาคทรายมีน้อยมากในบริเวณนี้

สรุปผลและวิจารณ์ผลการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง

การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำในโครงการนี้ได้ทำการตรวจวัดทั้งหมด 6 ครั้งโดยครอบคลุมทั้งฤดูมรสุมและช่วงเปลี่ยนฤดู โดยจะขอสรุปรวมเป็นในแต่ละฤดูกาลทั้ง 4 ช่วงดังนี้

ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ได้ทำการตรวจวัดด้วยกัน 2 ครั้ง คือครั้งแรกในระหว่างวันที่ 12-18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 และครั้งที่สองระหว่างวันที่ 19-27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 โดยในครั้งแรกทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 2 สถานี ที่ 2 ระดับ พบว่าตะกอนแขวนลอยเกิดจากการที่คลื่นกวนตะกอนท้องน้ำให้ฟุ้งกระจายขึ้นมา ยิ่งใกล้ฝั่งจะมีตะกอนท้องน้ำฟุ้งกระจายขึ้นมาได้มากขึ้น การเคลื่อนตัวสุทธิถูกพัดพาไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ตามอิทธิพลของกระแสน้ำเนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งสัดส่วนอนุภาคตะกอนส่วนใหญ่เป็นอนุภาคทรายแป้งรองลงมาเป็นอนุภาคดินเหนียว ส่วนอนุภาคทรายมีอยู่น้อย ส่วนการตรวจวัดครั้งที่สองได้ทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 4 สถานี ที่ 3 ระดับ พบว่าการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากช่วงเวลาตรวจวัดครั้งที่ 2 นี้ทิศทางลมเริ่มมีการเปลี่ยนทิศทางโดยอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้และลมใต้เริ่มพัดแรงเข้ามาในช่วงการตรวจวัด ทำให้กระแสน้ำระดับบนมีการไหลไปในทิศทางดังกล่าว ส่วนการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำพบว่าตะกอนสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งคาดว่ายังเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมตะวันออกและลมตะวันเฉียงเหนือที่ทำให้กระแสน้ำที่ท้องน้ำยังมีทิศทางไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ โดยมีสัดส่วนของอนุภาคตะกอนดินเหนียวและสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ ส่วนสัดส่วนของอนุภาคทรายนั้นมีสัดส่วนที่น้อยมากในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจากการเคลื่อนตัวของตะกอนในช่วงนี้ทำให้พอทราบว่า มีการเคลื่อนตัวของตะกอนเข้าไปสะสมตัวบริเวณด้านหลังเขื่อนน้อย โดยตะกอนจะไปสะสมตัวบริเวณด้านข้างวัดและด้านข้างสะพานวัดทางด้านตะวันตกมากกว่า

ช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้ทำการตรวจวัดด้วยกัน 2 ครั้ง คือครั้งแรกในระหว่างวันที่ 25 กรกฎาคม – 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 และครั้งที่สองระหว่างวันที่ 7-14 สิงหาคม พ.ศ. 2554 โดยในครั้งแรกทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 4 สถานี ที่ 3 ระดับ พบว่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันออก และจากการพิจารณาสัดส่วนของอนุภาคตะกอนพบว่าบริเวณใกล้ฝั่งจะมีสัดส่วนของดินเหนียวสูงและรองลงมาเป็นสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้ง แต่เมื่อไกลฝั่งออกไปปริมาณสัดส่วนดินเหนียวจะค่อยๆลดลง และสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งจะค่อยๆเพิ่มขึ้น ส่วนสัดส่วนของอนุภาคทรายนั้นมีสัดส่วนที่น้อยมากในพื้นที่ศึกษา สำหรับการตรวจวัดครั้งที่ 2 ทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 4 สถานี ที่ 3 ระดับ จากการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำในช่วงนี้พบว่าภาพรวมแล้วทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปทางตะวันตกเฉียงเหนือซึ่งต่างจากการทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนในการตรวจวัดครั้งแรก เนื่องด้วยอิทธิพลจากตะกอนและกระแสน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่เข้ามาทางด้านตะวันออกมากกว่าช่วงการตรวจวัดครั้งแรก จึงทำให้การเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำจะมีแนวโน้มการเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมที่พัดมาจากทางทิศใต้ ส่วนปริมาณตะกอนในแต่ละระดับพบว่าตะกอนระดับบนจะน้อยกว่าตะกอนระดับล่างเสมอ โดยแต่ละสถานีมีสัดส่วนอนุภาคตะกอนใกล้เคียงกับการตรวจวัดครั้งแรก ซึ่งจากการเคลื่อนที่ของ

ตะกอนในการตรวจวัดทั้งสองครั้งในช่วงฤดูนี้ พอทำให้ทราบว่ามีการเคลื่อนตัวของตะกอนเข้าไปสะสมตัวบริเวณด้านหลังเขื่อนมากขึ้นโดยจะเคลื่อนตัวไปสะสมที่บริเวณด้านข้างวัดและบริเวณด้านข้างสะพานของวัดทางด้านตะวันออก

ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมครั้งที่ 1 ได้ทำการตรวจวัด1 ครั้ง ในระหว่างวันที่ 26 เมษายน – 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 โดยทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 3 สถานี ที่ 3 ระดับพบว่า การเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ เนื่องมาจากอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้และลมใต้ จากการพิจารณาสัดส่วนอนุภาคตะกอนพบว่ามีสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ ส่วนอนุภาคตะกอนทรายมีน้อยมาก ซึ่งจากการเคลื่อนที่ของตะกอนในการตรวจวัดในช่วงฤดูนี้ พอทำให้ทราบว่ามีการเคลื่อนตัวของตะกอนเข้าไปสะสมตัวบริเวณด้านหลังเขื่อนมากขึ้นโดยจะเคลื่อนตัวไปสะสมที่บริเวณด้านข้างวัดและบริเวณด้านข้างสะพานของวัดทางด้านตะวันออกรวมถึงบริเวณใกล้ๆกับแนวป่าชายเลนฝั่งตะวันออกด้วย

ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมครั้งที่ 2 ได้ทำการตรวจวัด1 ครั้ง ในระหว่างวันที่ 14 -21 ตุลาคม พ.ศ. 2554 โดยทำการติดตั้งเครื่องดักตะกอน 4 สถานี ที่ 3 ระดับ พบว่าการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำในช่วงเปลี่ยนฤดูนี้ มีการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดแรงเข้ามาในช่วงนี้ รวมกับอิทธิพลจากตะกอนและกระแสน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาร่วมด้วย โดยมีสัดส่วนอนุภาคอนุภาคทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาเป็นอนุภาคดินเหนียว ส่วนสัดส่วนอนุภาคทรายมีน้อยมากในบริเวณนี้ ซึ่งจากการเคลื่อนตัวของตะกอนในช่วงนี้ทำให้พอทราบว่า มีการเคลื่อนตัวของตะกอนเข้าไปสะสมตัวบริเวณเดียวกับช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

Dyer KR. 1986. Coastal and estuarine sediment dynamics. John Wiley; Chichester

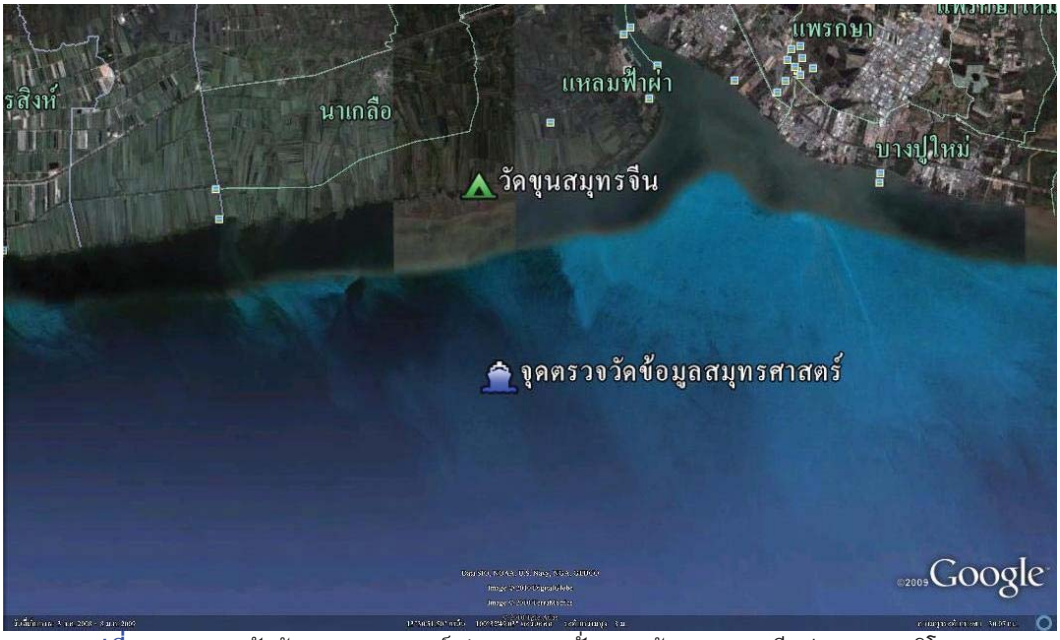
McManus J. 1988. Grain size determination and interpretation. In Techniques in Sedimentology, Tucker M (ed.). Blackwell: Oxford; 63–85.

Mudroch, A.,& Bourbonniere, R.A. (2000). Sediment preservation, processing, and storage. In Mudroch, A.,& MacKnight, S.D. (Ed.), *CRC Handbook of Techniques for Aquatic Sediments Sampling.* (pp. 131-169)

บทที่ 8
การตรวจวัดข้อมูลสมุทรศาสตร์
โดย
ผศ.ดร.ปราโมทย์ โศจิศุภร

<u>วิธีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสมุทรศาสตร์</u>

การตรวจวัดข้อมูลสมุทรศาสตร์ฟิสิกส์เป็นการตรวจวัดการไหลของน้ำ การแพร่กระจายของความเค็ม อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำทะเล ระดับน้ำทะเล ตะกอนแขวนลอย และความเร็วและทิศทางลมเป็นรายชั่วโมงรวมทั้งหมด 25 ชั่วโมง ทำการตรวจวัดในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ วันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 และช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในวันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 บริเวณชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีนที่พิกัดโดยประมาณ 13°30'20.88" องศาเหนือ 100° 31' 57.36" องศาตะวันออก (รูปที่ 8.1) ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตรงกับการติดตั้งเครื่องดักตะกอนแขวนลอย (ระหว่างวันที่ 12 – 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553) ใช้เรือประมงอวนรุนขนาดความยาวประมาณ 30 เมตรในการออกสำรวจ วิธีการสำรวจเป็นไปตามวิธีการของ Kjerfve (1979)



รูปที่ 8.1 จุดตรวจวัดข้อมูลสมุทรศาสตร์ ห่างจากชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีนประมาณ 6 กิโลเมตร

<u>เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดข้อมูลสมุทรศาสตร์</u>

- Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP, รูปที่ 8.2) ใช้สำหรับตรวจวัดข้อมูลกระแสน้ำเฉลี่ยทุก 15 นาที ตลอด 25 ชั่วโมง ติดตั้งเครื่อง ADCP ไว้ที่ท้องน้ำ เครื่องมือจะทำการเก็บข้อมูลกระแสน้ำโดยแบ่งเป็นระดับความลึก โดยระดับความลึกชั้นแรกจะเริ่มที่ 2 เมตรจากตัวเครื่องและระดับถัดไปจะวัดทุก 1 เมตร
- Echo Sounder ใช้วัดความลึกน้ำเป็นรายชั่วโมงก่อนการใช้เครื่อง YSI Multi-Probe เพื่อกะระยะไม่ให้เซนเซอร์ลงลึกถึงชั้นตะกอนท้องน้ำ
- เครื่องวัดความเร็วลมใช้สำหรับวัดความเร็วลมทุก 1 ชั่วโมง โดยเป็นค่าเฉลี่ย 13 วินาที
- เข็มทิศ ใช้วัดทิศทางลมทุก 1 ชั่วโมงพร้อมกับการวัดความเร็วลม
- YSI Multi-Probe ใช้สำหรับตรวจวัดข้อมูลการแพร่กระจายของความเค็ม อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำทะเล ทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 25 ชั่วโมงโดยทำการตรวจวัดที่ 0.5 เมตร และทุก 1 เมตร จากผิวน้ำทะเล
- กระบอกเก็บน้ำ ใช้สำหรับเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณตะกอนแขวนลอย

ADCP (RD Workhorse Sentinel)

Multi-probe (YSI model 6000)

Depth-sounder (Hondex)

Wind-meter (Skymate)

รูปที่ 8.2 เครื่องมือสำรวจทางสมุทรศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลข้อมูลกระแสน้ำ โหลดข้อมูลจากเครื่อง ADCP และนำมาแปลงให้อยู่ในรูปของโปรแกรม Microsoft Excel แสดง ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำความความลึกและเวลา ทำการตัดข้อมูลกระแสน้ำที่บริเวณผิวน้ำในช่วงเวลาที่ระดับน้ำลดลงต่ำกว่าระดับการเก็บข้อมูลโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำจากกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ หลังจากนั้นนำมาพล็อตกราฟโดยโปรแกรม Grapher 8 โดยแสดงผลในรูปของกราฟเวคเตอร์ซึ่ง

จะทำให้เห็นความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำตามเวลาและระดับความลึก การวิเคราะห์ข้อมูลความเค็ม อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความเป็นกรด-ด่างจากเครื่อง YSI Multi-Probe นำข้อมูลมาคีย์ลงในโปรแกรม Microsoft Excel ตามเวลาและระดับความลึก นำข้อมูลมาพล็อตเป็นชั้นคอนทัวร์โดยโปรแกรม Surfer 9 การวิเคราะห์ข้อมูลลมทำเช่นเดียวกับข้อมูลกระแสน้ำ ข้อมูลตัวเลขจากการสำรวจแสดงไว้ในภาคผนวก ค

<u>ลักษณะทางสมุทรศาสตร์ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ</u>

จุดตรวจวัดมีน้ำลึกประมาณ 5-7 เมตร ลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงในพื้นที่เป็นแบบน้ำผสม ขณะสำรวจเป็นช่วงน้ำเกิดมีเรนจ์น้ำประมาณ 2.5 เมตร จากเวคเตอร์กระแสน้ำ (รูปที่ 8.3) จะพบการไหลเวียนของน้ำเกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงและกระแสน้ำเนื่องจากลม โดยจะเห็นกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงชัดเจนในน้ำชั้นล่าง(ตั้งแต่ 3 เมตรลงไป) ขนาดความเร็วของกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงประมาณ 0.27 เมตรต่อวินาที น้ำไหลขึ้นไปทางทิศเหนือและน้ำไหลลงไปทางทิศใต้ (ตารางที่ 8.1) สำหรับน้ำระดับบนจะได้รับอิทธิพลของกระแสน้ำเนื่องจากลมใต้ทำให้น้ำไหลไปทางทิศเหนือค่อนไปทางตะวันออกเล็กน้อย ขนาดความเร็วกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงและกระแสน้ำเนื่องจากลมรวมกันได้ค่าสูงสุดประมาณ 0.6 เมตรต่อวินาที คลื่นลมที่ผิวน้ำทำให้ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำใกล้ผิวน้ำเกิดความแปรปรวน กระแสน้ำสุทธิไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (74 องศา) ด้วยความเร็วเฉลี่ย 0.06 เมตรต่อวินาที

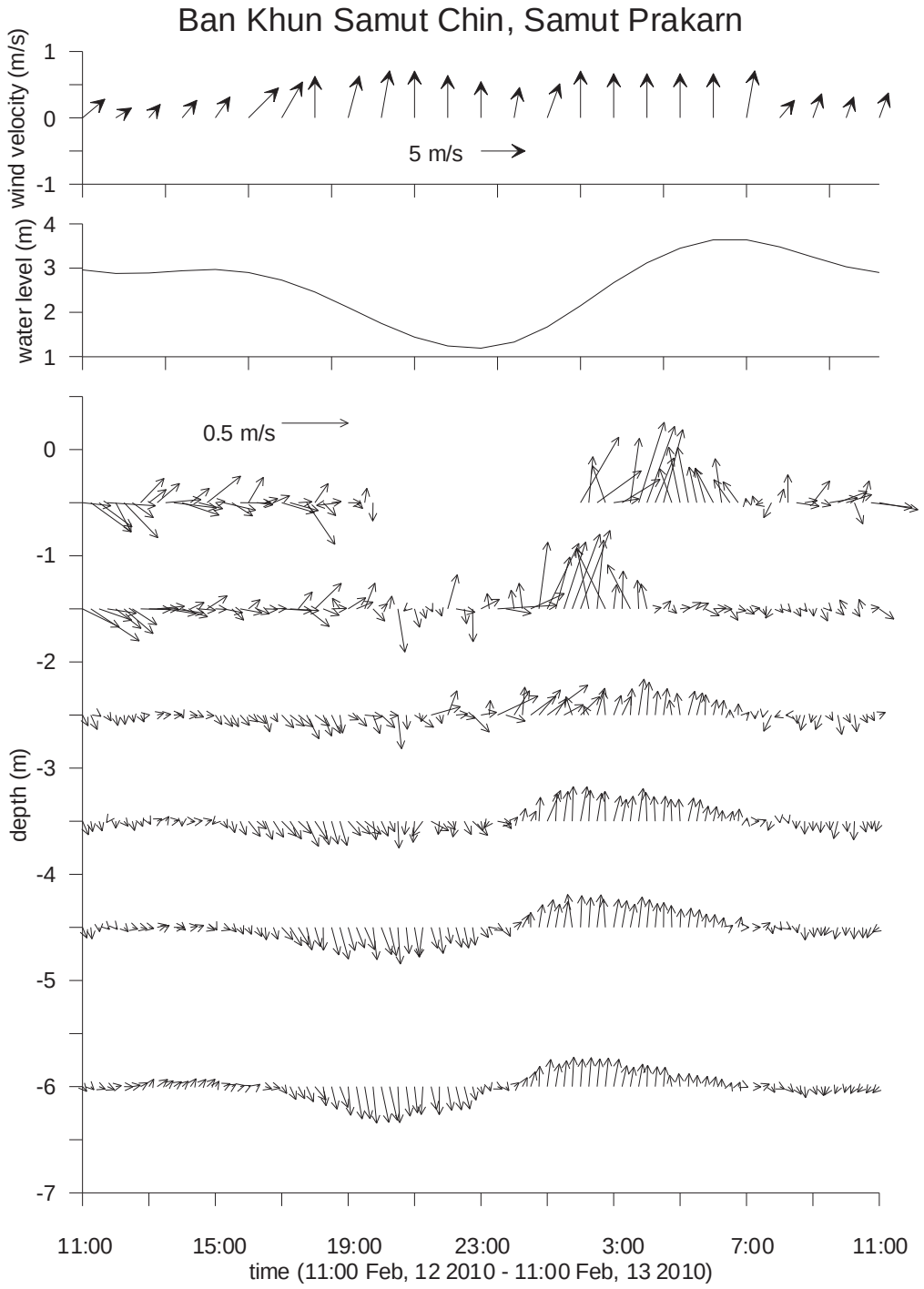
อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 26.55-28.98 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยในรอบ 25 ชั่วโมงเท่ากับ 28.05 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำชั้นบนอุ่นขึ้นในช่วงบ่ายเมื่อได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์แต่ค่าอุณหภูมิยังไม่เกิน 29 องศาเซลเซียสเพราะช่วงฤดูหนาว น้ำในระดับล่างมีอุณหภูมิคงที่ราว 28 องศาเซลเซียสตลอดระยะเวลาที่สำรวจ (รูปที่ 8.4)

ความเค็มมีค่าระหว่าง 28.19-31.18 psu ค่าเฉลี่ยในรอบ 25 ชั่วโมงเท่ากับ 29.96 psu ความเค็มเปลี่ยนแปลงตามมวลน้ำที่เคลื่อนที่ผ่านจุดสำรวจ ช่วงน้ำลงมีมวลน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาเคลื่อนเข้ามาทำให้ความเค็มลดลงเหลือ 29 psu ขณะที่น้ำด้านล่างเป็นน้ำชายฝั่งจึงทำให้ความเค็มเพิ่มขึ้นตามความลึก ช่วงน้ำขึ้นเป็นมวลน้ำชายฝั่งมวลเดียวทำให้ความเค็มเพิ่มขึ้นและมีค่าคงที่ตลอดความลึกน้ำ (รูปที่ 8.4)

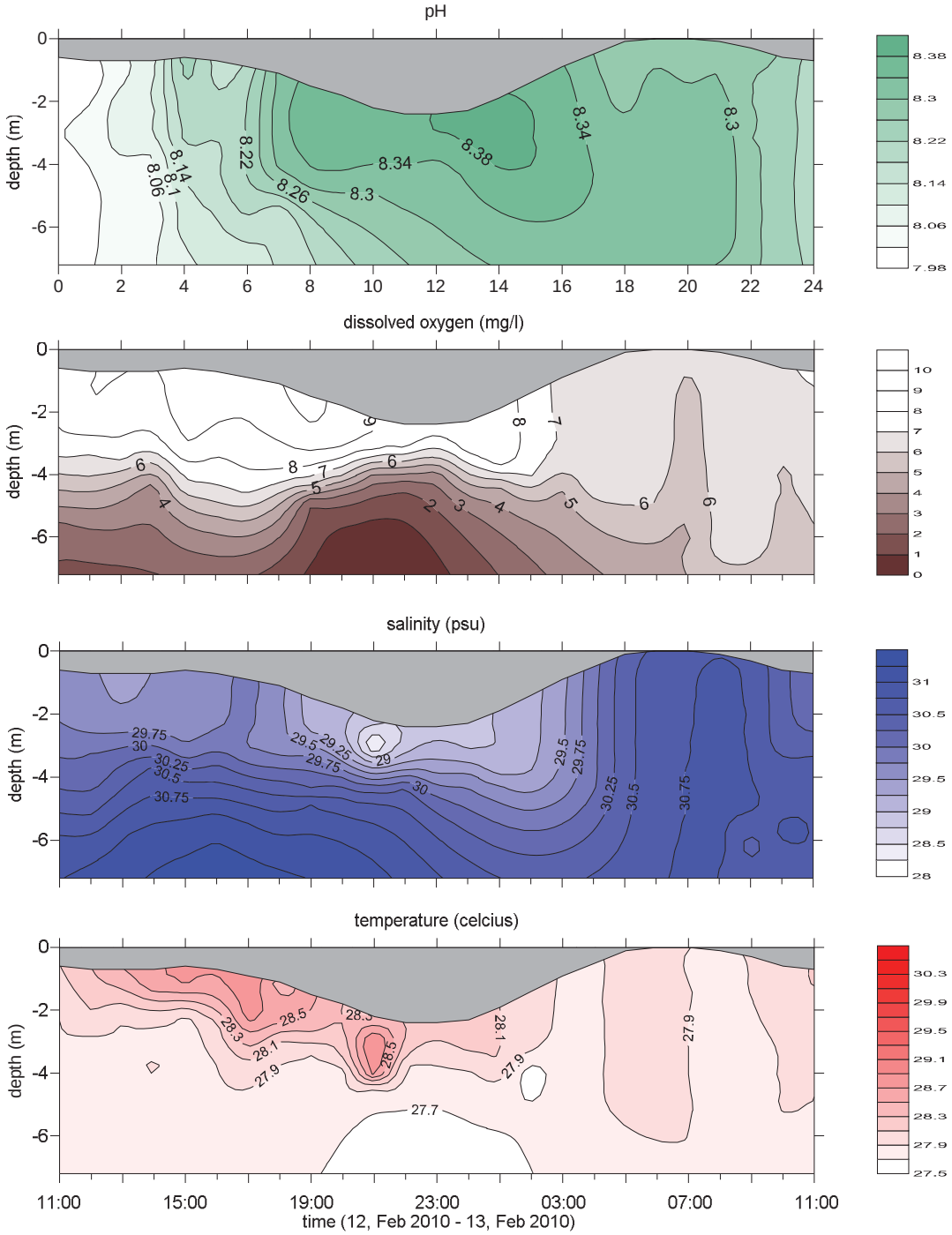
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเลมีค่าระหว่าง 2.13-10.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยในรอบ 25 ชั่วโมงเท่ากับ 7.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนในน้ำชั้นบนสูงเกินจุดอิ่มตัวเนื่องคลื่นหัวแตก น้ำแตกฟองทำให้ออกซิเจนในอากาศละลายในน้ำได้มากขึ้น ปริมาณออกซิเจนในน้ำระดับล่างช่วงน้ำลงมีค่าต่ำจนถึง 2 มิลลิกรัมต่อลิตรใกล้ท้องน้ำซึ่งถึงจุดวิกฤติต่อการอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แสดงว่ามีซากสารอินทรีย์ในมวลน้ำในปริมาณสูง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในช่วงน้ำขึ้นซึ่งเป็นมวลน้ำชายฝั่งมีค่าสูงตลอดความลึกน้ำแสดงว่าคุณภาพน้ำชายฝั่งยังอยู่ในสภาพที่ดี (รูปที่ 8.4)

ค่า pH ของน้ำทะเลมีค่าระหว่าง 7.99- 8.4 มีค่าเฉลี่ยในรอบ 25 ชั่วโมงเท่ากับ ค่า pH ต่ำในช่วงเริ่มสำรวจและค่าสูงสุดเมื่อน้ำลงเต็มที่หลังจากนั้นค่า pH ลดลงอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งแสดงว่าน้ำกร่อยจากแม่น้ำเจ้าพระยามีค่า pH สูงกว่าน้ำทะเลชายฝั่ง (รูปที่ 8.4)

จากรูปที่ 8.5 แสดงความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยสุทธิ (Total suspended solid) ในขณะตรวจวัดข้อมูลสมุทรศาสตร์ในวันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยมีค่าประมาณ 0.5-4 mg/l ซึ่งมีค่าน้อยมากเนื่องจากคลื่นไม่รุนแรงขณะออกสำรวจเก็บข้อมูล และความเร็วกระแสน้ำยังไม่มากพอที่จะกวนตะกอนท้องน้ำให้ฟุ้งขึ้นมา



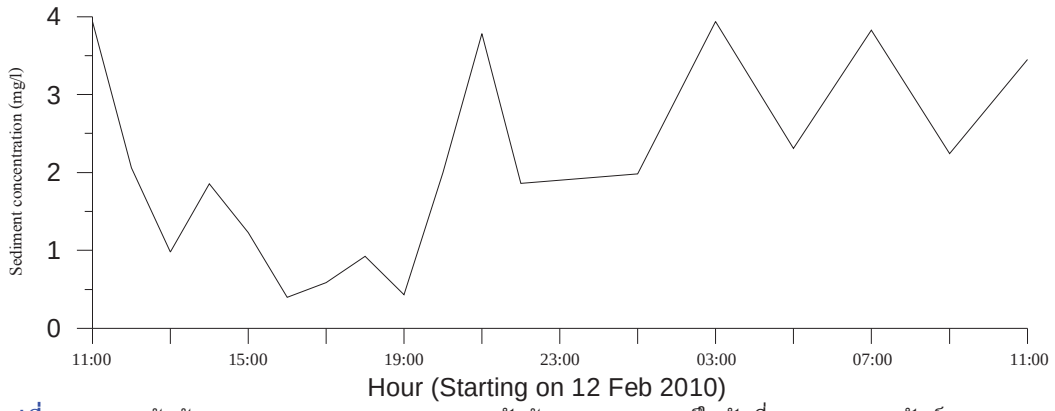
รูปที่ 8.3 ความเร็วและทิศทางลม ระดับน้ำ และกระแสน้ำตามความลึกที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการเมื่อวันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553



รูปที่ 8.4 การแพร่กระจายต่อเวลาและความลึกของค่าอุณหภูมิน้ำ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความเป็นกรด-ด่าง ที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีนเมื่อวันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

ตารางที่ 8.1 ค่าต่ำสุด/ค่าเฉลี่ย/ค่าสูงสุดในรอบวันของข้อมูลสมุทรศาสตร์กายภาพจากการตรวจวัดในรอบ 25 ชั่วโมง บริเวณชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีนที่พิกัดโดยประมาณ 13°30'20.88" องศาเหนือ 100° 31' 57.36" องศาตะวันออก ในระหว่างวันที่ 12 กุมภาพันธ์ เวลา 11:00 น. ถึงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2553 เวลา 11:00 น.

พารามิเตอร์	ค่าต่ำสุด/ค่าเฉลี่ย/ค่าสูงสุด
ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	2.0 / 4.0 / 5.4
ทิศทางลม (องศา)	180 - 238 องศา
กระแสน้ำไหลลงสูงสุด	0.38 เมตร/วินาที ทิศ 146 องศา
กระแสน้ำไหลขึ้นสูงสุด	0.64 เมตร/วินาที ทิศ 18 องศา
กระแสน้ำสุทธิ	0.06 เมตร/วินาที ทิศ 74 องศา
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	26.55 / 28.05 / 28.98
ความเค็ม (psu)	28.19/ 29.96/ 31.18
DO (mg/l)	2.13 / 7.04 / 10.3
pH	7.99 / 8.26 / 8.4



รูปที่ 8.5 ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย จากการตรวจวัดข้อมูลสมุทรศาสตร์ในวันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

<u>ลักษณะทางสมุทรศาสตร์ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้</u>

จุดตรวจวัดมีความลึกน้ำประมาณ 5-8 เมตร ลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงในพื้นที่เป็นแบบน้ำผสม ขณะสำรวจเป็นช่วงน้ำเกิดมีเรนจ์น้ำประมาณ 3 เมตร จากเวคเตอร์กระแสน้ำ (รูปที่ 8.6) จะพบการไหลเวียนของน้ำเกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงและกระแสน้ำเนื่องจากลม โดยจะเห็นกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงชัดเจนในน้ำชั้นล่าง(ตั้งแต่ 3 เมตรลงไป) ขนาดความเร็วของกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงประมาณ 0.13 เมตรต่อวินาที ขณะน้ำขึ้นกระแสน้ำไหลจากทิศใต้ไปทางทิศเหนือค่อนไปทางตะวันตกเล็กน้อยและขณะน้ำลงกระแสน้ำไหลลงจากทิศเหนือไปทางทิศใต้ค่อนไปทางทิศตะวันตกเล็กน้อย (ตารางที่ 8.2) สำหรับน้ำระดับบนจะได้รับอิทธิพลของกระแสน้ำเนื่องจากลมใต้ทำให้น้ำไหลไปทางทิศเหนือค่อนไปทางตะวันตกเล็กน้อย ขนาดความเร็วกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงและกระแสน้ำเนื่องจากลมรวมกันได้ค่าสูงสุดประมาณ 0.38 เมตรต่อวินาที คลื่นลมที่ผิวน้ำทำให้ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำใกล้ผิวน้ำเกิดความแปรปรวน กระแสน้ำสุทธิไหลไปทางทิศตะวันตก (289.1 องศา) ด้วยความเร็วเฉลี่ย 0.04 เมตรต่อวินาที

อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 29.15 - 30.33 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยในรอบ 25 ชั่วโมงเท่ากับ 29.51 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำชั้นบนอุ่นขึ้นในช่วงบ่ายเมื่อได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยมีค่า 30 องศาเซลเซียส น้ำในระดับล่างมีอุณหภูมิต่ำกว่าด้านบน แต่ในช่วงกลางคืนอุณหภูมิน้ำมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 29.5 องศาเซลเซียส เนื่องจากไม่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์และลมพัดแรงมากทำให้มวลน้ำผสมผสานกันดี (รูปที่ 8.7) อุณหภูมิน้ำค่อนข้างสูงส่วนหนึ่งมาจากอยู่ในเขตน้ำตื้นชายฝั่งซึ่งมีการสะสมความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์แล้วยังได้รับความร้อนจากน้ำหล่อเย็นจากโรงไฟฟ้าในแม่น้ำเจ้าพระยาอีกด้วย

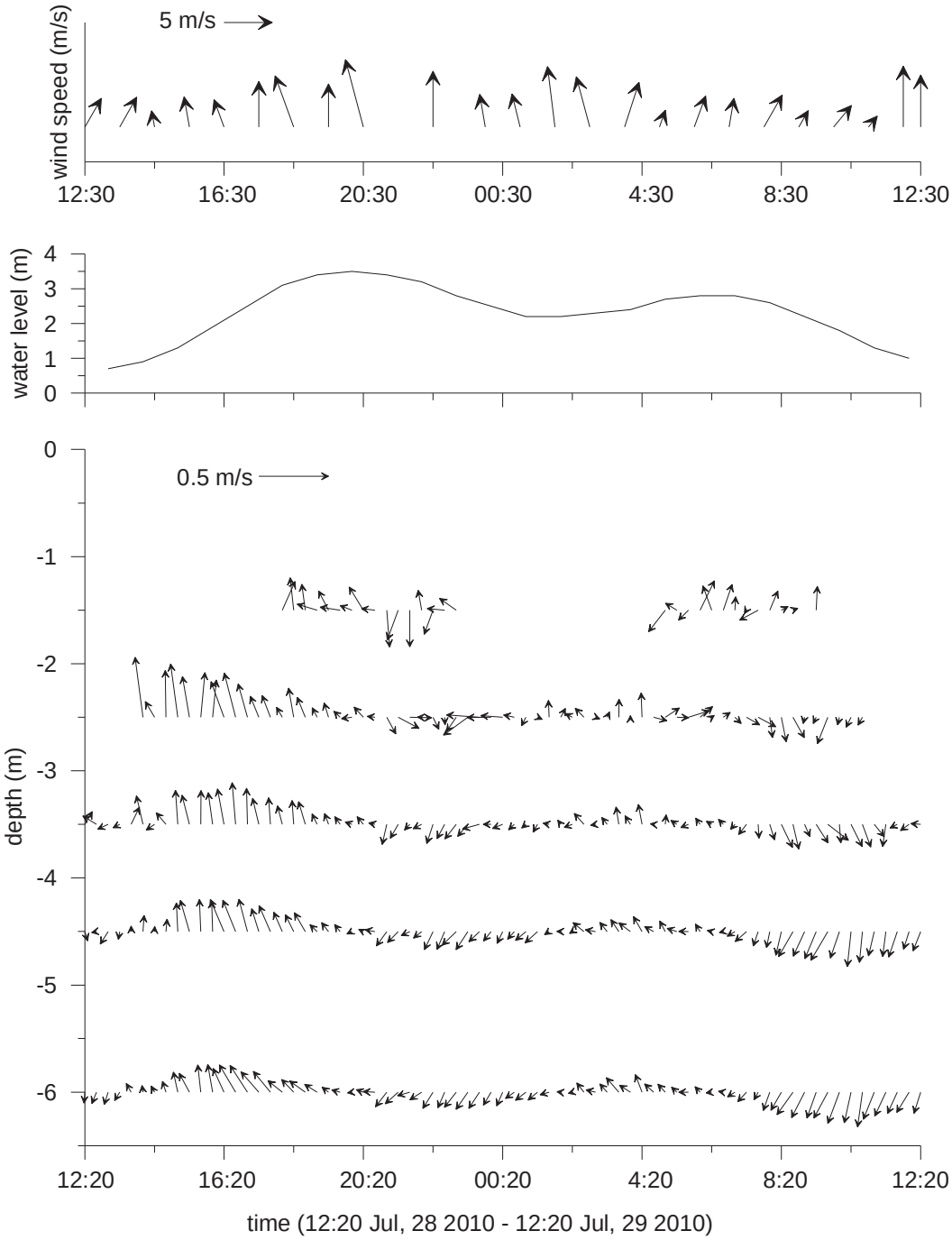
ความเค็มมีค่าระหว่าง 29.2 - 31.33 psu ค่าเฉลี่ยในรอบ 25 ชั่วโมงเท่ากับ 30.82 psu ในช่วง 12:30 – 16:30 น. ความเค็มของมวลน้ำชั้นกลางมีค่าน้อยกว่ามวลน้ำชั้นบนและชั้นล่างประมาณ 1 psu หลังจากนั้นเมื่อลมแรงขึ้นทำให้คลื่นแรงมากขึ้นผนวกกับกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทำให้เกิดการผสมผสานของมวลน้ำ ในช่วงน้ำลง (3 ชั่วโมงท้ายของการเก็บข้อมูล) มวลน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาเคลื่อนเข้ามาในมวลน้ำชั้นบนทำให้ความเค็มลดลงเหลือ 29.5 psu ในขณะที่น้ำด้านล่างเป็นน้ำชายฝั่งจึงทำให้ความเค็มเพิ่มขึ้นตามความลึก (รูปที่ 8.7)

รูปที่ 8.8 แสดงความเค็มและอุณหภูมิน้ำใกล้ท้องน้ำจากเครื่องวัด Solinst LTC 3001 Junior ค่าความเค็มเป็นค่าที่คำนวณจากความนำไฟฟ้าและอุณหภูมิ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าตรวจวัดที่ได้จากเครื่องวัด YSI Multiprobe พบว่าอุณหภูมิน้ำจากเครื่อง LTC สูงกว่าจากเครื่อง multiprobe ราว 1 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความเค็มต่ำกว่าค่าจากเครื่อง multiprobe ราว 0.7 psu ซึ่งจะต้องทำการปรับเทียบ calibrate เครื่องมือเพื่อให้ได้ผลการตรวจวัดที่ถูกต้อง

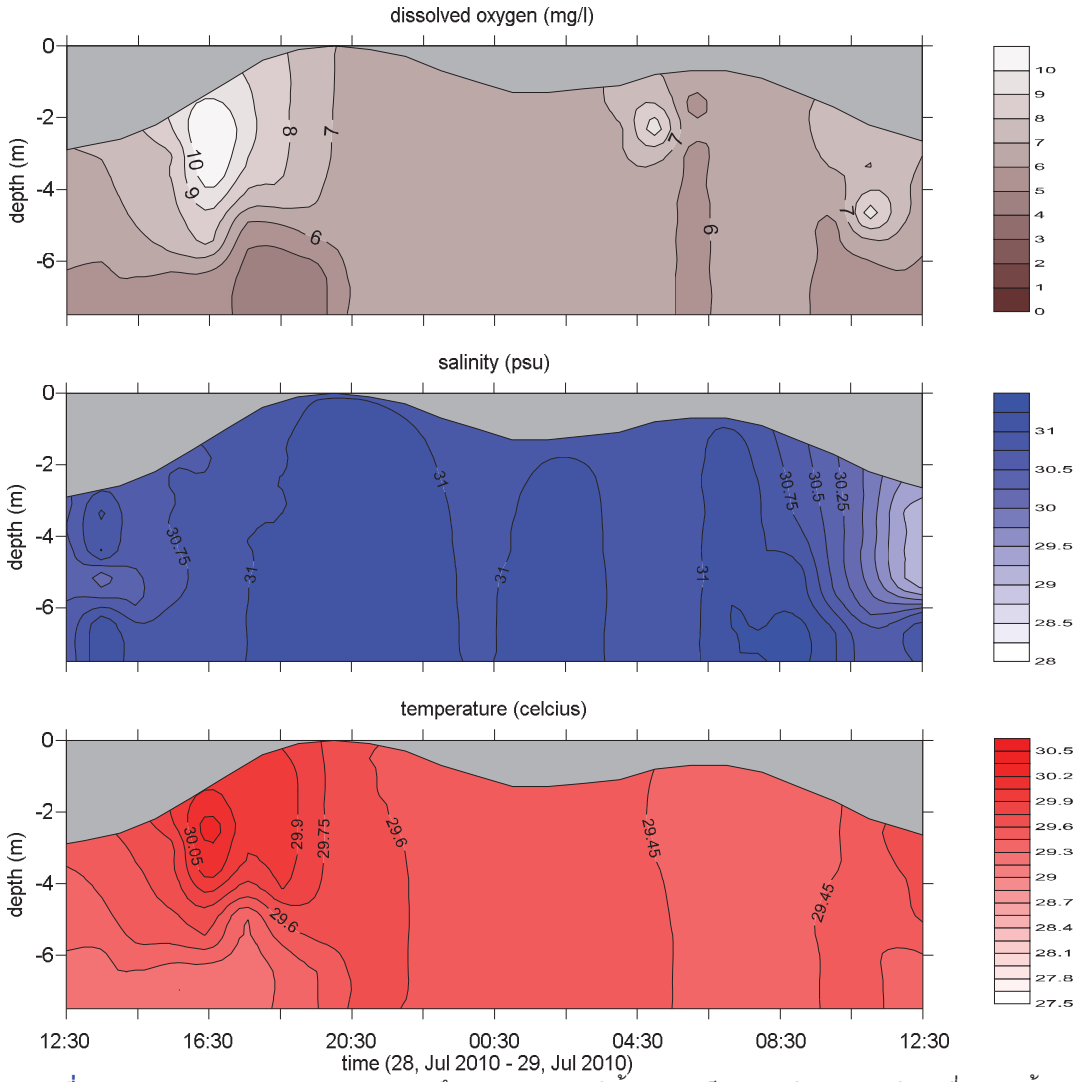
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเลมีค่าระหว่าง 4.51 - 11.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยในรอบ 25 ชั่วโมงเท่ากับ 6.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนในน้ำชั้นบนสูงเกินจุดอิ่มตัวเนื่องคลื่นหัวแตก น้ำแตกฟองทำให้ออกซิเจนในอากาศละลายในน้ำได้มากขึ้น โดยจะสังเกตได้เจนในช่วงที่มีลมแรงๆ จะทำให้เกิดคลื่นแรงตามมา ทำให้มีปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่ามากตามไปด้วย ปริมาณออกซิเจนในน้ำระดับล่างช่วงน้ำนิ่งจะมีค่าต่ำจนถึง 4.51 มิลลิกรัมต่อลิตรใกล้ท้องน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในช่วงน้ำขึ้นซึ่งเป็นมวลน้ำชายฝั่งมีค่าสูงตลอดความลึกน้ำแสดงว่าคุณภาพน้ำชายฝั่งยังอยู่ในสภาพที่ดี (รูปที่ 8.7)

จากรูปที่ 8.9 และตารางที่ 8.3 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นมีค่าสัมพันธ์กัน เมื่อความสูงคลื่นนัยสำคัญมีค่ามากคาบคลื่นจะมีค่ามากตามไปด้วย ในช่วงที่ความเร็วลมมีค่ามาก (เวลาประมาณ 19:00-21:00 น.) ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น ในช่วงเวลาดังกล่าวมวลน้ำมีการผสมผสานกันดีตลอดทั้งคอลัมน์ ซึ่งสังเกตได้จากข้อมูลความเค็ม อุณหภูมิ และออกซิเจนละลาย (รูปที่ 8.7) จากการสังเกตด้วยสายตาคลื่นลูกใหญ่มีความสูงมากกว่า 0.5 เมตร ความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.3 เมตรและมีคาบคลื่นเฉลี่ยราว 5 วินาที คาบคลื่นบ่งบอกว่าคลื่นที่ตรวจวัดเป็นคลื่นแบบ swell ซึ่งเกิดจากลมในทะเลบริเวณอื่นแล้วเคลื่อนที่เข้ามาในพื้นที่ศึกษา เมื่อพิจารณาจากพลังงานคลื่น (รูปที่ 13) พบว่าคลื่นที่มีพลังงานศักย์สูงมีคาบคลื่นในช่วง 5-7 วินาที จะมีพลังงานมากที่สุด พลังงานศักย์สุทธิมีค่า 2.37×10^{-7} m^2

รูปที่ 8.11 ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยสุทธิ (Total suspended solid) ในขณะตรวจวัดข้อมูลสมุทรศาสตร์ในวันที่ 28-29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยมีค่ามาถึง 78 mg/l ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงที่มีความสูงคลื่นนัยสำคัญมาก (ประมาณ 0.5 เมตร) โดยความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำน้อยมากเนื่องจากในช่วงที่ความเร็วกระแสน้ำมีค่ามาก เวลา 16:20 วันที่ 28 กรกฎาคม และ 10:20 วันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 มีความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยเพียง 30 และ 10 mg/l ตามลำดับ



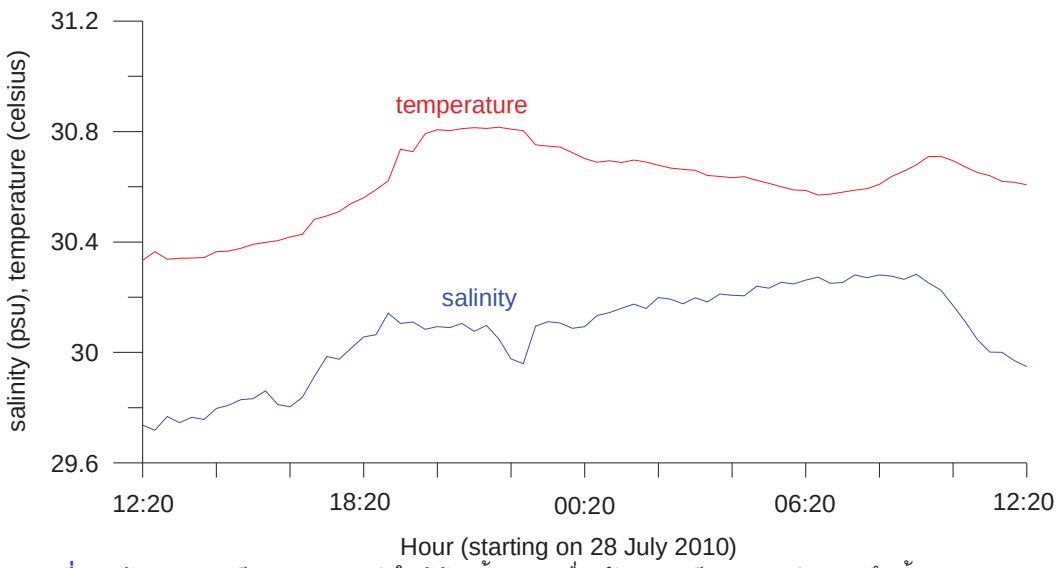
รูปที่ 8.6 ความเร็วและทิศทางลม ระดับน้ำ และกระแสน้ำตามความลึกที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการเมื่อวันที่ 28 -29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553



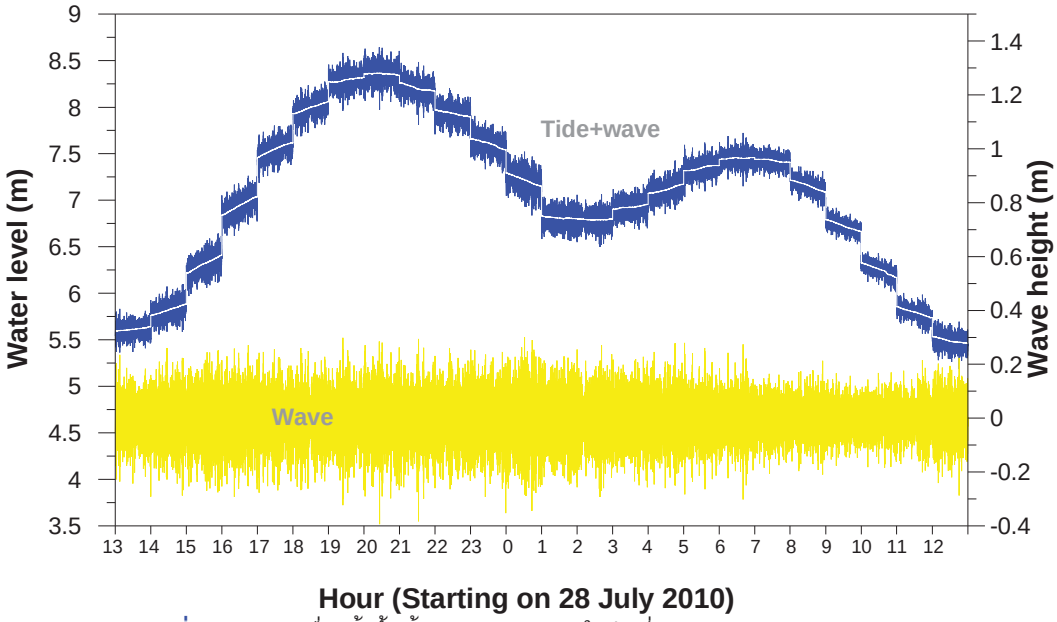
รูปที่ 8.7 การแพร่กระจายต่อเวลาและความลึกของค่าอุณหภูมิน้ำ ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีนเมื่อวันที่ 28 -29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

ตารางที่ 8.2 ค่าต่ำสุด/ค่าเฉลี่ย/ค่าสูงสุด ในรอบวันของข้อมูลสมุทรศาสตร์กายภาพจากการตรวจวัดในรอบ 25 ชั่วโมง ที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน หว่างวันที่ 28-29 กรกฎาคม 2553 เวลา 12:30 – 12:30 น.

พารามิเตอร์	ค่าต่ำสุด/ค่าเฉลี่ย/ค่าสูงสุด
ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	2.3 / 4.25 / 6.7
ทิศทางลม (องศา)	160 - 220 องศา
กระแสน้ำไหลลงสูงสุด	0.254 เมตร/วินาที ทิศ 185.9 องศา
กระแสน้ำไหลขึ้นสูงสุด	0.435 เมตร/วินาที ทิศ 352.5 องศา
กระแสน้ำสุทธิ	0.04 เมตร/วินาที ทิศ 289.1 องศา
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	29.15 / 29.51 / 30.33
ความเค็ม (psu)	29.21/ 30.82/ 31.33
DO (mg/l)	4.51 / 6.55 / 11.67
ตะกอนแขวนลอย (mg/l)	3.25 / 21.86 / 78.18



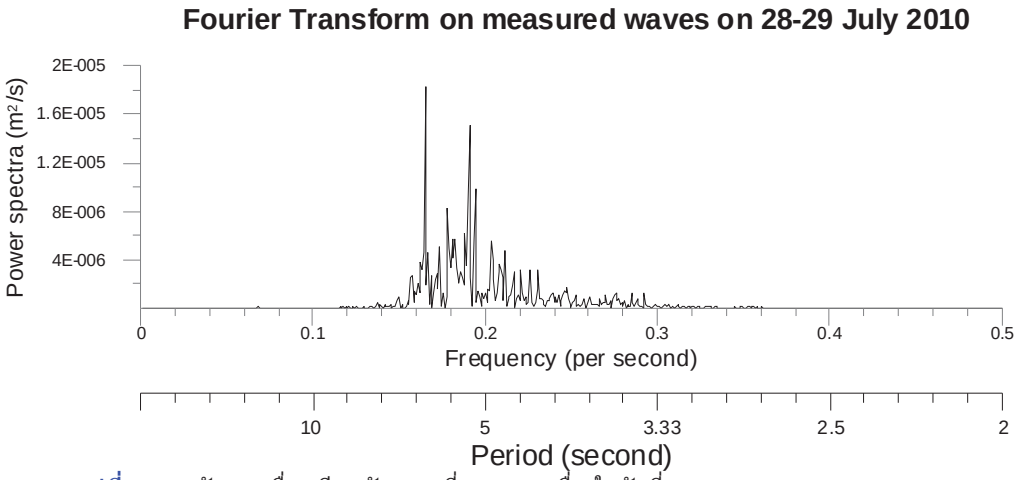
รูปที่ 8.8 ข้อมูลความเค็ม และอุณหภูมิ ใกล้ท้องน้ำ จากเครื่องวัดความเค็ม-อุณหภูมิ-ความลึกน้ำ Solinst LTC 3001 เมื่อวันที่ 28-29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 ติดตั้งเครื่องมือไว้ใกล้ท้องน้ำ



รูปที่ 8.9 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 28-29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

ตารางที่ 8.3 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 28-29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

วันที่	เวลา	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	วันที่	เวลา	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
28/07/53	13:10	0.2795	3.54	29/07/53	01:10	0.3184	4.03
28/07/53	14:10	0.3264	4.13	29/07/53	02:10	0.3314	4.19
28/07/53	15:10	0.337	4.26	29/07/53	03:10	0.3048	3.86
28/07/53	16:10	0.3454	4.37	29/07/53	04:10	0.3199	4.04
28/07/53	17:10	0.3377	4.27	29/07/53	05:10	0.3257	4.12
28/07/53	18:10	0.3302	4.18	29/07/53	06:10	0.3192	4.05
28/07/53	19:10	0.357	4.52	29/07/53	07:10	0.2262	2.86
28/07/53	20:10	0.3883	4.91	29/07/53	08:10	0.2445	3.09
28/07/53	21:10	0.3668	4.63	29/07/53	09:10	0.2071	2.62
28/07/53	22:10	0.3305	4.18	29/07/53	10:10	0.2185	2.77
28/07/53	23:10	0.3595	4.55	29/07/53	11:10	0.2423	3.07
29/07/53	00:10	0.3905	4.95	29/07/53	12:10	0.2921	3.69
เฉลี่ย		0.3323	4.79				



รูปที่ 8.10 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 28-29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

ที่ 8.11 ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย จากการตรวจวัดข้อมูลสมุทรศาสตร์ในวันที่ 28-29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

<u>สรุปผลการดำเนินงาน</u>

การไหลเวียนของน้ำเกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงและลมที่ผิวหน้าน้ำ กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงมีความเร็วต่ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงเป็นแบบคลื่นนิ่ง (standing wave) กระแสน้ำสุทธิเกิดจากอิทธิพลของลมเป็นหลัก จากการสำรวจทั้ง 2 ครั้งเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 มีลมพัดมาจากทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ทำให้กระแสน้ำสุทธิไหลไปทางทิศตะวันออก ขณะที่กระแสน้ำสุทธิในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยทิศทางของกระแสน้ำสุทธิสวนทางกับการเคลื่อนตัวสุทธิของตะกอนแขวนลอยจากเครื่องดักตะกอน ความเค็มของน้ำประมาณ 30 psu ซึ่งเป็นคุณสมบัติของน้ำชายฝั่งทะเลที่มีน้ำท่าลงมาเจือจางเล็กน้อย สำหรับอุณหภูมิของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยอุณหภูมิน้ำต่ำในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแล้วเพิ่มสูงขึ้นในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยในเขตน้ำตื้น (ไม่เกิน 8 เมตร) จะสัมพันธ์กับความสูง (พลังงาน)คลื่นอย่างชัดเจน สังเกตจากตะกอนแขวนลอยจากการสำรวจครั้งที่ 1 จะต่ำเพราะคลื่นไม่รุนแรงขณะที่ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยในการสำรวจครั้งที่ 2 สูงเมื่อมีคลื่นรุนแรง

บทที่ 9
การประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อประเมินปริมาณ และทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยตามฤดูกาล

โดย
ผศ.ดร. ปราโมทย์ โศจิศุภร

บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าหากคลื่นเข้าปะทะชายฝั่งเป็นมุมเอียงจะทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่ง ปริมาณการเคลื่อนตัวของมวลตะกอนขึ้นกับความรุนแรงของคลื่นและอุปสงค์ของอนุภาคตะกอนที่พอจะเคลื่อนที่ไปกับกระแสน้ำหรือกลิ้งไปตามท้องน้ำได้ ตัวอย่างของการเคลื่อนตัวตะกอนตามแนวชายฝั่งเช่นการเคลื่อนที่ของตะกอนจากใต้ขึ้นเหนือเลียบอ่าวไทยฝั่งตะวันตกซึ่งเกิดจากคลื่นลมช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีตะกอนมาปิดร่องน้ำจนต้องมีการขุดลอกปากร่องน้ำทุกปีเพื่อให้เรือสามารถแล่นเข้าออกร่องน้ำได้

สำหรับบริเวณก้นอ่าวไทยตอนบนวางตัวอยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตกก็สามารถเกิดการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่งด้วยคลื่นจากทิศตะวันตกเฉียงใต้โดยแหล่งที่มาของตะกอนมาจากแม่น้ำสำคัญ 4 สายที่ไหลลงสู่ก้นอ่าวไทยตอนบน (คือแม่น้ำแม่กลอง ท่าจีน เจ้าพระยา และบางปะกงจากซ้ายไปขวาตามลำดับ) การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยสามารถกระทำได้ในช่วงเวลาสั้นๆ ไม่สามารถประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่งได้ตลอดทั้งปี ในทางวิศวกรรมจึงประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่งอย่างคร่าวๆ ด้วยสูตรเอมไพริกัลป์ซึ่งใช้ความสูงและทิศทางคลื่นเป็นตัวแปรตั้งต้น บริษัท SEATEC (พ.ศ. 2539) ได้คาดคะแนปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิทั้งปีที่ก้นอ่าวไทยไว้ที่ 79,000 ลบ.ม./ปี ซึ่งยังไม่มีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยันยันตัวเลขนี้

ในโครงการศึกษาประสิทธิภาพของแนวเขื่อนกันคลื่นซึ่งทำจากเสาสามเหลี่ยมที่บ้านขุนสมุทรจีนได้ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขของการไหลเวียนของน้ำพร้อมกับแบบจำลองทำนายคลื่นจากลมมาประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยตามแนวชายฝั่งในช่วงปี พ.ศ. 2549-2550 ผลการคำนวณพบว่าตะกอนเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันในทุกฤดูกาลถึงแม้ว่าลมจะเปลี่ยนทิศทางตามฤดูกาล เหตุผลสำคัญที่ตะกอนเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกันทุกช่วงฤดูคือทิศทางการไหลของน้ำสุทธิไหลไปในทิศตะวันตกตลอดทั้งปี ในการศึกษาครั้งนี้จึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลขด้วยข้อมูลกระแสน้ำ ตรวจสอบความถูกต้องของคลื่นทำนายก่อนที่จะประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่ง นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบผลการคำนวณกับข้อมูลการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนตามฤดูกาลอีกด้วย

ทฤษฎี-วิธีการ

การไหลเวียนของน้ำในอ่าวไทยตอนบนเกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงและลมเป็นหลัก เฉพาะบริเวณใกล้ปากแม่น้ำจึงจะได้รับอิทธิพลจากน้ำท่าด้วย เนื่องจากการตรวจวัดกระแสน้ำต้องใช้งบประมาณและแรงงานค่อนข้างสูง ในทางปฏิบัติจึงไม่มีการตรวจวัดกระแสน้ำโดยตรงอย่างต่อเนื่องในทะเล มีการตรวจวัดกระแสน้ำเป็นจุดๆ ในบริเวณที่จะทำการก่อสร้างท่าเทียบเรือหรือโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งซึ่งจะให้สภาพการไหลเวียนของน้ำในช่วงเวลาที่ตรวจวัดและใช้เป็นข้อมูลในการปรับแต่งแบบจำลองเชิงตัวเลขของการไหลเวียนของน้ำ

การประเมินความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำอย่างต่อเนื่องตามแนวชายฝั่งจำต้องอาศัยแบบจำลองเชิงตัวเลข ในที่นี้จะใช้แบบจำลองการไหลเวียนของน้ำแบบ 2 มิติในแนวราบ กระแสน้ำในแบบจำลองเกิดจากอิทธิพลของระดับน้ำขึ้นลง และลมมรสุม ค่ากระแสน้ำที่ได้เป็นกระแสน้ำเฉลี่ยตลอดความลึกน้ำ สมการที่ควบคุมคือสมการ

โมเมนตัมเป็นแบบไม่เสถียร (unsteady) คือความเร็วแปรตามเวลาและประกอบด้วยตัวแปรความเร่งจากการที่ความเร็วเปลี่ยนแปลงตามตำบลที่ (field acceleration terms) ผลจากแรงโคลิโอลิส (Coriolis effect) แรงดันจากระดับน้ำที่ต่างระดับน้ำ (pressure term) แรงเสียดทานจากท้องทะเล (friction term) และแรงเฉือนจากลม (wind stress) สมการโมเมนตัมในแนวแกน x และ y เมื่อใช้นิยามของ Blumberg (1977) และ Kjerfve *et al.*, (1988) ตามระบบพิกัดฉากมือขวา (right-handed Cartesian co-ordinate) จะเขียนได้ดังนี้

$$\frac{\partial uH}{\partial t} + \frac{\partial u^2 H}{\partial x} + \frac{\partial uvH}{\partial y} - fvH + gH\frac{\partial \eta}{\partial x} = \tau_x^w - ku(u^2 + v^2)^{1/2} \qquad 9.1$$

$$\frac{\partial vH}{\partial t} + \frac{\partial uvH}{\partial x} + \frac{\partial v^2 H}{\partial y} + fuH + gH\frac{\partial \eta}{\partial y} = \tau_y^w - kv(u^2 + v^2)^{1/2} \qquad 9.2$$

โดยที่ u คือ ความเร็วในแนวแกน x

v คือ ความเร็วในแนวแกน y

t คือ เวลา

H คือ ความลึกน้ำในขณะนั้น

f คือ Coriolis parameter ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงตามค่าละติจูด

g คือ แรงโน้มถ่วงโลก

k คือ bottom friction coefficient ซึ่งแปรผันโดยตรงกับค่า Manning's n ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์แสดงขนาดของแรงต้านทานการไหลของน้ำจากพื้นท้องน้ำและริมฝั่ง

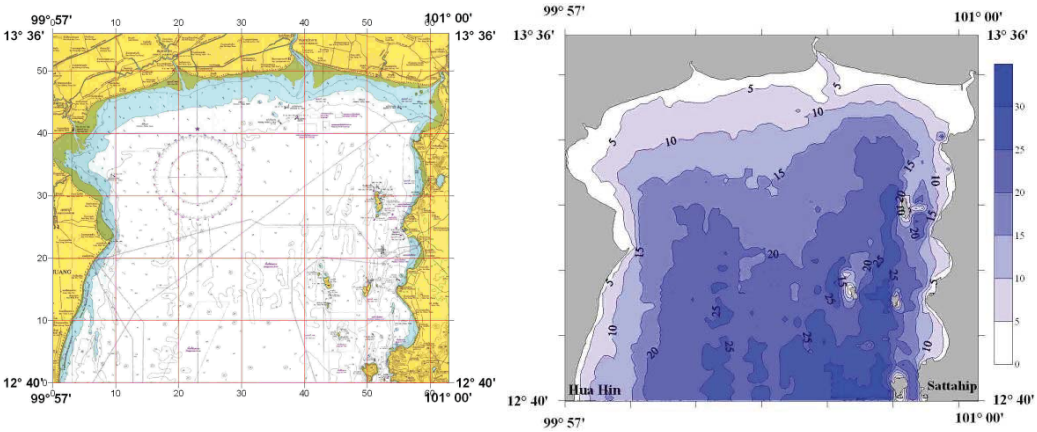
η คือ ค่าระดับผิวน้ำจากระดับน้ำปานกลาง

τ คือ แรงเฉือนที่เกิดจากลมที่ผิวหน้าน้ำ

สมการความต่อเนื่องใช้แทนสมการการสมดุลของมวลน้ำในกรณีเขตน้ำตื้นซึ่งความหนาแน่นของน้ำไม่เปลี่ยนแปลงตามแรงดันของมวลน้ำที่เพิ่มขึ้นตามความลึกของน้ำ สมการความต่อเนื่องเขียนได้ดังนี้

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial uH}{\partial x} + \frac{\partial vH}{\partial y} = 0 \qquad 9.3$$

การประยุกต์ใช้แบบจำลองการไหลเวียนของน้ำจะต้องใช้ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลงที่ขอบเขตเปิดของแบบจำลองจากสัตหีบถึงชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ และใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 5 สถานี (นำร่อง สัตหีบ แหลมฉบัง เพชรบุรี และชุมพร) ขับเคลื่อนการไหลเวียนของน้ำ พื้นที่ศึกษาของแบบจำลองครอบคลุมทั้งอ่าวไทยตอนบน ใช้กริดสี่เหลี่ยมที่มีจำนวนช่องกริด 63 x 56 ช่องกริดในแนวแกน x และ y ตามลำดับ ขนาดช่องกริดของ 1821x1849 เมตร พื้นที่โมเดลครอบคลุมพื้นที่น้ำประมาณ 9,134 ตารางกิโลเมตร (รูปที่ 9.1) ความลึกน้ำได้จากแผนที่ของกรมอุทกศาสตร์ หมายเลข 001 โมเดลมีขอบเขตเปิดที่เป็นน้ำ (open boundary) ทางด้านล่างซึ่งต่อกับอ่าวไทย



รูปที่ 9.1 พื้นที่ศึกษาและความลึกน้ำในอ่าวไทยตอนบน

แบบจำลองการไหลเวียนของน้ำถูกบังคับด้วยการขึ้นลงของระดับน้ำตามอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง จากการวิเคราะห์แบบฮาร์โมนิคของข้อมูลระดับน้ำทำนายที่สถานีสัตหีบซึ่งตั้งอยู่ทางขวามือของปากอ่าวไทยตอนบนและสถานีหัวหินซึ่งอยู่ทางซ้ายมือของปากอ่าวไทยตอนบนในเริ่มต้นตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2549 (ค.ศ. 2006) นำค่าเฉลี่ยของทั้งสองสถานีมาใช้เป็นค่าเริ่มต้นที่ขอบเขตเปิดด้านล่างของอ่าวไทยตอนบน องค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง (tidal constituents) ที่สำคัญรวม 8 ตัว คือ K_1, O_1, P_1, Q_1, M_2, N_2, S_2, และ K_2 (ดูตารางที่ 9.1) ชนิดของน้ำขึ้นน้ำลงเป็นแบบน้ำผสมที่มีน้ำเดี่ยวเด่น (ยอดน้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุด 1 คู่ภายใน 1 วันและจะมียอดน้ำขึ้นสูงกับยอดน้ำลงต่ำซึ่งค่าไม่แตกต่างกันมากอีก 1 คู่ภายในวันเดียวกัน) พิสัยน้ำเกิด(มีความแตกต่างของระดับน้ำขึ้นสูงสุดกับลงต่ำสุดมาก) ประมาณ 2 เมตรและพิสัยน้ำตาย(มีความแตกต่างของระดับน้ำขึ้นสูงสุดกับลงต่ำสุดไม่มาก) ต่ำกว่า 1 เมตร

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานท้องน้ำ (Manning's n) สำหรับท้องน้ำโดยทั่วไปเท่ากับ 0.025 แล้วเพิ่มมากขึ้นจนถึง 0.09 เพื่อทำให้แบบจำลองเกิดความเสถียรเมื่อคำนวณไปตามขั้นเวลา (time step) ที่ใช้ในการคำนวณกระแสน้ำเท่ากับ 36 วินาที ในการหารูปแบบการไหลเวียนของน้ำตามฤดูกาลจะต้องเฉลี่ยกระแสน้ำในแต่ละจุดตามฤดูกาลในที่นี้จะแบ่งเวลาใน 1 ปีเป็น 4 ฤดูดังนี้

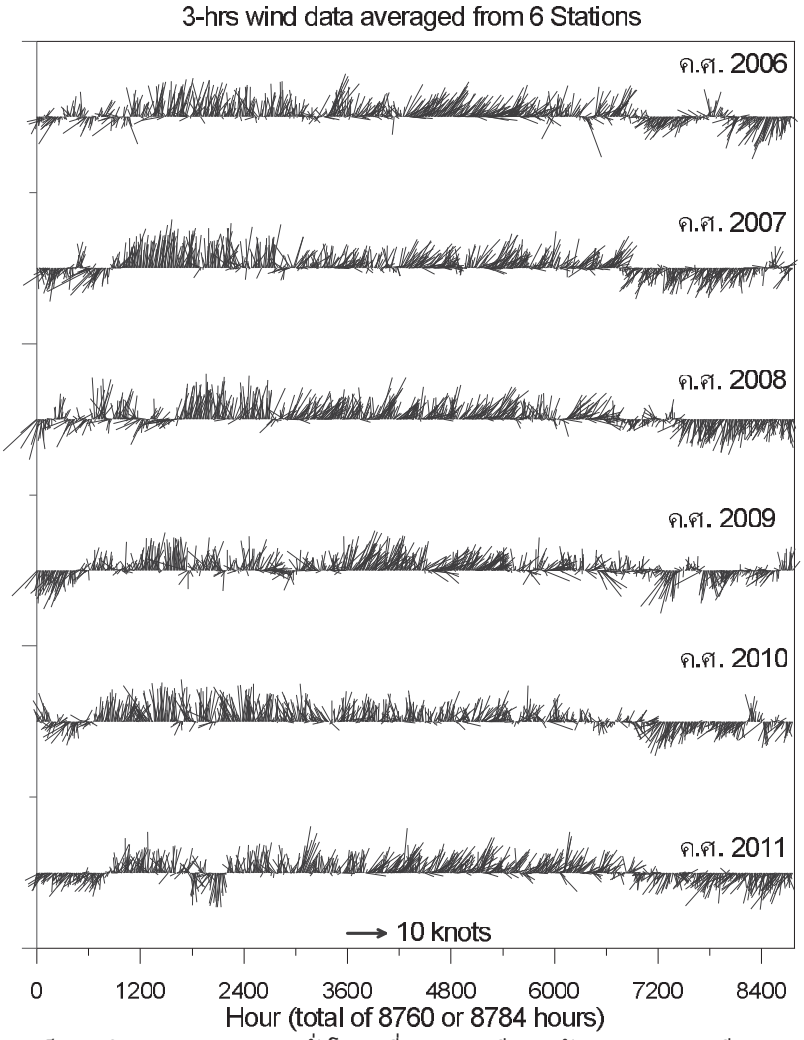
ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	ระหว่างเดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์
ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม ครั้งที่ 1	ระหว่างเดือนมีนาคม – เมษายน
ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้	ระหว่างเดือนพฤษภาคม – กันยายน
ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม ครั้งที่ 2	ระหว่างเดือนตุลาคม

ตารางที่ 9.1 ตัวอย่างข้อมูลน้ำแบบฮาร์โมนิคของสถานีวัดระดับน้ำสัตหีบและหัวหินสำหรับต้นปี พ.ศ. 2459 (ค.ศ. 2006) ค่ามาตราน้ำที่ใช้ในแบบจำลองเชิงตัวเลขเป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลจาก 2 สถานีนี้

องค์ประกอบน้ำ **สถานีหัวหิน**	แอมปลิจูด (เมตร)	เฟส (องศา)	โหนด แฟคเตอร์	(v_0+u) (องศา)
M_2	0.355	135.04	0.9637	328.962
N_2	0.053	101.75	0.9637	5.841
S_2	0.158	202.24	1.0000	349.927
O_1	0.396	119.36	1.1810	325.433
K_1	0.615	159.68	1.1118	3.982
K_2	0.071	182.45	1.3134	187.796
P_1	0.193	158.46	1.0000	344.738
Q_1	0.079	101.67	1.1810	2.348
องค์ประกอบน้ำ **สถานีสัตหีบ**	แอมปลิจูด (เมตร)	เฟส (องศา)		(v_0+u) (องศา)
M_2	0.283	121.48	0.9637	330.763
N_2	0.051	90.89	0.9637	7.678
S_2	0.125	179.96	1.0000	351.764
O_1	0.329	103.78	1.1810	326.352
K_1	0.531	164.19	1.1118	4.900
K_2	0.038	177.99	1.3134	189.633
P_1	0.175	158.17	1.0000	345.657
Q_1	0.062	86.89	1.1810	3.266

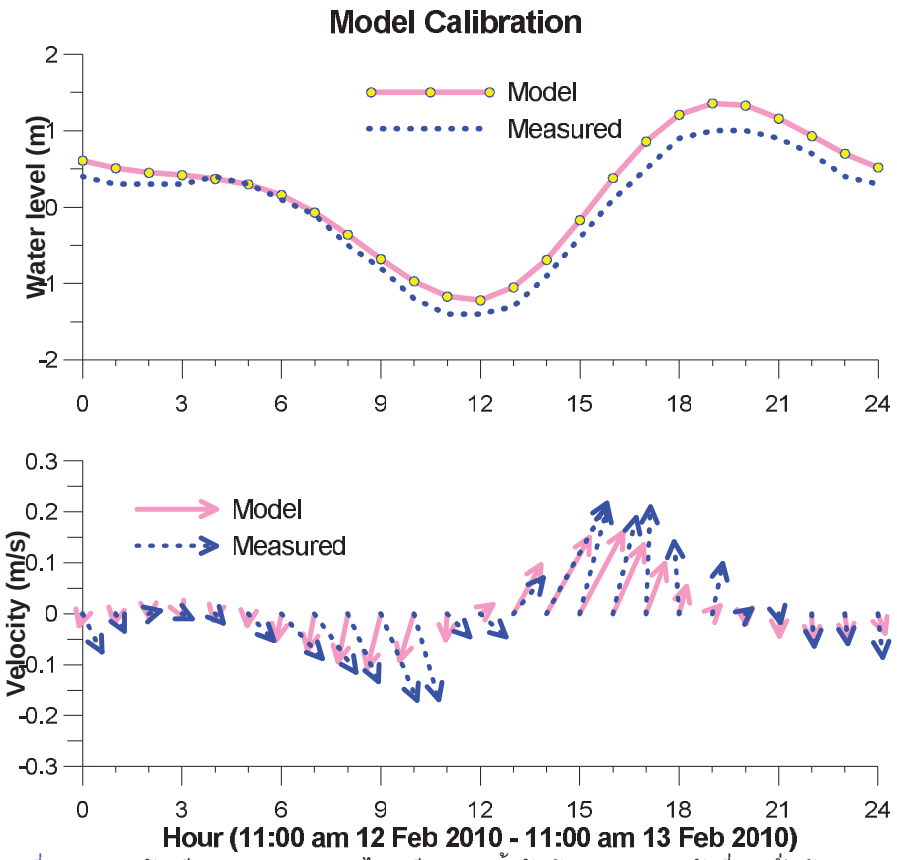
<u>การจำลองทิศทางและความเร็วกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบน</u>

ในเบื้องต้นได้จำลองการไหลเวียนของน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงสำหรับปี พ.ศ. 2549 – 2554 โดยใช้ข้อมูลลมตรวจวัดทุก 3 ชั่วโมงที่สถานีตรวจวัดอากาศรอบอ่าวไทยตอนบน 6 สถานี (รูปที่ 9.2) พบว่าลมเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าลมที่สถานีนำร่องกว่า 1 เท่าตัว ในแบบจำลองจึงต้องเพิ่มความเร็วเป็น 2 เท่าเพื่อให้เห็นอิทธิพลของลมต่อการไหลเวียนของน้ำสุทธิในอ่าวไทยตอนบนอย่างชัดเจน ค่าเฉลี่ยของลมในแต่ละปีมีค่าราว 4 นอต ถือว่าลมในอ่าวไทยตอนในไม่รุนแรงในทุกฤดูกาล ความเร็วและทิศทางลมเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ในช่วงเดือนมีนาคมถึงกันยายนซึ่งตรงกับช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมครั้งที่ 1 กับฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีลมพัดมาจากทิศใต้หรือตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลักและจะมีลมจากทิศเหนือแทรกเข้ามาเป็นครั้งคราว ในช่วงเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ซึ่งตรงกับช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมครั้งที่ 2 และฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะมีลมพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลักแต่ก็มีลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้หรือลมใต้แทรกเข้ามาเป็นช่วง ๆ ได้เช่นกัน

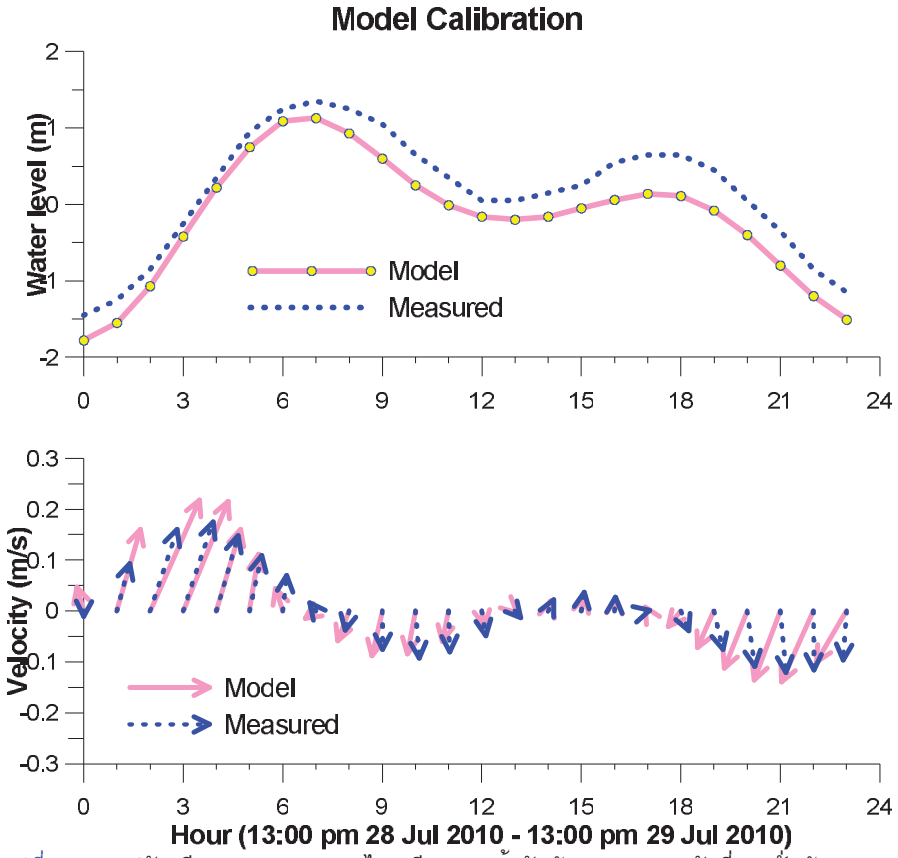


รูปที่ 9.2 ความเร็วและทิศทางของลมราย 3 ชั่วโมงเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดอากาศ 6 สถานีระหว่างปี พ.ศ. 2549-2554 (ค.ศ. 2006-2011)

ในการจำลองการไหลเวียนของน้ำในอ่าวไทยจะต้องมีการเปรียบเทียบผลการจำลองกระแสน้ำกับข้อมูลการตรวจวัดจริงจากการสำรวจตามโครงการนี้จำนวน 2 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 9.3 และ 9.4 ในรูปที่ 9.3 เป็นการเปรียบเทียบกับผลการสำรวจเมื่อวันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ 2553 พบว่าเมื่อใช้ค่าน้ำขึ้นน้ำลงเฉลี่ยทำให้ระดับน้ำของแบบจำลองเชิงตัวเลขมีเฟสตรงกับระดับน้ำทำนาย ความเร็วกระแสน้ำจากแบบจำลองจะต่ำกว่าข้อมูลตรวจวัดเล็กน้อย ความแตกต่างของทิศทางและความเร็วกระแสน้ำขึ้นกับความผันแปรขององค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงรวมทั้งการปรับความลึกน้ำในแบบจำลองเชิงตัวเลข สำหรับการปรับเทียบกับผลการสำรวจในวันที่ 28-29 กรกฎาคม 2553 ตามรูปที่ 9.4 ให้ผลเช่นเดียวกับการตรวจวัดในวันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ 2553 โดยสรุปแล้วแบบจำลองเชิงตัวเลขสามารถจำลองการไหลเวียนของน้ำได้ในอ่าวไทยตอนบนได้ หากจะให้เฟสของระดับน้ำที่ขอบเขตเปิดของแบบจำลองและความลึกน้ำรวมทั้งรูปร่างขอบฝั่งจะทำให้ผลจากแบบจำลองใกล้เคียงผลการตรวจวัดมากยิ่งขึ้น



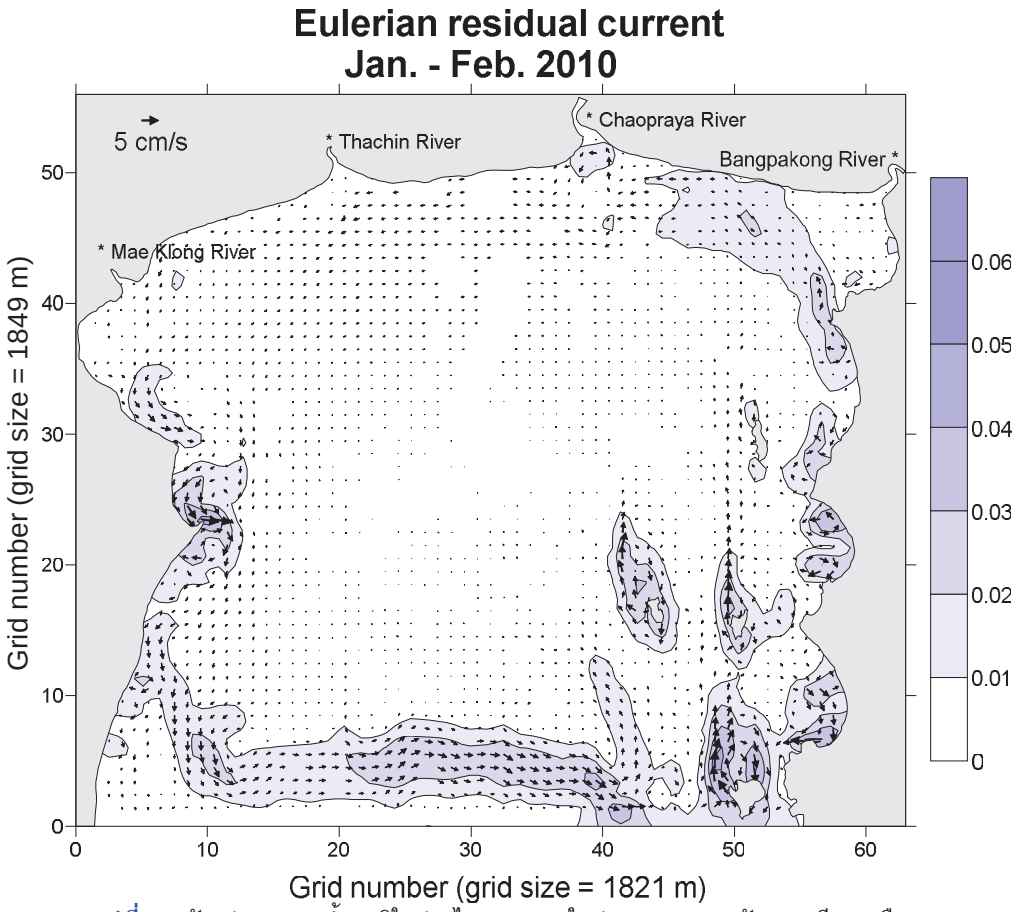
รูปที่ 9.3 การปรับเทียบแบบจำลองการไหลเวียนของน้ำกับข้อมูลการตรวจวัดที่ชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน เมื่อวันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553



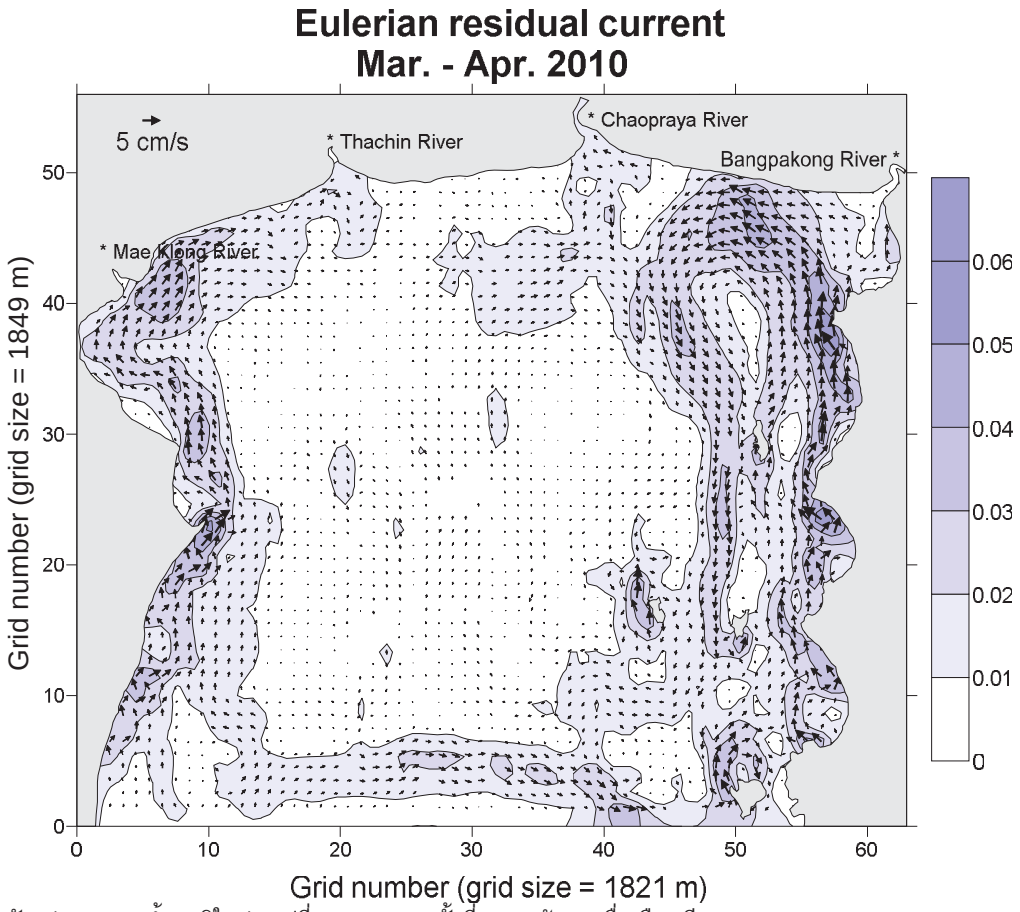
รูปที่ 9.4 การปรับเทียบแบบจำลองการไหลเวียนของน้ำกับข้อมูลการตรวจวัดที่ชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน เมื่อวันที่ 28-29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

สำหรับการศึกษาการไหลเวียนของน้ำเฉลี่ยตามฤดูกาลในปี พ.ศ. 2553 ปรากฏในรูปที่ 9.5-9.9 กระแสน้ำสุทธิในอ่าวไทยตอนในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมวลน้ำจะไหลไปทางทิศตะวันตกด้วยความเร็วเฉลี่ย 5 เซนติเมตรต่อวินาที (รูปที่ 9.5 และ 9.9) กระแสน้ำสุทธิช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคมจะแรงกว่าช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ซึ่งสัมพันธ์กับลมพัดแรงและค่อนข้างสม่ำเสมอช่วงปลายปีมากกว่าช่วงต้นปี มวลน้ำในอ่าวมีแนวโน้มที่จะไหลเวียนแบบทวนเข็มนาฬิกา ระดับน้ำกลางอ่าวไทยตอนบนจะต่ำกว่าบริเวณชายฝั่งราว 5 เซนติเมตร กระแสน้ำสุทธิทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนบนค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากมีเกาะกีดขวางทางไหลของน้ำทำให้เกิดร่องน้ำลึกด้านข้างเกาะต่างๆ ชายฝั่งเว้าแหว่งเป็นอ่าวหลายอ่าวต่อเนื่องกันไปทำให้เกิดกระแสน้ำหมุนวนที่ปากอ่าว กระแสน้ำที่ปากอ่าวไหลไปทางทิศตะวันออกซึ่งเกิดมีขอบเขตเปิดที่ปากอ่าว ในสภาพจริงกระแสน้ำจะไหลเลียบฝั่งลงไปทางใต้

รูปที่ 9.6 แสดงความเร็วกระแสน้ำสุทธิในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมซึ่งเป็นฤดูร้อนของประเทศไทยในเดือนมีนาคม – เมษายน พ.ศ. 2549 ลมเด่นเป็นลมจากทิศใต้และตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ กระแสลมดันน้ำไหลเลียบฝั่งทั้งสองด้านเข้าไปที่ก้นอ่าว ขนาดความเร็วกระแสน้ำสุทธิราว 5 เซนติเมตรต่อวินาที มวลน้ำจากฝั่งตะวันตกและตะวันออกไหลเลียบชายฝั่งก้นอ่าวไทยตอนบนมาปะทะกันบริเวณตรงกลางทำให้ความเร็วกระแสน้ำเป็นศูนย์ เกิดกระแสน้ำหมุนวนทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนบนเนื่องจากมีเกาะและร่องน้ำลึกสลับกันไป



รูปที่ 9.5 ตัวอย่างกระแสน้ำสุทธิในอ่าวไทยตอนบนในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553)

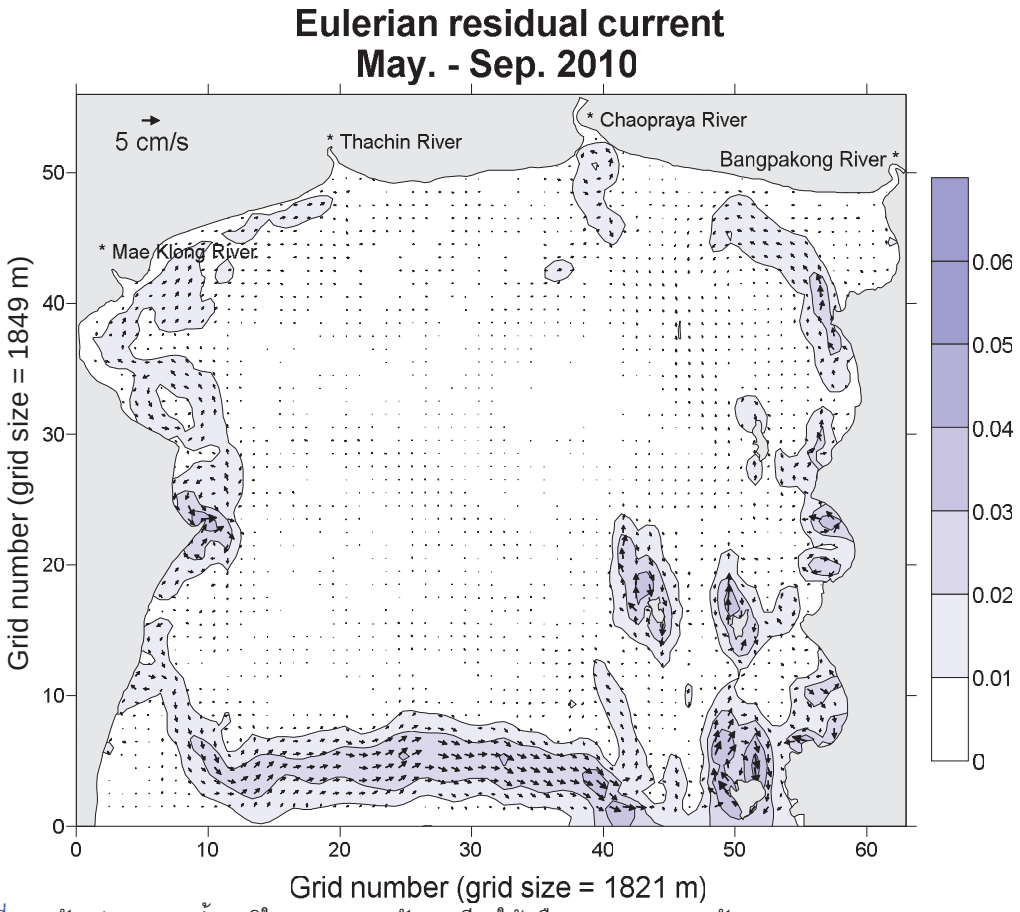


รูปที่ 9.6 ตัวอย่างกระแสน้ำสุทธิในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมครั้งที่ 1 (ฤดูร้อน) เมื่อเดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2553

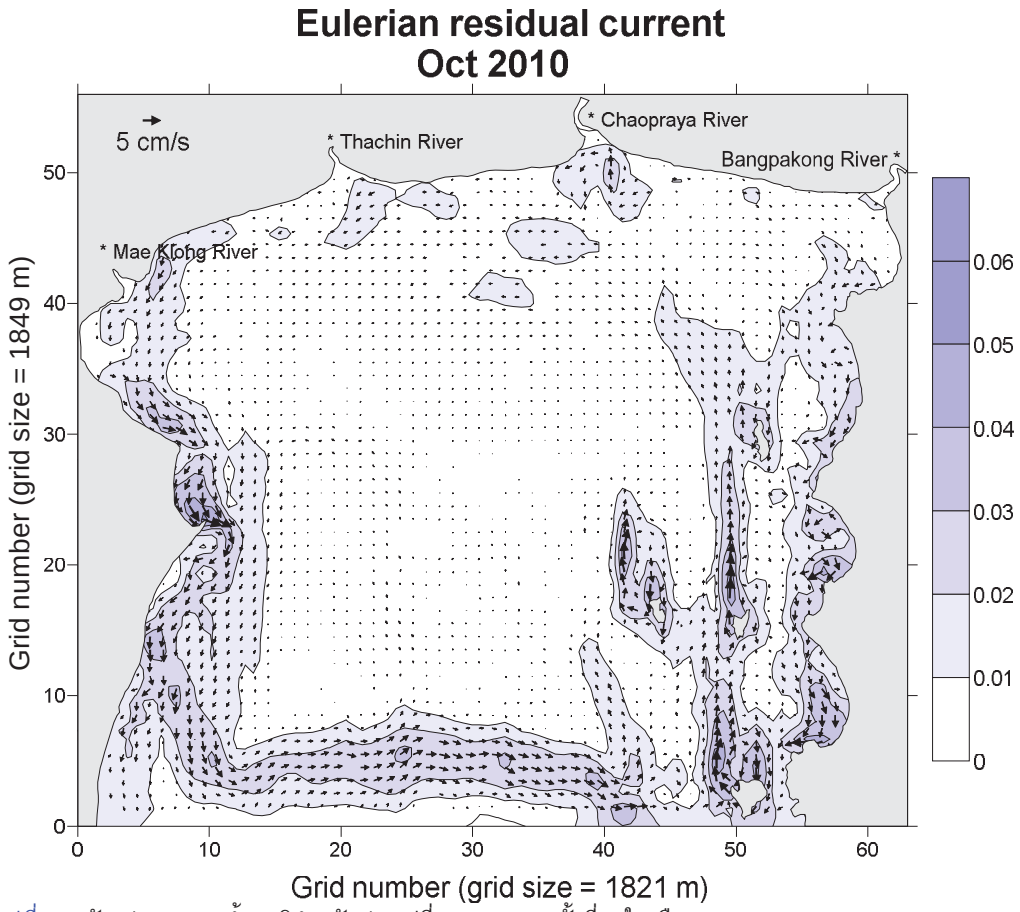
รูปที่ 9.7 แสดงตัวอย่างของกระแสน้ำสุทธิสำหรับฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในเดือนพฤษภาคม – กันยายน พ.ศ. 2553 รูปแบบการไหลของน้ำใกล้เคียงกับสภาพที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน 2553 เนื่องจากว่าลมพัดมาจากทิศใต้เช่นเดียวกันแต่ความเร็วลมต่ำกว่าจึงทำให้กระแสน้ำสุทธิต่ำไปด้วย สำหรับการไหลของน้ำในเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2554 ซึ่งลมพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลักจะพบว่าที่ก้นอ่าวน้ำไหลจากฝั่งตะวันตกไปฝั่งตะวันออกด้วยความเร็วสุทธิกว่า 5 เซนติเมตรต่อวินาที

รูปที่ 9.8 แสดงตัวอย่างกระแสน้ำสุทธิในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ซึ่งถือเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมครั้งที่ 2 เนื่องจากระยะเวลาค่อนข้างสั้นเพียงเดือนเดียวและทิศทางลมแปรปรวนจึงทำให้รูปแบบการไหลเวียนของน้ำในเดือนตุลาคมไม่ชัดเจน ความเร็วของกระแสน้ำสุทธิต่ำมากในระดับ 1-2 เซนติเมตรต่อวินาที

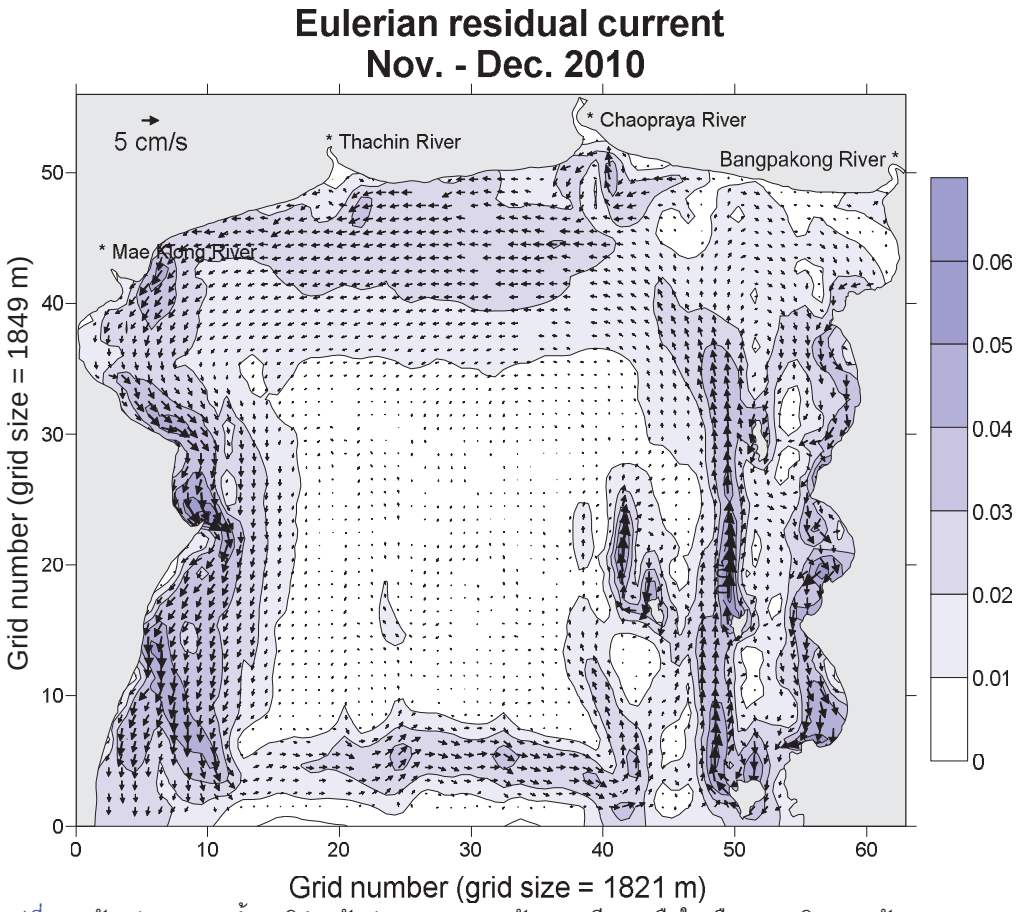
รูปที่ 9.10 แสดงกระแสน้ำสุทธิทั้งปี พ.ศ. 2553 ไม่พบการหมุนเวียนของน้ำรอบอ่าวไทยตอนบน เนื่องจากกระแสน้ำช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้หักล้างกับกระแสน้ำช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำต่ำใกล้ศูนย์ ยกเว้นกระแสน้ำใกล้เกาะ อ่าว หรือแหลมซึ่งเกิดกระแสน้ำหมุนวน สำหรับผลทั้งปีจาก พ.ศ. 2550-2553 ไม่พบการหมุนเวียนของกระแสน้ำรอบอ่าวไทยตอนบนเช่นกัน โดยสรุปแล้วกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงร่วมกับกระแสน้ำเนื่องจากลมทั้งปีไม่ก่อให้เกิดกระแสน้ำสุทธิ (residual current) ภายในอ่าวไทยซึ่งจะทำให้การแพร่กระจายของสารละลายหรือแขวนลอยบริเวณก้นอ่าวไหลออกสู่อ่าวไทยตอนล่างได้ช้า



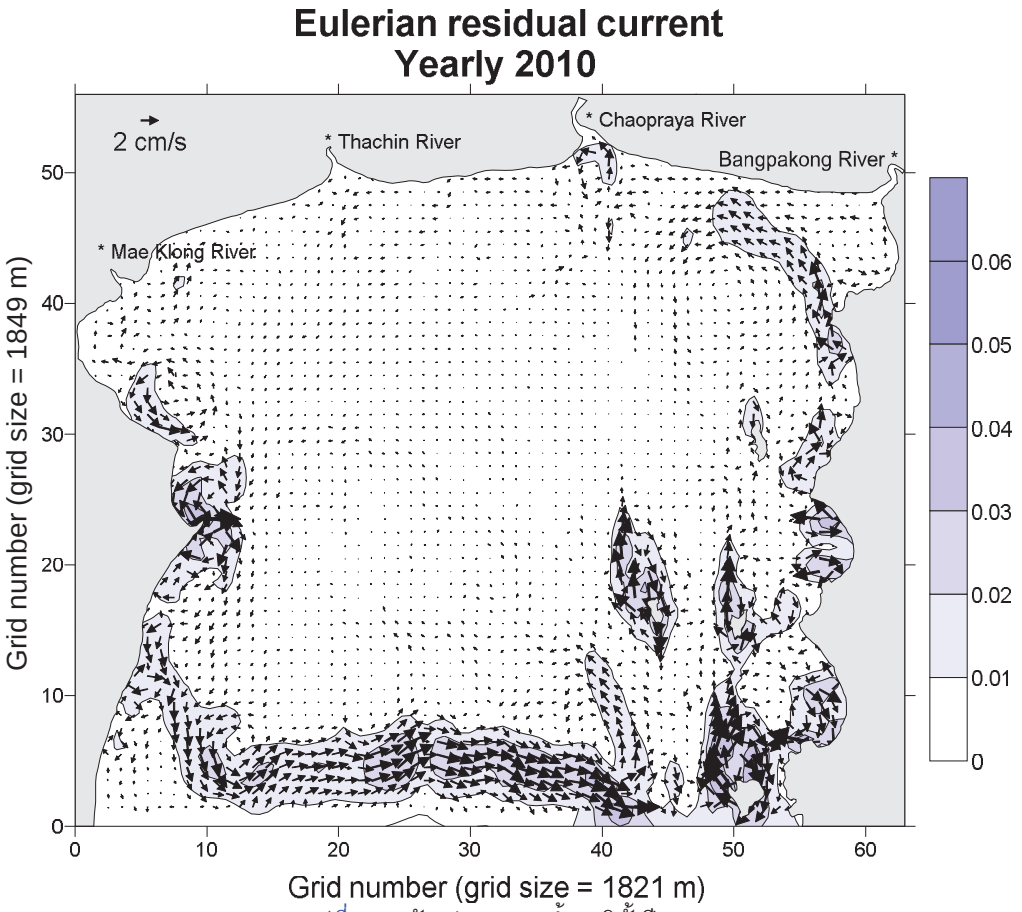
รูปที่ 9.7 ตัวอย่างกระแสน้ำสุทธิในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เดือนพฤษภาคม – กันยายน พ.ศ. 2553



รูปที่ 9.8 ตัวอย่างกระแสน้ำสุทธิสำหรับช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมครั้งที่ 2 ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553



รูปที่ 9.9 ตัวอย่างกระแสน้ำสุทธิสำหรับช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม พ.ศ. 2553



รูปที่ 9.10 ตัวอย่างกระแสน้ำสุทธิทั้งปี พ.ศ. 2553

ผลการศึกษาในครั้งนี้ให้ผลที่สอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ อาทิเช่น NEDECO (1965), Buranapratheprat et. al. (2006), Sojisuporn and Saramul (2007) และ สุทัศน์ วีสกุล (2550) พบการไหลเวียนของน้ำก้นอ่าวแบบทวนเข็มนาฬิกาในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และการไหลเวียนแบบตามเข็มนาฬิกาในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อใช้ลมตัวแทนแต่ละฤดูที่มีความเร็วและทิศทางคงที่ขับเคลื่อนการไหลเวียนของน้ำในอ่าวไทยตอนบน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ลมเฉลี่ยที่ตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดอากาศ 6 แห่งมาขับเคลื่อนการไหลเวียนของน้ำ โดยลมที่ตรวจวัดจริงมีความแปรปรวนทั้งทิศทางและความเร็วจึงทำให้ได้การไหลของน้ำที่มีความเร็วต่ำ ผลการศึกษาครั้งนี้ยืนยันรูปแบบการไหลสุทธิของน้ำบริเวณก้นอ่าวว่าหากลมพัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้จะทำให้น้ำไหลจากฝั่งตะวันตกไปฝั่งตะวันออก ลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือทำให้มวลน้ำไหลจากฝั่งตะวันออกไปทางทิศตะวันตก ลมจากทิศใต้ทำให้น้ำไหลเลียบฝั่งเข้าสู่ก้นอ่าว

<u>การจำลองทิศทางและความสูงคลื่นจากข้อมูลลม</u>

เมื่อจำลองข้อมูลกระแสน้ำเรียบร้อยแล้ว ต่อมาคำนวณความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากความสัมพันธ์กับข้อมูลลมเนื่องจากไม่มีข้อมูลคลื่นตรวจวัดในภาคสนามที่ยาวนานต่อเนื่อง ในเบื้องต้นใช้ข้อมูลลมที่สถานีนำร่องซึ่งตั้งอยู่ที่สันดอนนอกปากแม่น้ำเจ้าพระยาระหว่างปี พ.ศ. 2549-2553 ข้อมูลลมจากสถานีเป็นข้อมูลที่วัด 10 นาทีต้นชั่วโมงทุกๆ 3 ชั่วโมง (7.00 น., 10.00 น., 13.00 น., 16.00 น., และ 19.00 น.) แต่ไม่มีการตรวจวัดลมในเวลา 22.00 น., 01.00 น., และ 04.00 น. จึงจำเป็นจะต้องมีการประมาณค่าความเร็วลมในชั่วโมงที่ไม่ได้ทำการตรวจวัดโดยถ่ายโยงค่าแบบเชิงเส้นเฉพาะความเร็วลมเท่านั้น ส่วนทิศทางลมจะกำหนดตามค่าที่ตรวจวัดได้ในชั่วโมงใกล้เคียง

ข้อมูลลมจากกรมอุตุนิยมวิทยา มีหน่วยวัดเป็น "นอต" จึงต้องเปลี่ยนหน่วยจากนอตเป็นหน่วยเมตรต่อวินาที ดังสมการ 2.3.4 นอกจากนี้ยังต้องเปลี่ยนความเร็วลม ณ ระดับความสูงใด ๆ ให้เป็นความเร็วลม ณ ความสูง 10 เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางดังสมการ 9.5

$$V(m/s) = 0.514 \times knot \qquad 9.4$$

$$U(10) = U(z)\left(\frac{10}{z}\right)^{\frac{1}{7}} \qquad 9.5$$

ปกติข้อมูลลมเป็นข้อมูลที่มีการตรวจวัดจากสถานีบนแผ่นดินซึ่งเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่ามีความเร็วต่ำกว่าความเร็วลมในทะเล จึงต้องมีการคำนวณลมที่ผิวหน้าน้ำทะเลจากลมที่สถานีด้วย ดังสมการ 9.6 (Nielsen and Adamantidis, 2000 อ้างถึงใน CERC, 1984)

$$\frac{U_W}{U_L} = -0.317797\ln(U_L) + 1.88576 \qquad 9.6$$

เมื่อ U_W = ความเร็วลมเหนือผิวหน้าน้ำทะเล

U_L = ความเร็วลมเหนือแผ่นดิน

ข้อมูลลมที่สถานีนำร่องไม่จำเป็นต้องแปลงข้อมูลเพราะสถานีตรวจวัดตั้งอยู่ในทะเลและเครื่องวัดลมอยู่เหนือระดับน้ำทะเล 10 เมตรอยู่แล้ว แต่ตรวจวัดเพียง 10 นาทีจึงต้องให้เป็นข้อมูลในรอบ 60 นาทีตามสมการ 9.7

$$U_{hr} = \frac{U_{10}}{1.277 + 0.296 * \tanh\left(0.9 * \log\left(\frac{45}{60 * duration}\right)\right)} \qquad 9.7$$

เมื่อ U_{hr} = ความเร็วลมในรอบ 1 ชั่วโมง

U_{10} = ความเร็วลมที่ความสูง 10 เมตรจากระดับน้ำทะเล (= U_w)

Duration = ระยะเวลาในการตรวจวัดลม 10 นาที (หน่วยเป็นนาที)

ลมทำให้เกิดความเค้นเฉือนที่ผิวน้ำซึ่งจะผลักดันให้เกิดคลื่นในที่สุดตามสมการ 9.8

$$U_a = 0.71 * U_{hr}^{1.23} \qquad 9.8$$

เมื่อ U_a = ความเค้นเฉือนที่ผิวน้ำเนื่องจากลม

ต่อมาจะเป็นการคำนวณความสูงคลื่นนัยสำคัญ (H_s หรือ $H_{1/3}$) และคาบคลื่น (T_p) ตามสมการ 9.9 และ 2.3.10 ตามลำดับ (Nielsen และ Adamantidis (2000) อ้างถึง CERC (1984))

$$H_s = \frac{0.2433 \times U_a^2}{g} \qquad 9.9$$

$$T_p = \frac{8.134 * U_a}{g} \qquad 9.10$$

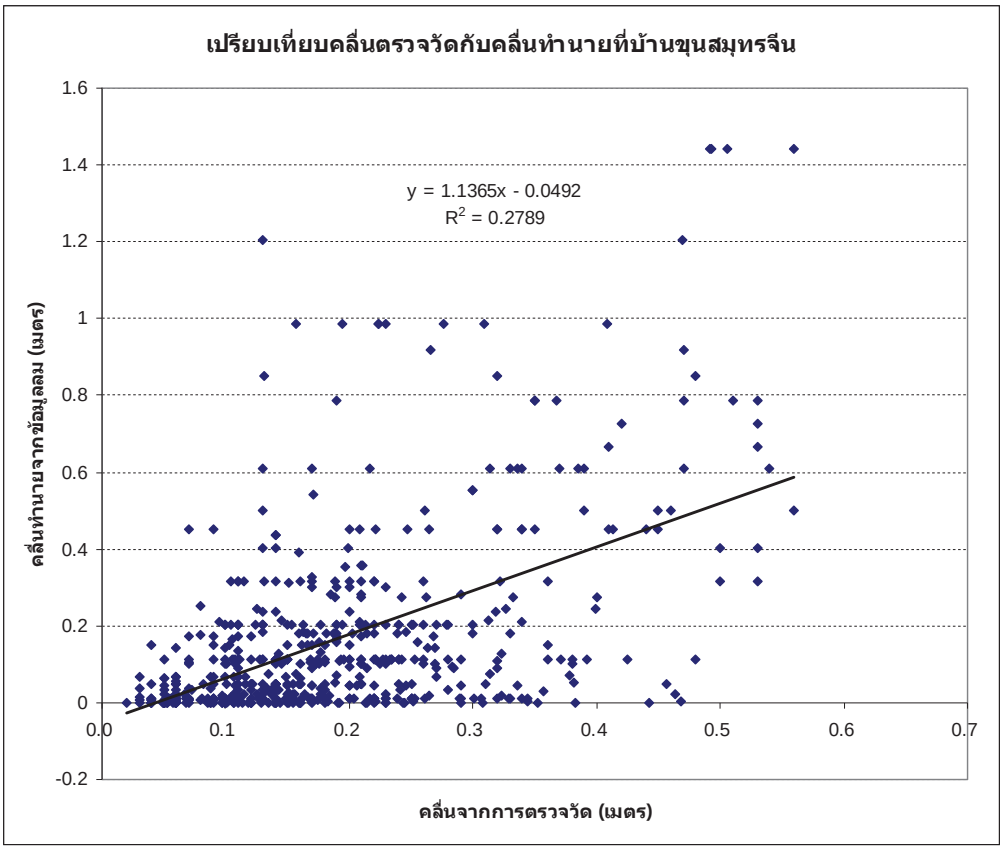
g = 9.81 m/s

ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นตามสมการข้างต้นเป็นค่าสำหรับคลื่นที่พัฒนาจนเต็มที่ในทะเล (fully arisen sea, FAS) ซึ่งไม่มีข้อจำกัดด้านความเร็วลม ระยะเวลาที่ลมพัด และระยะทางผิวหน้าน้ำที่ลมพัดผ่าน (fetch) สำหรับพื้นที่บ้านขุนสมุทรจีนจะมีข้อจำกัดเรื่องระยะทางผิวหน้าน้ำซึ่งจะทำให้คลื่นไม่สามารถพัฒนาได้เต็มที่ (ความสูงคลื่นนัยสำคัญต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้) จึงต้องคูณค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญตามสมการ 2.3.9 ด้วยแฟคเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะผิวหน้าน้ำโดยแบ่งทิศทางลมออกเป็น 16 ทิศดังนี้

ทิศ	แฟคเตอร์	ทิศ	แฟคเตอร์	ทิศ	แฟคเตอร์	ทิศ	แฟคเตอร์
N	0.0	E	0.6	S	0.9	W	0.6
NNE	0.1	ESE	0.7	SSW	0.9	WNW	0.5
NE	0.3	SE	0.8	SW	0.8	NW	0.3
ENE	0.5	SSE	0.9	WSW	0.7	NNW	0.1

เมื่อคำนวณความสูงคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูลลมที่สถานีนำร่องในปี พ.ศ. 2549 – 2553 แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลคลื่นจากการตรวจวัดเท่าที่มีแล้วปรากฏว่าได้ความสัมพันธ์ที่ไม่ค่อยดีด้วยเหตุผลอย่างน้อย 3 ประการคือ 1) ค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญที่คำนวณได้มีค่าเป็นศูนย์เพราะลมที่ตรวจวัดมีค่าเป็นศูนย์ในขณะที่คลื่นจากการตรวจวัดมีค่าไม่เป็นศูนย์ 2) ข้อมูลลมเป็นค่าสูงสุดที่ตรวจวัดได้ในรอบ 10 นาทีทำให้คำนวณความสูงคลื่นนัยสำคัญได้เกินความเป็นจริงไปในบางโอกาส 3) คลื่นจากทะเล (swell) สามารถเคลื่อนเข้ามาในพื้นที่ได้โดยไม่จำเป็นต้องเกิดลมในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นข้อมูลลมจากสถานีนำร่องเพียงแห่งเดียวจึงไม่เพียงพอที่จะเป็นตัวแหล่งกำเนิดคลื่นในพื้นที่ศึกษาได้ จึงแก้ไขโดยการใช้ข้อมูลลมเฉลี่ยรอบอ่าวไทยตอนบนหรือบางส่วนของอ่าวไทยตอนล่างจำนวน 6 สถานีมาเป็นตัวแทนลมที่ทำให้เกิดคลื่นในอ่าวไทยตอนบน สถานีตรวจวัดได้แก่ สถานีนำร่อง สถานีแหลมฉบัง สถานีสัตหีบ สถานีเพชรบุรี สถานีหัวหิน และสถานีชุมพร

รูปที่ 9.11 แสดงผลการเปรียบเทียบความสูงคลื่นนัยสำคัญจากการคำนวณด้วยข้อมูลลม (แกนนอน) กับข้อมูลคลื่นที่ตรวจวัดจริง (แนวตั้ง) ในปี พ.ศ. 2549, 2550, 2552, 2553 และ 2554 รวม 572 ตัวอย่าง จะเห็นแนวโน้มความสำพันธ์แบบเชิงเส้น แต่ยังมีความผิดพลาดในส่วนที่คำนวณความสูงคลื่นนัยสำคัญได้สูงเกิดกว่าค่าตรวจวัดซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากข้อมูลลมที่บันทึกเป็นค่าสูงสุดไม่ใช่ค่าเฉลี่ยในรอบ 3 ชั่วโมง



รูปที่ 9.11 เปรียบเทียบความสูงคลื่นนัยสำคัญจากการคำนวณด้วยข้อมูลลม (แกนตั้ง) กับข้อมูลคลื่นที่ตรวจวัดจริง (แกนนอน ในปี พ.ศ. 2549, 2550, 2552, 2553 และ 2554 (รวม 572 ตัวอย่าง)

<u>การจำลองอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่ง</u>

เมื่อได้ข้อมูลกระแสน้ำ คลื่น และขนาดอนุภาคตะกอนแล้วลำดับต่อไปเป็นการคำนวณอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่งโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขอีกชุดหนึ่งซึ่งพัฒนาโดย Nielsen (ค.ศ. 2000) แบบจำลองนี้ใช้สำหรับอนุภาคทรายแต่เรานำมาใช้กับอนุภาคทรายแป้งซึ่งเป็นตะกอนหลักที่บ้านขุนสมุทรจีน ตามทฤษฎีการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งอาจเกิดจากกระแสน้ำอย่างเดียว หรืออิทธิพลของคลื่น หรือทั้งคลื่นและกระแสน้ำรวมกันซึ่งเมื่อตะกอนเคลื่อนที่แล้วอาจแบ่งการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เคลื่อนที่บริเวณพื้นท้องน้ำ (bed-load หรือ surface creep) และส่วนที่แขวนลอยในน้ำ (suspended load) กระแสน้ำ ภายใต้เงื่อนไขที่ว่ากระแสน้ำไหลแบบ steady uniform flow (ความเร็วไม่ขึ้นกับเวลาและระยะทางที่เปลี่ยนไป) สามารถเขียนสมการของความเสียดทานที่พื้น ($\tau_{b,c}$) ได้ดังสมการ (9.11)

$$\tau_{b,c} = \frac{\rho g u^2}{C^2} = \frac{\rho u^2 f_c}{8} \qquad 9.11$$

เมื่อ u = ความเร็วเฉลี่ยตามความลึก

C = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน Chezy ($C^2 = \frac{8g}{f_c}$)

f_c = ตัวคูณความเสียดทาน สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่พื้นขุรขระ (rough turbulent flow)

= $0.24\ln^{-2}\left(\frac{12h}{k_{s,c}}\right)$ สำหรับ $C = 18\ln\left(\frac{12h}{k_{s,c}}\right)$

h = ความลึกน้ำ

$k_{s,c}$ = ความขุรขระที่พื้น (effective bed roughness)

$k_{s,c}$ ภายใต้อิทธิพลของกระแสน้ำแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ความขุรขระเนื่องจากตะกอน ($k'_{s,c}$) ความขุรขระเนื่องรูปร่างของตะกอน ($k''_{s,c}$) อันเป็นผลมาจากลักษณะของท้องน้ำ ซึ่งแปรผันไปตามความลึกและความเร็วกระแสน้ำ และคุณสมบัติของตะกอนและน้ำ ดังนั้น $k_{s,c}$ สามารถหาได้จากสมการ (9.12

$$k_{s,c} = k'_{s,c} + k''_{s,c} \qquad 9.12$$

เมื่อ $k'_{s,c}$ = $3d_{90}$

$k''_{s,c}$ = $3\times$ ripple height+$0.6\times$ dune height

โดยปกติขนาดความยาวของ ripple ของทรายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.5 เมตร และแอมพลิจูดถึงขนาด 30 มิลลิเมตร สำหรับบริเวณที่ค่า Reynolds numbers มีค่าต่ำ ขนาดของ ripple จะเป็นฟังก์ชันของขนาดของตะกอนซึ่งมีขนาดประมาณ 1,000 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางตะกอน (600 ถึง 2,000 เท่า) และความเอียงของ ripple ประมาณ 0.15 (0.06 ถึง 0.20) (Nielsen, 2000 อ้างถึงใน Raudkivi, 1990) ดังนั้นสำหรับทรายที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 มิลลิเมตร ความยาวของ ripple อาจมีค่าตั้ง 0.2 ถึง 0.6 เมตร และมีความสูงจนถึงประมาณ 40 มิลลิเมตร

ขนาดของสันทรายใต้น้ำมีค่าความสูง 0.3 เมตร และกว้างถึง 6 เมตร (สำหรับแม่น้ำสายเล็ก) จนถึงขนาดความสูงประมาณ 12 เมตรและความยาวประมาณ 100 เมตร (สำหรับแม่น้ำสายใหญ่) (Nielsen, 2000 อ้างถึงใน Simon และ Richardson, 1961)

ความเสียดทานที่พื้นเนื่องจากอิทธิพลของคลื่น ($\tau_{b,w}$) ได้ดังสมการ (9.13)

$$\tau_{b,w} = \frac{\rho U_\delta^2 f_w}{4} \qquad 9.13$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นน้ำ

U_δ = ค่าสูงสุดของ orbital velocity ที่บริเวณผิวพื้นท้องน้ำ

f_w = ตัวคูณความเสียดทาน สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่พื้นขุรขระ (rough turbulent flow)

= $\exp\left[-6 + 5.2\left(\frac{A_\delta}{k_{s,w}}\right)^{-0.19}\right]$ และ $f_{w,\max} = 0.3$

สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่พื้นเรียบ (smooth turbulent flow) f_w มีสมการ (9.14)

$$f_w = 0.09\left(\frac{U_\delta A_\delta}{\nu}\right)^{-0.2} \qquad 9.14$$

เมื่อ A_δ = ค่าสูงสุดของ wave orbital ที่บริเวณผิวพื้นท้องน้ำ

$k_{s,w}$ = ค่าความขรุขระที่พื้นผิว (effective bed roughness) อันเนื่องจากอิทธิพลของคลื่น

ภายใต้สมมติฐานที่ว่าคลื่นที่สูงจะส่งผลต่อกระบวนการการเคลื่อนตัวของตะกอน ดังนั้นความสูงคลื่นนัยสำคัญ (H_s) และคาบ (T_p) เป็นตัวแปรที่นำมาใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากคลื่น $k_{s,c}$ ภายใต้อิทธิพลของคลื่นแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ความขุรขระเนื่องจากตะกอน ($k'_{s,c}$) ความขรุขระเนื่องรูปร่างของตะกอน ($k''_{s,c}$) อันเป็นผลมาจากลักษณะของท้องน้ำ ซึ่งแปรผันไปตามความลึกและความเร็วกระแสน้ำ และคุณสมบัติของตะกอนและน้ำ ดังนั้น $k_{s,w}$ สามารถหาได้จากสมการ (9.15)

$$k_{s,w} = k'_{s,w} + k''_{s,w} \qquad 9.15$$

เมื่อ $k'_{s,w}$ = $3d_{90}$

$k''_{s,w}$ = $3 \times$ ripple height

Nielsen (2000) อ้างถึงใน Nielsen (1981) กล่าวถึง ค่าความสูงของ ripple (Δr) ในความเป็นจริงจะขึ้นกับค่า ψ สำหรับ $\psi < 12$, Δr จะมีค่าดังสมการ (9.16)

$$\Delta r = (0.275 - 0.022\psi^{0.5})A_\delta \qquad 9.16$$

สำหรับ $\psi > 12, \Delta r$ จะมีค่าดังสมการ (9.17)

$$\Delta r = 21\psi^{-1.85}A_\delta \qquad 9.17$$

เมื่อ ψ = sediment mobility parameter

$$= \frac{U_\delta^2}{(S-1)gd_{50}}$$

$$S = \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

การเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำเป็นเรื่องที่มีความสลับซับซ้อน จากการศึกษาโดยวิธีวิเคราะห์และห้องปฏิบัติการ ทำให้เข้าใจว่าการทำให้น้ำไหลแรงขึ้นเนื่องจากการกระทำของคลื่นสามารถอธิบายได้จาก apparent roughness (k_a) ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า physical roughness (k_s) คลื่นจะทำให้ค่า bed-shear stress มากขึ้นซึ่งส่งผลต่ออัตราการไหล Nielsen (2000) อ้างถึงใน Van Rijn (1989) กล่าวถึงค่าวิเคราะห์ดังกล่าวออกเป็นสมการ (9.18) และ (9.19)

$$\frac{k_{a,c}}{k_{s,c}} = e^{\left(\frac{\gamma \overline{U}_\delta}{\overline{v}_r}\right)} \qquad 9.18$$

$$\frac{k_{a,c}}{k_{s,c}}(\max) = 10 \text{ สำหรับ } \frac{\overline{U}_\delta}{\overline{v}_r} = 3 \qquad 9.19$$

เมื่อ $\overline{U}_\delta$ = ความเร็วสูงสุดของเวกเตอร์ความเร็วคลื่นใกล้ท้องน้ำ

$\overline{v}_r$ = เวกเตอร์ความเร็วเฉลี่ยตามความลึก

γ = มีค่าตั้งแต่ 0.75 สำหรับคลื่นสวน ถึง 1.1 สำหรับคลื่นตาม

กระแสน้ำที่สัมพันธ์กับ shear stress ($\tau_{b,c}$) หาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ Chezy ซึ่งขึ้นกับ $k_{a,c}$ มากกว่า $k_{s,c}$ (สมการที่ 9.3) ค่า time-averaged bed-shear stress สำหรับการรวมกันของคลื่นและกระแสน้ำสามารถหาได้จากการรวมกันของเวกเตอร์ shear stress เนื่องจากกระแสน้ำและคลื่น ดังสมการ 9.20

$$\overline{\tau}_{b,cw} = \overline{\tau}_{b,c} + \overline{\tau}_{b,w} \qquad 9.20$$

สำหรับลักษณะของตะกอนและค่า critical shear stress สำหรับการเคลื่อนตัวนั้น ตะกอนจะเริ่มเคลื่อนที่เมื่อค่า shear stress ถึงจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งเริ่มต้นจากการที่ตะกอนบนผิวพื้นเริ่มขยับ ถัดจากนั้นก็จะเริ่มเกิดการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง ซึ่งอาจอยู่ในลักษณะที่เรียกว่า bed load และ suspended load ค่า shear stress ที่สัมพันธ์สำหรับการเคลื่อนที่ของตะกอนจะขึ้นกับ ลักษณะของตะกอนซึ่งเกี่ยวพันกับความขรุขระของลักษณะพื้นท้องทะเล สำหรับทรายสามารถพิจารณาได้จากขนาดของอนุภาค การจัดเรียงตัว และ fall velocity ของตะกอน

ความสัมพันธ์ระหว่าง fall velocity และ ขนาดของทราย ถูกพัฒนาโดย van Rijn (1989) (Nielsen, 2000) ดังสมการต่อไปนี้

$$w_s = \frac{10\nu\left(\frac{\sqrt{1+0.01(s-1)gd^3}}{\nu^2} - 1\right)}{d*} \qquad 9.21$$

$$\nu = \left[1.14 - 0.031(T_e - 15) + 0.00068(T_e - 15)^2\right] \times 10^{-6} \qquad 9.22$$

เมื่อ w_s = fall velocity สำหรับตะกอนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง d^*

ν = kinetic viscosity สำหรับน้ำ

T_e = อุณหภูมิ ($^\circ$C)

$d*$ = ขนาดของตะกอนที่สัมพันธ์กับ fall velocity

จุดวิกฤตที่ทำให้ตะกอนทรายเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลของ steady flow จะพิจารณาจาก Shields criteria (1936) (Nielsen, 2000) สำหรับทรายบริเวณเอสทูรี่ (d50 = 0.2 mm) สำหรับกระแสน้ำที่วัดเหนือพื้นท้องทะเล 1 เมตร ความแรงที่จะทำให้ตะกอนทรายเกิดการเคลื่อนตัวได้ (ไม่มีอิทธิพลจากคลื่น) คือค่าประมาณ 0.2 เมตรต่อวินาที

ส่วนจุดวิกฤตที่ทำให้ตะกอนทรายเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลของคลื่น Nielsen (2000) อ้างถึงใน van Rijn (1989) กล่าวว่าในการสำหรับพื้นที่เรียบ Shields curve สามารถนำมาใช้เป็นตัววิเคราะห์จุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ของตะกอนอันเนื่องจากอิทธิพลของคลื่น ซึ่ง van Rijn เองยังแนะนำว่าตัวคูณความเสียดทานเนื่องจากคลื่นอาจมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 0.3

สำหรับอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนทรายสุทธิภายใต้อิทธิพลของกระแสน้ำและคลื่นสามารถแบ่งออกเป็น การเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากกระแสน้ำและเนื่องจากคลื่น กลไกการการเคลื่อนตัวของมวลทรายคือการฟุ้งของตะกอนเนื่องจากคลื่นที่กวนหน้าดินและโดยขนส่งไปโดยกระแสน้ำ อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจาก current-related bed-load สามารถคำนวณได้จากสมการ (9.23)

$$q_{b,c} = \frac{0.25 u'_{*,c} d_{50} T^{1.5}}{D_*^{0.3}} \qquad 9.23$$

เมื่อ $q_{b,c}$ = the time-averaged bed-load transport

$u'_{*,c}$ = the grain-related bed-shear velocity

d_{50} = the median particle diameter of bed material

T = the dimensionless bed-shear stress parameter เนื่องจากกระแสน้ำและคลื่น

= สัดส่วนของ excess bed shear stress ต่อ critical bed shear stress สำหรับการเคลื่อนที่

D_* = the dimensionless particle size parameter

= $\sqrt[3]{\frac{(s-1)}{\upsilon^2}} d_{50}$

ค่าการเคลื่อนของตะกอนเนื่องจาก current-related suspended load คำนวณได้จากการอินทิเกรตตลอดความลึกน้ำคูณด้วยความเร็วและความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยดังสมการ (22)

$$q_{s,c} = \int_a^h v_R c dz \qquad 9.24$$

เมื่อ $q_{s,c}$ = the time-averaged suspended load transport

v_R = ความเร็วที่ความสูง z เหนือพื้นท้องน้ำ (ในทิศทางของเวกเตอร์กระแสน้ำ)

c = ความเข้มข้นของตะกอนที่ความสูง z เหนือพื้นท้องน้ำ

a = จุดอ้างอิง

h = ความลึกน้ำ

อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากคลื่นในทิศทางของ shear stress ที่มีค่ามากที่สุดเขียนได้ดังสมการ (23)

$$q'_w = \alpha \hat{U}_{\delta,\max} \delta_{w,\max} (c_{a,\max} - c_a) - \alpha \hat{U}_{\delta,\min} \delta_{w,\min} (c_a - c_{a,\min}) \qquad 9.25$$

เมื่อ $q_w^{'}$ = the time-averaged bed concentration

$c_{a,\max}$ = the maximum bed concentration

$c_{a,\min}$ = the minimum bed concentration

$\hat{U}_{\delta,\max}$, $\hat{U}_{\delta,\min}$ = the maximum and minimum peak orbital velocities near bed according to Stoke's theory

$\delta_{w,\max}$, $\delta_{w,\min}$ = the wave boundary layer thickness based on $\hat{U}_{\delta,\max}$ and $\hat{U}_{\delta,\min}$

α = 0.3

ค่าอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนเฉลี่ยตามเวลาสุทธิ ($q_t^{'}$) เนื่องจากอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำ คำนวณได้โดยการหาผลรวมของเวกเตอร์ดังสมการ (24)

$$q_t^{'} = \sqrt{q_c^{'2} + q_w^{'2} + 2\left|q_c^{'}\right|\left|q_w^{'}\right|}\cos\phi \qquad 9.26$$

เมื่อ $q_c^{'}$ = the total current-related transport rate

= $q_{b,c}^{'} + q_{s,c}^{'}$

$q_{b,c}^{'}$ = the current-related bed-load transport rate

$q_{s,c}^{'}$ = the current-related suspended load transport rate

$q_w^{'}$ = the net wave-related sediment transport rate ในทิศทางของ shear stress ที่มีค่ามากที่สุด

ϕ = มุมระหว่างทิศของกระแสน้ำและทิศของการเคลื่อนที่คลื่น

การคำนวณปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง จะใช้ข้อมูลความสูงคลื่นนัยสำคัญ คาบคลื่น ทิศทาง และ/หรือ กระแสน้ำเป็นข้อมูลนำเข้า กระบวนการการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น อ้างจากหนังสือ Handbook Sediment Transport by Current and Waves โดย Leo C. van Rijn (Nielsen, 2000) การประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งจะต้องกำหนดจุดหรือบริเวณชายฝั่งที่จะคำนวณซึ่งในที่นี้คือบ้านขุนสมุทรจีน จ.สมุทรปราการ โดยประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2554 (ค.ศ. 2006 - 2012)

นอกจากข้อมูลกระแสน้ำและคลื่นแล้วต้องกำหนดขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำด้วย อนุภาคตะกอนในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยทรายแป้งเป็นหลัก มีอนุภาคดินเหนียวและทรายอีกเล็กน้อย จากการวิเคราะห์ตะกอนท้องน้ำที่บ้านขุนสมุทรจีนพบว่าขนาดอนุภาคตะกอนที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 50 เท่ากับ 20 ไมครอนซึ่งเป็นทรายแป้ง และเปอร์เซ็นต์ไทล์ 90 เท่ากับ 64 ไมครอนซึ่งเป็นทรายแป้งหยาบ เราจึงใช้ค่านี้เป็นตัวแทนขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำ

ตารางที่ 9.2 ปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนรวมและการเคลื่อนตัวสุทธิเป็นรายปีและตามฤดูกาลพร้อมทั้งทิศทางการเคลื่อนตัวบริเวณชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีน ระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2554

บ้านขุนสมุทรจีน	ฤดูกาล	ตะกอนรวม (ตัน/ม.)	ตะกอนสุทธิ (ตัน/ม.)	ทิศทางของตะกอนสุทธิ (องศา)
2549	รวมทั้งปี	35.48	21.84	76
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	17.08	13.41	81
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 1	2.21	0.18	182
	ตะวันตกเฉียงใต้	6.78	3.30	46
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 2	1.36	0.96	88
2550	รวมทั้งปี	36.93	13.62	68
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	10.94	8.24	75
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 1	6.45	4.96	30
	ตะวันตกเฉียงใต้	16.87	4.29	59
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 2	1.20	0.70	96
2551	รวมทั้งปี	41.40	24.79	66
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	17.84	14.71	79
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 1	3.14	0.06	106
	ตะวันตกเฉียงใต้	14.29	6.94	57
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 2	0.01	0.00	251
2552	รวมทั้งปี	27.01	14.51	81
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	20.30	12.40	82
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 1	2.20	0.19	240
	ตะวันตกเฉียงใต้	4.27	0.95	56
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 2	0.01	0.00	181
2553	รวมทั้งปี	21.90	5.23	48
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	5.95	3.90	60
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 1	3.88	1.00	245
	ตะวันตกเฉียงใต้	10.86	2.54	33
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 2	0.17	0.09	273
2554	รวมทั้งปี	26.60	16.70	83
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	21.66	15.78	84
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 1	2.19	0.24	53
	ตะวันตกเฉียงใต้	1.95	0.59	56
	เปลี่ยนมรสุม ครั้งที่ 2	0.21	0.09	100

ตารางที่ 9.2 แสดงผลการคำนวณปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนจากตะกอนท้องน้ำที่ฟุ้งกระจายขึ้นมาเป็นรายปีและตามฤดูกาลสำหรับช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2554 เมื่อกำหนดให้ความลึกน้ำเท่ากับ 2.5 เมตร (จากระดับน้ำน้ำทะเลปานกลาง) หน่วยของปริมาณตะกอนคือตันต่อระยะหน้าตัด 1 เมตรโดยหน้าตัดนี้ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอน ปริมาณตะกอนรวม/ตะกอนสุทธิในแต่ละปีไม่แตกต่างกันมากโดยปริมาณตะกอนรวมอยู่ในช่วง 21.90 – 41.40 ตัน/เมตร/ปี และตะกอนสุทธิอยู่ในช่วง 5.23 – 24.79 ตัน/เมตร/ปี ทิศทางสุทธิไปทางทิศตะวันออก (48 – 83 องศา) หากกำหนดให้ระยะหน้าตัดที่เกิดการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำประมาณ 5 กิโลเมตร ซึ่งเป็นบริเวณที่มีน้ำขุ่นจากการฟุ้งกระจายของตะกอนท้องน้ำและตะกอนท้องน้ำมีความหนาแน่น 2,600 ตันต่อลูกบาศก์เมตรจะได้ปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิต่อปีเฉลี่ย 30,000 ลบ.ม./ปี น้อยกว่าผลการศึกษาของ SEATEC (1996) เกือบเท่าตัว (79,000 ลบ.ม./ปี) แสดงว่าตัวเลขประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนบริเวณก้นอ่าวไทยมีขนาดประมาณนี้ ทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนไปทางตะวันออกเข้าสู่ปากร่องน้ำเจ้าพระยาซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุให้เกิดสันดอนปากแม่น้ำเจ้าพระยา

การเคลื่อนตัวของตะกอนรวม (gross transport) มีค่ามากกว่าตะกอนสุทธิกว่าเท่าตัว แสดงว่าตะกอนเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้ามหรือทุกทิศทุกทาง เมื่อนำมาคำนวณค่าสุทธิจึงได้น้อยกว่าปริมาณการเคลื่อนตัวโดยรวม จากรูปแบบการไหลของน้ำสุทธิที่ก้นอ่าวไทยตอนบนพบว่ามวลน้ำจะไหลไปทางทิศตะวันออกในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือรุนแรงกว่าการไหลไปทางทิศตะวันตกในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 9.7, 9.9) แต่การเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิไปทางทิศตะวันออกทุกปีจึงแสดงว่าในบริเวณที่ศึกษามีกระแสน้ำอย่างอื่นซึ่งไม่ใช่กระแสน้ำเนื่องจากลมมามีผลต่อการเคลื่อนตัวของตะกอน ตัวอย่างเช่นกระแสน้ำหมุนวนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งเกิดจากมวลน้ำที่ไหลเข้า-ออกปากแม่น้ำทำให้เกิดกระแสน้ำหมุนวนข้างๆ ร่องน้ำ

เมื่อพิจารณาการเคลื่อนตัวของตะกอนตามฤดูกาลจะสอดคล้องกับการเคลื่อนตัวของกระแสน้ำสุทธิตามฤดูกาล โดยตะกอนจะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ดันน้ำที่ก้นอ่าวไทยตอนบนให้ไหลจากฝั่งตะวันตกไปทางทิศตะวันออก ตะกอนจากเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเมื่อลมจากทิศตะวันออก/ตะวันออกเฉียงเหนือดันน้ำก้นอ่าวให้ไหลไปทางทิศตะวันตก ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะกอนส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกถึงแม้ว่าจะไม่มีการไหลของมวลน้ำสุทธิที่ก้นอ่าวแสดงว่าอาจมีกระแสน้ำหมุนวนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งเกิดจากมวลน้ำที่ไหลเข้า-ออกปากแม่น้ำทำให้เกิดกระแสน้ำสุทธิไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในบริเวณที่ทำการศึกษา

การตรวจสอบความถูกต้องของตัวเลขการเคลื่อนตัวของตะกอนจากข้อมูลตรวจวัดจริงพบว่าทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนสอดคล้องกันคือเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเป็นส่วนใหญ่เป็นส่วนใหญ่ การเปรียบเทียบปริมาณและทิศทางในวันที่ตรวจวัดค่อนข้างทำได้ยากเนื่องจากผลการตรวจวัดตามโครงการนี้มีความแปรปรวนเรื่องทิศทางการเคลื่อนที่ในแต่ละระดับ ทั้งนี้ในสภาพความเป็นจริงแล้วการขุ่นข้นของตะกอนแขวนลอยไม่ได้เกิดจากการกระทำของคลื่น+กระแสน้ำชายฝั่งเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีตะกอนมาจากแม่น้ำ/ลำคลอง อีกทั้งเรืออวนลาก-อวนรุนหรือแม้กระทั่งการสัญจรของเรือขนาดเล็กริมฝั่ง ทำให้ข้อมูลตรวจวัดไม่ได้เป็นตัวแทนการเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากคลื่นลมตามฤดูกาล การใช้เครื่องดักตะกอนในอนาคตต้องเลือกบริเวณที่หลบเลี่ยงกิจกรรมของมนุษย์ เช่น อาจวางเครื่องดักตะกอนในแปลงหอย เป็นต้น

<u>สรุปผลการศึกษา</u>

การประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยรวมทั้งตะกอนท้องน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขหลายชุดต่อเนื่องกัน เริ่มต้นจากแบบจำลองเชิงตัวเลขของการไหลเวียนของน้ำอันเนื่องมาจากน้ำขึ้นน้ำลงและลมที่ผิวหน้าน้ำในพื้นที่อ่าวไทยตอนบนทั้งอ่าวโดยมีการตรวจสอบความถูกต้องของผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลขด้วยข้อมูลการตรวจวัด 2 ครั้ง พบว่าแบบจำลองสามารถจำลองการไหลของน้ำได้ถูกต้อง ต่อมาทำนายคลื่นจากข้อมูลลมแล้วตรวจสอบความถูกต้องกับผลการตรวจวัดคลื่นจริงซึ่งจะเห็นได้ว่าคลื่นทำนายไม่ตรงกับผลการตรวจวัดด้วยสาเหตุหลายประการ เช่น ตรวจวัดคลื่นได้เฉพาะคลื่นขนาดเล็ก หรือข้อมูลลมจากสถานีตรวจวัดอากาศอาจจะไม่ใช่ตัวแทนที่ดีของลมในทะเล เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อได้ข้อมูลกระแสน้ำ คลื่น และขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำก็สามารถจะประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนที่ฟุ้งมาจากท้องน้ำได้โดยใช้แบบจำลองอีกชุดหนึ่ง ผลการประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนที่ฟุ้งมาจากท้องน้ำบริเวณชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการในช่วงปี พ.ศ. 2549-2554 พบว่าการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิไปทางทิศตะวันออกเข้าหาปากร่องน้ำเจ้าพระยาในอัตราประมาณ 30,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับตัวเลขที่ทางบริษัท SEATEC เคยประเมินไว้ ทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลสอดคล้องกับการไหลสุทธิของมวลน้ำบริเวณก้นอ่าว เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผลจากแบบจำลองจะต้องมีการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของตะกอนบริเวณชายฝั่งโดยหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งทำให้ตะกอนท้องน้ำฟุ้งขึ้นมามากกว่าอิทธิพลของคลื่น+กระแสน้ำ

เอกสารอ้างอิง

คงวัฒน์ นีละศรี .2524 .ผลการวิเคราะห์กระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนระหว่างช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม .ในการสัมมนาครั้งที่ 2การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย 28-26พฤษภาคม พ.ศ.2524 .

เจษฎา จิราภรณ์ และปราโมทย์ เจี่ย .2525 .การศึกษาอิทธิพลของกระแสลมต่อการไหลเวียนของมวลน้ำในอ่าวไทยตอนบนจากหุ่นจำลองและทฤษฎีกระแสน้ำแรงบิดโคริโอลิส .การสัมนาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ ,2 11-8กันยายน พ.ศ.2525 .

ถาวร พงศ์พิพัฒน์ และวินัย เลิศมหาวงษ์ .2522. ลักษณะของคลื่นในอ่าวไทยตอนบน .รายงานสรุปผลการสัมมนาวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 28-30 พฤษภาคม 2522 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 141.

ปราโมทย์ โศจิศุภร และสุริยัณห์ สาระมูล .พ.ศ .2549 .การศึกษาสมุทรศาสตร์ฟิสิกส์บริเวณอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตก .ในการมีส่วนร่วมชุมชนในการจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและลุ่มน้ำท่าจีน-แม่กลอง .วันที่ 27-26กันยายน พ.ศ 2549 .โรงแรมเมธาวลัย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

สุทัศน์ วีสกุล. 2551. โครงการจัดทำแผนหลักและแผนปฏิบัติการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณอ่าวไทยตอนบน เสนอต่อกรมทรัพยาการทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ วันศุกร์ที่ 5 กันยายน 2551 โรงแรมทวินทาวเวอร์ กรุงเทพฯ

SEATEC. 1996. รายงานศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม และการออกแบบเบื้องต้นเพื่อแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน สิงหาคม 2539 เสนอต่อกรมเจ้าท่า

Blumberg A.F., 1977. Numerical tidal model of Chesapeake Bay. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 103, pp 1-10.

Buranapratheprat, A., Yanagi, T., Sojisuporn, P. And Boomcherm, C. 2006. Influence of local wind field on seasonal circulations in the Upper Gulf of Thailand. Coastal Marine Science No. 30(1): 19-26.

Ekman, V.W., 1905. On the influence of the earth's rotation on ocean currents. Arch. Math. Astron. Phys., 2(11).

Hydrographic Department, Royal Thai Navy. 1968. The type of tides and currents in the Gulf of Thailand.

Kjerfve, B., K.E. Magill, and J.E. Sneed. 1988. Modeling of circulation and dispersion in Laguna de Terminos, Campeche, Mexico. In: Ecology of the Southern Gulf of Mexico :The Terminos Lagoon Region. A. Yanez Arancibia (ed.), UNAM, Mexico. pp 111-130.

Lirdwitayaprasit, T., Vicharangsan, T. and Sawetwong, N., 1995. Occurrence of red tide phenomena in the inner Gulf of Thailand during 1991-1993. In Snidvongs, A., Utoomprukporn, W. and Hungspreugs, M. (eds.) Proceedings of the NRCT-JSPS joint Seminar on Marine Science, December 2-3, 1993. Songkhla, Thailand. Pp: 106-110.

Lirdwitayaprasit, T., Meksumpun, S., Rungsupa, S. And Furuya, K. 2006. Seasonal variations in cell abundance of Noctiluca scintillans in the coastal water off Chonburi Province, the Upper Gulf of Thailand. Coastal Marine Science No. 30(1): 80-84.

Matsumura, S., Siripong, A., and Lirdwitayaprasit, T. 2006. Underwater optical environment in the Upper Gulf of Thailand. Coastal Marine Science No. 30(1): 36-43.

Michida, Y., Takimoto, R., Sojisuporn, P. and Yanagi, T. 2006. Divergence/convergence field observed with GPS tracked drifters in the Upper Gulf of Thailand. Coastal Marine Science No. 30(1): 27-35.

NEDECO. 1965. A study on the siltation of the Bangkok Port Channel. The Hague, Holland.

Nielsen A. F. 2000. Sediment Transport Modelling. Isotope Tracer Demonstration at the Port of Songkhla, Thailand. IAEA/RCA/UNDP Project No. RAS/8/071-60. Technical Report 99/65, The University of New South Wales, Water Research Laboratory. 43 pp.

Pukasab, P. and P. Pochanasomburana. 1957. The types of tides and mean sea level in the Gulf of Thailand. The proceedings of the Ninth Pacific Science Congress.

Sojisuporn, P. and S. Saramul. 2007. Tidal and wind-driven circulation in the Gulf of Thailand. Presented in Lipi-JSPS Joint Seminar 2007. 3-5 August 2007, Yogyakarta, Indonesia.

Vongvisessomchai, S. 1976. Current and inferred movement of particulate matter in the Upper Gulf of Thailand. Journal of Science, Thailand Volume 2 (1976).

Yanagi, T., T. Takao, and A. Morimoto, 1997. Co-tidal and co-range charts in the South China Sea derived from satellite altimetry data. La mer 35: 85-93.

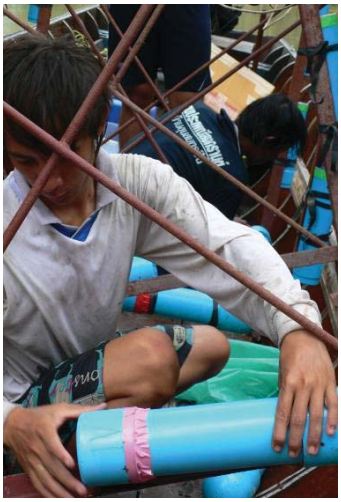
Yanagi, T. and T. Takao, 1998a. Seasonal variation of three-dimensional circulations in the Gulf of Thailand. La mer 36: 43-55.

Yanagi, T. and T. Takao. 1998b. Clockwise phase propagation of semi-diurnal tides in the Gulf of Thailand. Journal of Oceanography, 54:143-150.

บทที่ 10
ความมีส่วนร่วมของชุมชนและการถ่ายทอดเทคโนโลยี

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนในระหว่างการสำรวจภาคสนาม โดยจ้างคนในชุมชนเป็นผู้ช่วยตรวจวัดการสะสม/กัดเซาะตะกอนท้องน้ำ การกัดเซาะฐานรากของโครงสร้าง การตรวจวัดคลื่น การร่วมออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน เป็นต้น ซึ่งผู้ช่วยวิจัยจะได้รับคำอธิบายเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการสำรวจตลอดจนวิธีการสำรวจ ส่วนการวิเคราะห์ผลค่อนข้างซับซ้อนจึงไม่ได้ให้ผู้ช่วยนักวิจัยร่วมดำเนินการ การมีส่วนร่วมในการสำรวจทำให้ชุมชนมีความเชื่อถือในข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่น






นอกจากการมีส่วนร่วมในการสำรวจแล้วได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีการประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งแก่ทีมวิจัยท้องถิ่น เริ่มตั้งแต่อธิบายสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้ชายฝั่งเกิดการกัดเซาะ แนวคิด/โครงสร้างในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง ตัวอย่างโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งที่ได้ดำเนินการแล้วตามชายฝั่งของประเทศไทย การประเมินประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่น “ขุนสมุทรจีน 49A2” ทำการบรรยายในระหว่างการจัดอบรมชาวบ้านในชุมชนร่วมกับทีมวิจัยระบบนิเวศวิทยาและสังคมศาสตร์จนผู้เข้ารับการอบรมสามารถสังเคราะห์ความรู้แล้วเขียนออกมาเป็นโครงการจัดการชายฝั่งของชุมชนซึ่งโครงการดังกล่าวสามารถนำไปบรรจุในโครงการของรัฐเพื่อของบประมาณสนับสนุนได้ รายละเอียดของการจัดอบรมปรากฏอยู่ในรายงานของกลุ่มทีมวิจัยระบบนิเวศวิทยาและสังคมศาสตร์


pH 0 — 14
100strips
0 1 2 3 4 5 6 7

บทที่ 11
บทสรุปและข้อเสนแนะ

<u>สรุปผลจากการดำเนินโครงการ</u>

จากต้นแบบเสาสามเหลี่ยมปักเป็นแนวเรียงซ้อนกันแบบสับหว่างจำนวน 3 แถว ที่ชื่อว่า "ขุนสมุทรจีน 49A2" ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ และได้รับการประเมินประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่นเป็นเวลา 2 ปี พบว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่นช่วยลดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง มีการเพิ่มขึ้นของตะกอนท้องน้ำ และเกิดความอุดมสมบูรณ์ทางชีวภาพของพืชและสัตว์น้ำหลายชนิดมาแล้วนั้น ในโครงการวิจัยนี้ได้ติดตามและประเมินประสิทธิผลของเขื่อนสลายกำลังคลื่น "ขุนสมุทรจีน 49A2" ในพื้นที่นำร่องที่บ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการ ด้วยการสำรวจเก็บข้อมูลในหลายด้านซึ่งหลังจากวิเคราะห์ข้อมูลแล้วสามารถยืนยันได้ว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่น "ขุนสมุทรจีน 49A2" มีเสถียรภาพ ช่วยลดตะกอนได้จริง ก่อให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนท้องน้ำด้านหลังเขื่อน โดยมีหลักฐานพอสรุปได้ดังนี้

1) เขื่อนสามารถลดความสูงคลื่นและพลังงานคลื่นที่เคลื่อนที่จากหน้าเขื่อนสู่หลังเขื่อนได้ จากความสูงคลื่นนัยสำคัญที่สำรวจได้อยู่ระหว่าง 0.05-0.5 เมตร เขื่อนจะช่วยลดพลังงานคลื่นได้ดีเมื่อความสูงคลื่นเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 0.2 เมตรซึ่งมักจะเป็นคลื่นที่เคลื่อนที่มาจากทิศใต้หรือตะวันตกเฉียงใต้และพบได้ในช่วงเดือนมีนาคม-กรกฎาคม (ฤดูร้อนและต้นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) เขื่อนสลายกำลังคลื่นได้ลดลงในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเมื่อมีคลื่นจากทิศตะวันออกหรือคลื่นที่เกิดขึ้นหลังเขื่อนแล้วเคลื่อนออกไปทางหน้าเขื่อน แต่คลื่นในฤดูกาลนี้มีความสูงคลื่นนัยสำคัญต่ำจนไม่น่าจะเกิดผลต่อการกัดเซาะท้องน้ำเนื่องจากคลื่น จากการวิเคราะห์คลื่นหลังเขื่อนพบว่ากระแสน้ำหมุนวนเนื่องจากคลื่นสามารถทำให้อนุภาคตะกอนท้องน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่าทรายแป้งหยาบเกิดการฟุ้งกระจายขึ้นมาได้ แต่พลังงานคลื่นไม่เพียงพอที่จะทำให้อนุภาคตะกอนดินเหนียวหรือทรายแป้งละเอียดฟุ้งกระจายขึ้นมาได้

2) ในพื้นที่ด้านหลังเขื่อนและหลังวัดขุนสมุทราวาสภายหลังจากสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่นพบการสะสมตัวของตะกอนท้องน้ำโดยเฉลี่ย 1-3 ซม. ถึงแม้ว่าตะกอนท้องน้ำจะเพิ่มขึ้น/ลดลงตามฤดูกาลและช่วงท้ายของการสำรวจพบการลดความหนาของชั้นตะกอน สรุปแล้วระดับตะกอนเพิ่มขึ้นราว 20-30 ซม.แล้วจะไม่เพิ่มขึ้นอีกเนื่องจากโครงสร้างเขื่อนสลายกำลังคลื่นยังไม่ครบสมบูรณ์ ตะกอนท้องน้ำยังคงถูกกัดเซาะออกไปด้วยกระแสน้ำและคลื่นได้ การวิเคราะห์ทางสถิติช่วยยืนยันว่าพื้นที่ด้านหลังวัดมีอัตราการสะสมตัวของตะกอนมากที่สุดเนื่องจากมีทั้งวัดและเขื่อนช่วยกำบังคลื่น เขื่อนสลายกำลังคลื่นยังช่วยให้ตะกอนสะสมตัวในบริเวณที่อยู่นอกแนวเขื่อน (โซน B ดูในบทที่ 4 ของรายงาน) แต่การกัดเซาะ/ทับถมจะรุนแรงหรือแปรปรวนมากกว่าในบริเวณด้านหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นหรือหลังวัดขุนสมุทราวาส

3) การสำรวจการกัดเซาะฐานรากของเสาเขื่อนสลายกำลังคลื่นที่เกิดเนื่องจากคลื่น/กระแสน้ำม้วนตัวแล้วกัดเซาะตะกอนรอบๆ โคนเสา พบการกัดเซาะฐานราก 30-70 ซม. ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนของทุกปีซึ่งเป็นช่วงที่มีคลื่นแรง หลังจากนั้นในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งคลื่นไม่รุนแรงพบการสะสมตะกอนบริเวณฐานรากของเสาเข็มประมาณ 20-50 เซนติเมตร จึงทำให้แนวเสาเข็มของเขื่อนสลายกำลังคลื่นมีเสถียรภาพสูงมาก (ปักเสาลงไปในดินราว 6 เมตร) ดังนั้นเสาเขื่อนมั่นคง ไม่ล้มเอน มีอายุการใช้งานได้นานหากน้ำเค็มไม่ซึมเข้าไปในเนื้อเสาจนทำให้เหล็กเส้นในเสาเปินสนิมจนเสาแตกหักได้ ถึงแม้เสาปูนจะมีค่าก่อสร้างสูงเทียบกับวัสดุอื่นแต่เสาปูนสามารถคงอยู่ได้นาน หากคำนวณทางเศรษฐศาสตร์แล้วมีความคุ้มทุนมากกว่าโครงสร้างอื่นๆ

4) การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเลจากชายฝั่งออกไป 12 กิโลเมตรที่บ้านขุนสมุทรจีน บ้านพันท้ายนรสิงห์ และบ้านบางปู จังหวัดสมุทรปราการด้วยวิธีการหยั่งน้ำทำแผนที่ในปี พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2553 รวม 2 ครั้งพบการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นท้องทะเลเพียงเล็กน้อยจนแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย ในบริเวณพื้นที่บ้าน

ขุนสมุทรจีน พบว่ามีการกัดเซาะพื้นท้องทะเลเพียงเล็กน้อยบริเวณพื้นท้องทะเลบริเวณแนวสำรวจที่กิโลเมตรที่ 5-12 การเปลี่ยนแปลงพื้นท้องทะเลเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ประกอบกับไม่เกิดพายุจรพัดเข้ามาในพื้นที่ซึ่งจะทำให้พื้นท้องทะเลเปลี่ยนแปลงได้อย่างฉับพลัน ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2553 ที่พบการเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทางลมตามฤดูกาล แต่ความเร็วลมไม่รุนแรงเกินสภาพที่เป็นอยู่และไม่มีพายุจรเคลื่นเข้ามาในพื้นที่ จึงไม่พบการกัดเซาะชายฝั่งและท้องน้ำที่รุนแรงอันเนื่องจากลมหรือพายุ ดังนั้นเรายังไม่ทราบประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่นภายใต้สภาวะลมฟ้าอากาศที่รุนแรง

5) การตรวจการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำและตะกอนแขวนลอยตามฤดูกาลพบความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างมากซึ่งสาเหตุหนึ่งน่าจะมาจากกิจกรรมหาสัตว์ทะเลด้วยวิธีการต่างๆ ใกล้ๆ กับจุดวางเครื่องดักตะกอนทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนที่ไม่ได้เป็นไปตามอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำ อย่างไรก็ตามทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนยังคงสอดคล้องกับทิศทางคลื่นตามฤดูกาล ขนาดอนุภาคตะกอนในกระบอกดักตะกอนก็สอดคล้องกับความรุนแรงของคลื่นในแต่ละฤดูกาลโดยช่วงคลื่นแรงจะพบสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวมากที่สุดในกระบอกดักตะกอน ส่วนฤดูคลื่นไม่รุนแรงจะพบอนุภาคทรายแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก

5) การประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยรวมทั้งตะกอนท้องน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีนโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขโดยใช้ข้อมูลกระแสน้ำ คลื่น และขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำพบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2549-2554 การเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิไปทางทิศตะวันออกเข้าหาปากร่องน้ำเจ้าพระยาในอัตราประมาณ 30,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะถูกขุดลอกแล้วนำไปทิ้งในทะเลต่อไป แสดงว่าหากไม่มีโครงสร้างใดๆ ตะกอนชายฝั่งทะเลจะสูญเสียออกไปเรื่อยๆ

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

หลังจากดำเนินโครงการเสร็จสิ้นตามวัตถุประสงค์แล้วก็ยังมีประเด็นบางประการที่การศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้ให้คำตอบที่ชัดเจนหรือควรศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นดังต่อไปนี้

1) ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อการทดลองเติมตะกอนให้ชายฝั่งทะเลบ้านขุนสมุทรจีนเนื่องจากตะกอนเคลื่อนที่เข้าสู่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาแล้วถูกขุดลอกไปทิ้งทะเลทำให้ไม่มีตะกอนกลับมาทดแทน ดังนั้นนอกจากจะมีโครงสร้างที่ช่วยลดพลังงานคลื่นให้น้อยลงแล้วควรจะมีการทดลองเติมตะกอนให้ชายฝั่งโดยการสูบตะกอนบางส่วนจากนอกชายฝั่งให้กลับเข้าสู่ระบบอีกครั้ง หรือนำตะกอนขุดลอกจากร่องน้ำเจ้าพระยามาทิ้งบริเวณชายฝั่งแทนที่จะไปทิ้งทะเล

2) ควรเก็บข้อมูลการสะสมตัวของตะกอนหลังเขื่อนสลายกำลังคลื่นอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการสะสมตัวของตะกอนในระยะยาว

3) ควรปรับปรุงเครื่องมือ/วิธีการสำรวจคลื่นเพื่อให้ได้ข้อมูลคลื่นขนาดใหญ่ (พลังงานกัดเซาะรุนแรง) เพราะหากเกิดคลื่นใหญ่เรือของชาวบ้านก็ไม่สามารถออกไปติดตั้งเครื่องวัดคลื่นได้ อาจต้องเปลี่ยนเครื่องมือเป็นแบบติดตั้งบนแท่นเหนือน้ำซึ่งสามารถตั้งเครื่องมือไว้ก่อนจะเกิดพายุใหญ่

4) ควรปรับปรุงวิธีการเก็บข้อมูลการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำและตะกอนแขวนลอยเพื่อให้ได้ตัวแทนการเคลื่อนตัวของตะกอนตามฤดูกาลจริงๆ เช่นเลือกจุดวางเครื่องดักตะกอนในที่ไม่มีชาวบ้านไปรบกวน ลดระยะเวลาวางเครื่องดักตะกอนเหลือ 3-5 วัน หรือออกแบบเครื่องมือที่ประสิทธิภาพมากกว่านี้ เป็นต้น

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่น
กราฟและตารางคลื่นจากการสำรวจ

การวิเคราะห์ข้อมูลคลื่น

การวิเคราะห์คลื่นเริ่มจากการบันทึกกราฟคลื่นเป็นตัวเลขความสูงคลื่นความยาว 10 นาที (กรณีบันทึกความสูงคลื่นลงบนกระดาษกราฟ) หรือถ่ายข้อมูลจากเครื่องบันทึกระดับน้ำแบบดิจิตอล ทำการพล็อตกราฟผิวน้ำเพื่อหาค่าระดับน้ำนิ่ง (still water level) หรือค่าระดับน้ำเฉลี่ยซึ่งแต่เดิมจะสังเกตด้วยสายตา ปัจจุบันสามารถหาค่าเฉลี่ยได้ง่ายเมื่อใช้แผ่นงาน EXEL หรือโปรแกรมอื่นที่ทำงานคล้ายกัน เมื่อได้ระดับน้ำนิ่งแล้วจึงอ่านความสูงคลื่นทุกคาบเวลาที่ต้องการ (เดิมเมื่อใช้กระดาษกราฟจะอ่านค่าทุกคาบเวลา 5 วินาที ได้ข้อมูลคลื่น 120 ค่า เมื่อใช้เครื่องวัดระดับน้ำดิจิตอลจะอ่านค่าทุกๆ 1-2 วินาทีทำให้ได้ข้อมูลคลื่นจำนวนมาก) แล้วคำนวณค่า a_{rms} ซึ่งก็คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สมมุติค่าความสูงคลื่นเป็น y และจำนวนข้อมูลคลื่นเท่ากับ n สูตรการคำนวณค่า a_{rms} เป็นดังนี้

$$a_{rms} = ((\sum y^2 - n(\sum y)^2)/n)^{1/2}$$

จากเส้นระดับน้ำนิ่งให้นับจำนวนลูกคลื่นที่ผ่านเส้นระดับน้ำนิ่ง (N_z) จำนวนลูกคลื่นทั้งหมด(N_c) ความสูงสันคลื่นสูงสุด (A) ความสูงสันคลื่นรองลงมา (B) ท้องคลื่นต่ำสุด (C) และท้องคลื่นถัดขึ้นมา (D) คำนวณคลื่นลูกใหญ่สุด (A+C) และคลื่นลูกรองลงมา (B+D) เพื่อคำนวณหาค่า H_1 arm และ H_2 arm ตามสูตรต่อไปนี้

$$H_1 a_{rms} = \frac{0.5*(A+C)*(1+\frac{0.289}{\ln(N_z)}-\frac{0.247}{\ln(N_z)^2})}{2*\ln(Nz)^{1/2}}$$

$$H_2 a_{rms} = \frac{0.5*(B+D)*(1-\frac{0.211}{\ln(N_z)}-\frac{0.103}{\ln(N_z)^2})}{2*\ln(Nz)^{1/2}}$$

ค่าเฉลี่ย arm ได้จากการเฉลี่ยค่าของ a_{rms}, H_1a_{rms} และ H_2a_{rms}

ค่า epsilon (E) เป็นค่าที่บอกว่าคลื่นที่ตรวจวัดนั้นเป็นคลื่นที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้น (wind wave) หรือเป็นคลื่นที่เดินทางมาจากพื้นที่ห่างไกลในรูปของ swell ค่า epsilon คำนวณได้จาก

$$E = (1-(\frac{N_z}{N_c})^2)^{1/2}$$

ค่า $H_{1/3}$ และ $H_{1/10}$ หาได้จากการเปิดตารางหรืออ่านได้จากกราฟความสัมพันธ์ของจำนวนคลื่นที่ผ่านระดับน้ำนิ่ง, N_z ค่า epsilon และค่า a_{rms} เฉลี่ยดังตารางที่ ก-1

ตารางที่ ก-1 ค่า epsilon (E), $H_{1/3}/a_{rms}$ และ $H_{1/10}/a_{rms}$

E	0	0.2	0.4	0.6	0.8
$H_{1/3}/a_{rms}$	4.00	4.03	4.10	4.17	4.17
$H_{1/10}/a_{rms}$	5.09	5.09	5.24	5.45	5.73

หาค่าสัดส่วนสำหรับค่า epsilon ที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีถ่ายโยงค่า (interpolation) จากค่าสัดส่วนในแต่ละช่วง แล้วแทนค่า a_{rms} เฉลี่ยก็จะได้ค่า $H_{1/3}$ และ $H_{1/10}$

ค่า H_{max} เป็นความสูงคลื่นสูงสุดภายใน 10 นาที ซึ่งก็คือค่า A+C ส่วนค่า H'_{max} คือค่าความสูงคลื่นที่สูงที่สุดที่เกิดขึ้นได้ภายในหนึ่งชั่วโมง เดิมต้องใช้สูตรคำนวณ แต่เมื่อใช้เครื่องบันทึกต่อเนื่องแบบดิจตอลก็สามารถอ่านค่าได้จากข้อมูลทันที

ค่าคาบเฉลี่ยของลูกคลื่นที่ผ่านเส้นระดับน้ำนิ่งจากข้อมูลภายใน 10 นาที คำนวณได้จาก

$$T_z = \frac{10*60}{N_z} \quad \text{(sec)}$$

และค่าคาบคลื่นที่มากที่สุดที่เกิดขึ้นได้คือ

$$T_{\max} = 2.43*(H1/3)^{1/3} \quad \text{(sec)}$$

ค่าความยาวคลื่น (L) คือ ระยะห่างระหว่างจุด 2 จุดที่อยู่ถัดและมีเฟสตรงกันบนคลื่น เช่น ระยะระหว่างสันคลื่นหรือท้องคลื่นสองลูกที่อยู่ติดกัน จากสูตรจะสังเกตเห็นว่ามี L อยู่ทั้งสองข้างของสมการ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการแทนค่าซ้ำ (iteration) ในการหาค่า

$$L = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)$$

โดย T คือ คาบคลื่น

L คือ ความยาวคลื่น

h คือ ความลึกน้ำ

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

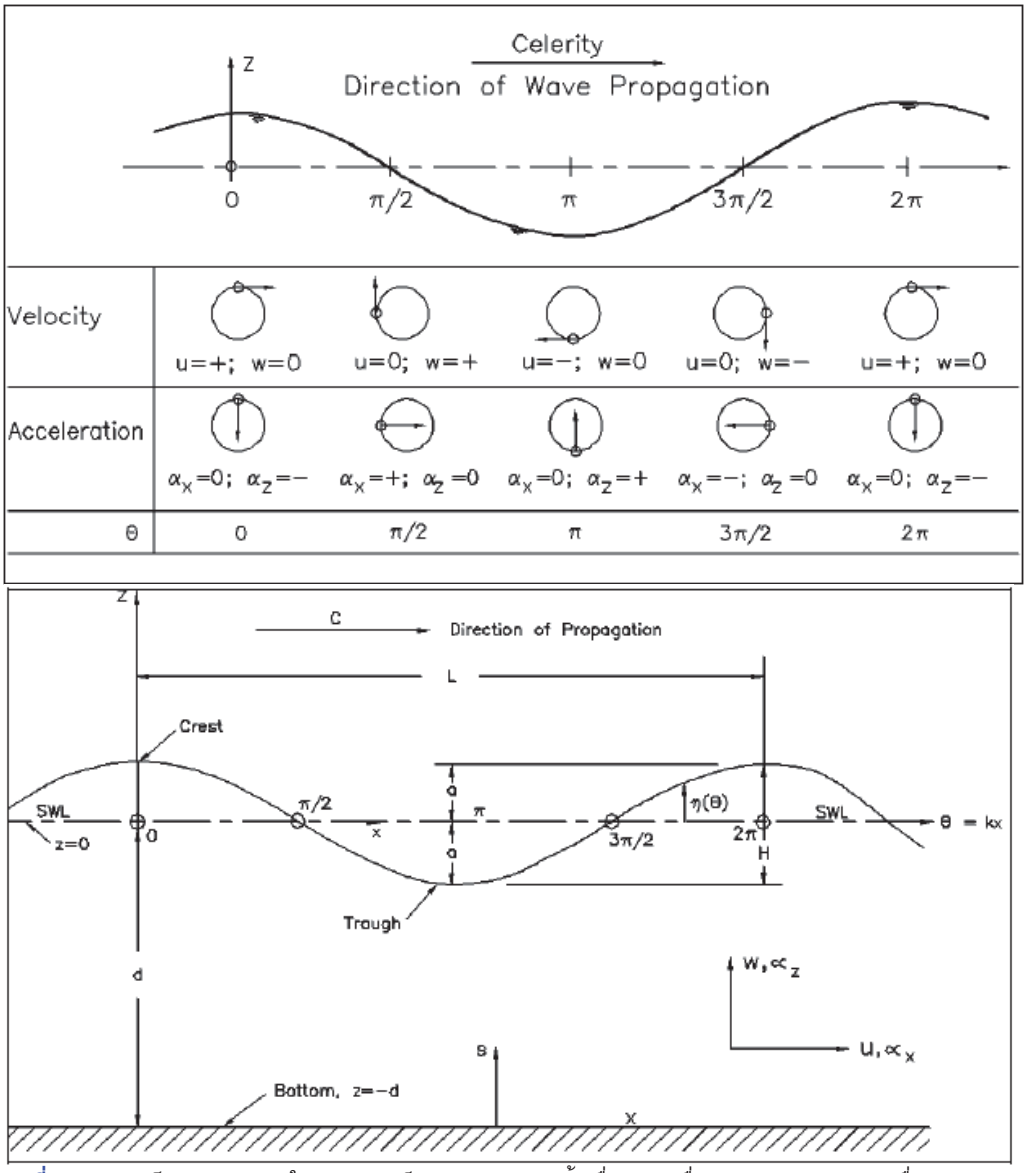
ความเร็วกระแสน้ำหมุนวนสูงสุดใกล้ท้องน้ำ (U_δ) คือ ความเร็วกระแสน้ำสูงสุดในแนวระนาบ (horizontal) ซึ่งเกิดจากคลื่น

$$U_\delta = \frac{H}{2}\frac{gT}{L}\frac{\cosh\left[2\pi\left(z+d\right)/L\right]}{\cosh(2\pi d/L)}\cos\theta$$

โดย T คือ คาบคลื่น

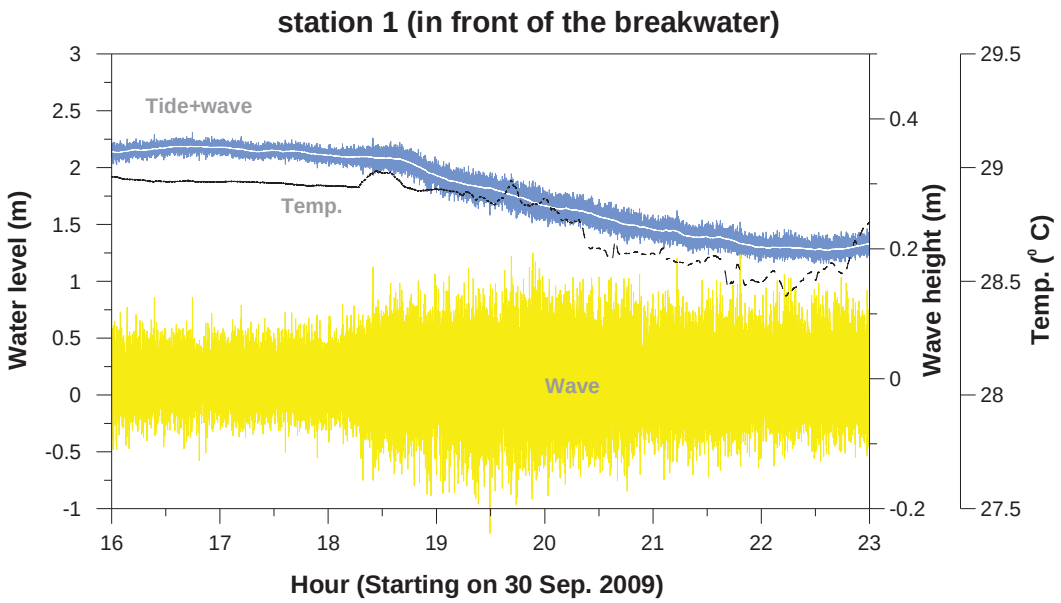
L คือ ความยาวคลื่น

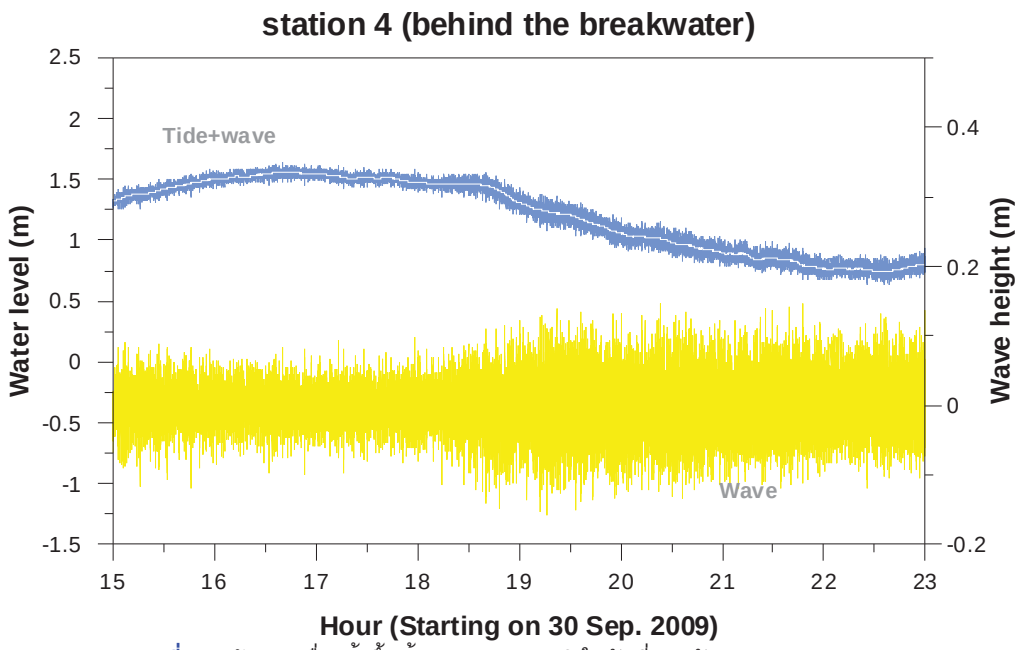
H คือ ความสูงคลื่น



รูปที่ ก-1 ความเร็วและความเร่งในการหมุนเป็นวงของอนุภาคน้ำเนื่องจากคลื่น (บน) ส่วนประกอบคลื่น (ล่าง)

รูปกราฟและตารางการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่น

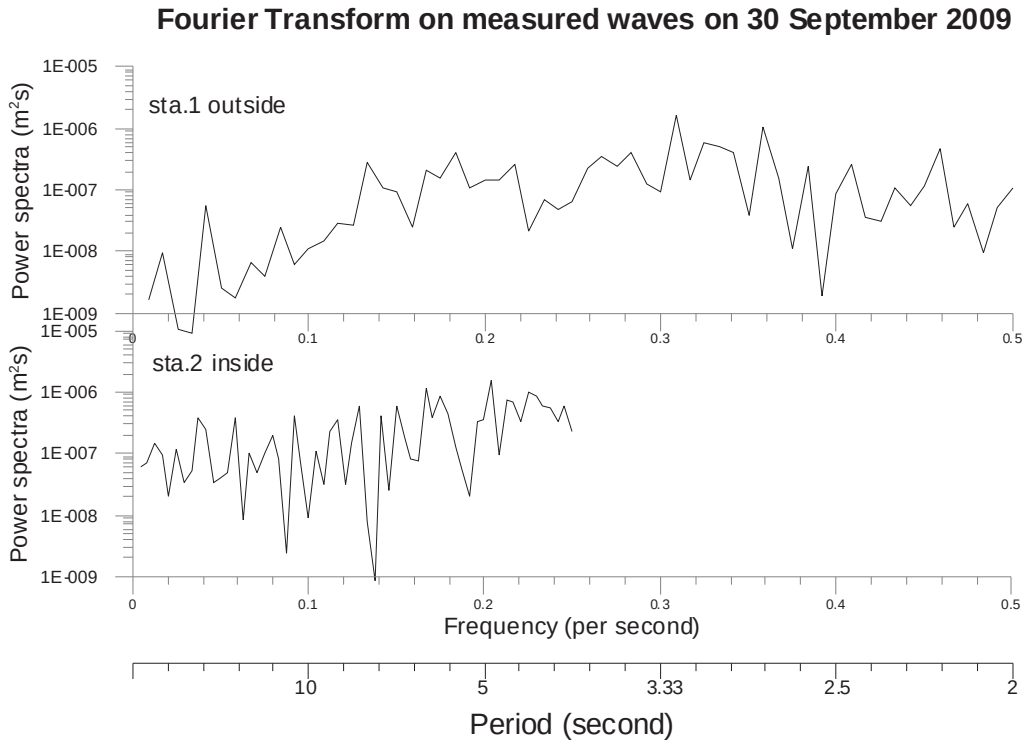




รูปที่ ก-2 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2552

ตารางที่ ก-2 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2552 และ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552

30 กันยายน 2552					25 พฤศจิกายน 2552						
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หลังเขื่อน 6	
	หนึ่ง	ญี่ยเมื่อ	หนึ่ง	ญี่ยเมื่อ		หนึ่ง	ญี่ยเมื่อ	หนึ่ง	ญี่ยเมื่อ	หนึ่ง	ญี่ยเมื่อ
14:30	-	-	-	-	9:30	0.06	4.49	0.06	4.72	0.07	4.99
15:30	-	-	0.12	2.71	10:30	0.06	4.65	0.06	4.90	0.07	5.01
16:30	0.13	3.31	0.11	2.77	11:30	0.06	4.43	0.07	4.69	0.07	4.68
17:30	0.13	3.43	0.11	2.76	12:30	0.06	4.47	0.06	4.89	0.08	4.72
18:30	0.19	3.08	0.15	2.95	13:30	0.06	4.52	0.07	4.56	0.07	4.83
19:30	0.23	3.26	0.18	2.73	14:30	0.06	4.36	0.07	4.35	0.07	4.65
20:30	0.20	3.50	0.17	2.75	15:30	0.06	3.98	0.06	4.25	0.07	4.57
21:30	0.19	3.67	0.17	2.94	16:30	0.07	3.97	0.06	4.10	0.07	4.20
22:30	0.17	3.75	0.16	2.95	17:30	0.06	4.06	0.07	4.19	0.08	4.47
23:30	-	-	-	-	18:30	0.06	4.23	0.06	4.46	0.07	4.49
0:30	-	-	-	-	19:30	0.06	4.70	0.06	4.74	0.07	5.01
เฉลี่ย	0.20	3.36	0.16	2.79	เฉลี่ย	0.07	4.34	0.06	4.51	0.07	4.68

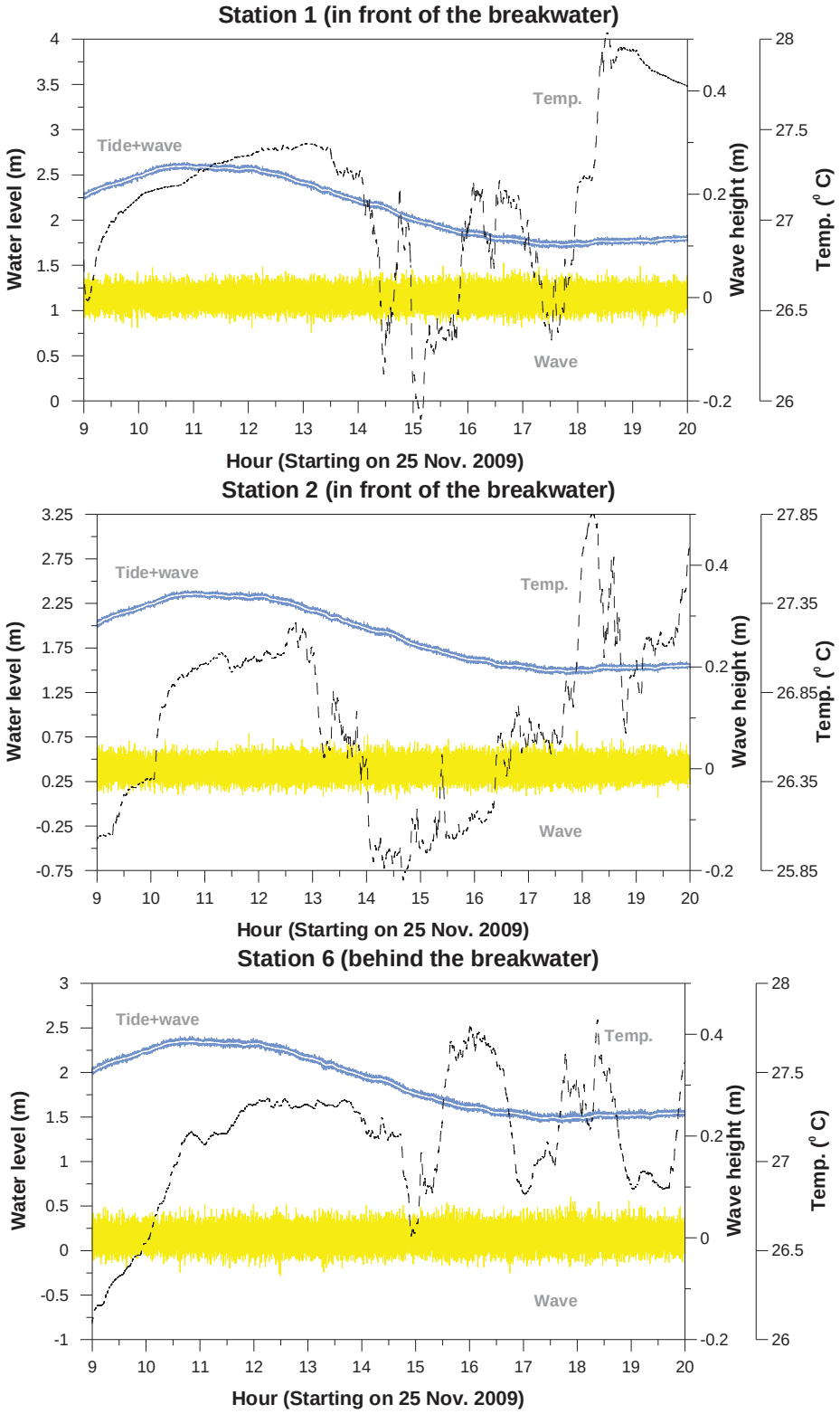


รูปที่ ก-3 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2552

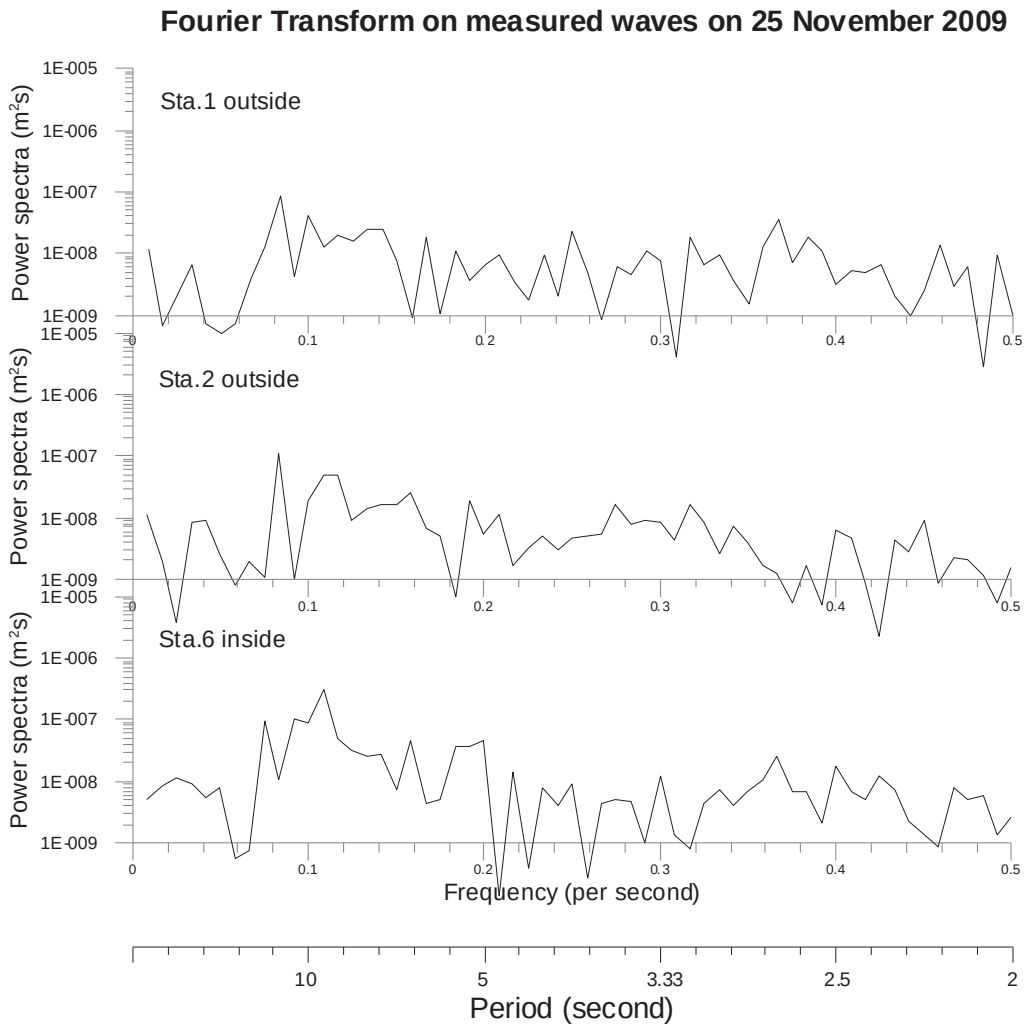
ตารางที่ ก-3 แสดงคาบคลื่น ความถี่คลื่น และพลังงาน จากการตรวจวัดคลื่นในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2552

หน้าเขื่อน 1			หลังเขื่อน 4		
คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)	คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)
120.00	0.0083	1.68E-09	240.00	0.0042	6.01E-08
60.00	0.0167	9.60E-09	120.00	0.0083	7.21E-08
40.00	0.0250	5.58E-10	80.00	0.0125	1.48E-07
30.00	0.0333	4.52E-10	60.00	0.0167	9.26E-08
24.00	0.0417	5.65E-08	48.00	0.0208	2.06E-08
20.00	0.0500	2.49E-09	40.00	0.0250	1.16E-07
17.14	0.0583	1.80E-09	34.29	0.0292	3.33E-08
15.00	0.0667	6.76E-09	30.00	0.0333	5.45E-08
13.33	0.0750	3.84E-09	26.67	0.0375	3.76E-07
12.00	0.0833	2.42E-08	24.00	0.0417	2.41E-07
10.90	0.0917	5.98E-09	21.82	0.0458	3.48E-08
10.00	0.1000	1.14E-08	20.00	0.0500	4.01E-08
9.23	0.1083	1.45E-08	18.46	0.0542	4.88E-08
8.57	0.1167	2.86E-08	17.14	0.0583	3.80E-07
8.00	0.1250	2.70E-08	16.00	0.0625	8.60E-09
7.50	0.1333	2.71E-07	15.00	0.0667	1.03E-07
7.06	0.1417	1.10E-07	14.12	0.0708	4.95E-08
6.67	0.1500	9.29E-08	13.33	0.0750	1.02E-07
6.32	0.1583	2.48E-08	12.63	0.0792	1.99E-07
6.00	0.1667	2.09E-07	12.00	0.0833	8.43E-08
5.71	0.1750	1.54E-07	11.43	0.0875	2.41E-09
5.45	0.1833	4.09E-07	10.91	0.0917	4.04E-07
5.22	0.1917	1.06E-07	10.43	0.0958	7.61E-08
5.00	0.2000	1.42E-07	10.00	0.1000	9.28E-09
4.80	0.2083	1.40E-07	9.60	0.1042	1.11E-07
4.62	0.2167	2.64E-07	9.23	0.1083	3.07E-08
4.44	0.2250	2.08E-08	8.89	0.1125	2.34E-07
4.29	0.2333	6.73E-08	8.57	0.1167	3.52E-07
4.14	0.2417	4.64E-08	8.28	0.1208	3.24E-08
4.00	0.2500	6.25E-08	8.00	0.1250	1.46E-07
3.87	0.2583	2.26E-07	7.74	0.1292	5.95E-07
3.75	0.2667	3.58E-07	7.50	0.1333	8.01E-09
3.64	0.2750	2.35E-07	7.27	0.1375	8.48E-10
3.53	0.2833	4.15E-07	7.06	0.1417	4.20E-07

หน้าเขื่อน 1			หลังเขื่อน 4		
คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)	คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)
3.43	0.2916	1.21E-07	6.86	0.1458	2.53E-08
3.33	0.3000	9.32E-08	6.67	0.1500	6.07E-07
3.24	0.3083	1.66E-06	6.49	0.1542	1.78E-07
3.16	0.3167	1.45E-07	6.32	0.1583	8.16E-08
3.08	0.3250	6.00E-07	6.15	0.1625	7.37E-08
3.00	0.3333	5.09E-07	6.00	0.1667	1.14E-06
2.93	0.3417	4.03E-07	5.85	0.1708	3.79E-07
2.86	0.3500	3.93E-08	5.71	0.1750	8.31E-07
2.79	0.3583	1.06E-06	5.58	0.1792	4.29E-07
2.73	0.3667	1.53E-07	5.45	0.1833	1.25E-07
2.67	0.3750	1.09E-08	5.33	0.1875	5.72E-08
2.61	0.3833	2.41E-07	5.22	0.1917	2.02E-08
2.55	0.3917	1.83E-09	5.11	0.1958	3.23E-07
2.50	0.4000	8.45E-08	5.00	0.2000	3.61E-07
2.45	0.4083	2.69E-07	4.90	0.2042	1.51E-06
2.40	0.4167	3.68E-08	4.80	0.2083	9.29E-08
2.35	0.4250	3.16E-08	4.71	0.2125	7.51E-07
2.31	0.4333	1.09E-07	4.62	0.2167	6.94E-07
2.26	0.4417	5.59E-08	4.53	0.2208	3.28E-07
2.22	0.4500	1.13E-07	4.44	0.2250	9.62E-07
2.18	0.4583	4.54E-07	4.36	0.2292	8.91E-07
2.14	0.4667	2.48E-08	4.29	0.2333	5.91E-07
2.11	0.4750	6.11E-08	4.21	0.2375	5.66E-07
2.07	0.4833	9.24E-09	4.14	0.2417	3.27E-07
2.03	0.4917	5.02E-08	4.07	0.2458	5.80E-07
2.00	0.5000	1.06E-07	4.00	0.2500	2.29E-07



รูปที่ ก-4 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552

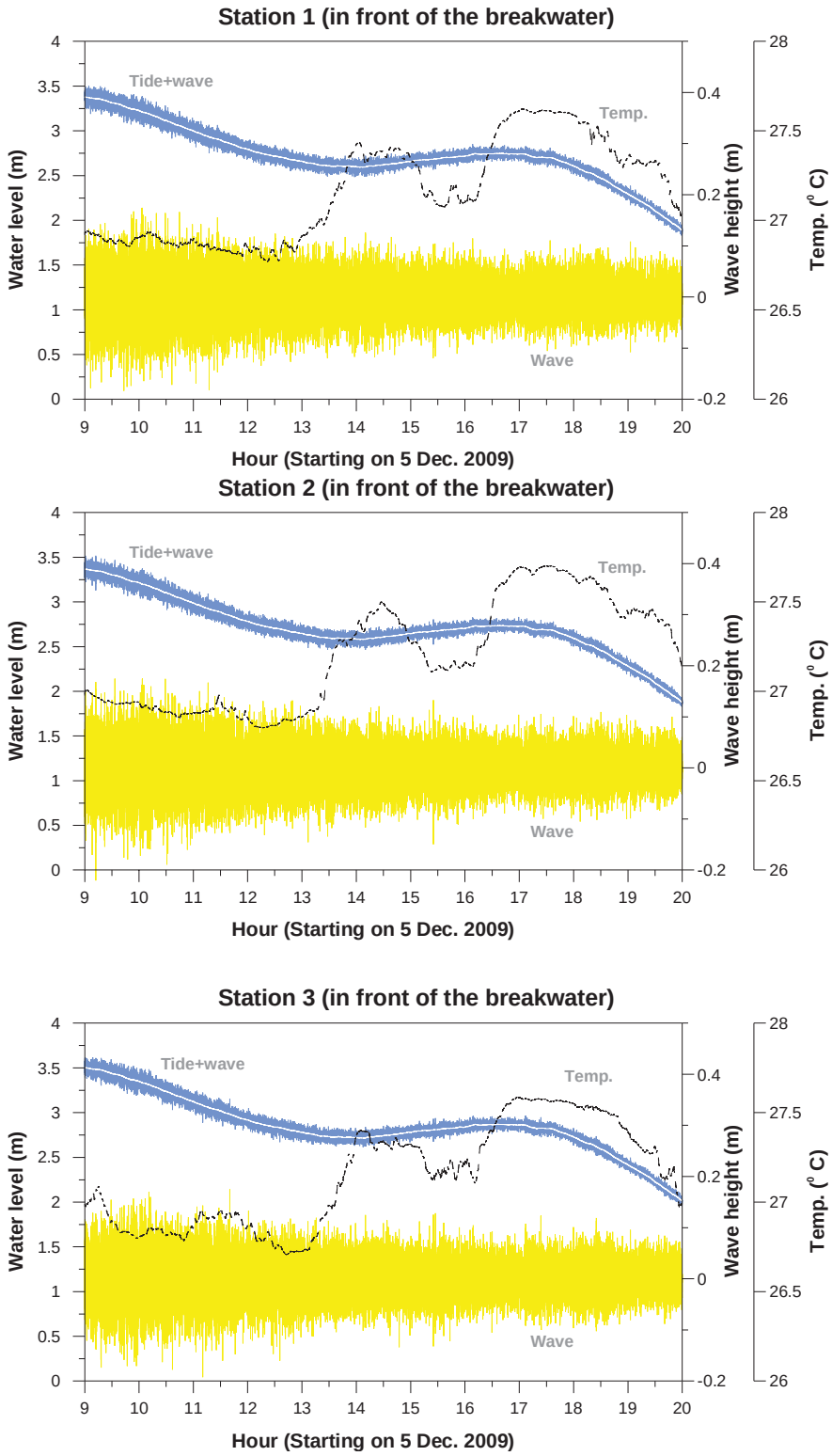


รูปที่ ก-5 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552

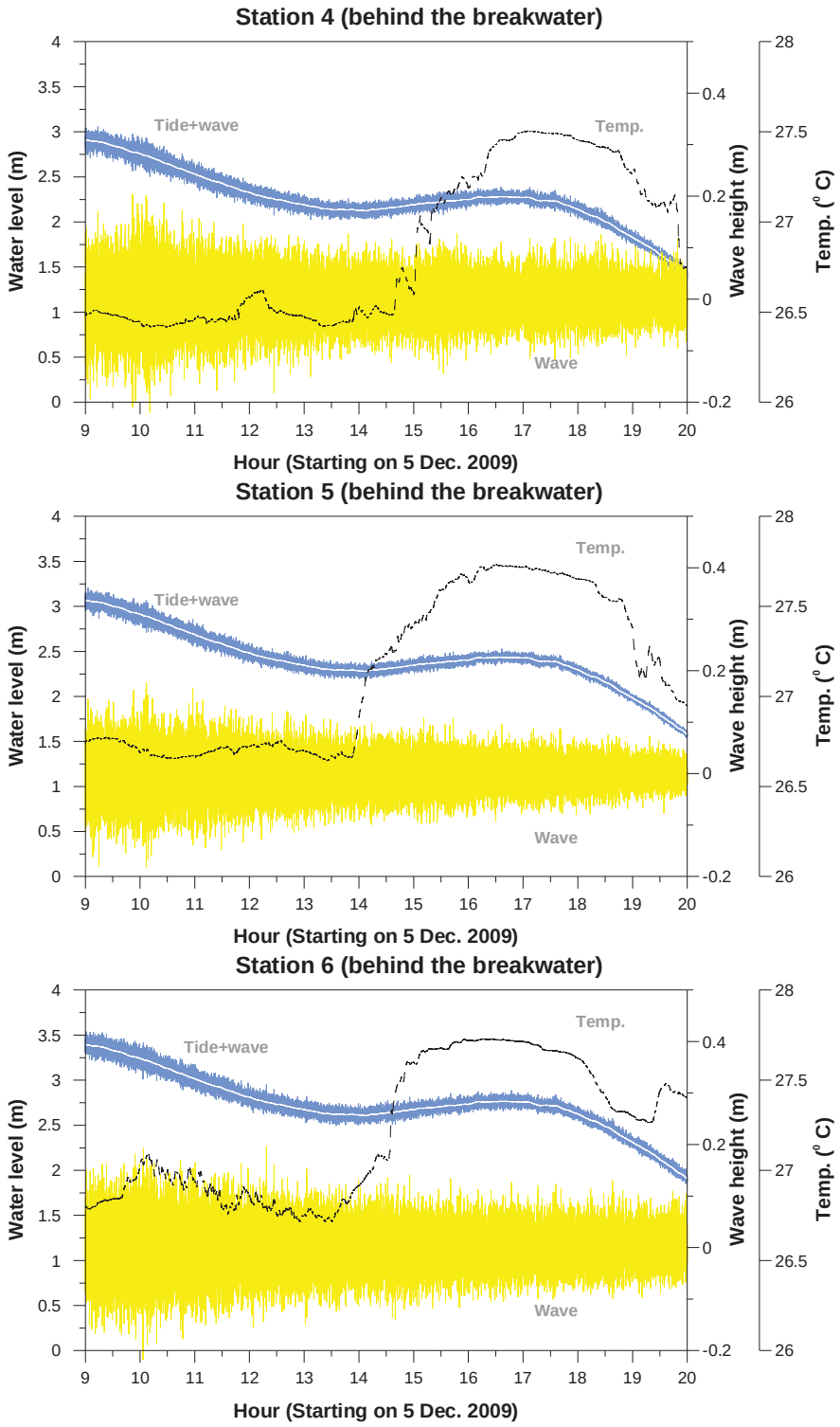
ตารางที่ ก-4 แสดงคาบคลื่น ความถี่คลื่น และพลังงาน จากการตรวจวัดคลื่นในวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)		
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หลังเขื่อน 6
120.00	0.0083	1.17E-08	1.15E-08	4.93E-09
60.00	0.0167	6.62E-10	1.85E-09	8.18E-09
40.00	0.0250	0	1.94E-10	1.11E-08
30.00	0.0333	6.58E-09	8.17E-09	8.81E-09
24.00	0.0417	7.51E-10	9.24E-09	5.37E-09
20.00	0.0500	5.04E-10	2.53E-09	7.94E-09
17.14	0.0583	7.01E-10	7.71E-10	5.56E-10
15.00	0.0667	3.98E-09	1.85E-09	7.75E-10
13.33	0.0750	1.28E-08	1.03E-09	9.82E-08
12.00	0.0833	8.93E-08	1.13E-07	1.09E-08
10.90	0.0917	4.14E-09	1.01E-09	1.04E-07
10.00	0.1000	4.25E-08	1.82E-08	8.76E-08
9.23	0.1083	1.25E-08	4.77E-08	3.10E-07
8.57	0.1167	1.92E-08	4.71E-08	4.80E-08
8.00	0.1250	1.62E-08	8.70E-09	3.14E-08
7.50	0.1333	2.41E-08	1.39E-08	2.55E-08
7.06	0.1417	2.41E-08	1.57E-08	2.79E-08
6.67	0.1500	7.63E-09	1.59E-08	7.14E-09
6.32	0.1583	9.22E-10	2.56E-08	4.77E-08
6.00	0.1667	1.89E-08	6.92E-09	4.47E-09
5.71	0.1750	1.05E-09	5.13E-09	5.16E-09
5.45	0.1833	1.08E-08	5.21E-10	3.68E-08
5.22	0.1917	3.55E-09	1.83E-08	3.59E-08
5.00	0.2000	6.80E-09	5.44E-09	4.44E-08
4.80	0.2083	9.79E-09	1.11E-08	1.40E-10
4.62	0.2167	3.49E-09	1.68E-09	1.46E-08
4.44	0.2250	1.71E-09	3.27E-09	3.96E-10
4.29	0.2333	9.27E-09	4.94E-09	8.09E-09
4.14	0.2417	1.97E-09	3.05E-09	4.18E-09
4.00	0.2500	2.34E-08	4.54E-09	9.30E-09
3.87	0.2583	5.01E-09	0	2.64E-10
3.75	0.2667	8.31E-10	5.47E-09	4.25E-09
3.64	0.2750	6.25E-09	1.64E-08	5.22E-09
3.53	0.2833	4.43E-09	7.99E-09	4.72E-09

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)		
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หลังเขื่อน 6
3.43	0.2916	1.14E-08	9.30E-09	9.93E-10
3.33	0.3000	7.43E-09	8.32E-09	1.21E-08
3.24	0.3083	2.11E-10	4.36E-09	1.39E-09
3.16	0.3167	1.78E-08	1.62E-08	8.32E-10
3.08	0.3250	6.54E-09	8.28E-09	4.48E-09
3.00	0.3333	9.33E-09	2.54E-09	7.54E-09
2.93	0.3417	3.77E-09	7.47E-09	4.11E-09
2.86	0.3500	1.54E-09	4.06E-09	6.89E-09
2.79	0.3583	1.27E-08	1.66E-09	1.02E-08
2.73	0.3667	3.66E-08	1.23E-09	2.49E-08
2.67	0.3750	7.34E-09	4.24E-10	7.02E-09
2.61	0.3833	1.91E-08	1.62E-09	6.75E-09
2.55	0.3917	1.12E-08	3.85E-10	2.14E-09
2.50	0.4000	3.19E-09	6.40E-09	1.71E-08
2.45	0.4083	5.40E-09	4.54E-09	6.72E-09
2.40	0.4167	4.78E-09	8.30E-10	4.98E-09
2.35	0.4250	6.40E-09	1.16E-10	1.27E-08
2.31	0.4333	2.11E-09	4.37E-09	7.09E-09
2.26	0.4417	9.49E-10	2.69E-09	2.30E-09
2.22	0.4500	2.63E-09	9.07E-09	0
2.18	0.4583	1.41E-08	8.41E-10	8.38E-10
2.14	0.4667	2.95E-09	2.16E-09	7.94E-09
2.11	0.4750	6.23E-09	2.13E-09	4.89E-09
2.07	0.4833	1.49E-10	1.12E-09	5.69E-09
2.03	0.4917	9.59E-09	3.98E-10	1.37E-09
2.00	0.5000	1.01E-09	1.52E-09	2.69E-09



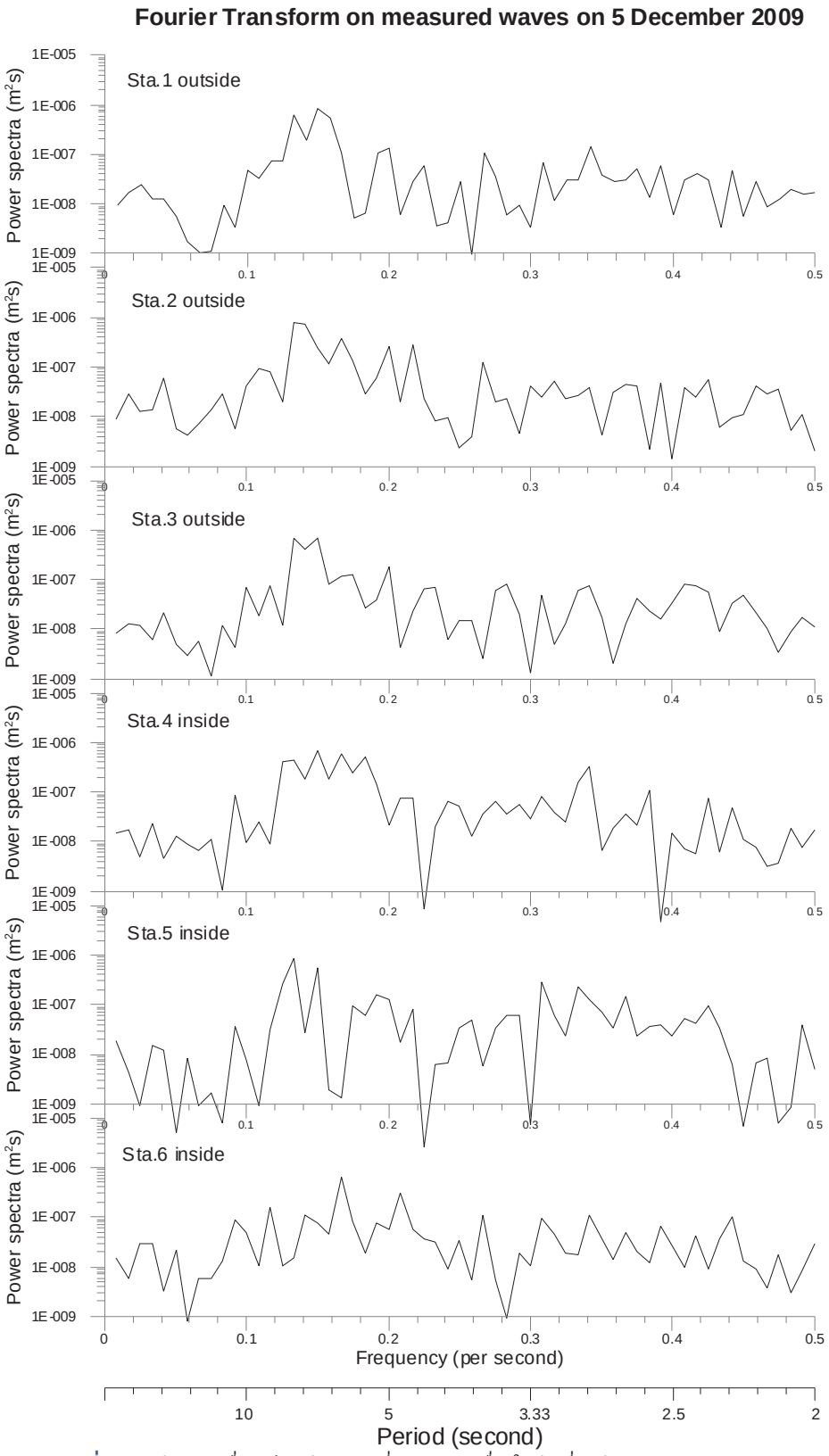
รูปที่ ก-6 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2552



รูปที่ ก-7 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2552

ตารางที่ ก-5 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 5 และ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2552

5 ธันวาคม 2552												
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
9:30	0.20	4.23	0.21	4.10	0.19	4.11	0.23	4.02	0.1866	3.78	0.20	4.07
10:30	0.20	4.19	0.21	4.29	0.19	4.22	0.23	4.10	0.1931	3.80	0.22	4.19
11:30	0.18	4.02	0.17	4.00	0.19	4.02	0.18	3.89	0.1647	3.81	0.18	3.96
12:30	0.15	4.05	0.15	4.10	0.16	4.04	0.17	3.81	0.1388	3.59	0.19	4.23
13:30	0.14	3.89	0.14	3.92	0.13	3.93	0.15	3.61	0.1253	3.63	0.17	4.17
14:30	0.14	3.78	0.13	3.83	0.14	4.01	0.14	3.57	0.1131	3.44	0.16	4.06
15:30	0.13	4.27	0.14	4.28	0.14	4.20	0.15	4.08	0.1177	3.75	0.14	4.55
16:30	0.11	4.93	0.12	4.86	0.12	5.04	0.12	4.78	0.1033	4.60	0.13	5.14
17:30	0.12	5.36	0.12	5.33	0.12	5.46	0.14	5.21	0.0995	5.08	0.13	5.26
18:30	0.12	5.63	0.13	5.66	0.12	5.61	0.13	5.55	0.0897	4.97	0.13	5.51
19:30	0.12	5.50	0.11	5.48	0.10	5.63	0.12	5.35	0.0801	4.75	0.12	5.54
เฉลี่ย	0.17	4.37	0.18	4.36	0.17	4.39	0.19	4.17	0.16	4.75	0.19	4.45
25ธันวาคม 2552												
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
10:30	0.09	5.62	0.07	5.27	0.09	5.71	0.09	5.50	0.08	5.43	0.09	5.30
11:30	0.09	5.51	0.08	5.25	0.09	5.69	0.09	5.56	0.09	5.59	0.09	5.47
12:30	0.09	5.48	0.08	5.37	0.10	5.69	0.09	5.60	0.08	5.65	0.09	5.58
13:30	0.09	5.23	0.09	5.16	0.10	5.61	0.08	5.41	0.09	5.50	0.08	5.43
14:30	0.10	5.07	0.08	4.71	0.10	5.63	0.09	5.19	0.09	5.38	0.09	5.33
15:30	0.09	5.03	0.07	4.68	0.10	5.61	0.09	5.32	0.09	5.33	0.09	5.30
16:30	0.10	4.29	0.10	3.77	0.11	5.07	0.09	4.52	0.09	4.53	0.09	4.52
17:30	0.11	4.61	0.09	4.04	0.12	5.33	0.09	4.76	0.09	4.66	0.09	4.58
18:30	0.10	4.66	0.09	4.26	0.11	5.12	0.08	4.89	0.09	4.71	0.08	4.71
19:30	0.11	4.65	0.09	4.15	0.11	5.11	0.09	4.87	0.09	4.82	0.10	4.85
เฉลี่ย	0.10	4.98	0.09	4.60	0.10	5.44	0.09	5.13	0.09	5.13	0.09	5.08

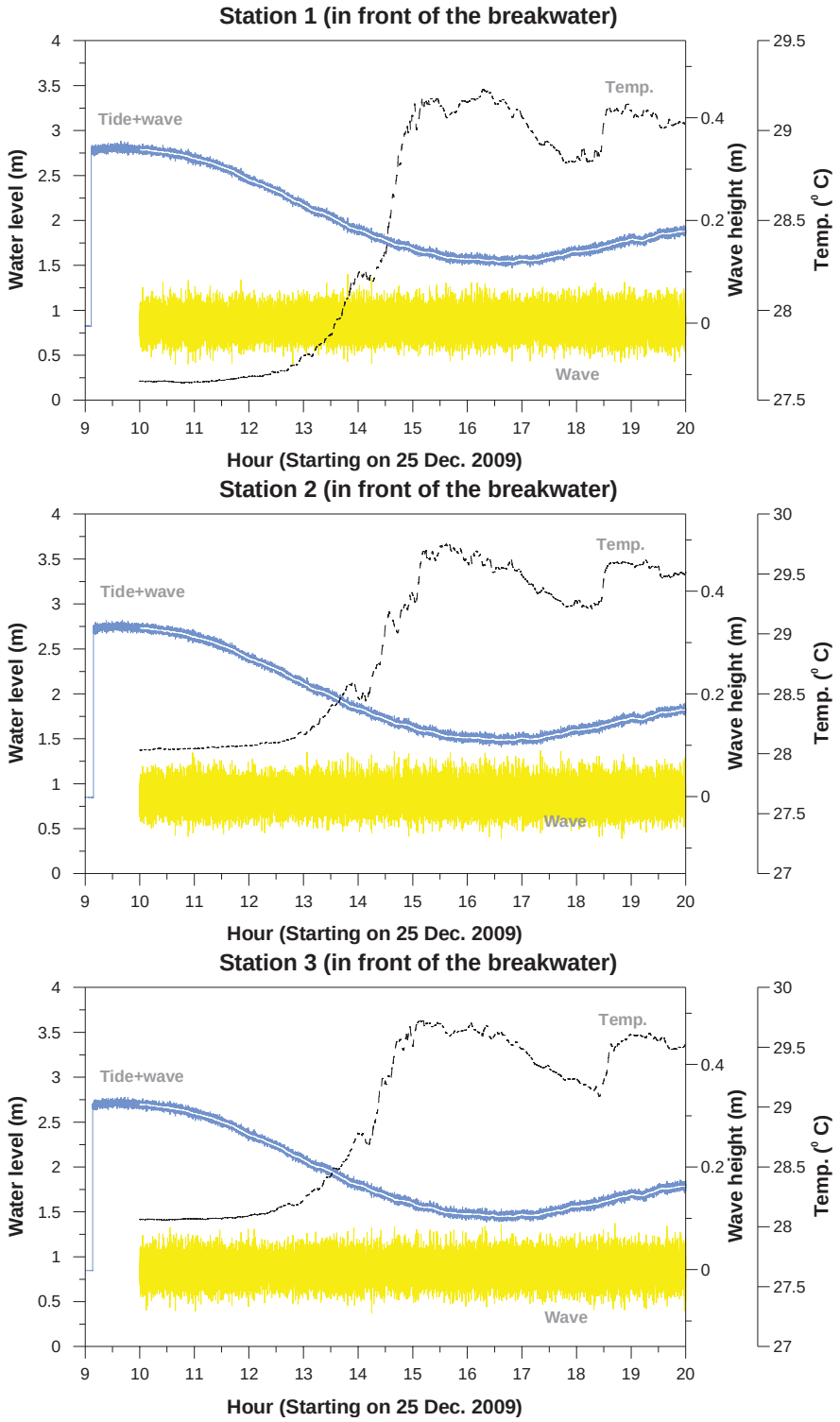


รูปที่ ก-8 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2552

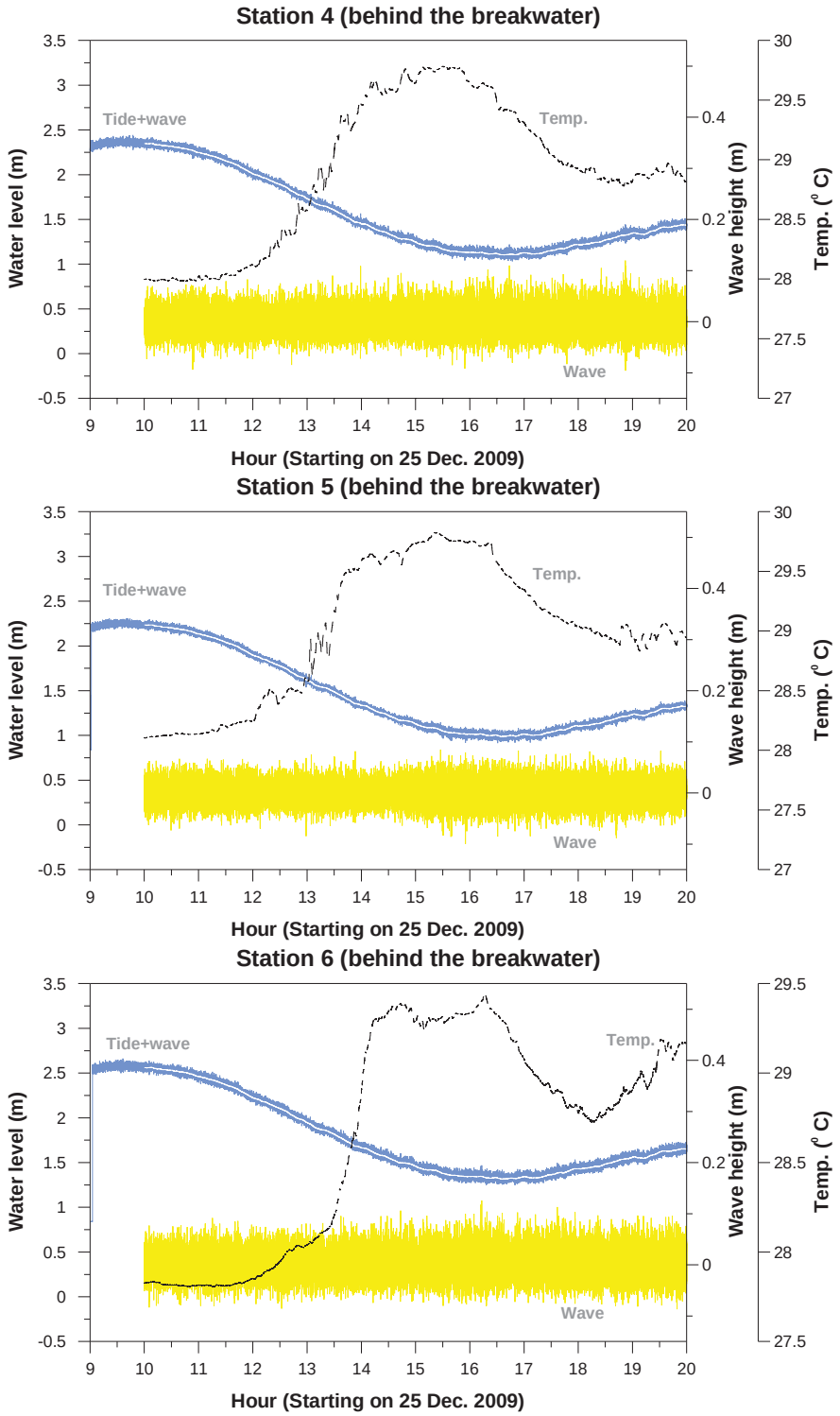
ตารางที่ ก-6 แสดงคาบคลื่น ความถี่คลื่น และพลังงาน จากการตรวจวัดคลื่นในวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ.2552

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
120.00	0.0083	9.35E-09	8.83E-09	8.41E-09	1.46E-08	1.85E-08	1.50E-08
60.00	0.0167	1.66E-08	2.86E-08	1.32E-08	1.77E-08	4.27E-09	5.81E-09
40.00	0.0250	2.46E-08	1.27E-08	1.19E-08	4.78E-09	9.16E-10	2.87E-08
30.00	0.0333	1.29E-08	1.34E-08	6.32E-09	2.31E-08	1.48E-08	2.86E-08
24.00	0.0417	1.26E-08	5.84E-08	2.10E-08	4.59E-09	1.21E-08	3.21E-09
20.00	0.0500	5.54E-09	5.78E-09	5.09E-09	1.29E-08	2.61E-10	2.14E-08
17.14	0.0583	1.72E-09	4.15E-09	3.04E-09	8.94E-09	8.61E-09	7.76E-10
15.00	0.0667	1.05E-09	7.11E-09	5.71E-09	6.42E-09	8.89E-10	5.60E-09
13.33	0.0750	1.14E-09	1.35E-08	1.16E-09	1.14E-08	1.61E-09	6.00E-09
12.00	0.0833	9.36E-09	2.88E-08	1.21E-08	1.08E-09	4.15E-10	1.26E-08
10.90	0.0917	3.48E-09	5.47E-09	4.19E-09	8.93E-08	3.52E-08	8.82E-08
10.00	0.1000	4.86E-08	4.15E-08	6.73E-08	9.63E-09	8.00E-09	4.79E-08
9.23	0.1083	3.40E-08	9.33E-08	1.89E-08	2.41E-08	9.18E-10	1.04E-08
8.57	0.1167	7.64E-08	7.88E-08	7.45E-08	8.88E-09	3.20E-08	1.59E-07
8.00	0.1250	7.42E-08	1.97E-08	1.16E-08	4.11E-07	2.57E-07	1.07E-08
7.50	0.1333	6.32E-07	8.08E-07	6.90E-07	4.47E-07	8.62E-07	1.46E-08
7.06	0.1417	1.90E-07	7.45E-07	4.15E-07	1.83E-07	2.74E-08	1.09E-07
6.67	0.1500	8.55E-07	2.50E-07	6.88E-07	6.66E-07	5.39E-07	7.74E-08
6.32	0.1583	5.33E-07	1.18E-07	8.13E-08	1.77E-07	1.93E-09	4.65E-08
6.00	0.1667	1.04E-07	3.78E-07	1.15E-07	5.75E-07	1.34E-09	6.44E-07
5.71	0.1750	5.07E-09	1.37E-07	1.21E-07	2.49E-07	9.79E-08	8.32E-08
5.45	0.1833	6.45E-09	2.78E-08	2.65E-08	5.07E-07	5.95E-08	1.93E-08
5.22	0.1917	1.11E-07	5.81E-08	3.74E-08	1.41E-07	1.59E-07	7.39E-08
5.00	0.2000	1.33E-07	2.65E-07	1.87E-07	2.22E-08	1.31E-07	5.68E-08
4.80	0.2083	6.18E-09	1.96E-08	4.16E-09	7.52E-08	1.69E-08	3.01E-07
4.62	0.2167	2.89E-08	2.85E-07	2.25E-08	7.31E-08	8.02E-08	5.50E-08
4.44	0.2250	6.11E-08	2.32E-08	6.62E-08	4.37E-10	1.36E-10	3.58E-08
4.29	0.2333	3.56E-09	8.32E-09	7.17E-08	2.07E-08	6.03E-09	3.22E-08
4.14	0.2417	4.11E-09	9.63E-09	6.08E-09	6.45E-08	6.69E-09	9.26E-09
4.00	0.2500	2.77E-08	2.41E-09	1.51E-08	5.05E-08	3.30E-08	3.43E-08
3.87	0.2583	9.81E-10	3.82E-09	1.51E-08	1.31E-08	4.96E-08	5.23E-09
3.75	0.2667	1.05E-07	1.23E-07	2.57E-09	3.52E-08	5.81E-09	1.14E-07
3.64	0.2750	3.54E-08	1.92E-08	5.83E-08	6.58E-08	3.26E-08	5.27E-09
3.53	0.2833	6.04E-09	2.37E-08	7.90E-08	3.63E-08	5.91E-08	9.28E-10
3.43	0.2916	9.67E-09	4.44E-09	1.94E-08	5.46E-08	6.18E-08	1.87E-08

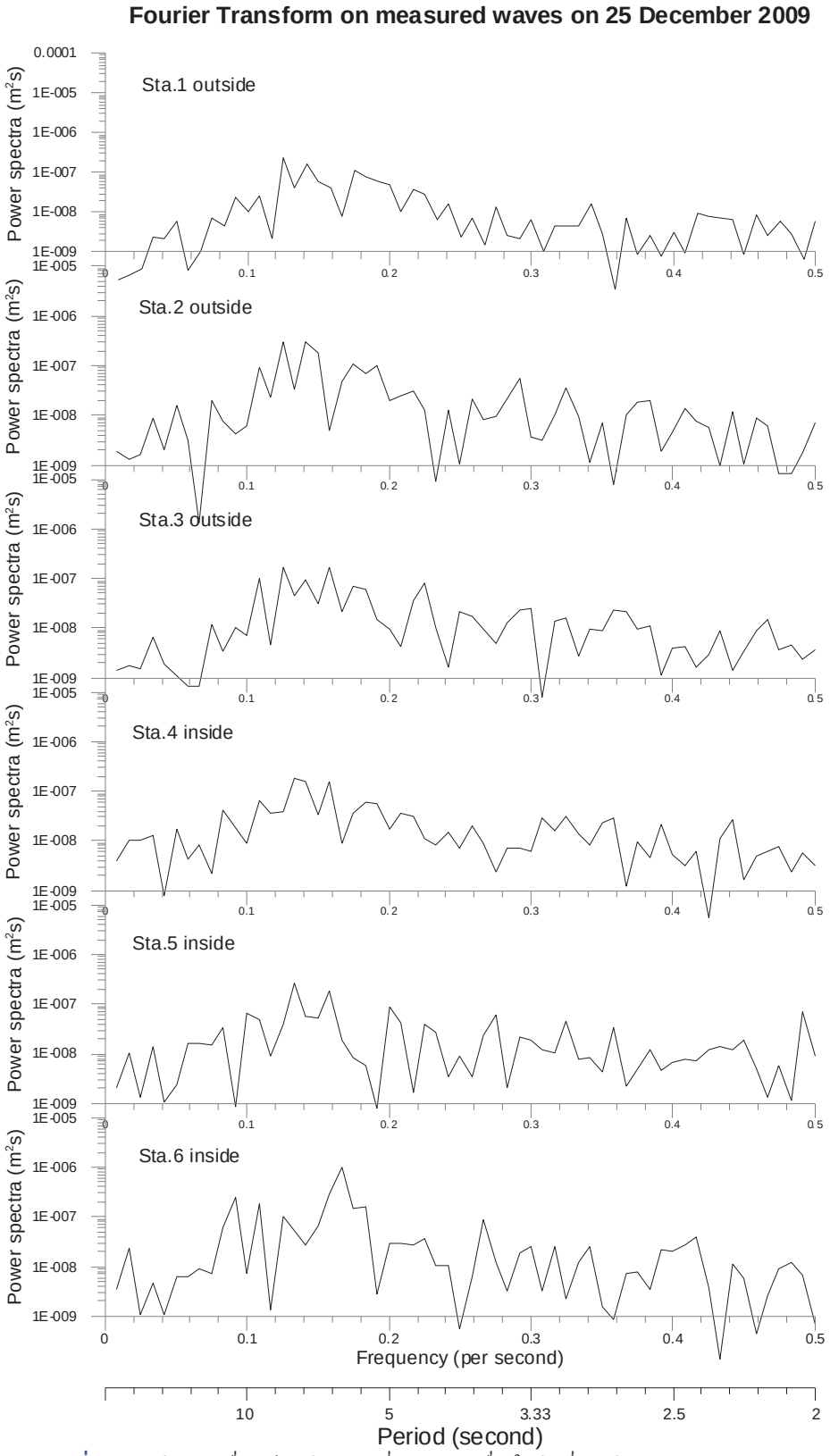
คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
3.33	0.3000	3.40E-09	4.01E-08	1.30E-09	2.87E-08	3.90E-10	1.01E-08
3.24	0.3083	7.10E-08	2.40E-08	4.88E-08	7.88E-08	2.92E-07	9.54E-08
3.16	0.3167	1.18E-08	5.27E-08	5.03E-09	3.98E-08	6.29E-08	4.42E-08
3.08	0.3250	2.97E-08	2.35E-08	1.32E-08	2.46E-08	2.30E-08	1.94E-08
3.00	0.3333	2.96E-08	2.65E-08	6.06E-08	1.60E-07	2.22E-07	1.74E-08
2.93	0.3417	1.43E-07	3.80E-08	7.54E-08	3.19E-07	1.26E-07	1.13E-07
2.86	0.3500	3.76E-08	4.12E-09	1.72E-08	6.86E-09	6.90E-08	3.66E-08
2.79	0.3583	2.94E-08	3.08E-08	2.10E-09	1.92E-08	3.35E-08	1.43E-08
2.73	0.3667	3.02E-08	4.51E-08	1.32E-08	3.59E-08	1.44E-07	4.78E-08
2.67	0.3750	5.12E-08	4.28E-08	4.24E-08	2.19E-08	2.25E-08	2.00E-08
2.61	0.3833	1.38E-08	2.21E-09	2.29E-08	1.07E-07	3.54E-08	1.19E-08
2.55	0.3917	6.09E-08	4.89E-08	1.65E-08	2.40E-10	3.82E-08	6.56E-08
2.50	0.4000	6.22E-09	1.39E-09	3.41E-08	1.44E-08	2.33E-08	2.80E-08
2.45	0.4083	2.95E-08	3.87E-08	8.24E-08	6.91E-09	5.13E-08	9.68E-09
2.40	0.4167	4.10E-08	2.43E-08	7.60E-08	5.87E-09	4.20E-08	4.27E-08
2.35	0.4250	2.98E-08	5.62E-08	5.43E-08	7.56E-08	9.31E-08	9.00E-09
2.31	0.4333	3.36E-09	5.94E-09	8.67E-09	6.24E-09	3.41E-08	3.69E-08
2.26	0.4417	4.87E-08	9.41E-09	3.26E-08	4.67E-08	6.08E-09	9.89E-08
2.22	0.4500	5.46E-09	1.10E-08	4.69E-08	1.15E-08	3.64E-10	1.30E-08
2.18	0.4583	2.77E-08	4.09E-08	2.12E-08	7.72E-09	6.85E-09	8.94E-09
2.14	0.4667	8.84E-09	2.82E-08	1.06E-08	3.20E-09	8.49E-09	3.75E-09
2.11	0.4750	1.29E-08	3.44E-08	3.36E-09	3.62E-09	3.97E-10	1.81E-08
2.07	0.4833	2.02E-08	5.23E-09	8.73E-09	1.86E-08	8.72E-10	2.97E-09
2.03	0.4917	1.57E-08	1.09E-08	1.70E-08	7.81E-09	3.84E-08	8.50E-09
2.00	0.5000	1.65E-08	1.97E-09	1.13E-08	1.74E-08	4.83E-09	3.00E-08



รูปที่ ก-9 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2552



รูปที่ ก-10 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2552

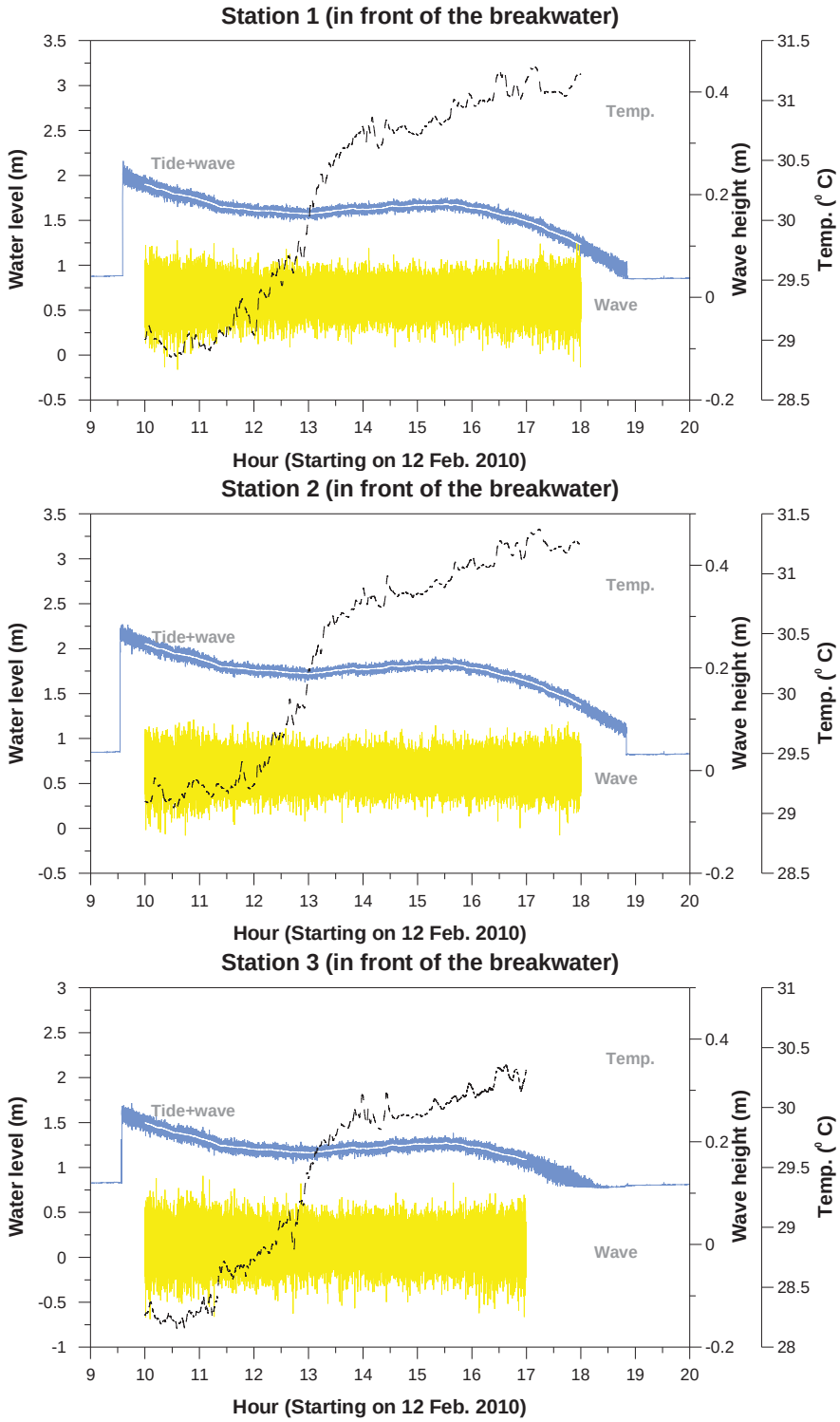


รูปที่ ก-11 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2552

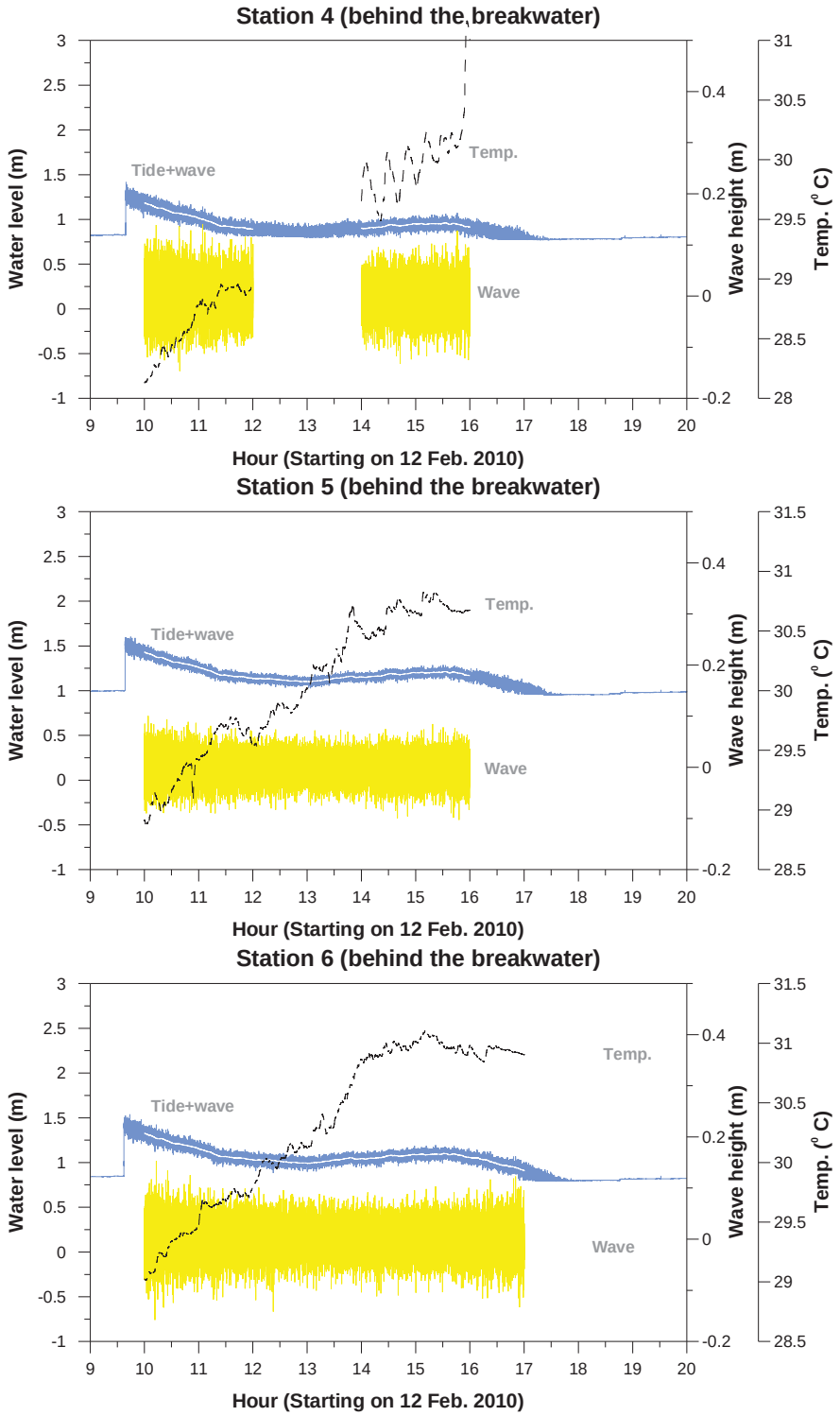
ตารางที่ ก-7 แสดงคาบคลื่น ความถี่คลื่น และพลังงาน จากการตรวจวัดคลื่นในวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ.2552

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
120.00	0.0083	2.07E-10	1.84E-09	1.43E-09	4.04E-09	2.03E-09	3.44E-09
60.00	0.0167	2.56E-10	1.32E-09	1.74E-09	1.06E-08	1.05E-08	2.27E-08
40.00	0.0250	3.69E-10	1.62E-09	1.52E-09	1.01E-08	1.37E-09	1.10E-09
30.00	0.0333	2.32E-09	8.54E-09	6.65E-09	1.30E-08	1.38E-08	4.64E-09
24.00	0.0417	2.22E-09	2.00E-09	1.89E-09	7.82E-10	1.04E-09	1.04E-09
20.00	0.0500	6.26E-09	1.57E-08	0.0	1.67E-08	2.35E-09	6.26E-09
17.14	0.0583	3.53E-10	3.23E-09	6.90E-10	4.22E-09	1.66E-08	6.22E-09
15.00	0.0667	1.04E-09	7.08E-11	6.84E-10	8.17E-09	1.58E-08	9.14E-09
13.33	0.0750	7.04E-09	2.02E-08	1.21E-08	2.12E-09	1.52E-08	7.04E-09
12.00	0.0833	4.73E-09	7.73E-09	3.31E-09	4.09E-08	3.44E-08	6.28E-08
10.90	0.0917	2.42E-08	4.32E-09	9.96E-09	0	8.72E-10	2.47E-07
10.00	0.1000	1.02E-08	6.27E-09	7.28E-09	8.82E-09	6.56E-08	7.43E-09
9.23	0.1083	2.54E-08	8.99E-08	1.04E-07	6.51E-08	4.88E-08	1.83E-07
8.57	0.1167	2.23E-09	2.34E-08	4.67E-09	3.71E-08	8.99E-09	1.35E-09
8.00	0.1250	2.47E-07	2.91E-07	1.69E-07	3.84E-08	3.85E-08	1.03E-07
7.50	0.1333	4.08E-08	3.24E-08	4.34E-08	1.77E-07	2.66E-07	5.17E-08
7.06	0.1417	1.69E-07	3.11E-07	9.59E-08	1.56E-07	5.60E-08	2.75E-08
6.67	0.1500	5.75E-08	1.77E-07	3.11E-08	3.24E-08	5.38E-08	6.64E-08
6.32	0.1583	4.04E-08	4.90E-09	1.66E-07	1.57E-07	1.80E-07	2.90E-07
6.00	0.1667	8.12E-09	4.63E-08	2.12E-08	8.85E-09	1.86E-08	1.03E-06
5.71	0.1750	1.17E-07	1.08E-07	6.75E-08	3.51E-08	8.32E-09	1.44E-07
5.45	0.1833	8.17E-08	6.71E-08	5.80E-08	6.15E-08	5.59E-09	1.57E-07
5.22	0.1917	6.18E-08	9.82E-08	1.49E-08	5.79E-08	7.84E-10	2.78E-09
5.00	0.2000	4.87E-08	2.00E-08	9.45E-09	1.67E-08	9.08E-08	3.01E-08
4.80	0.2083	1.09E-08	2.52E-08	4.38E-09	3.57E-08	4.21E-08	2.99E-08
4.62	0.2167	3.68E-08	3.19E-08	3.48E-08	3.20E-08	1.60E-09	2.67E-08
4.44	0.2250	2.75E-08	1.23E-08	8.19E-08	1.13E-08	3.78E-08	3.78E-08
4.29	0.2333	6.43E-09	4.74E-10	1.06E-08	8.54E-09	2.75E-08	1.01E-08
4.14	0.2417	1.72E-08	1.26E-08	1.58E-09	1.45E-08	3.41E-09	1.08E-08
4.00	0.2500	2.31E-09	1.02E-09	2.17E-08	6.96E-09	9.19E-09	5.51E-10
3.87	0.2583	7.07E-09	2.11E-08	1.69E-08	1.95E-08	3.42E-09	6.10E-09
3.75	0.2667	1.54E-09	8.03E-09	0	9.01E-09	2.35E-08	8.74E-08
3.64	0.2750	1.34E-08	9.54E-09	5.07E-09	2.44E-09	6.10E-08	1.22E-08
3.53	0.2833	2.74E-09	0	1.28E-08	7.13E-09	2.11E-09	3.21E-09
3.43	0.2916	2.10E-09	5.44E-08	2.39E-08	7.09E-09	2.24E-08	1.84E-08

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
3.33	0.3000	6.31E-09	3.70E-09	2.52E-08	5.97E-09	1.86E-08	2.61E-08
3.24	0.3083	1.07E-09	3.18E-09	3.90E-10	2.84E-08	1.16E-08	3.13E-09
3.16	0.3167	4.67E-09	9.95E-09	1.36E-08	1.57E-08	1.07E-08	2.45E-08
3.08	0.3250	4.58E-09	3.45E-08	1.56E-08	3.17E-08	4.54E-08	2.25E-09
3.00	0.3333	4.76E-09	9.62E-09	2.74E-09	1.35E-08	7.82E-09	1.24E-08
2.93	0.3417	1.64E-08	1.14E-09	9.47E-09	8.02E-09	8.51E-09	2.46E-08
2.86	0.3500	2.95E-09	7.08E-09	9.02E-09	2.34E-08	4.34E-09	1.52E-09
2.79	0.3583	1.14E-10	4.11E-10	2.30E-08	2.97E-08	3.47E-08	8.81E-10
2.73	0.3667	6.93E-09	1.00E-08	2.16E-08	1.22E-09	2.20E-09	7.39E-09
2.67	0.3750	8.67E-10	1.87E-08	9.85E-09	9.67E-09	0	7.66E-09
2.61	0.3833	2.73E-09	2.04E-08	1.11E-08	4.63E-09	1.20E-08	3.57E-09
2.55	0.3917	8.24E-10	1.92E-09	1.15E-09	2.10E-08	4.49E-09	2.26E-08
2.50	0.4000	3.11E-09	4.53E-09	3.91E-09	5.16E-09	6.53E-09	2.08E-08
2.45	0.4083	9.93E-10	1.41E-08	4.36E-09	3.21E-09	7.50E-09	2.72E-08
2.40	0.4167	9.45E-09	7.48E-09	1.58E-09	6.18E-09	6.96E-09	4.00E-08
2.35	0.4250	7.87E-09	5.74E-09	2.93E-09	2.85E-10	1.18E-08	3.60E-09
2.31	0.4333	0	9.55E-10	8.63E-09	1.14E-08	1.39E-08	1.35E-10
2.26	0.4417	6.40E-09	1.20E-08	1.42E-09	2.62E-08	1.24E-08	1.10E-08
2.22	0.4500	8.85E-10	1.06E-09	3.36E-09	1.65E-09	1.84E-08	5.99E-09
2.18	0.4583	8.55E-09	8.90E-09	9.13E-09	5.05E-09	4.85E-09	4.30E-10
2.14	0.4667	2.51E-09	6.00E-09	1.43E-08	0	1.32E-09	2.65E-09
2.11	0.4750	5.82E-09	6.82E-10	3.59E-09	7.91E-09	5.68E-09	8.99E-09
2.07	0.4833	2.99E-09	6.72E-10	4.55E-09	2.44E-09	1.14E-09	1.17E-08
2.03	0.4917	6.89E-10	1.69E-09	2.43E-09	5.78E-09	7.14E-08	6.64E-09
2.00	0.5000	6.23E-09	6.95E-09	3.76E-09	3.22E-09	9.22E-09	6.84E-10



รูปที่ ก-12 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

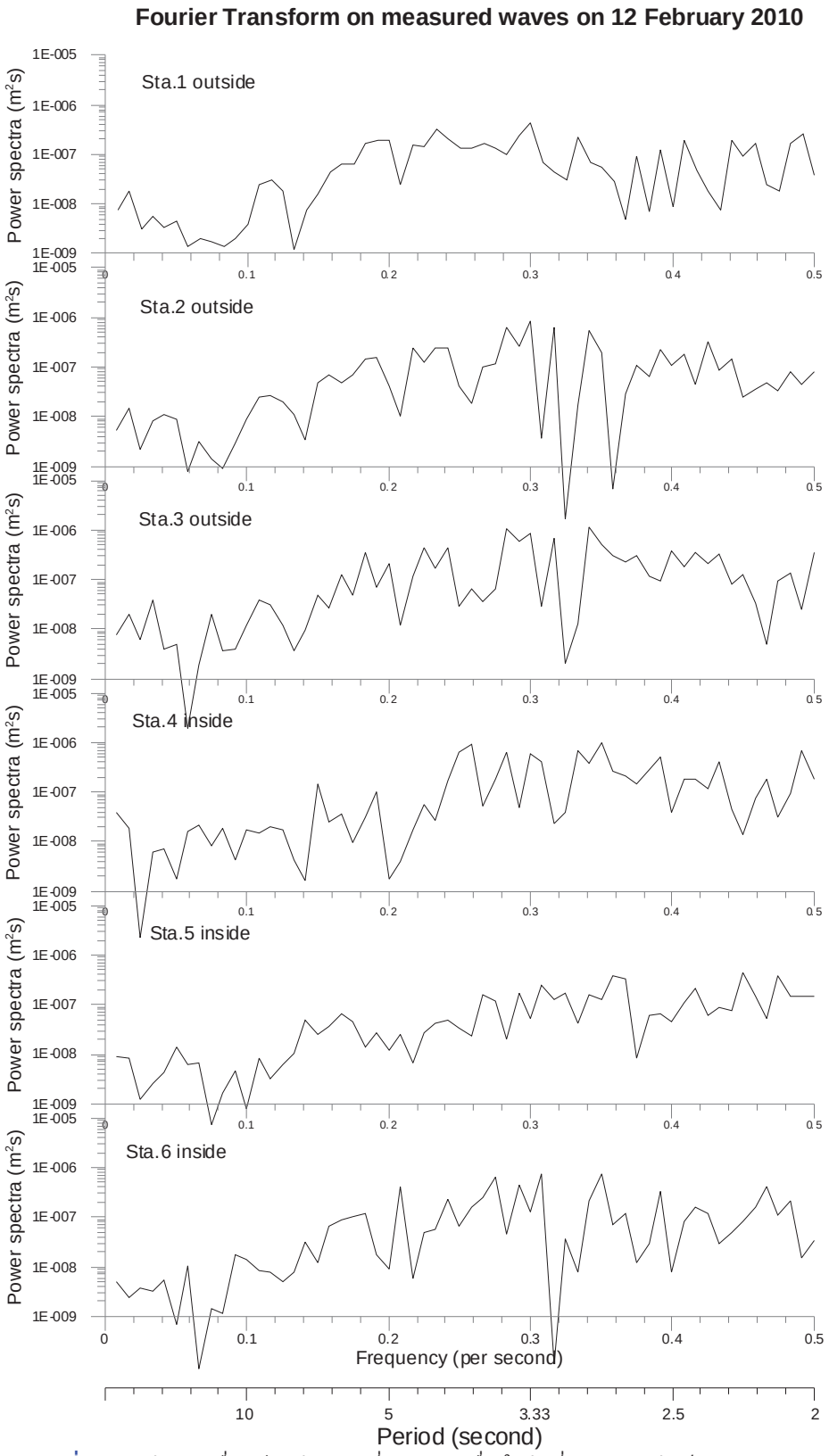


รูปที่ ก-13 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-8 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 12 และ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

12 กุมภาพันธ์ 2553												
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
10:30	0.13	3.22	0.12	3.26	0.14	3.10	-	-	0.09	2.89	0.16	3.17
11:30	0.11	3.18	0.11	3.24	0.14	3.11	0.14	3.16	0.09	2.90	0.12	3.22
12:30	0.10	3.17	0.10	3.17	0.12	3..07	-	-	0.08	2.95	0.12	3.20
13:30	0.09	3.25	0.09	3.20	0.11	3.12	-	-	0.09	2.86	0.11	3.20
14:30	0.10	3.12	0.09	3.13	0.11	3.03	0.13	3.01	0.10	2.76	0.11	3.15
15:30	0.09	3.00	0.10	2.98	0.12	2.90	0.13	2.86	-	-	0.12	2.98
16:30	0.11	2.84	0.10	2.89	0.13	2.76	-	-	-	-	0.14	2.89
17:30	0.13	2.76	0.11	2.80	-	-	-	-	-	-	-	-
18:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เฉลี่ย	0.12	3.06	0.11	3.07	0.13	3.01	0.13	3.00	0.09	2.87	0.14	3.11

18 กุมภาพันธ์ 2553												
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
16:30	-	-	-	-	-	-	0.17	4.03	-	-	-	-
17:30	0.21	3.29	0.24	3.14	0.22	3.15	0.19	3.58	0.16	3.27	0.22	3.81
18:30	0.26	3.13	0.28	3.01	0.29	2.98	0.24	3.30	0.21	3.08	0.26	3.37
19:30	0.29	3.23	0.33	3.16	0.32	3.16	0.29	3.23	0.25	3.24	0.30	3.33
20:30	0.34	3.37	0.39	3.31	0.38	3.33	0.33	3.47	0.25	3.35	0.32	3.47
21:30	0.36	3.48	0.39	3.43	0.38	3.44	0.33	3.60	0.27	3.44	0.33	3.54
22:30	0.38	3.50	0.41	3.41	0.40	3.48	0.33	3.68	0.27	3.46	0.32	3.64
23:30	-	-	-	-	-	-	0.31	3.70	0.24	3.46	-	-
เฉลี่ย	0.34	3.32	0.36	3.23	0.36	3.25	0.30	3.56	0.24	3.32	0.30	3.52

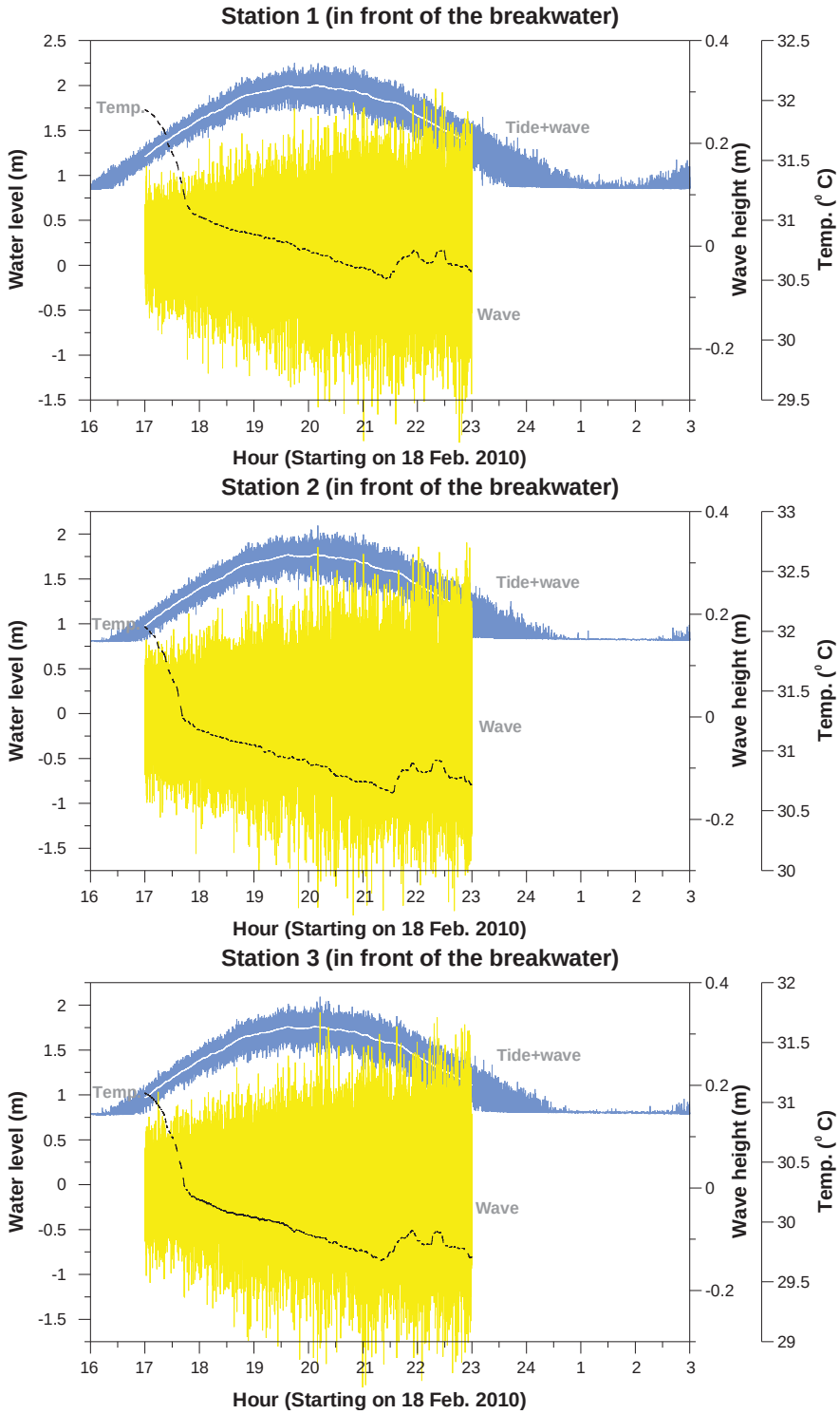


รูปที่ ก-14 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

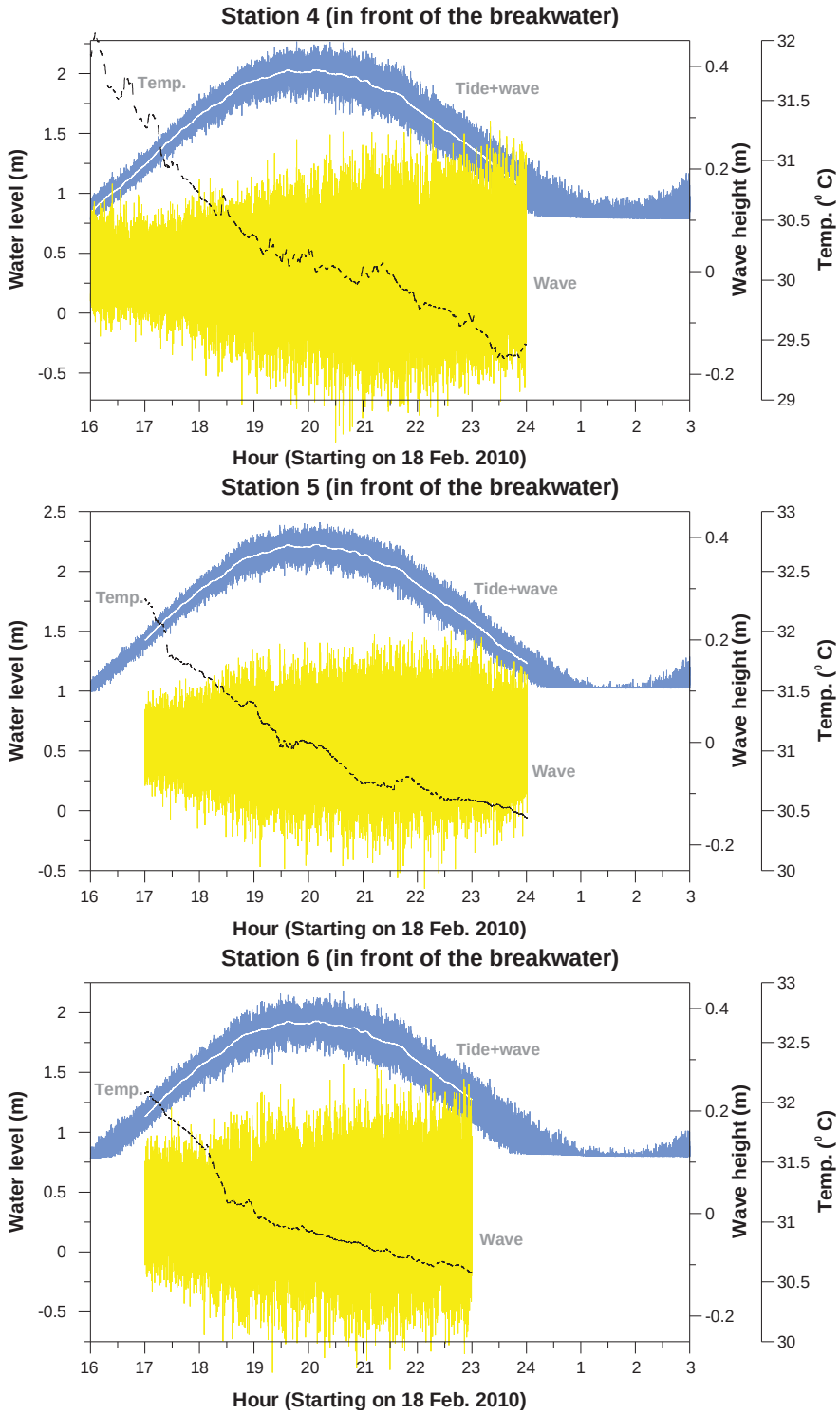
ตารางที่ ก-9 แสดงคาบคลื่น ความถี่คลื่น และพลังงาน จากการตรวจวัดคลื่นในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
120.00	0.0083	7.41E-09	5.26E-09	7.56E-09	3.80E-08	9.01E-09	4.87E-09
60.00	0.0167	1.79E-08	1.49E-08	1.94E-08	1.91E-08	8.51E-09	2.32E-09
40.00	0.0250	3.17E-09	2.21E-09	6.05E-09	1.20E-10	1.19E-09	3.80E-09
30.00	0.0333	5.65E-09	8.15E-09	3.73E-08	5.99E-09	2.62E-09	3.22E-09
24.00	0.0417	3.45E-09	1.11E-08	4.08E-09	7.02E-09	4.20E-09	5.21E-09
20.00	0.0500	4.37E-09	9.14E-09	4.82E-09	1.81E-09	1.41E-08	6.69E-10
17.14	0.0583	1.36E-09	8.04E-10	1.02E-10	1.58E-08	6.05E-09	1.06E-08
15.00	0.0667	2.07E-09	3.20E-09	1.95E-09	2.22E-08	6.66E-09	9.05E-11
13.33	0.0750	1.74E-09	1.45E-09	1.92E-08	8.31E-09	3.79E-10	1.47E-09
12.00	0.0833	1.37E-09	9.20E-10	3.75E-09	1.89E-08	1.67E-09	1.18E-09
10.90	0.0917	1.97E-09	2.88E-09	3.97E-09	4.32E-09	4.63E-09	1.77E-08
10.00	0.1000	4.04E-09	8.85E-09	1.15E-08	1.75E-08	7.76E-10	1.36E-08
9.23	0.1083	2.40E-08	2.41E-08	3.93E-08	1.47E-08	8.43E-09	8.06E-09
8.57	0.1167	3.09E-08	2.71E-08	3.21E-08	2.03E-08	3.09E-09	7.70E-09
8.00	0.1250	1.82E-08	1.91E-08	1.16E-08	1.77E-08	6.28E-09	5.16E-09
7.50	0.1333	1.23E-09	1.10E-08	3.66E-09	4.28E-09	1.06E-08	7.95E-09
7.06	0.1417	7.73E-09	3.48E-09	9.24E-09	1.63E-09	4.78E-08	3.18E-08
6.67	0.1500	1.62E-08	4.90E-08	4.89E-08	1.48E-07	2.44E-08	1.18E-08
6.32	0.1583	4.37E-08	6.79E-08	2.67E-08	2.48E-08	3.56E-08	6.57E-08
6.00	0.1667	6.41E-08	4.72E-08	1.26E-07	3.61E-08	6.39E-08	8.90E-08
5.71	0.1750	6.59E-08	6.98E-08	4.81E-08	9.57E-09	4.41E-08	1.01E-07
5.45	0.1833	1.66E-07	1.43E-07	3.56E-07	3.08E-08	1.37E-08	1.22E-07
5.22	0.1917	1.90E-07	1.55E-07	6.85E-08	1.03E-07	2.62E-08	1.76E-08
5.00	0.2000	1.86E-07	4.17E-08	2.14E-07	1.79E-09	1.22E-08	9.12E-09
4.80	0.2083	2.40E-08	1.03E-08	1.15E-08	3.86E-09	2.58E-08	4.22E-07
4.62	0.2167	1.50E-07	2.35E-07	1.15E-07	1.77E-08	6.69E-09	5.64E-09
4.44	0.2250	1.46E-07	1.21E-07	4.34E-07	5.61E-08	2.64E-08	5.00E-08
4.29	0.2333	3.18E-07	2.35E-07	1.67E-07	2.69E-08	4.22E-08	5.49E-08
4.14	0.2417	2.06E-07	2.48E-07	4.41E-07	1.67E-07	4.72E-08	2.28E-07
4.00	0.2500	1.37E-07	4.26E-08	2.79E-08	6.35E-07	3.27E-08	6.77E-08
3.87	0.2583	1.31E-07	1.87E-08	6.23E-08	9.01E-07	2.33E-08	1.59E-07
3.75	0.2667	1.70E-07	1.00E-07	3.71E-08	5.34E-08	1.58E-07	2.46E-07
3.64	0.2750	1.29E-07	1.13E-07	6.58E-08	1.87E-07	1.21E-07	6.20E-07
3.53	0.2833	1.02E-07	6.35E-07	1.07E-06	6.27E-07	2.02E-08	4.42E-08

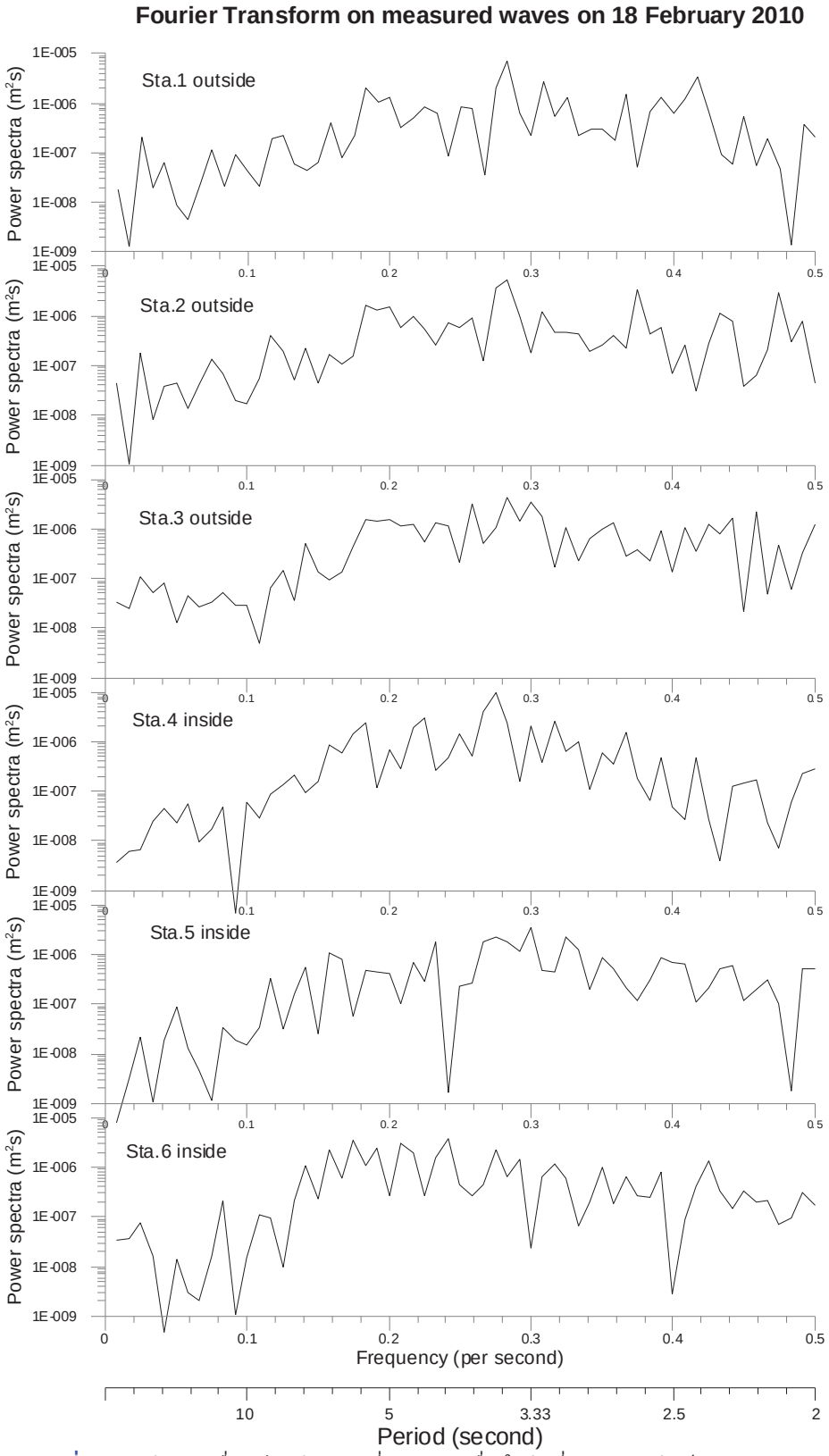
คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
3.43	0.2916	2.44E-07	2.62E-07	5.87E-07	4.73E-08	1.70E-07	4.50E-07
3.33	0.3000	4.49E-07	8.73E-07	8.20E-07	5.97E-07	5.06E-08	1.23E-07
3.24	0.3083	6.99E-08	3.73E-09	2.78E-08	4.22E-07	2.44E-07	7.71E-07
3.16	0.3167	4.43E-08	6.53E-07	6.64E-07	2.32E-08	1.30E-07	1.11E-10
3.08	0.3250	3.14E-08	8.69E-11	1.97E-09	3.91E-08	1.74E-07	3.63E-08
3.00	0.3333	2.24E-07	1.67E-08	1.32E-08	6.89E-07	4.14E-08	7.65E-09
2.93	0.3417	6.94E-08	5.25E-07	1.12E-06	3.84E-07	1.62E-07	2.13E-07
2.86	0.3500	5.58E-08	1.94E-07	5.14E-07	1.02E-06	1.29E-07	7.26E-07
2.79	0.3583	2.75E-08	3.38E-10	3.03E-07	2.71E-07	3.80E-07	7.02E-08
2.73	0.3667	4.84E-09	2.93E-08	2.21E-07	2.10E-07	3.23E-07	1.16E-07
2.67	0.3750	9.33E-08	1.06E-07	3.05E-07	1.50E-07	8.23E-09	1.21E-08
2.61	0.3833	6.88E-09	6.37E-08	1.16E-07	2.74E-07	6.03E-08	2.97E-08
2.55	0.3917	1.28E-07	2.18E-07	9.27E-08	4.96E-07	6.46E-08	3.20E-07
2.50	0.4000	8.77E-09	1.10E-07	3.80E-07	3.80E-08	4.52E-08	7.90E-09
2.45	0.4083	1.94E-07	1.79E-07	1.82E-07	1.88E-07	1.09E-07	8.46E-08
2.40	0.4167	4.74E-08	4.35E-08	3.60E-07	1.82E-07	2.15E-07	1.59E-07
2.35	0.4250	1.79E-08	3.27E-07	2.15E-07	1.20E-07	6.08E-08	1.17E-07
2.31	0.4333	7.68E-09	8.58E-08	3.37E-07	4.17E-07	8.75E-08	2.98E-08
2.26	0.4417	1.86E-07	1.43E-07	7.86E-08	4.51E-08	7.31E-08	4.74E-08
2.22	0.4500	9.41E-08	2.51E-08	1.24E-07	1.38E-08	4.28E-07	8.06E-08
2.18	0.4583	1.61E-07	3.60E-08	3.39E-08	7.63E-08	1.45E-07	1.56E-07
2.14	0.4667	2.46E-08	4.68E-08	4.95E-09	1.88E-07	5.09E-08	4.27E-07
2.11	0.4750	1.78E-08	3.37E-08	9.01E-08	3.15E-08	3.75E-07	1.11E-07
2.07	0.4833	1.63E-07	8.09E-08	1.33E-07	9.70E-08	1.44E-07	2.10E-07
2.03	0.4917	2.63E-07	4.29E-08	2.44E-08	6.83E-07	1.43E-07	1.51E-08
2.00	0.5000	3.90E-08	7.99E-08	3.56E-07	1.84E-07	1.46E-07	3.43E-08



รูปที่ ก-15 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553



รูปที่ ก-16 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

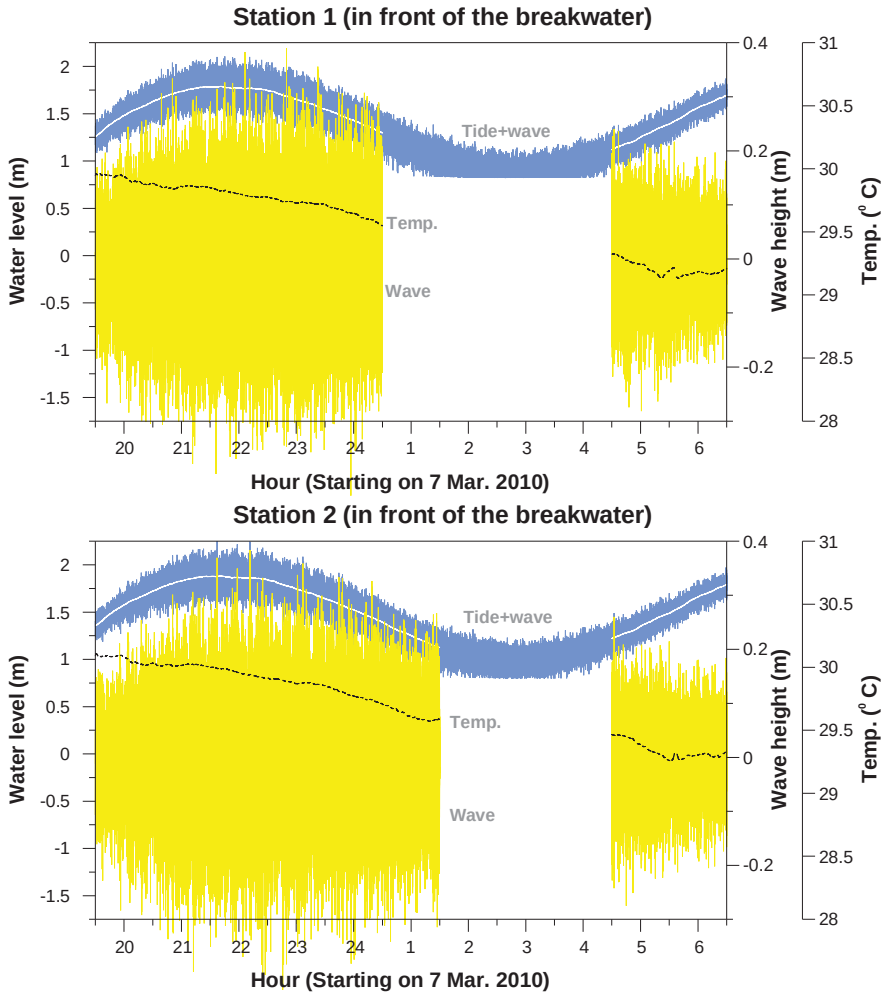


รูปที่ ก-17 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

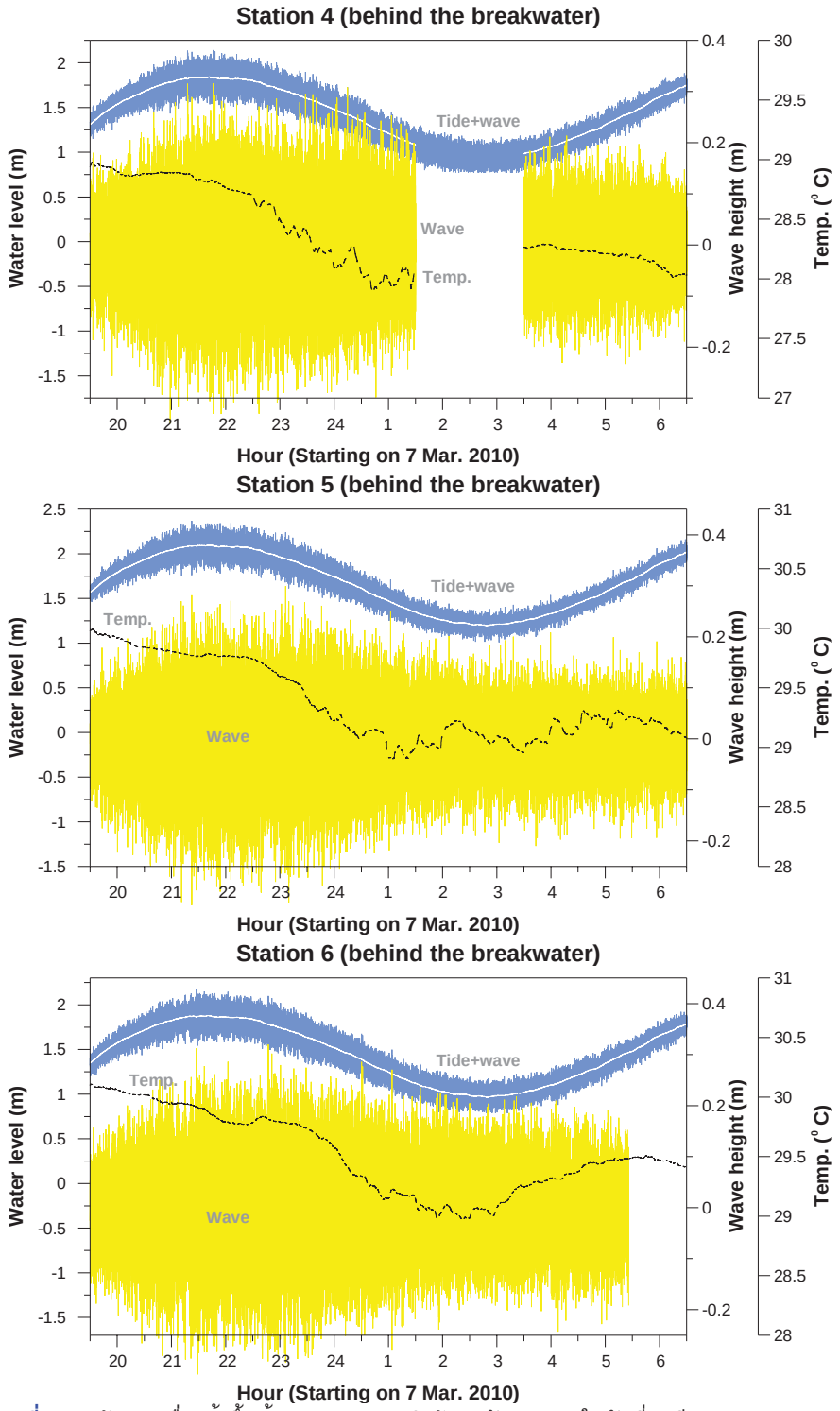
ตารางที่ ก-10 แสดงคาบคลื่น ความถี่คลื่น และพลังงาน จากการตรวจวัดคลื่นในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
120.00	0.0083	1.77E-08	4.35E-08	3.41E-08	3.71E-09	4.01E-10	3.37E-08
60.00	0.0167	1.33E-09	1.01E-09	2.56E-08	6.17E-09	3.24E-09	3.74E-08
40.00	0.0250	2.03E-07	1.77E-07	1.09E-07	6.67E-09	2.14E-08	7.66E-08
30.00	0.0333	1.90E-08	8.47E-09	5.18E-08	2.41E-08	1.07E-09	1.63E-08
24.00	0.0417	6.28E-08	3.71E-08	8.30E-08	4.51E-08	1.83E-08	4.60E-10
20.00	0.0500	8.68E-09	4.29E-08	1.27E-08	2.32E-08	8.84E-08	1.40E-08
17.14	0.0583	4.41E-09	1.38E-08	4.37E-08	5.48E-08	1.34E-08	3.02E-09
15.00	0.0667	2.41E-08	4.17E-08	2.58E-08	9.34E-09	4.65E-09	2.05E-09
13.33	0.0750	1.17E-07	1.31E-07	3.43E-08	1.69E-08	1.12E-09	1.64E-08
12.00	0.0833	2.16E-08	6.94E-08	5.27E-08	4.68E-08	3.37E-08	2.11E-07
10.90	0.0917	9.52E-08	1.94E-08	2.86E-08	3.44E-10	1.82E-08	1.09E-09
10.00	0.1000	4.22E-08	1.65E-08	2.86E-08	6.05E-08	1.47E-08	1.48E-08
9.23	0.1083	2.18E-08	5.75E-08	4.85E-09	2.85E-08	3.31E-08	1.08E-07
8.57	0.1167	1.93E-07	3.97E-07	6.51E-08	8.85E-08	3.22E-07	9.80E-08
8.00	0.1250	2.16E-07	2.01E-07	1.41E-07	1.39E-07	3.19E-08	9.68E-09
7.50	0.1333	5.81E-08	5.14E-08	3.65E-08	2.12E-07	1.64E-07	2.16E-07
7.06	0.1417	4.38E-08	2.18E-07	5.25E-07	9.32E-08	5.41E-07	1.06E-06
6.67	0.1500	6.52E-08	4.58E-08	1.32E-07	1.62E-07	2.51E-08	2.30E-07
6.32	0.1583	4.02E-07	1.71E-07	9.07E-08	8.37E-07	1.05E-06	2.33E-06
6.00	0.1667	8.08E-08	1.10E-07	1.39E-07	5.98E-07	8.02E-07	6.07E-07
5.71	0.1750	2.26E-07	1.56E-07	4.50E-07	1.45E-06	5.55E-08	3.53E-06
5.45	0.1833	2.06E-06	1.62E-06	1.53E-06	2.37E-06	4.92E-07	1.08E-06
5.22	0.1917	1.03E-06	1.36E-06	1.38E-06	1.15E-07	4.41E-07	2.39E-06
5.00	0.2000	1.34E-06	1.47E-06	1.54E-06	6.72E-07	4.06E-07	2.73E-07
4.80	0.2083	3.30E-07	5.74E-07	1.10E-06	2.91E-07	1.05E-07	2.95E-06
4.62	0.2167	5.20E-07	9.85E-07	1.27E-06	1.88E-06	7.13E-07	1.87E-06
4.44	0.2250	8.49E-07	5.49E-07	5.59E-07	2.91E-06	2.85E-07	2.58E-07
4.29	0.2333	6.37E-07	2.54E-07	1.36E-06	2.73E-07	1.83E-06	1.52E-06
4.14	0.2417	8.62E-08	7.25E-07	1.14E-06	4.71E-07	1.70E-09	3.86E-06
4.00	0.2500	8.16E-07	5.96E-07	2.05E-07	1.42E-06	2.25E-07	4.35E-07
3.87	0.2583	7.77E-07	9.22E-07	3.24E-06	5.09E-07	2.55E-07	2.68E-07
3.75	0.2667	3.55E-08	1.26E-07	5.08E-07	3.99E-06	1.73E-06	4.44E-07
3.64	0.2750	2.00E-06	3.63E-06	1.06E-06	9.47E-06	2.20E-06	2.32E-06
3.53	0.2833	6.98E-06	5.30E-06	4.18E-06	2.42E-06	1.83E-06	6.62E-07

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
3.43	0.2916	6.31E-07	9.64E-07	1.43E-06	1.56E-07	1.14E-06	1.44E-06
3.33	0.3000	2.17E-07	1.82E-07	3.42E-06	2.09E-06	3.46E-06	2.43E-08
3.24	0.3083	2.68E-06	1.26E-06	1.83E-06	3.94E-07	4.92E-07	6.24E-07
3.16	0.3167	5.38E-07	4.58E-07	1.68E-07	2.55E-06	4.58E-07	1.12E-06
3.08	0.3250	1.29E-06	4.60E-07	1.09E-06	6.50E-07	2.23E-06	6.05E-07
3.00	0.3333	2.20E-07	4.21E-07	2.28E-07	9.89E-07	1.24E-06	6.78E-08
2.93	0.3417	3.03E-07	1.98E-07	6.32E-07	1.11E-07	1.99E-07	1.91E-07
2.86	0.3500	3.00E-07	2.63E-07	9.53E-07	5.79E-07	8.82E-07	1.03E-06
2.79	0.3583	1.79E-07	4.09E-07	1.35E-06	3.57E-07	4.97E-07	1.86E-07
2.73	0.3667	1.53E-06	2.17E-07	2.80E-07	1.52E-06	2.08E-07	6.26E-07
2.67	0.3750	5.07E-08	3.47E-06	3.80E-07	1.80E-07	1.18E-07	2.62E-07
2.61	0.3833	6.93E-07	4.38E-07	2.19E-07	6.34E-08	3.13E-07	2.42E-07
2.55	0.3917	1.33E-06	5.76E-07	8.98E-07	4.82E-07	8.55E-07	8.25E-07
2.50	0.4000	6.27E-07	7.02E-08	1.38E-07	4.85E-08	6.76E-07	2.85E-09
2.45	0.4083	1.23E-06	2.56E-07	1.05E-06	2.72E-08	6.26E-07	8.65E-08
2.40	0.4167	3.33E-06	3.04E-08	3.49E-07	4.88E-07	1.08E-07	4.13E-07
2.35	0.4250	6.60E-07	2.71E-07	1.27E-06	2.78E-08	2.13E-07	1.33E-06
2.31	0.4333	9.19E-08	1.13E-06	8.05E-07	3.89E-09	5.27E-07	3.26E-07
2.26	0.4417	5.78E-08	7.60E-07	1.64E-06	1.28E-07	5.99E-07	1.48E-07
2.22	0.4500	5.21E-07	3.83E-08	2.10E-08	1.49E-07	1.20E-07	3.21E-07
2.18	0.4583	5.59E-08	6.60E-08	2.18E-06	1.73E-07	1.96E-07	1.98E-07
2.14	0.4667	1.92E-07	2.06E-07	4.82E-08	2.26E-08	3.01E-07	2.14E-07
2.11	0.4750	4.79E-08	2.99E-06	4.61E-07	7.01E-09	1.01E-07	6.97E-08
2.07	0.4833	1.35E-09	2.98E-07	6.04E-08	6.10E-08	1.75E-09	9.16E-08
2.03	0.4917	3.61E-07	7.79E-07	3.24E-07	2.30E-07	4.96E-07	3.00E-07
2.00	0.5000	2.04E-07	4.36E-08	1.19E-06	2.92E-07	5.11E-07	1.72E-07



รูปที่ ก-18 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2553

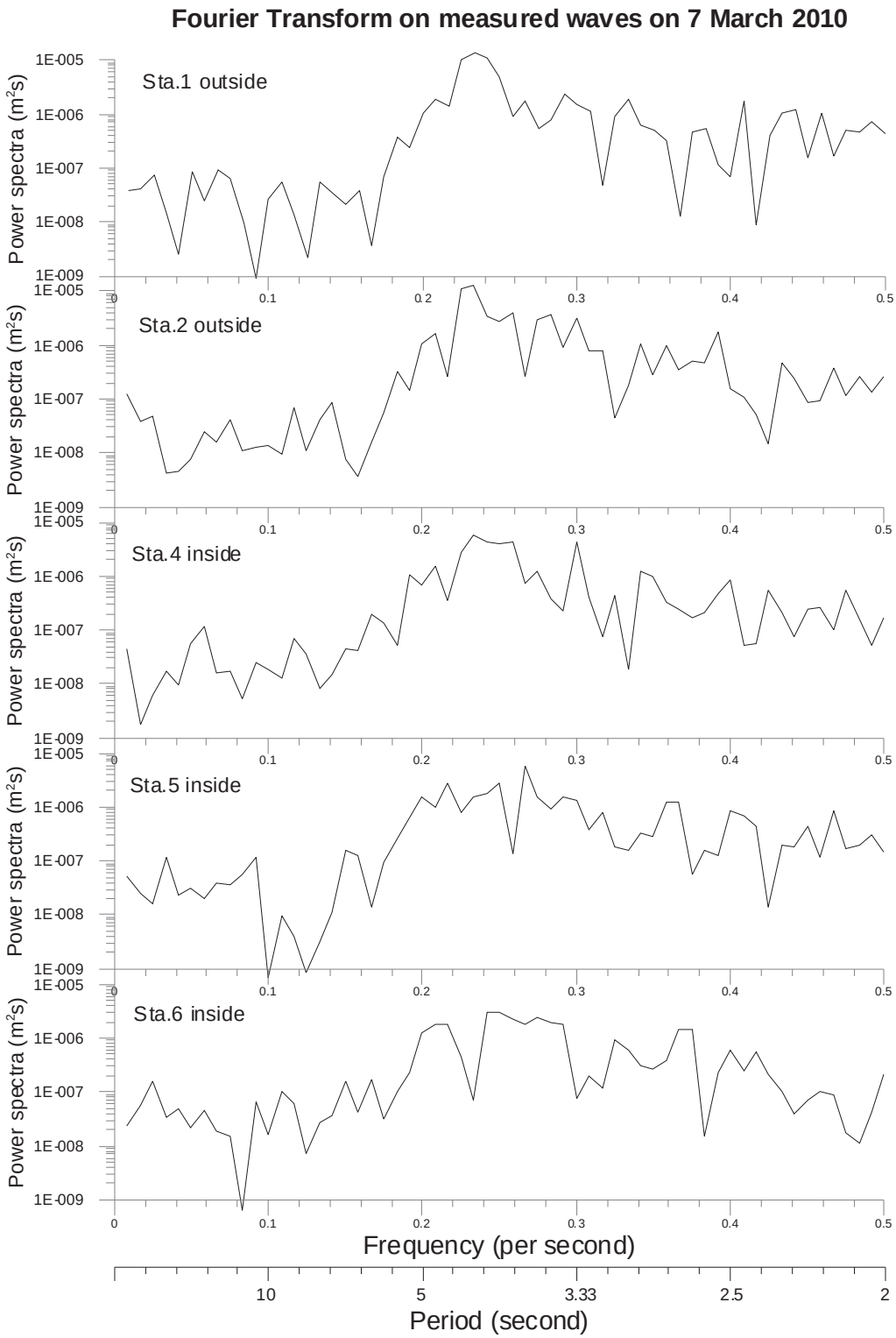


รูปที่ ก-19 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ด้านหลังแนวเสา ในวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-11 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 7 และ 29 มีนาคม พ.ศ. 2553

7 มีนาค 2553												
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
20:00	0.31	2.83	0.30	2.90	-	-	0.26	2.99	0.23	2.83	0.25	2.91
21:00	0.40	3.37	0.39	3.39	-	-	0.36	3.41	0.33	3.38	0.34	3.44
22:00	0.43	3.64	0.45	3.66	-	-	0.38	3.76	0.33	3.63	0.35	3.77
23:00	0.43	3.71	0.44	3.78	-	-	0.36	3.77	0.34	3.70	0.36	3.73
24:00	0.41	3.58	0.41	3.63	-	-	0.35	3.77	0.31	3.50	0.33	3.68
1:00	-	-	0.35	3.43	-	-	0.31	3.59	0.26	3.35	0.31	3.53
2:00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	3.29	0.28	3.39
3:00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22	3.21	0.25	3.37
4:00	-	-	-	-	-	-	0.25	3.29	0.22	3.15	0.25	3.31
5:00	0.29	3.16	0.28	3.19	-	-	0.24	3.35	0.21	3.17	0.24	3.28
6:00	0.24	3.26	0.23	3.30	-	-	0.22	3.37	0.20	3.26	0.22	3.32
เฉลี่ย	0.39	3.34	0.39	3.39	-	-	0.32	3.46	0.29	3.30	0.31	3.41

29 มีนาคม 2553												
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
10:30	0.14	3.18	0.14	3.19	-	-	0.13	3.22	-	-	0.11	3.12
11:30	0.11	3.46	0.12	3.41	-	-	0.11	3.45	-	-	0.10	3.26
12:30	0.11	3.52	0.12	3.48	-	-	0.10	3.51	-	-	0.10	3.39
13:30	0.13	3.31	0.13	3.34	-	-	0.12	3.36	-	-	0.11	3.31
14:30	0.14	3.32	0.13	3.37	-	-	0.14	3.36	-	-	0.12	3.33
15:30	0.14	3.40	0.13	3.44	-	-	0.13	3.50	-	-	0.11	3.36
16:30	0.13	3.50	0.13	3.48	-	-	0.11	3.58	-	-	0.10	3.42
17:30	0.13	3.56	0.12	3.55	-	-	0.12	3.61	-	-	0.10	3.50
18:30	0.13	3.56	0.12	3.63	-	-	0.12	3.65	-	-	0.10	3.49
19:30	0.14	3.65	0.13	3.72	-	-	0.12	3.67	-	-	0.09	3.48
เฉลี่ย	0.13	3.44	0.13	3.45	-	-	0.12	3.48	-	-	0.11	3.36

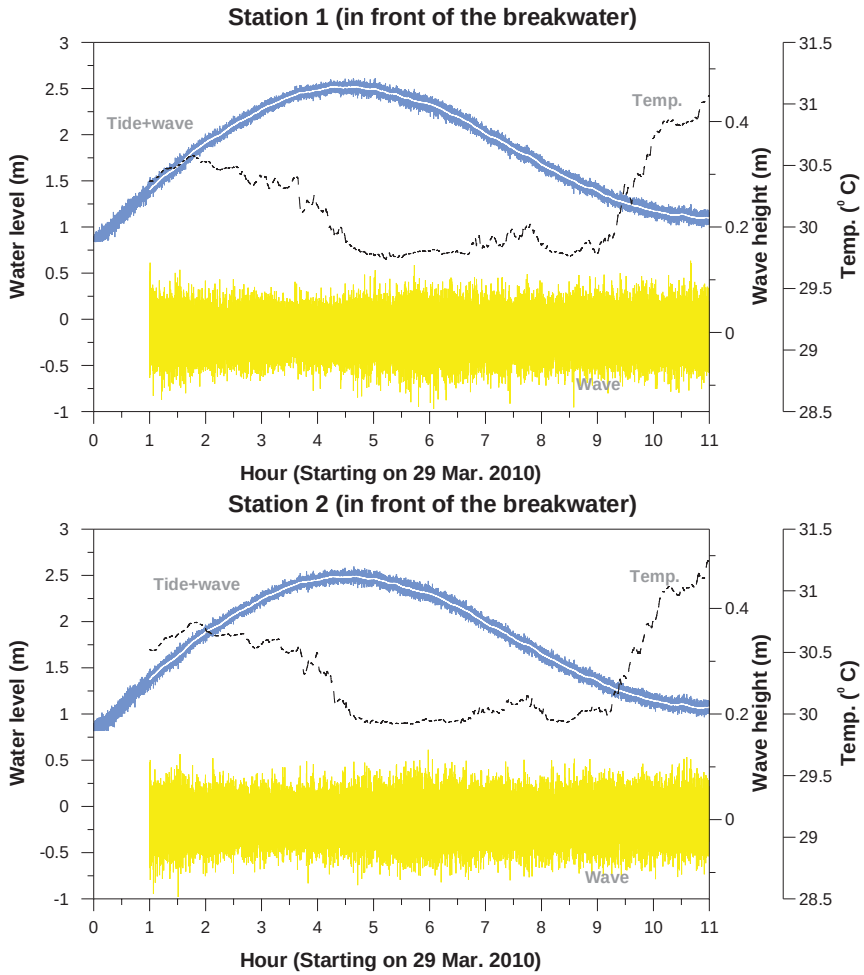


รูปที่ ก-20 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2553

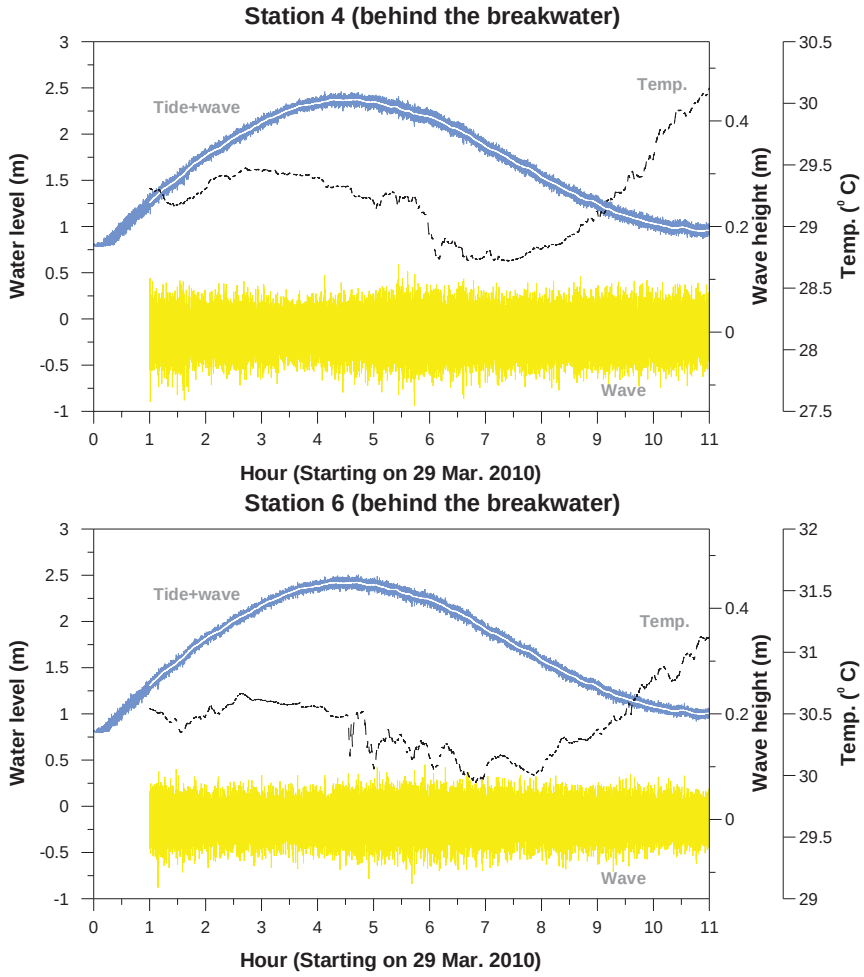
ตารางที่ ก-12 แสดงคาบคลื่น ความถี่คลื่น และพลังงาน จากการตรวจวัดคลื่นในวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2553

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
120.00	0.0083	3.85E-08	1.28E-07	-	4.33E-08	5.22E-08	2.29E-08
60.00	0.0167	4.01E-08	3.79E-08	-	1.77E-09	2.47E-08	5.47E-08
40.00	0.0250	7.34E-08	4.79E-08	-	5.94E-09	1.62E-08	1.62E-07
30.00	0.0333	1.43E-08	4.38E-09	-	1.69E-08	1.20E-07	3.41E-08
24.00	0.0417	2.47E-09	4.57E-09	-	9.76E-09	2.27E-08	4.71E-08
20.00	0.0500	8.67E-08	7.51E-09	-	5.41E-08	3.04E-08	2.13E-08
17.14	0.0583	2.47E-08	2.53E-08	-	1.16E-07	2.01E-08	4.70E-08
15.00	0.0667	9.38E-08	1.61E-08	-	1.63E-08	3.94E-08	1.84E-08
13.33	0.0750	6.36E-08	4.18E-08	-	1.77E-08	3.62E-08	1.56E-08
12.00	0.0833	9.59E-09	1.12E-08	-	5.43E-09	5.43E-08	6.42E-10
10.90	0.0917	8.76E-10	1.28E-08	-	2.40E-08	1.17E-07	6.56E-08
10.00	0.1000	2.59E-08	1.37E-08	-	1.87E-08	6.64E-10	1.68E-08
9.23	0.1083	5.34E-08	9.41E-09	-	1.28E-08	9.60E-09	1.02E-07
8.57	0.1167	1.34E-08	6.99E-08	-	6.90E-08	3.95E-09	5.90E-08
8.00	0.1250	2.24E-09	1.07E-08	-	3.64E-08	8.34E-10	7.18E-09
7.50	0.1333	5.48E-08	4.19E-08	-	8.44E-09	3.29E-09	2.67E-08
7.06	0.1417	3.19E-08	8.76E-08	-	1.46E-08	1.13E-08	3.72E-08
6.67	0.1500	2.07E-08	7.66E-09	-	4.63E-08	1.63E-07	1.62E-07
6.32	0.1583	3.80E-08	3.61E-09	-	4.26E-08	1.28E-07	4.12E-08
6.00	0.1667	3.63E-09	1.63E-08	-	2.02E-07	1.34E-08	1.70E-07
5.71	0.1750	7.07E-08	5.49E-08	-	1.37E-07	9.46E-08	3.25E-08
5.45	0.1833	3.84E-07	3.18E-07	-	5.10E-08	2.65E-07	9.87E-08
5.22	0.1917	2.44E-07	1.43E-07	-	1.03E-06	6.24E-07	2.30E-07
5.00	0.2000	1.02E-06	1.06E-06	-	6.86E-07	1.52E-06	1.27E-06
4.80	0.2083	1.83E-06	1.63E-06	-	1.54E-06	1.03E-06	1.74E-06
4.62	0.2167	1.44E-06	2.60E-07	-	3.59E-07	2.83E-06	1.81E-06
4.44	0.2250	9.95E-06	1.14E-05	-	2.71E-06	7.75E-07	4.37E-07
4.29	0.2333	1.39E-05	1.27E-05	-	5.77E-06	1.60E-06	7.30E-08
4.14	0.2417	1.07E-05	3.46E-06	-	4.29E-06	1.79E-06	3.03E-06
4.00	0.2500	4.83E-06	2.81E-06	-	3.91E-06	2.85E-06	2.95E-06
3.87	0.2583	9.24E-07	3.96E-06	-	4.31E-06	1.37E-07	2.29E-06
3.75	0.2667	1.77E-06	2.55E-07	-	7.61E-07	5.74E-06	1.75E-06
3.64	0.2750	5.46E-07	2.88E-06	-	1.27E-06	1.56E-06	2.48E-06
3.53	0.2833	8.02E-07	3.74E-06	-	3.70E-07	9.13E-07	1.90E-06
3.43	0.2916	2.31E-06	9.14E-07	-	2.20E-07	1.58E-06	1.77E-06

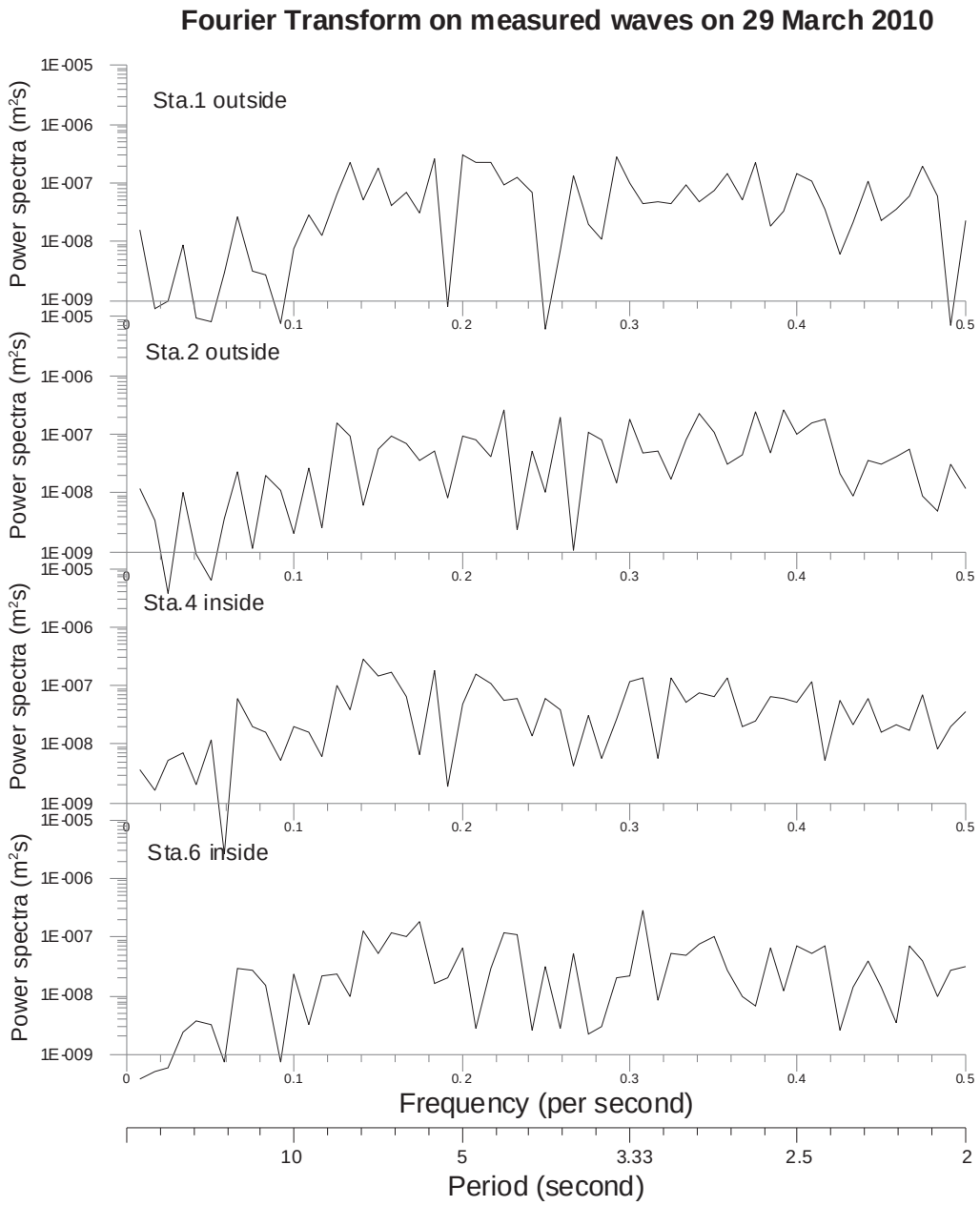
คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
3.33	0.3000	1.52E-06	3.29E-06	-	4.30E-06	1.35E-06	7.80E-08
3.24	0.3083	1.11E-06	7.81E-07	-	3.96E-07	3.80E-07	1.93E-07
3.16	0.3167	4.72E-08	7.93E-07	-	7.60E-08	7.96E-07	1.20E-07
3.08	0.3250	8.72E-07	4.45E-08	-	4.33E-07	1.86E-07	9.49E-07
3.00	0.3333	1.90E-06	1.82E-07	-	1.84E-08	1.57E-07	5.76E-07
2.93	0.3417	6.13E-07	1.02E-06	-	1.22E-06	3.20E-07	3.11E-07
2.86	0.3500	5.21E-07	2.75E-07	-	1.01E-06	2.89E-07	2.74E-07
2.79	0.3583	3.24E-07	9.87E-07	-	3.17E-07	1.24E-06	3.75E-07
2.73	0.3667	1.31E-08	3.38E-07	-	2.52E-07	1.22E-06	1.45E-06
2.67	0.3750	4.82E-07	5.11E-07	-	1.68E-07	5.61E-08	1.42E-06
2.61	0.3833	5.44E-07	4.60E-07	-	2.17E-07	1.59E-07	1.48E-08
2.55	0.3917	1.17E-07	1.81E-06	-	4.72E-07	1.31E-07	2.29E-07
2.50	0.4000	6.81E-08	1.59E-07	-	8.27E-07	8.34E-07	6.09E-07
2.45	0.4083	1.80E-06	1.11E-07	-	5.04E-08	6.97E-07	2.42E-07
2.40	0.4167	8.83E-09	5.01E-08	-	5.45E-08	4.36E-07	5.74E-07
2.35	0.4250	4.14E-07	1.49E-08	-	5.43E-07	1.39E-08	2.20E-07
2.31	0.4333	1.07E-06	4.72E-07	-	2.10E-07	1.99E-07	1.01E-07
2.26	0.4417	1.19E-06	2.49E-07	-	7.52E-08	1.85E-07	3.95E-08
2.22	0.4500	1.53E-07	8.63E-08	-	2.48E-07	4.57E-07	7.17E-08
2.18	0.4583	1.04E-06	9.26E-08	-	2.55E-07	1.17E-07	1.02E-07
2.14	0.4667	1.61E-07	3.80E-07	-	1.02E-07	8.45E-07	9.06E-08
2.11	0.4750	5.04E-07	1.19E-07	-	5.28E-07	1.72E-07	1.69E-08
2.07	0.4833	4.65E-07	2.53E-07	-	1.57E-07	2.03E-07	1.11E-08
2.03	0.4917	7.28E-07	1.34E-07	-	5.13E-08	2.98E-07	4.37E-08
2.00	0.5000	4.39E-07	2.60E-07	-	1.72E-07	1.50E-07	2.11E-07



รูปที่ ก-21 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2553



รูปที่ ก-22 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

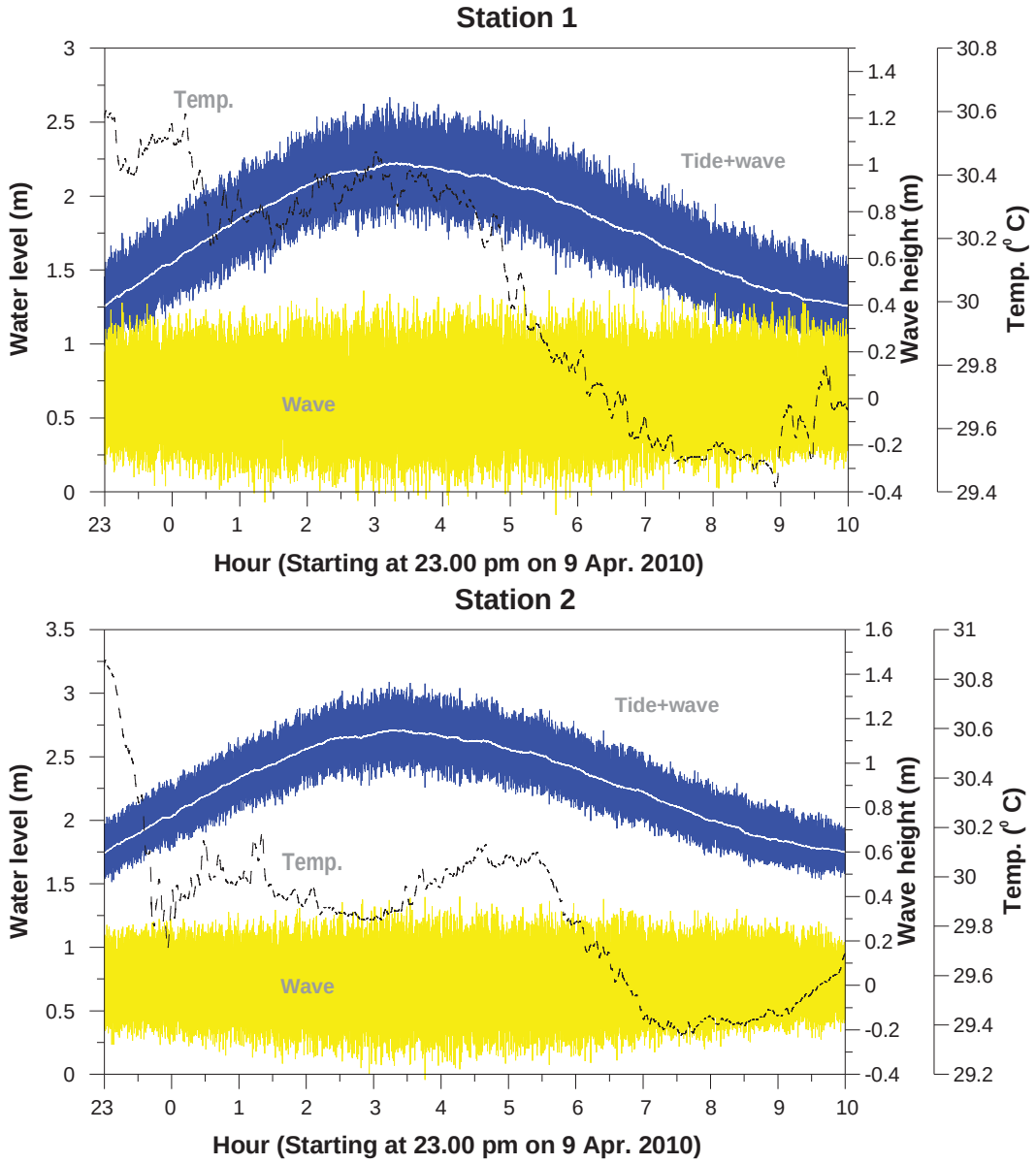


รูปที่ ก-23 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2553

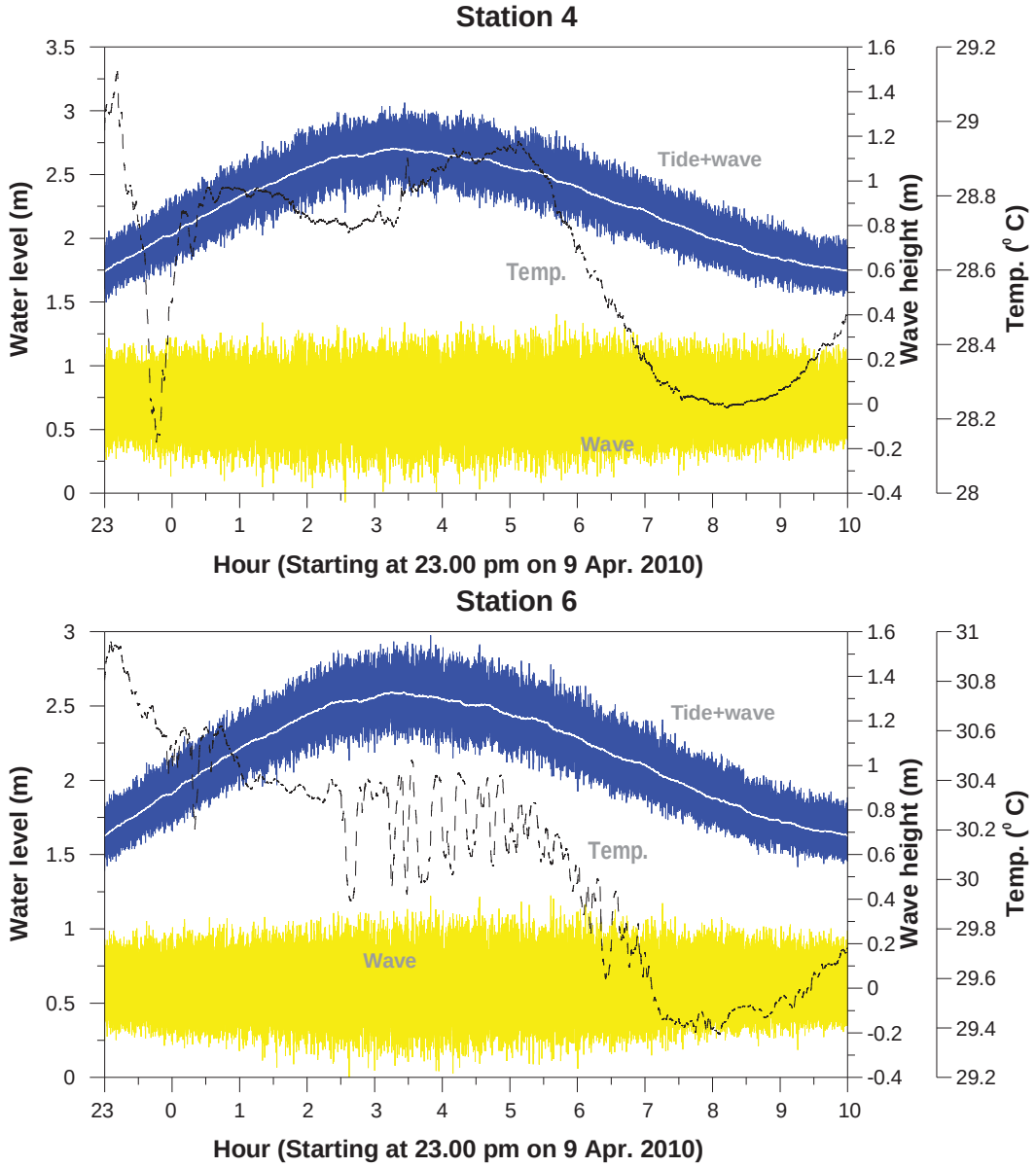
ตารางที่ ก-13 แสดงคาบคลื่น ความถี่คลื่น และพลังงาน จากการตรวจวัดคลื่นในวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ.2553

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
120.00	0.0083	1.56E-08	1.22E-08	-	3.67E-09	-	3.87E-10
60.00	0.0167	7.29E-10	3.36E-09	-	1.62E-09	-	5.10E-10
40.00	0.0250	9.51E-10	1.95E-10	-	5.46E-09	-	5.79E-10
30.00	0.0333	8.89E-09	1.05E-08	-	7.33E-09	-	2.31E-09
24.00	0.0417	5.05E-10	8.75E-10	-	2.08E-09	-	3.65E-09
20.00	0.0500	4.42E-10	3.30E-10	-	1.19E-08	-	3.18E-09
17.14	0.0583	2.93E-09	3.56E-09	-	1.31E-10	-	7.44E-10
15.00	0.0667	2.69E-08	2.37E-08	-	6.23E-08	-	2.84E-08
13.33	0.0750	3.17E-09	1.12E-09	-	2.01E-08	-	2.67E-08
12.00	0.0833	2.75E-09	2.00E-08	-	1.57E-08	-	1.47E-08
10.90	0.0917	3.90E-10	1.07E-08	-	5.28E-09	-	7.46E-10
10.00	0.1000	7.57E-09	2.08E-09	-	2.02E-08	-	2.39E-08
9.23	0.1083	2.95E-08	2.71E-08	-	1.65E-08	-	3.24E-09
8.57	0.1167	1.27E-08	2.60E-09	-	6.27E-09	-	2.23E-08
8.00	0.1250	6.54E-08	1.52E-07	-	1.03E-07	-	2.41E-08
7.50	0.1333	2.30E-07	9.15E-08	-	3.99E-08	-	9.83E-09
7.06	0.1417	5.10E-08	6.33E-09	-	2.86E-07	-	1.25E-07
6.67	0.1500	1.76E-07	5.76E-08	-	1.45E-07	-	5.20E-08
6.32	0.1583	4.11E-08	9.09E-08	-	1.66E-07	-	1.22E-07
6.00	0.1667	6.69E-08	6.74E-08	-	6.65E-08	-	1.04E-07
5.71	0.1750	3.04E-08	3.70E-08	-	6.75E-09	-	1.88E-07
5.45	0.1833	2.64E-07	5.34E-08	-	1.87E-07	-	1.59E-08
5.22	0.1917	7.51E-10	7.96E-09	-	1.94E-09	-	2.02E-08
5.00	0.2000	3.09E-07	9.00E-08	-	4.93E-08	-	6.44E-08
4.80	0.2083	2.32E-07	7.84E-08	-	1.53E-07	-	2.84E-09
4.62	0.2167	2.19E-07	4.06E-08	-	1.12E-07	-	2.85E-08
4.44	0.2250	9.00E-08	2.66E-07	-	5.56E-08	-	1.14E-07
4.29	0.2333	1.23E-07	2.30E-09	-	6.22E-08	-	1.09E-07
4.14	0.2417	7.09E-08	5.02E-08	-	1.40E-08	-	2.49E-09
4.00	0.2500	3.30E-10	1.04E-08	-	6.18E-08	-	3.04E-08
3.87	0.2583	7.25E-09	1.94E-07	-	3.97E-08	-	2.75E-09
3.75	0.2667	1.35E-07	1.08E-09	-	4.39E-09	-	5.27E-08
3.64	0.2750	2.02E-08	1.08E-07	-	3.08E-08	-	2.28E-09
3.53	0.2833	1.07E-08	7.97E-08	-	5.60E-09	-	3.00E-09
3.43	0.2916	2.89E-07	1.52E-08	-	2.75E-08	-	2.06E-08

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน(m^2s)					
		หน้าเขื่อน 1	หน้าเขื่อน 2	หน้าเขื่อน 3	หลังเขื่อน 4	หลังเขื่อน 5	หลังเขื่อน 6
3.33	0.3000	1.00E-07	1.81E-07	-	1.14E-07	-	2.12E-08
3.24	0.3083	4.34E-08	4.76E-08	-	1.39E-07	-	2.76E-07
3.16	0.3167	4.61E-08	5.27E-08	-	5.55E-09	-	8.49E-09
3.08	0.3250	4.36E-08	1.70E-08	-	1.38E-07	-	5.34E-08
3.00	0.3333	9.31E-08	7.94E-08	-	5.31E-08	-	4.91E-08
2.93	0.3417	4.69E-08	2.31E-07	-	7.79E-08	-	7.47E-08
2.86	0.3500	7.46E-08	1.08E-07	-	6.53E-08	-	1.03E-07
2.79	0.3583	1.47E-07	3.03E-08	-	1.36E-07	-	2.70E-08
2.73	0.3667	5.25E-08	4.61E-08	-	2.02E-08	-	9.80E-09
2.67	0.3750	2.17E-07	2.39E-07	-	2.47E-08	-	6.52E-09
2.61	0.3833	1.87E-08	4.85E-08	-	6.37E-08	-	6.51E-08
2.55	0.3917	3.26E-08	2.61E-07	-	5.99E-08	-	1.25E-08
2.50	0.4000	1.39E-07	9.93E-08	-	5.05E-08	-	7.09E-08
2.45	0.4083	1.04E-07	1.57E-07	-	1.17E-07	-	5.26E-08
2.40	0.4167	3.59E-08	1.85E-07	-	5.39E-09	-	7.30E-08
2.35	0.4250	5.86E-09	2.13E-08	-	5.77E-08	-	2.65E-09
2.31	0.4333	2.12E-08	8.62E-09	-	2.21E-08	-	1.41E-08
2.26	0.4417	1.08E-07	3.68E-08	-	5.92E-08	-	4.03E-08
2.22	0.4500	2.28E-08	3.07E-08	-	1.56E-08	-	1.43E-08
2.18	0.4583	3.60E-08	4.13E-08	-	2.23E-08	-	3.55E-09
2.14	0.4667	5.97E-08	5.47E-08	-	1.67E-08	-	7.16E-08
2.11	0.4750	1.95E-07	9.00E-09	-	6.89E-08	-	4.01E-08
2.07	0.4833	6.11E-08	5.00E-09	-	8.41E-09	-	9.82E-09
2.03	0.4917	3.65E-10	3.09E-08	-	2.00E-08	-	2.76E-08
2.00	0.5000	2.31E-08	1.18E-08	-	3.66E-08	-	3.09E-08



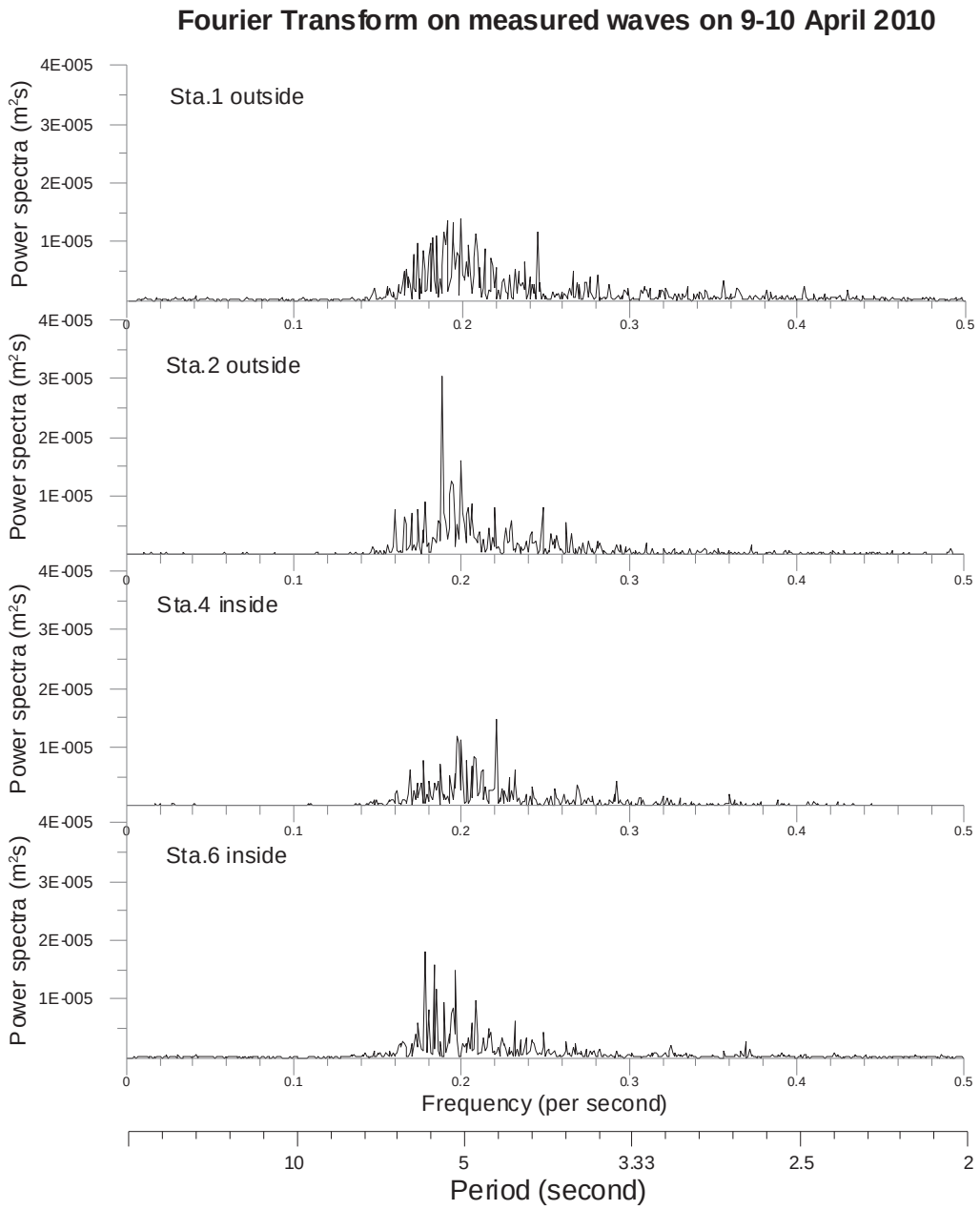
รูปที่ ก-24 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 9-10 เมษายน พ.ศ. 2553



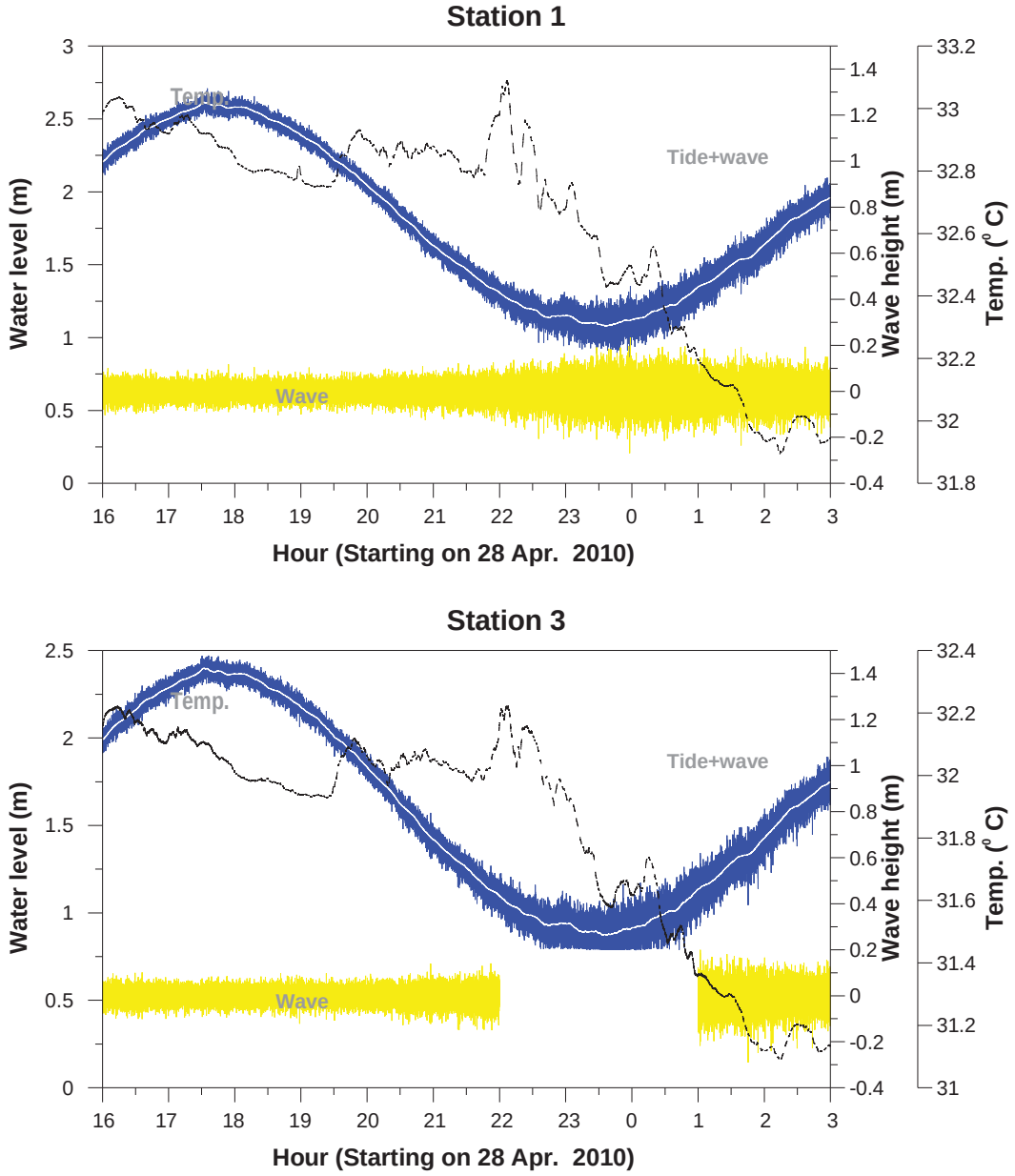
รูปที่ ก-25 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 9-10 เมษายน พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-14 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 9-10 เมษายน พ.ศ. 2553

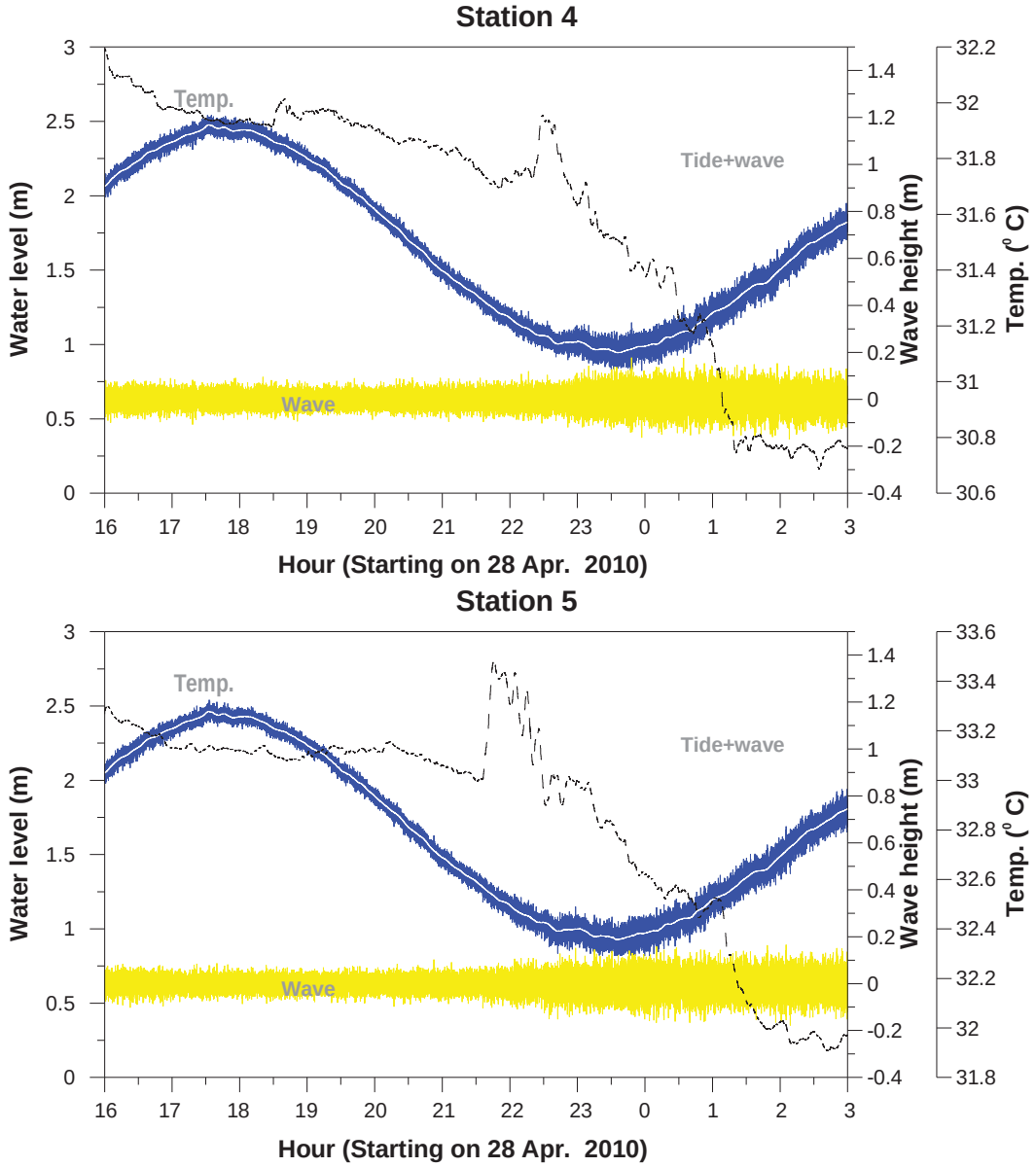
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
23:30	0.47	3.87	0.36	4.11	0.36	4.12	0.34	3.06
00:30	0.48	3.96	0.39	0.13	0.40	4.12	0.37	3.16
01:30	0.51	4.14	0.42	4.15	0.42	4.18	0.40	3.24
02:30	0.53	4.24	0.46	4.26	0.46	4.34	0.44	3.35
03:30	0.53	4.22	0.48	4.43	0.45	4.37	0.46	3.40
04:30	0.54	4.44	0.47	4.46	0.45	4.49	0.47	3.43
05:30	0.56	4.39	0.46	4.55	0.45	4.55	0.46	3.39
06:30	0.53	4.28	0.44	4.52	0.42	4.42	0.43	3.32
07:30	0.50	4.40	0.40	4.51	0.40	4.44	0.40	3.25
08:30	0.50	4.28	0.38	4.43	0.38	4.49	0.35	3.11
09:30	0.45	4.23	0.33	4.34	0.35	4.34	0.33	3.05
เฉลี่ย	0.50	4.21	0.43	4.35	0.42	4.34	0.42	3.29



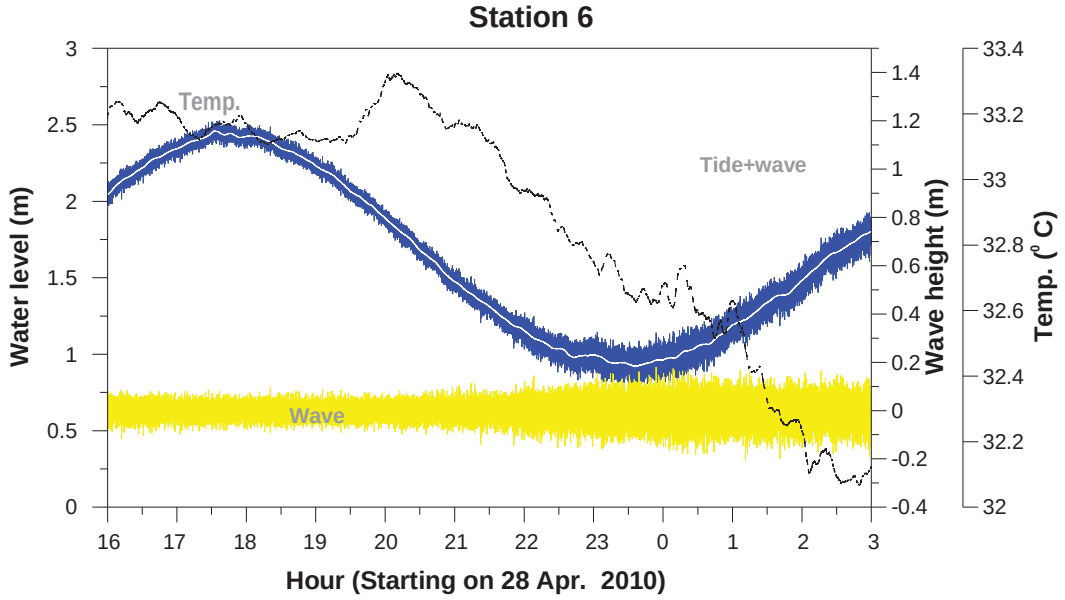
รูปที่ ก-26 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 9-10 เมษายน พ.ศ. 2553



รูปที่ ก-27 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 28-29 เมษายน พ.ศ. 2553



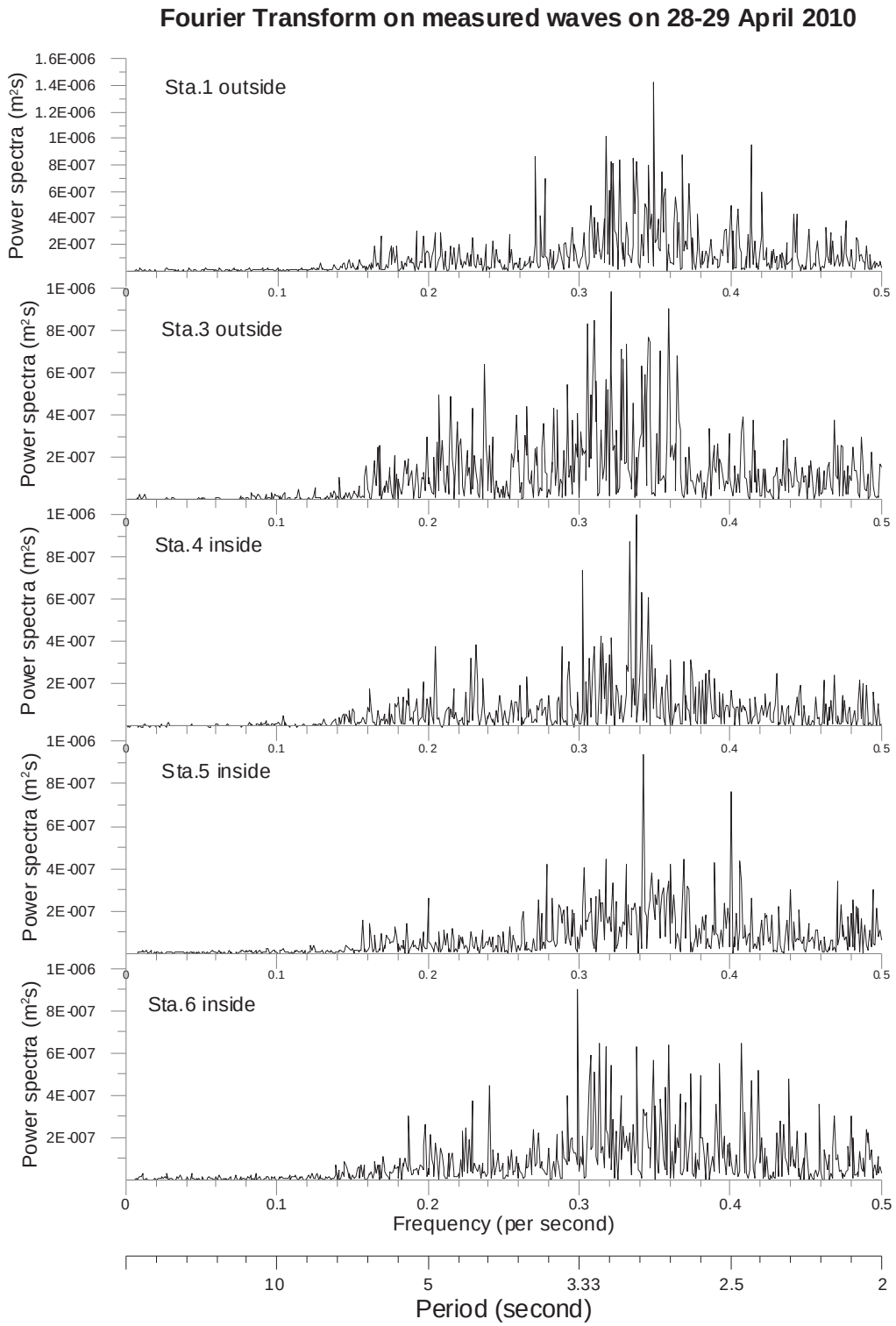
รูปที่ ก-28 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 28-29 เมษายน พ.ศ. 2553



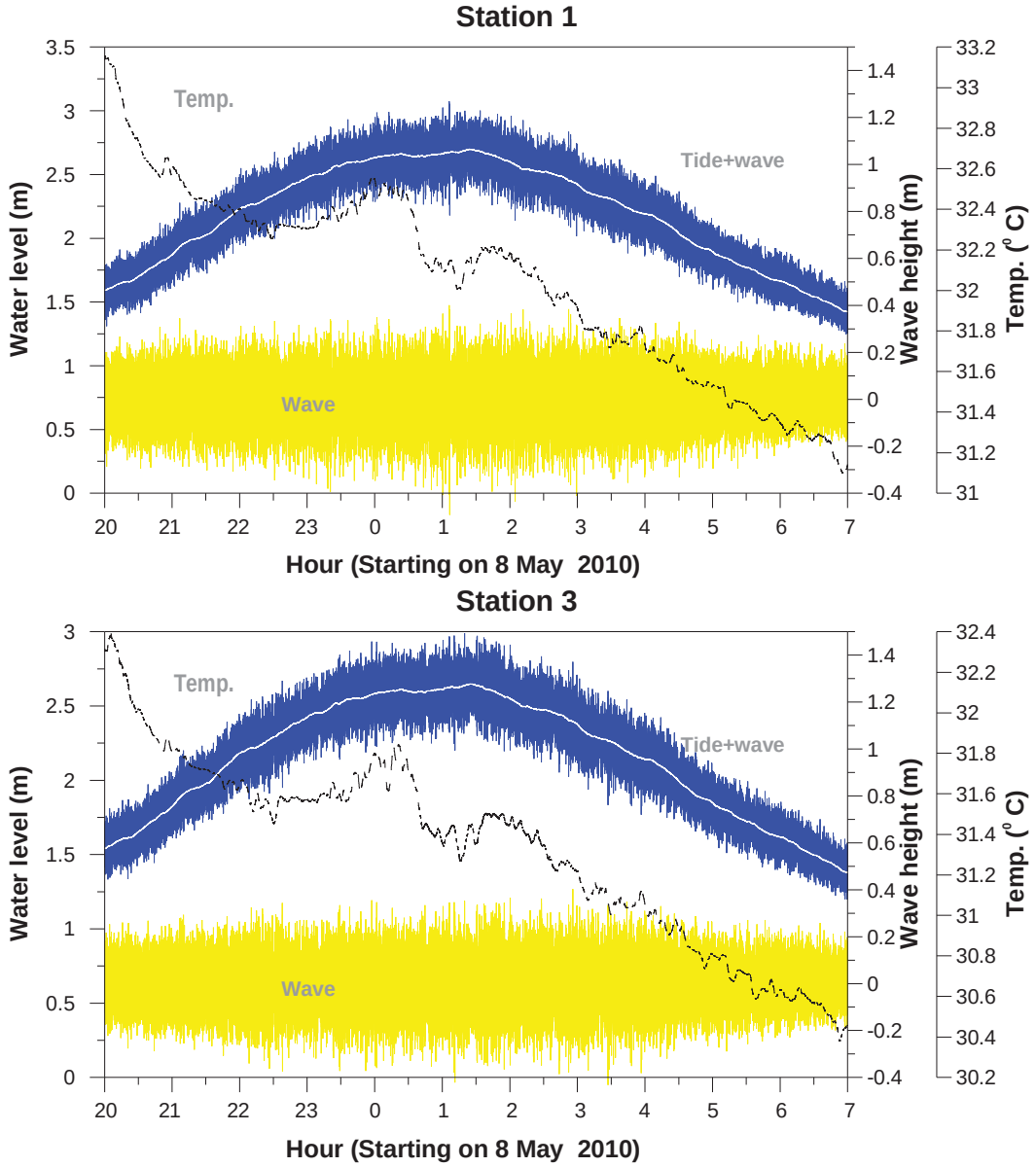
รูปที่ ก-29 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 28-29 เมษายน พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-15 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 28-29 เมษายน พ.ศ. 2553

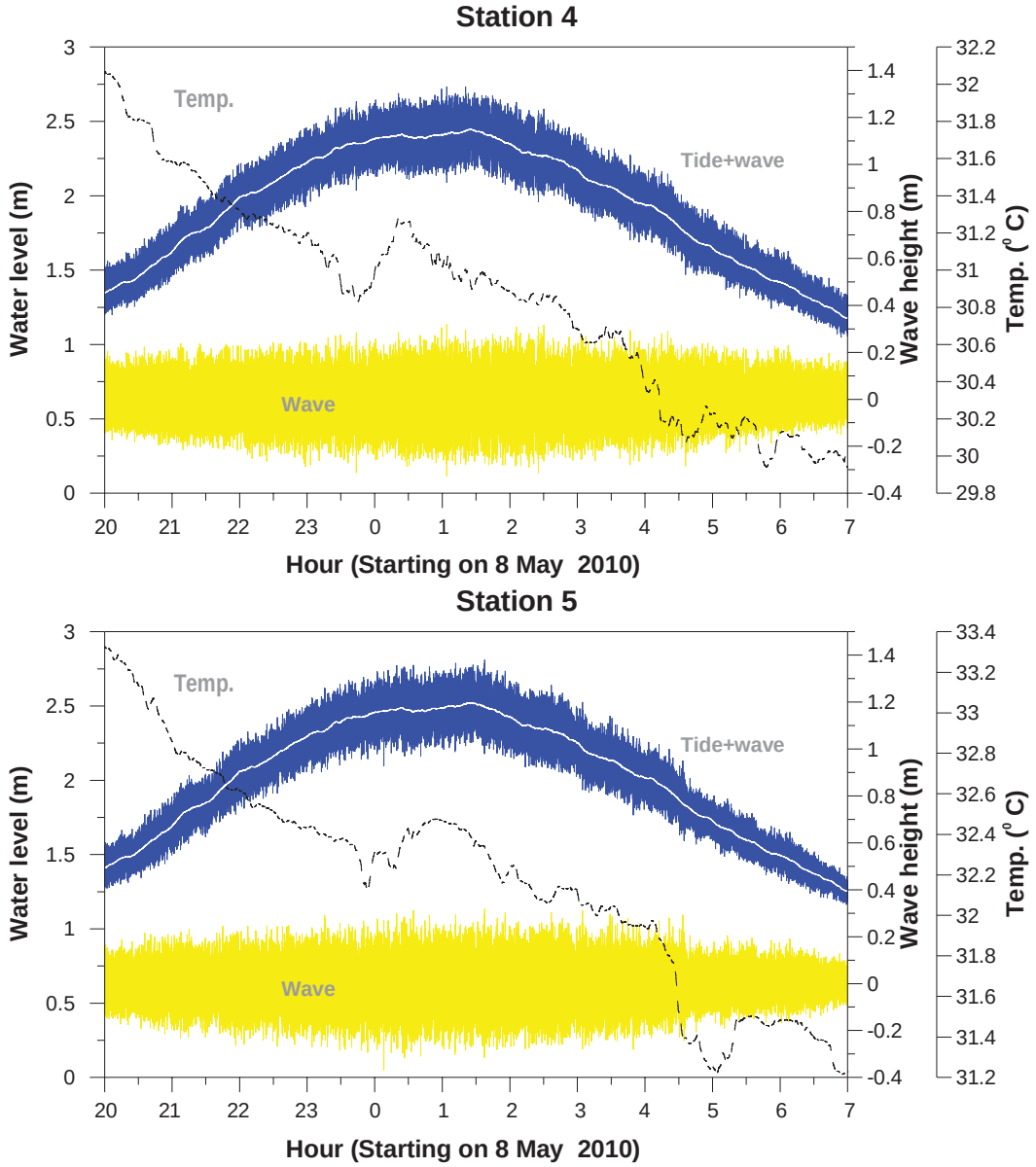
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
16:30	0.11	3.49	0.11	3.38	0.11	3.46	0.10	3.35	0.11	3.42
17:30	0.11	3.57	0.10	3.54	0.10	3.57	0.09	3.37	0.10	3.50
18:30	0.11	3.62	0.11	3.54	0.10	3.66	0.09	3.49	0.10	3.56
19:30	0.11	3.54	0.11	3.47	0.09	3.58	0.09	3.38	0.10	3.47
20:30	0.13	3.34	0.14	3.28	0.10	3.49	0.10	3.23	0.11	3.28
21:30	0.14	3.05	0.15	2.98	0.11	3.24	0.11	2.87	0.14	2.91
22:30	0.20	2.90	-	-	0.13	3.07	0.16	2.74	0.16	2.80
23:30	0.25	2.78	-	-	0.17	2.90	0.17	2.71	0.19	2.79
00:30	0.23	2.77	-	-	0.18	2.84	0.18	2.76	0.20	2.77
01:30	0.22	2.89	0.25	2.85	0.18	2.92	0.17	2.81	0.20	2.83
02:30	0.20	2.92	0.21	2.87	0.17	2.94	0.18	2.88	0.19	2.90
เฉลี่ย	0.21	3.13	0.20	3.21	0.16	3.21	0.15	3.03	0.17	3.08



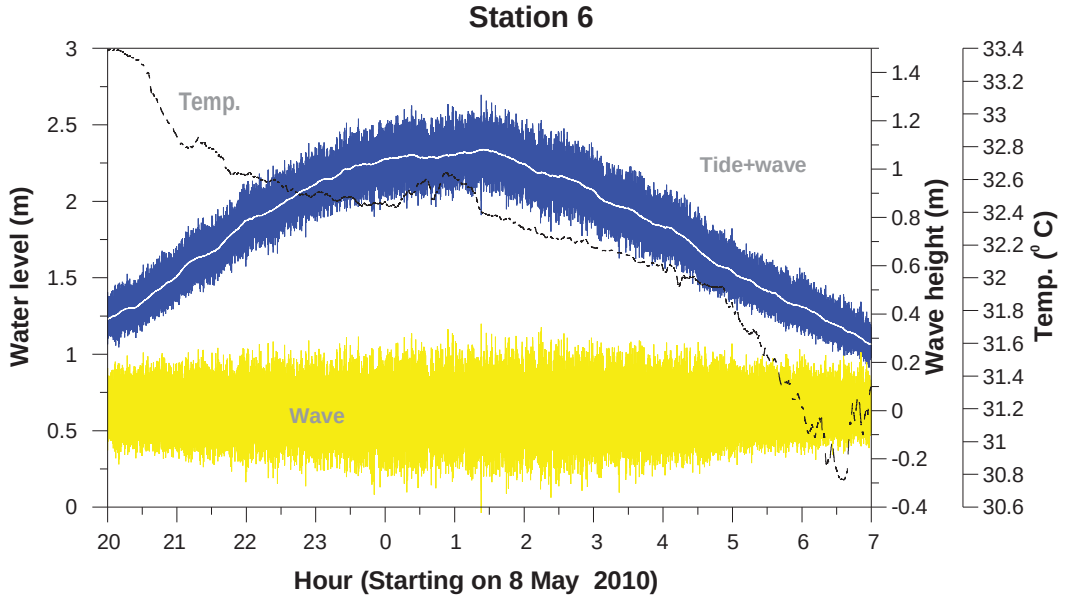
รูปที่ ก-30 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 28-29 เมษายน พ.ศ. 2553



รูปที่ ก-31 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 8-9 พฤษภาคม พ.ศ. 2553



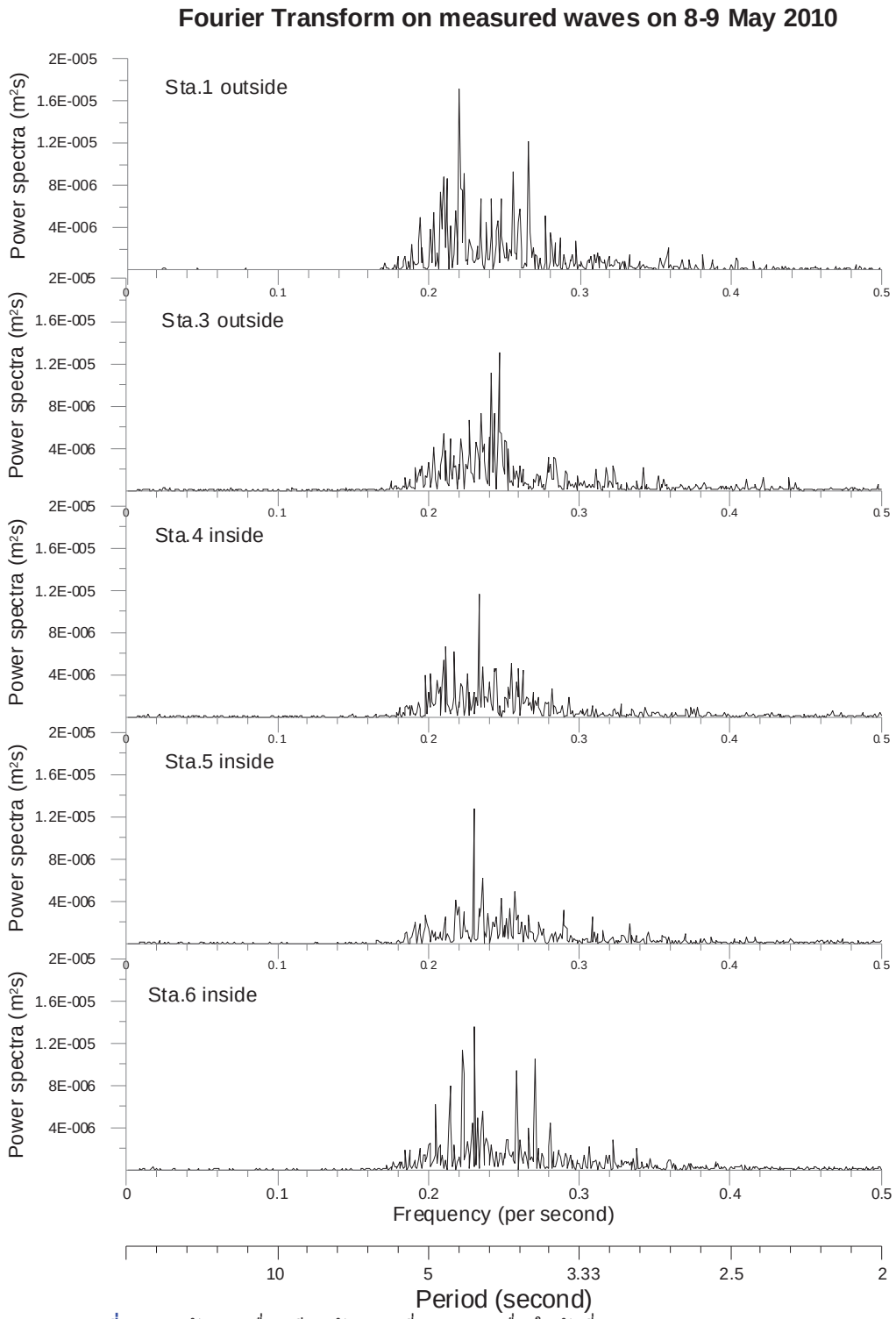
รูปที่ ก-32 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 8-9 พฤษภาคม พ.ศ. 2553



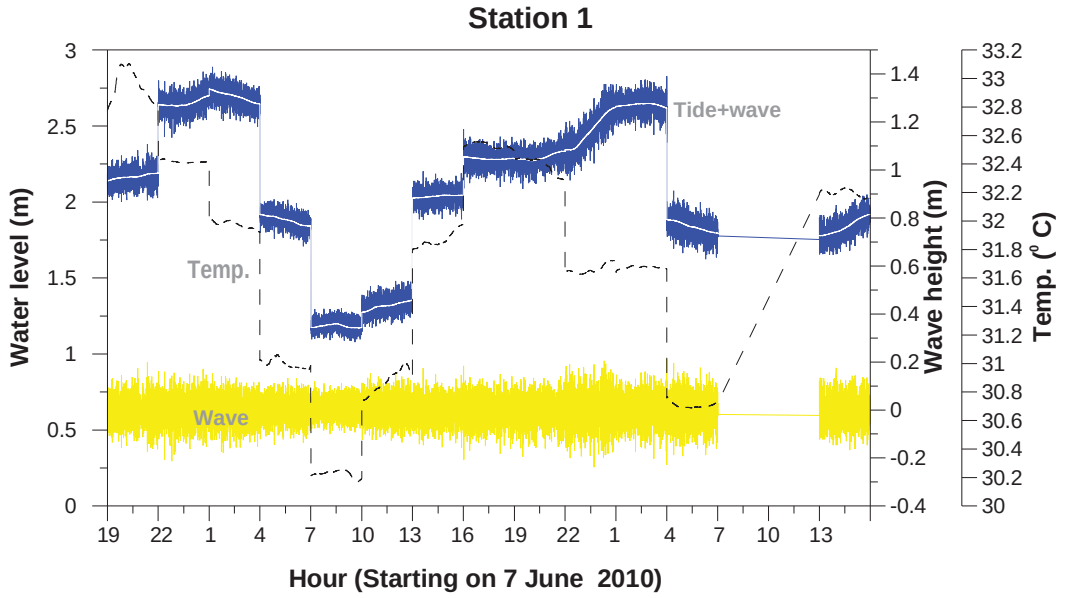
รูปที่ ก-33 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 8-9 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

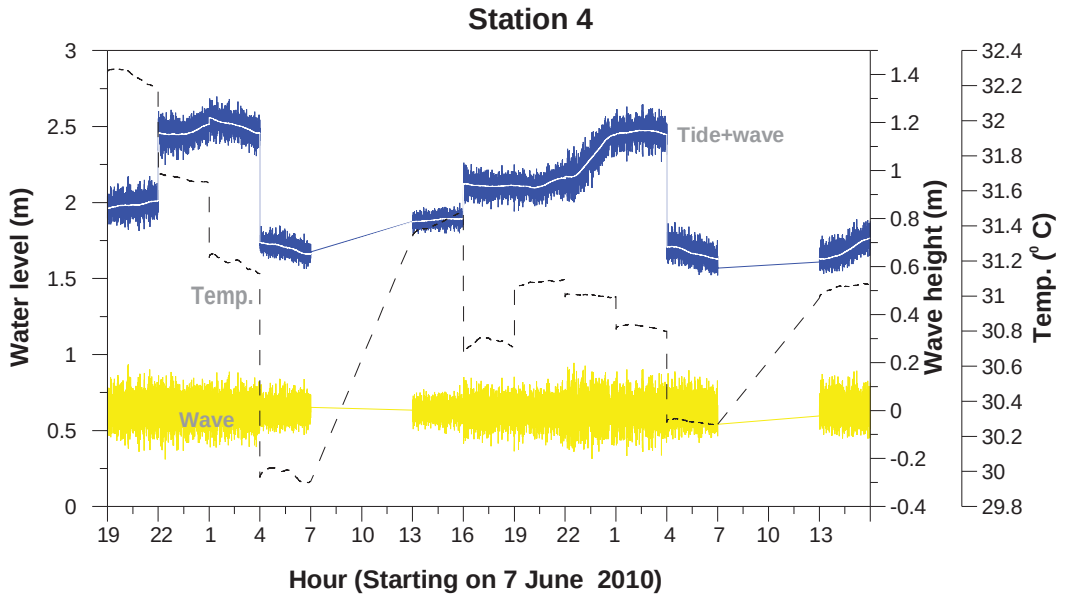
ตารางที่ ก-16 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 28-29 เมษายน พ.ศ. 2553

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
20:30	0.34	3.36	0.32	3.37	0.26	3.38	0.25	3.40	0.27	3.30
21:30	0.37	3.46	0.35	3.53	0.29	3.53	0.29	3.49	0.32	3.51
22:30	0.39	3.65	0.40	3.60	0.32	3.66	0.31	3.62	0.35	3.61
23:30	0.41	3.63	0.41	3.68	0.34	3.72	0.34	3.72	0.37	3.63
00:30	0.42	3.83	0.41	3.87	0.35	3.86	0.38	3.78	0.39	3.83
01:30	0.47	3.85	0.43	3.88	0.37	3.93	0.37	3.91	0.41	3.98
02:30	0.46	3.90	0.44	3.97	0.37	4.04	0.35	3.91	0.40	3.96
03:30	0.40	3.93	0.43	3.95	0.34	4.02	0.34	3.96	0.37	4.00
04:30	0.38	3.89	0.37	3.86	0.33	3.96	0.30	4.02	0.33	3.96
05:30	0.32	3.81	0.32	3.90	0.27	3.91	0.23	3.81	0.28	3.89
06:30	0.27	3.77	0.28	3.81	0.23	3.85	0.20	3.75	0.26	3.75
เฉลี่ย	0.41	3.73	0.40	3.76	0.33	3.79	0.33	3.75	0.37	3.75

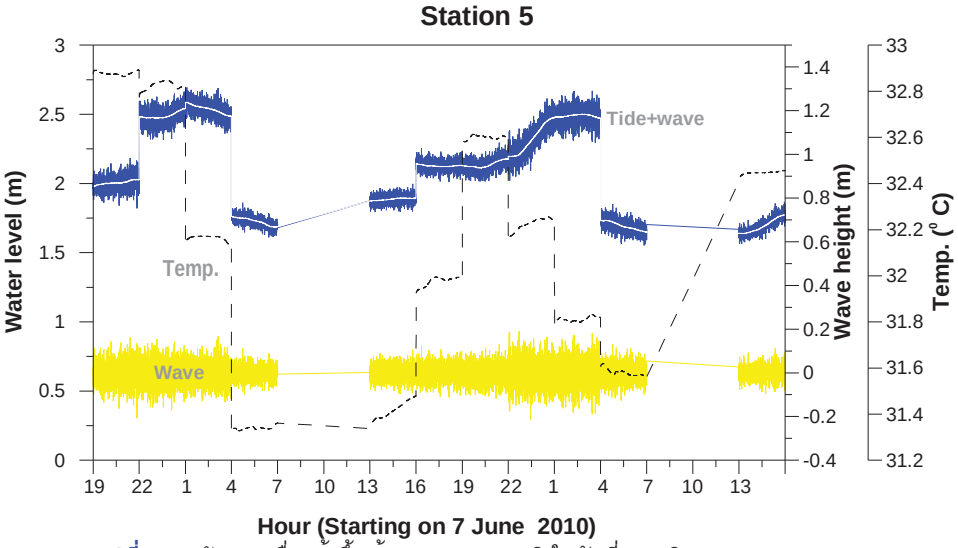


รูปที่ ก-34 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 8-9 พฤษภาคม พ.ศ. 2553





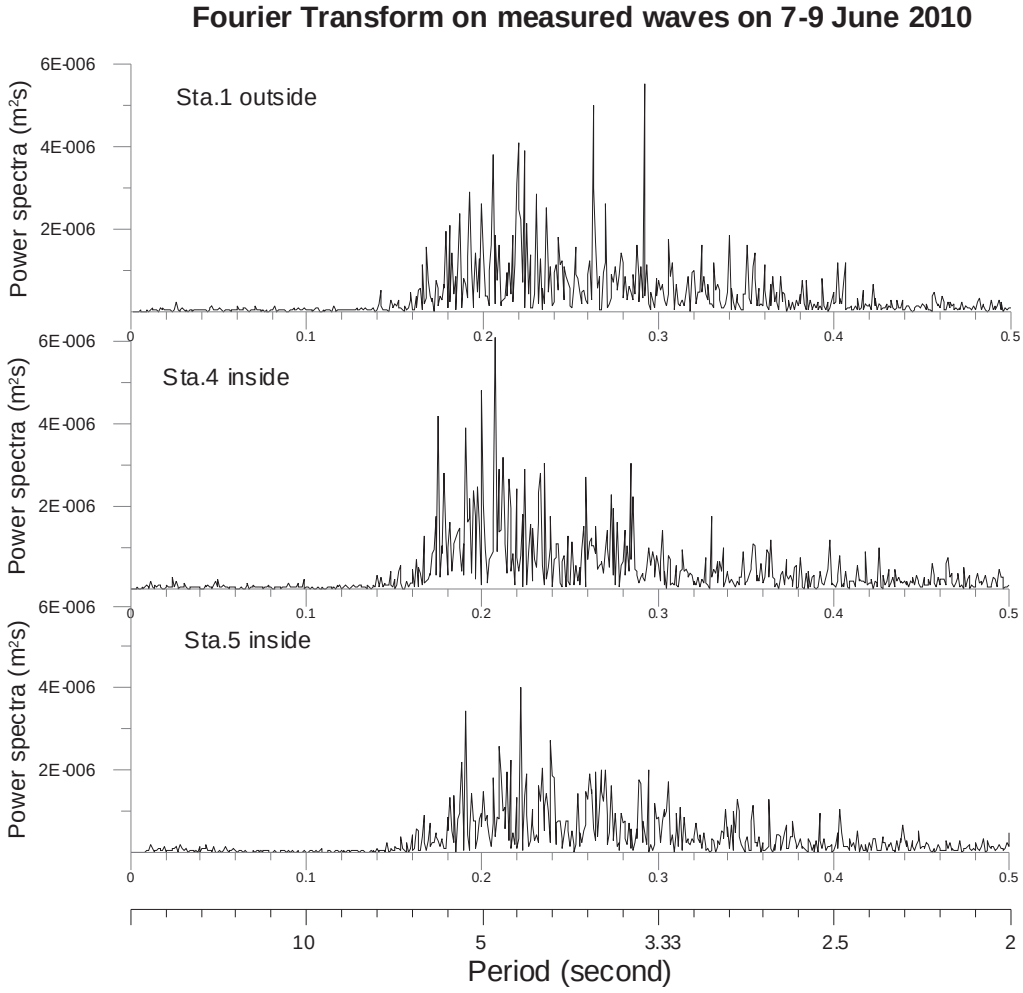
รูปที่ ก-35 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 7-9 มิถุนายน พ.ศ. 2553



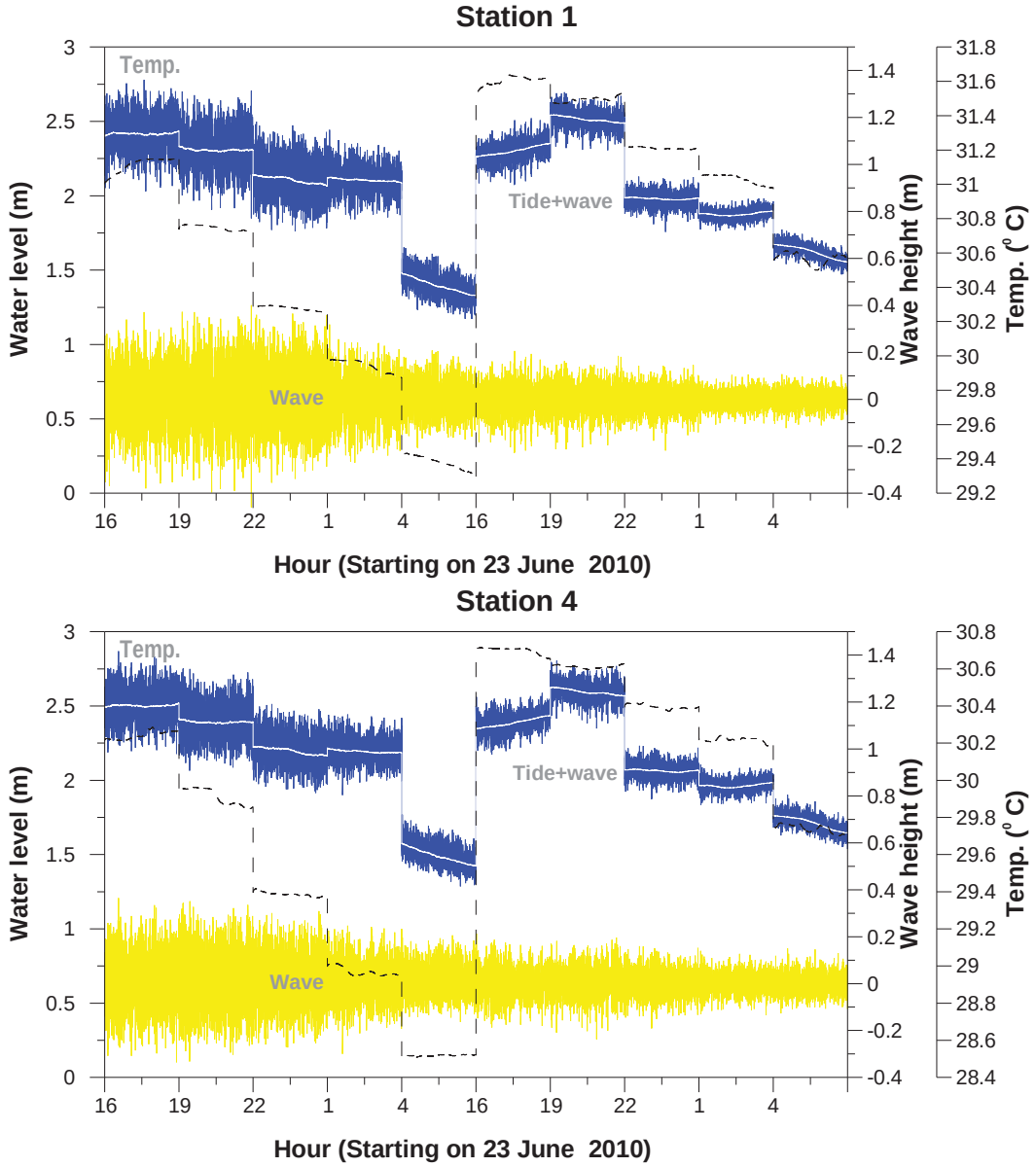
รูปที่ ก-36 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 7-9 มิถุนายน พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-17 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 28-29 เมษายน พ.ศ. 2553

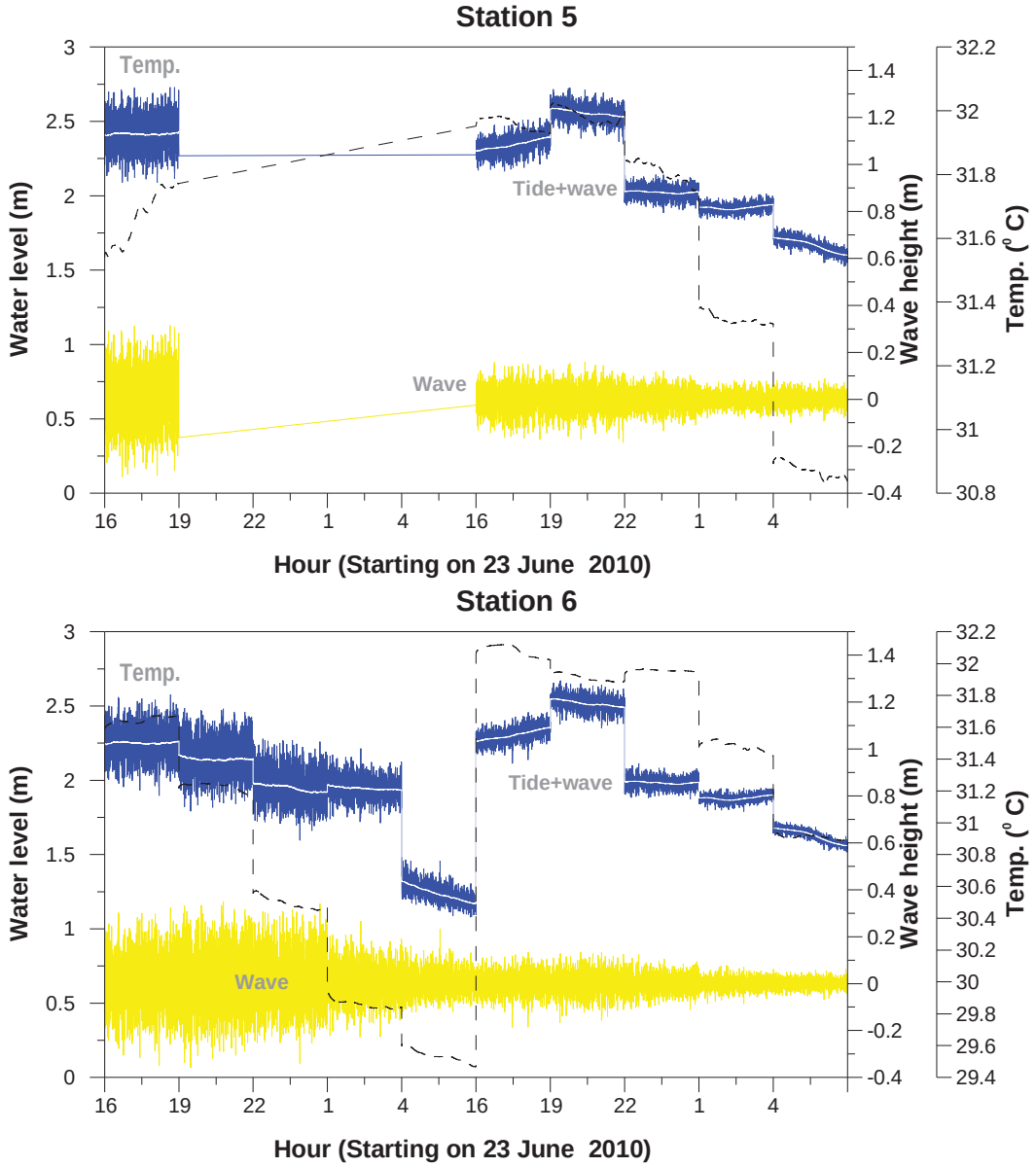
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
19:10	0.22	3.57	0.22	3.69	0.20	3.32
22:10	0.23	3.73	0.21	3.68	0.20	3.72
01:10	0.21	3.87	0.20	3.91	0.18	3.61
04:10	0.17	4.05	0.15	4.20	0.12	3.82
07:10	0.14	3.86	-	-	-	-
10:10	0.19	3.59	-	-	-	-
13:10	0.19	3.60	0.12	3.64	0.12	3.64
16:10	0.22	3.53	0.19	3.61	0.14	3.38
19:10	0.20	3.24	0.18	3.24	0.15	3.13
22:10	0.26	3.49	0.24	3.48	0.23	3.41
01:10	0.25	4.08	0.22	4.07	0.23	4.05
04:10	0.23	3.57	0.19	3.61	0.15	3.39
07:10	-	-	-	-	-	-
10:10	-	-	-	-	-	-
13:10	0.21	3.77	0.18	3.67	0.12	3.67
เฉลี่ย	0.22	3.67	0.21	3.68	0.20	3.53



รูปที่ ก-37 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 7-9 มิถุนายน พ.ศ. 2553



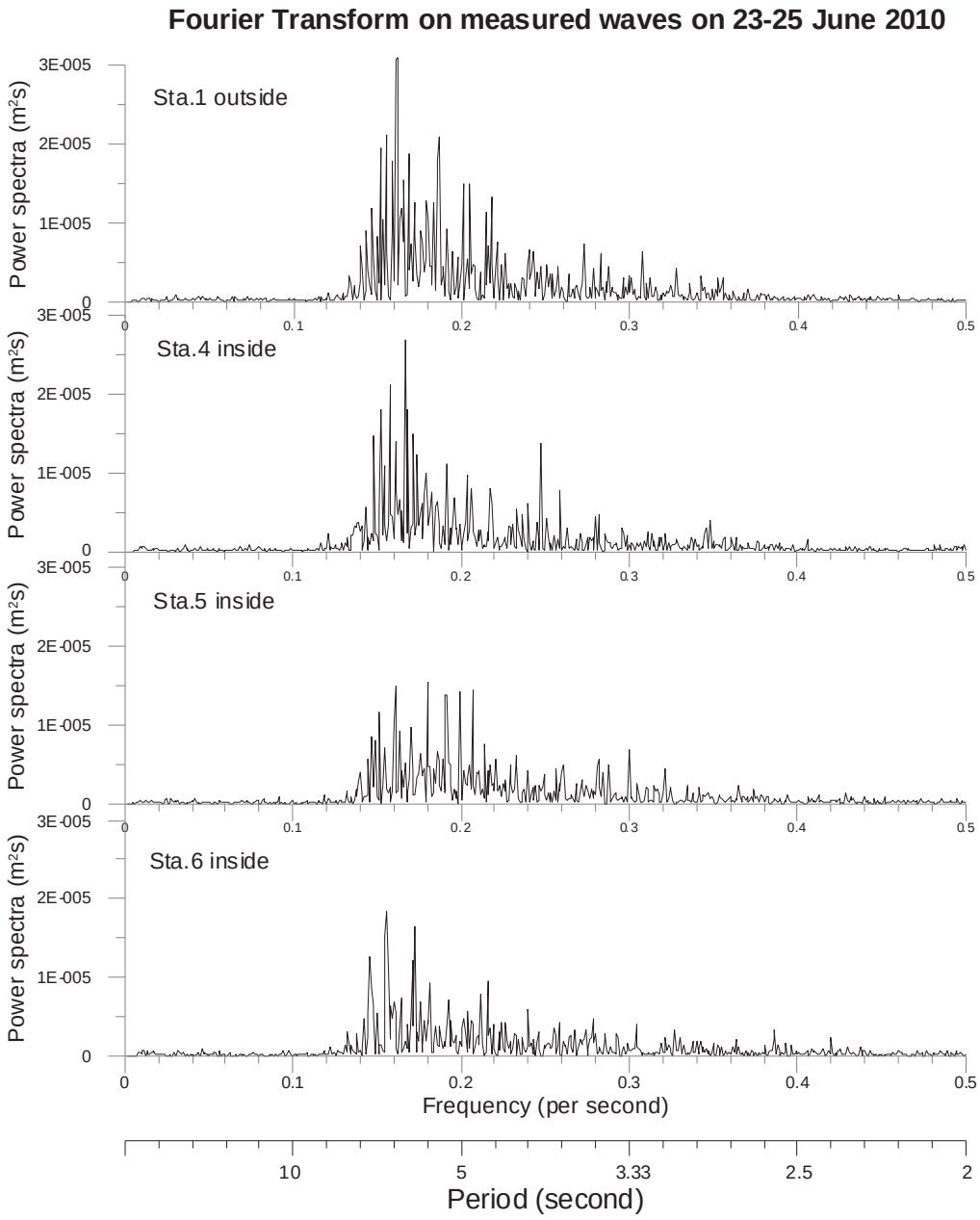
รูปที่ ก-38 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 23-25 มิถุนายน พ.ศ. 2553



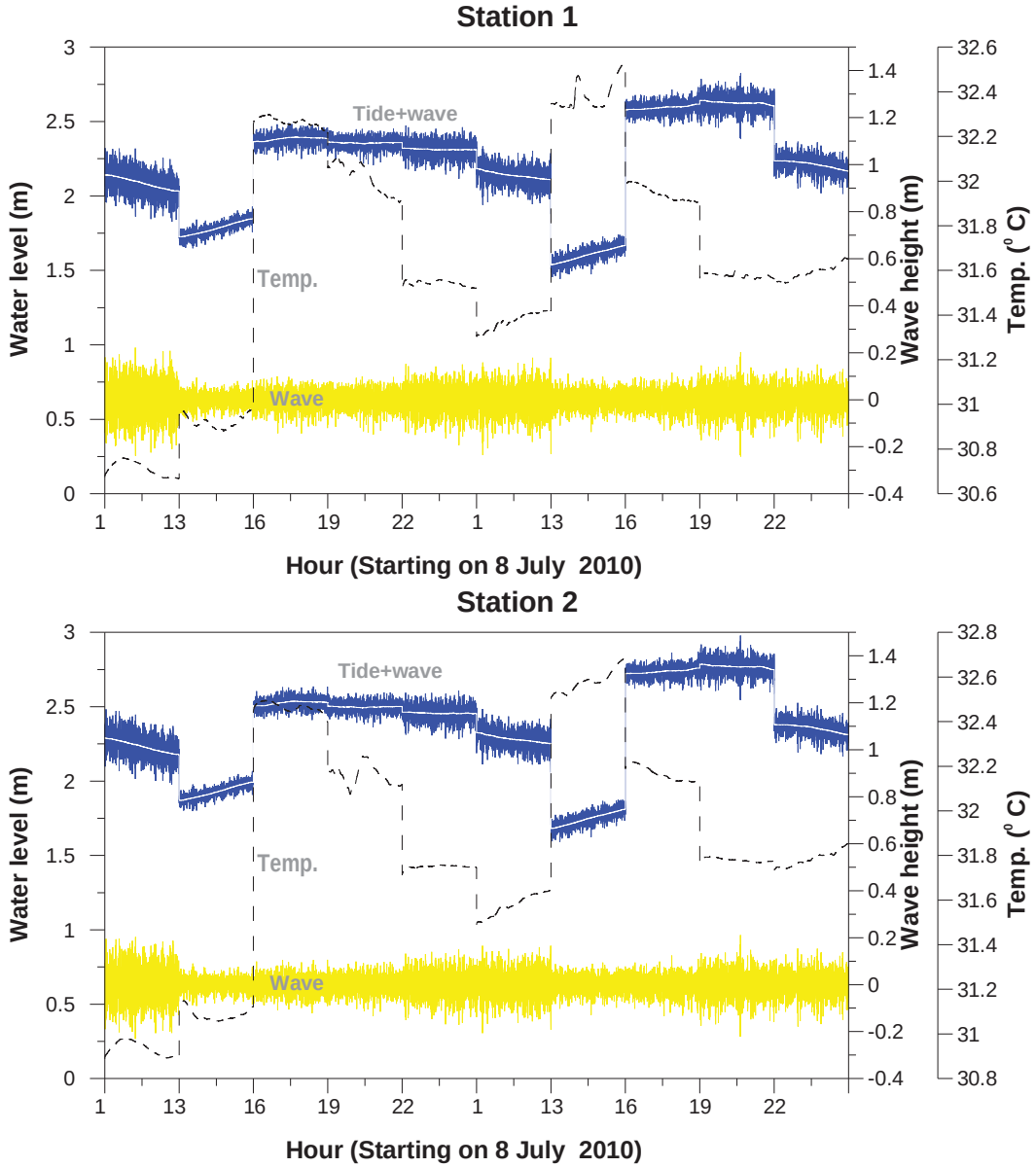
รูปที่ ก-39 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 23-25 มิถุนายน พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-18 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 23-25 มิถุนายน พ.ศ. 2553

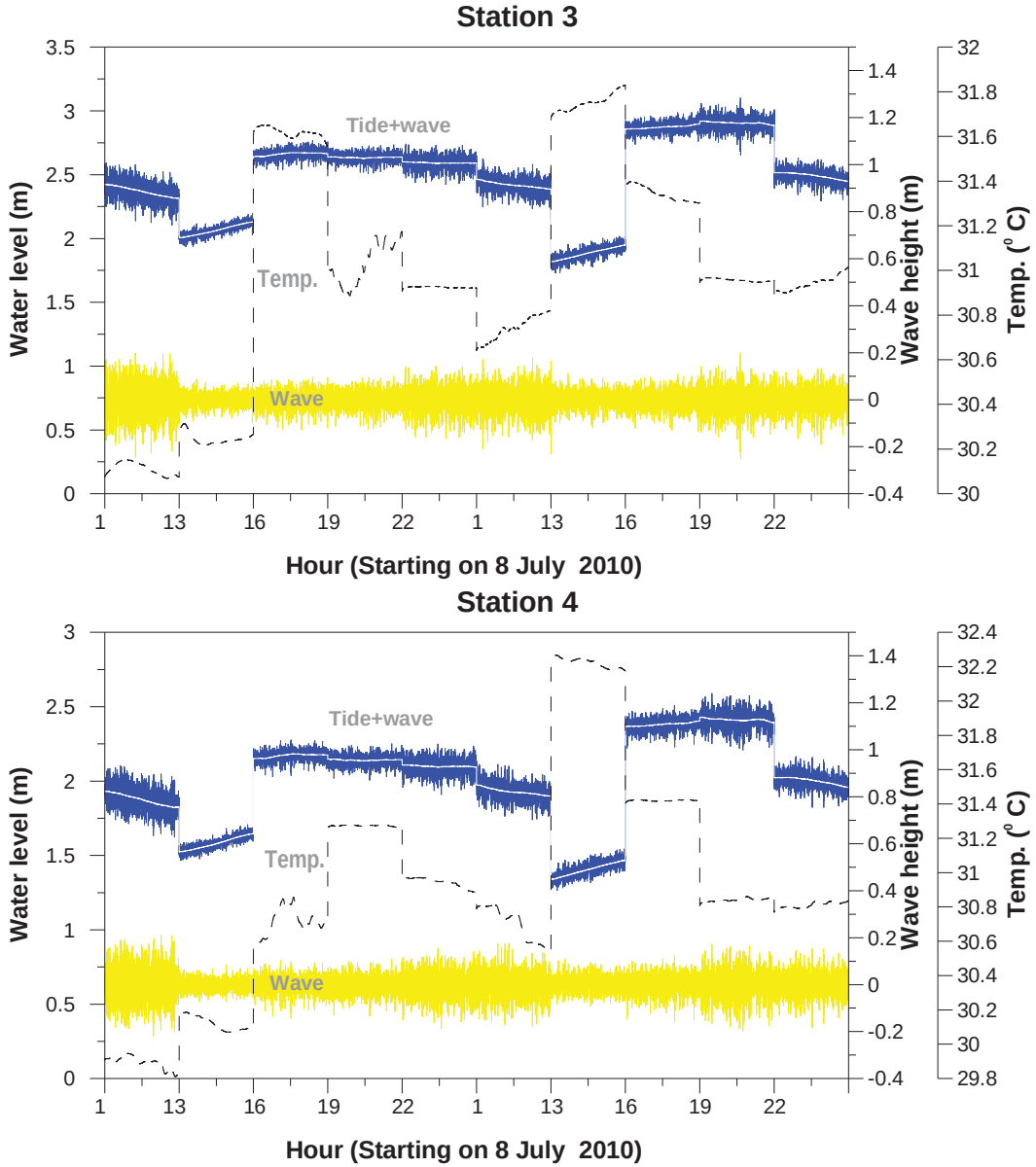
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
16:10	0.47	4.40	0.44	4.51	0.43	4.36	0.42	4.35
19:10	0.53	4.46	0.45	4.56	-	-	0.46	4.30
22:10	0.48	4.48	0.39	4.51	-	-	0.42	4.35
01:10	0.36	4.38	0.33	4.35	-	-	0.29	4.11
04:10	0.26	4.14	0.24	4.41	-	-	0.20	4.15
16:10	0.26	4.24	0.25	4.20	0.21	4.27	0.19	3.97
19:10	0.25	4.24	0.26	4.44	0.21	4.21	0.19	3.82
22:10	0.21	3.54	0.21	3.73	0.15	3.65	0.14	3.34
01:10	0.13	3.67	0.17	4.07	0.11	3.91	0.10	3.39
04:10	0.14	3.85	0.17	3.92	0.11	3.97	0.08	3.43
เฉลี่ย	0.41	4.11	0.36	4.24	0.31	4.05	0.34	3.87



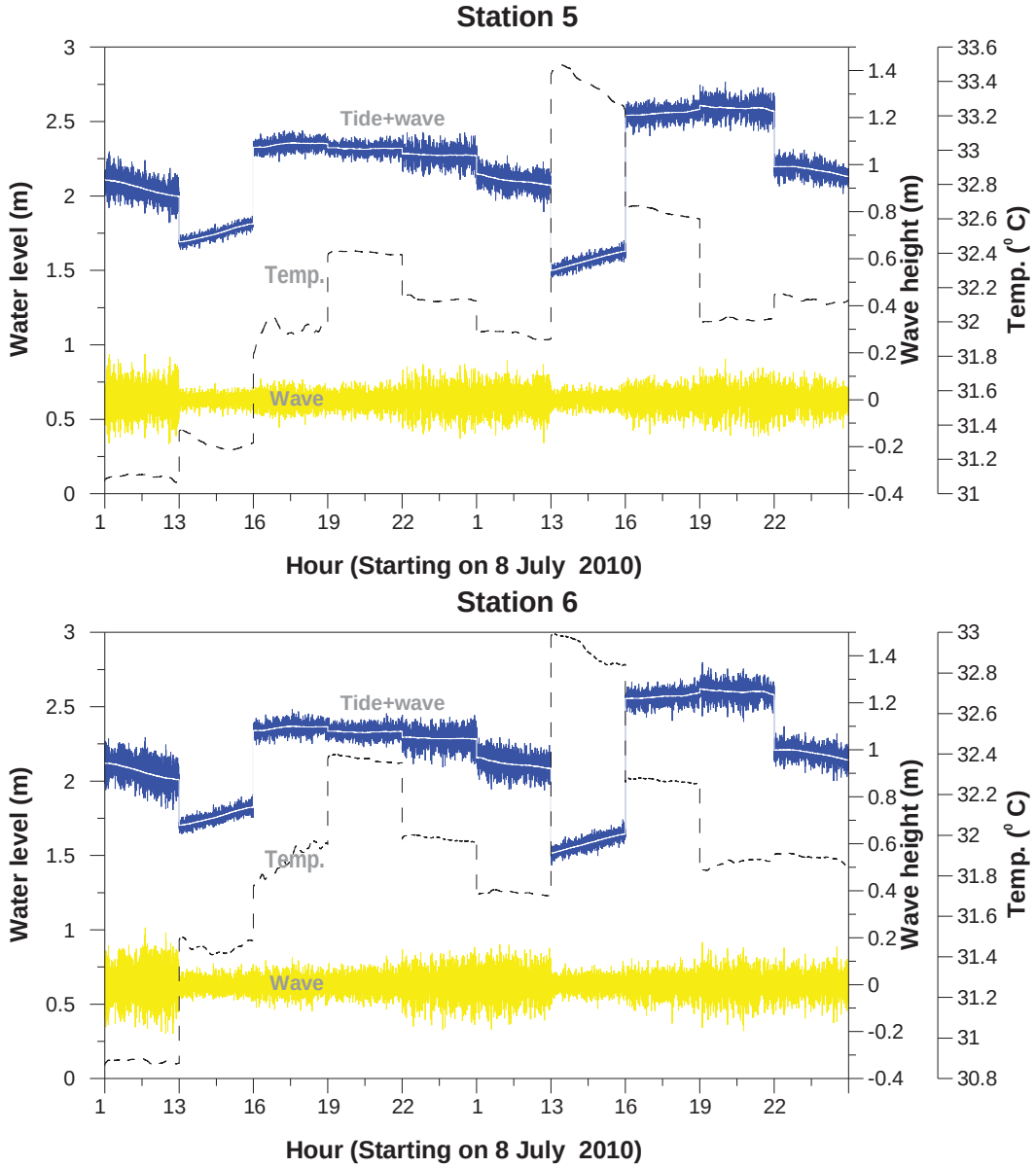
รูปที่ ก-40 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 23-25 มิถุนายน พ.ศ. 2553



รูปที่ ก-41 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 8-9 กรกฎาคม พ.ศ. 2553



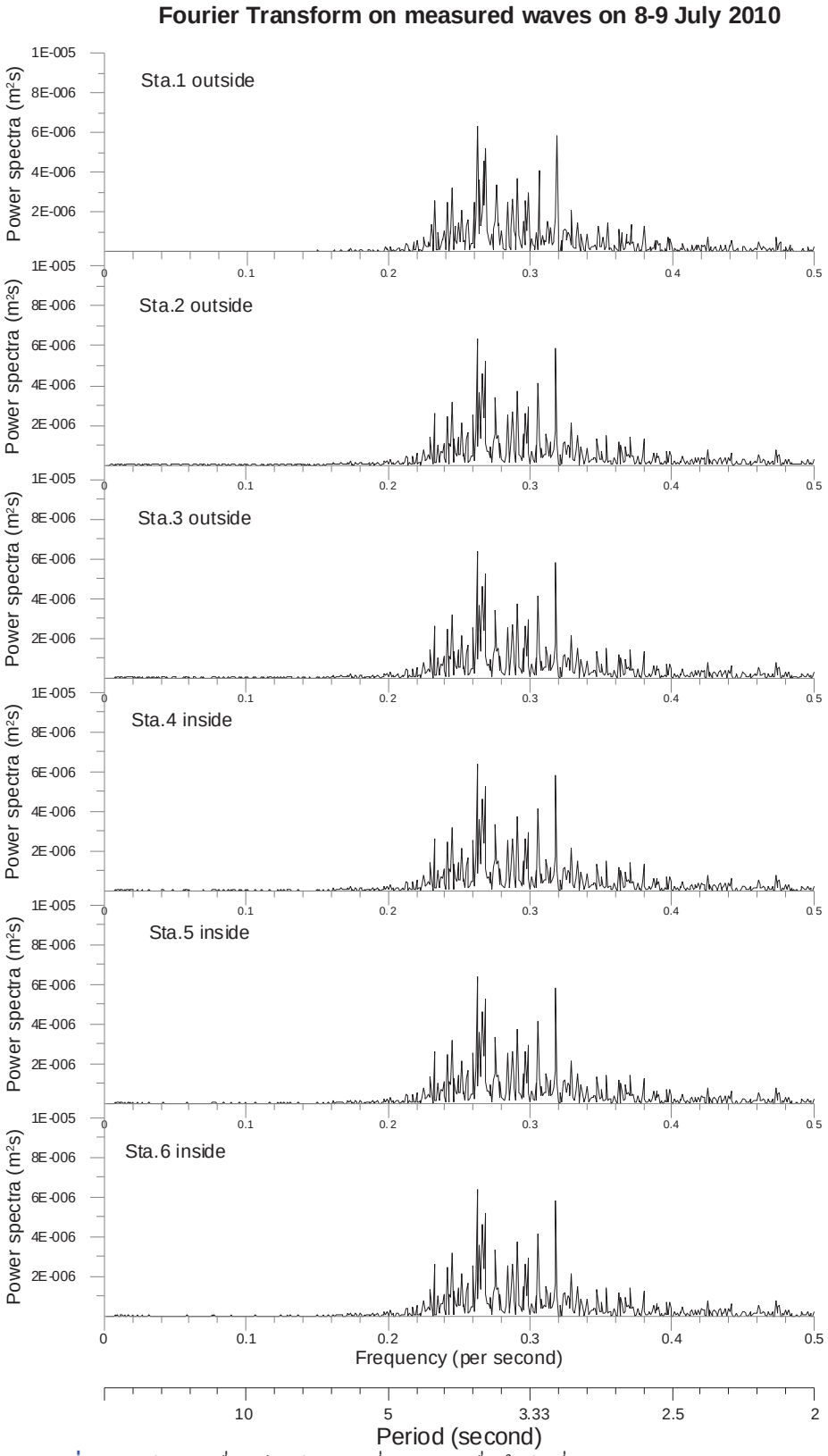
รูปที่ ก-42 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 8-9 กรกฎาคม พ.ศ. 2553



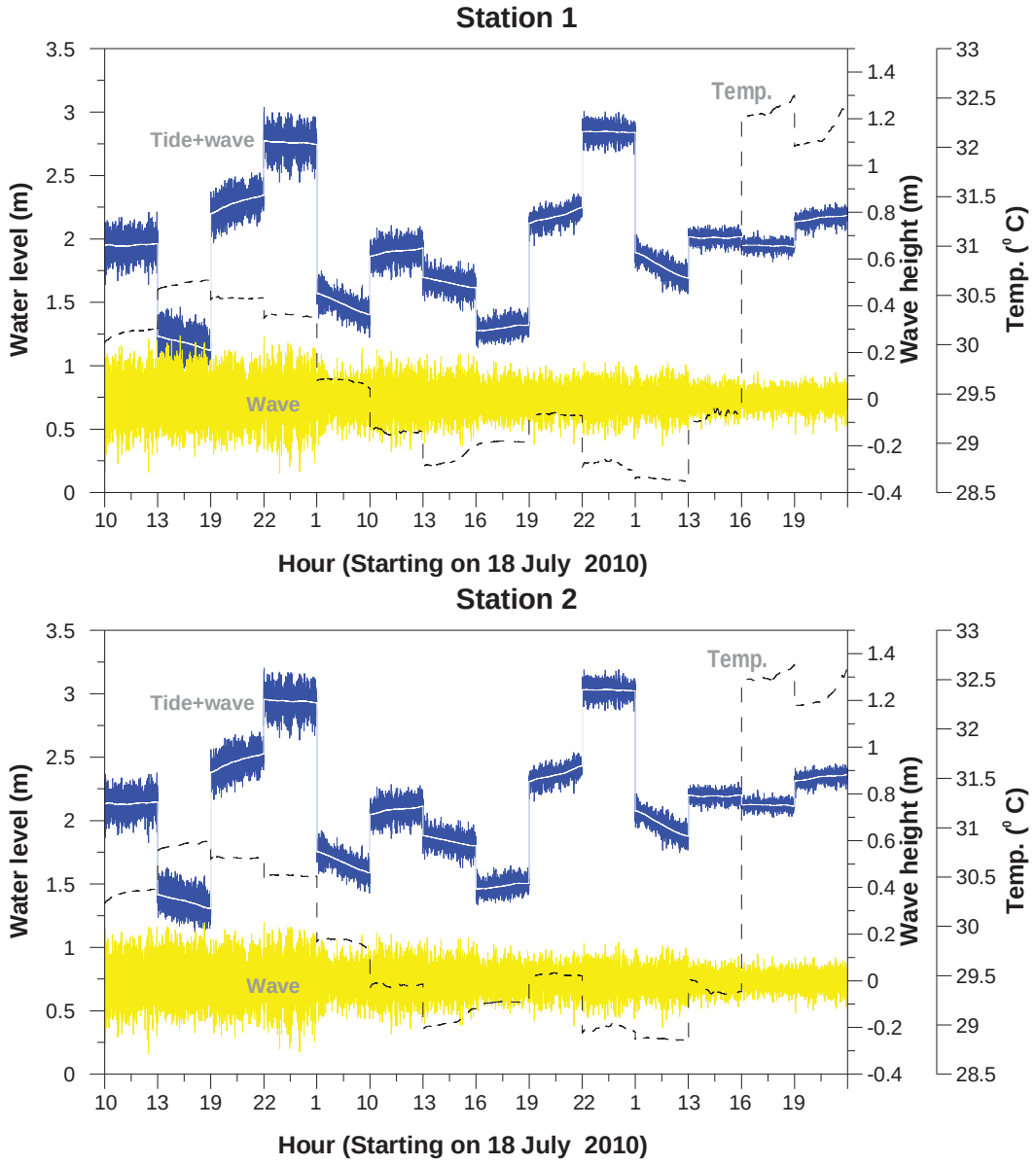
รูปที่ ก-43 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 8-9 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-19 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 8-9 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

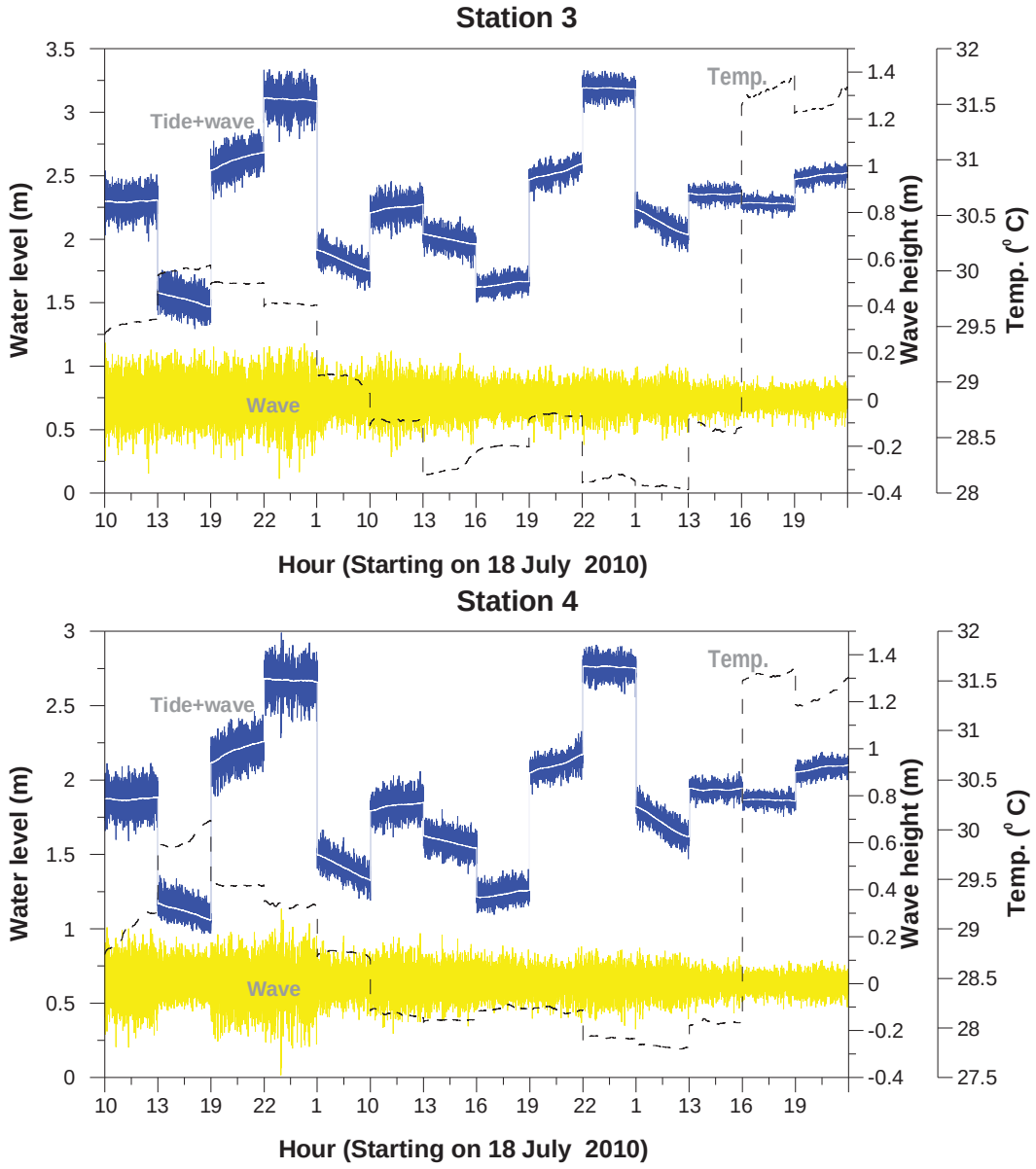
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
01:10	0.28	3.52	0.27	3.53	0.28	3.53	0.27	3.59	0.27	3.59	0.28	3.55
13:10	0.11	3.27	0.11	3.21	0.11	3.31	0.09	3.43	0.09	3.43	0.10	3.41
16:10	0.14	3.02	0.13	3.06	0.13	3.04	0.14	2.96	0.14	2.96	0.13	3.02
19:10	0.14	3.09	0.14	3.06	0.14	3.08	0.14	2.92	0.14	2.92	0.14	3.05
22:10	0.21	3.21	0.20	3.23	0.19	3.22	0.20	3.33	0.20	3.33	0.21	3.23
01:10	0.24	3.37	0.22	3.33	0.23	3.46	0.21	3.39	0.21	3.39	0.22	3.51
13:10	0.14	3.34	0.13	3.39	0.13	3.37	0.12	3.46	0.12	3.46	0.11	3.34
16:10	0.15	2.91	0.15	2.92	0.14	3.00	0.16	2.87	0.16	2.87	0.16	2.89
19:10	0.25	3.37	0.24	3.40	0.24	3.32	0.23	3.38	0.23	3.38	0.22	3.34
22:10	0.20	3.44	0.20	3.49	0.19	3.44	0.20	3.45	0.20	3.45	0.19	3.38
เฉลี่ย	0.22	3.24	0.21	3.24	0.21	3.26	0.21	3.25	0.21	3.25	0.21	3.25



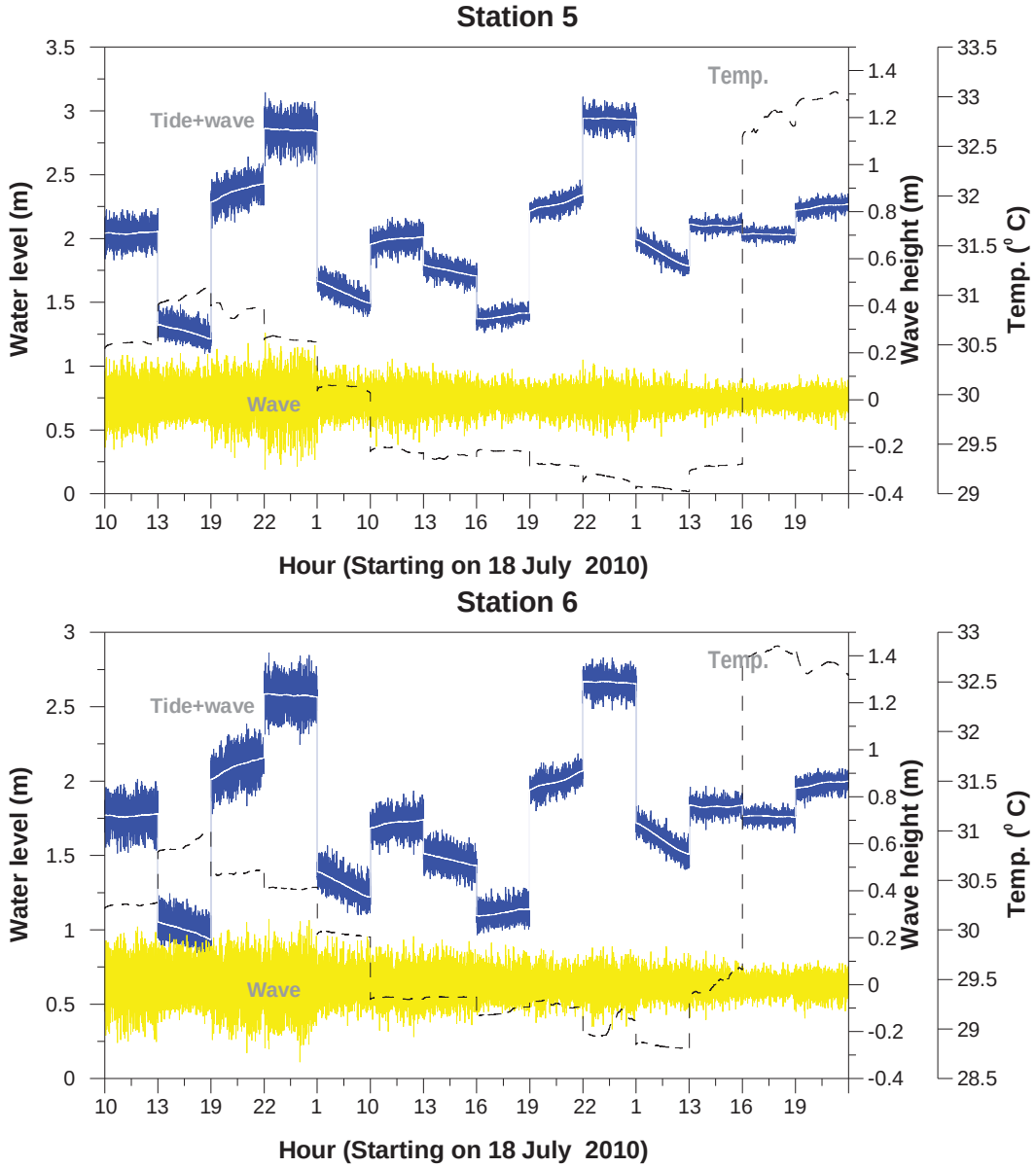
รูปที่ ก-44 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 8-9 กรกฎาคม พ.ศ. 2553



รูปที่ ก-45 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 18-20 กรกฎาคม พ.ศ. 2553



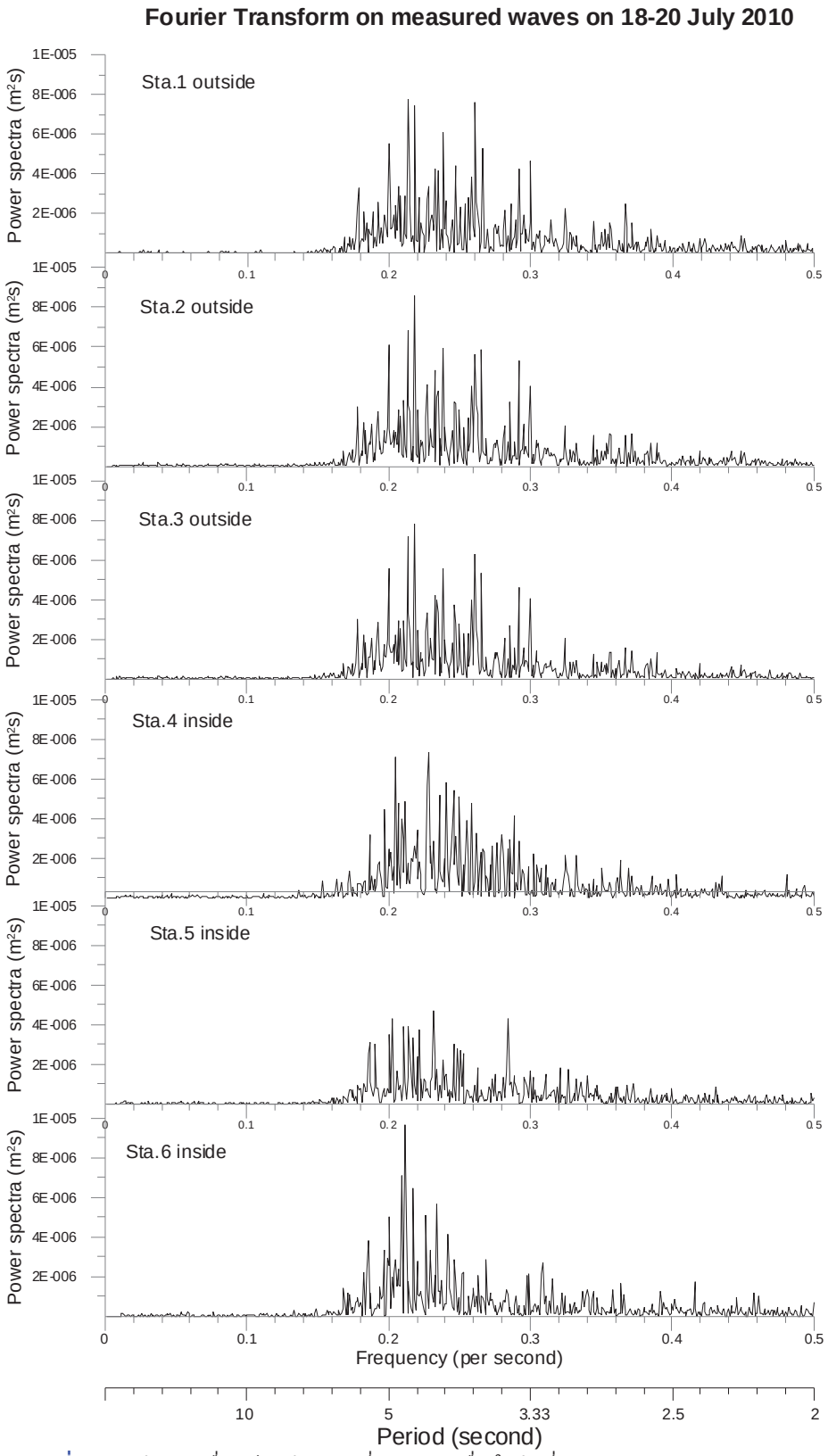
รูปที่ ก-46 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 18-20 กรกฎาคม พ.ศ. 2553



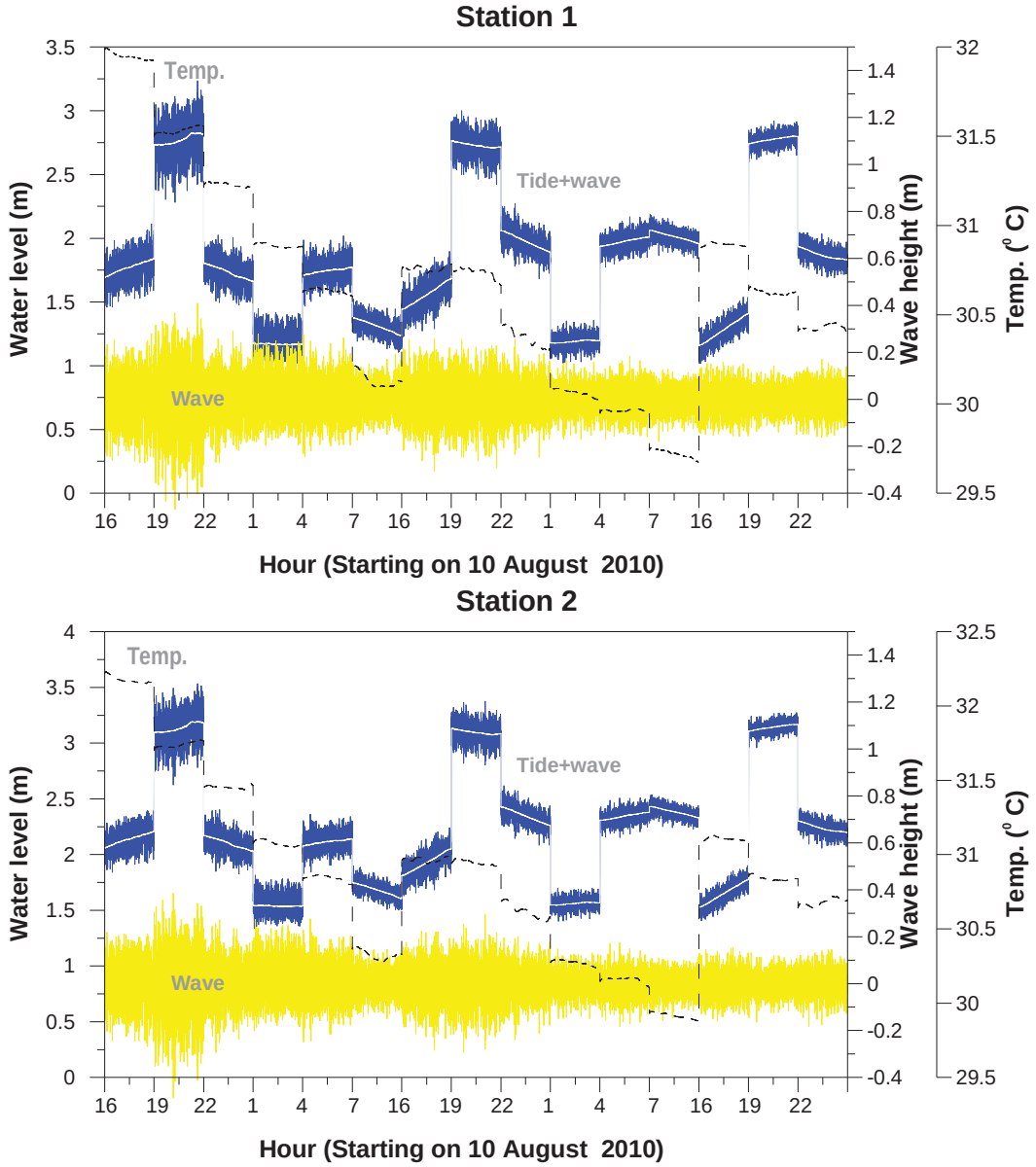
รูปที่ ก-47 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 18-20 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-20 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 18-20 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

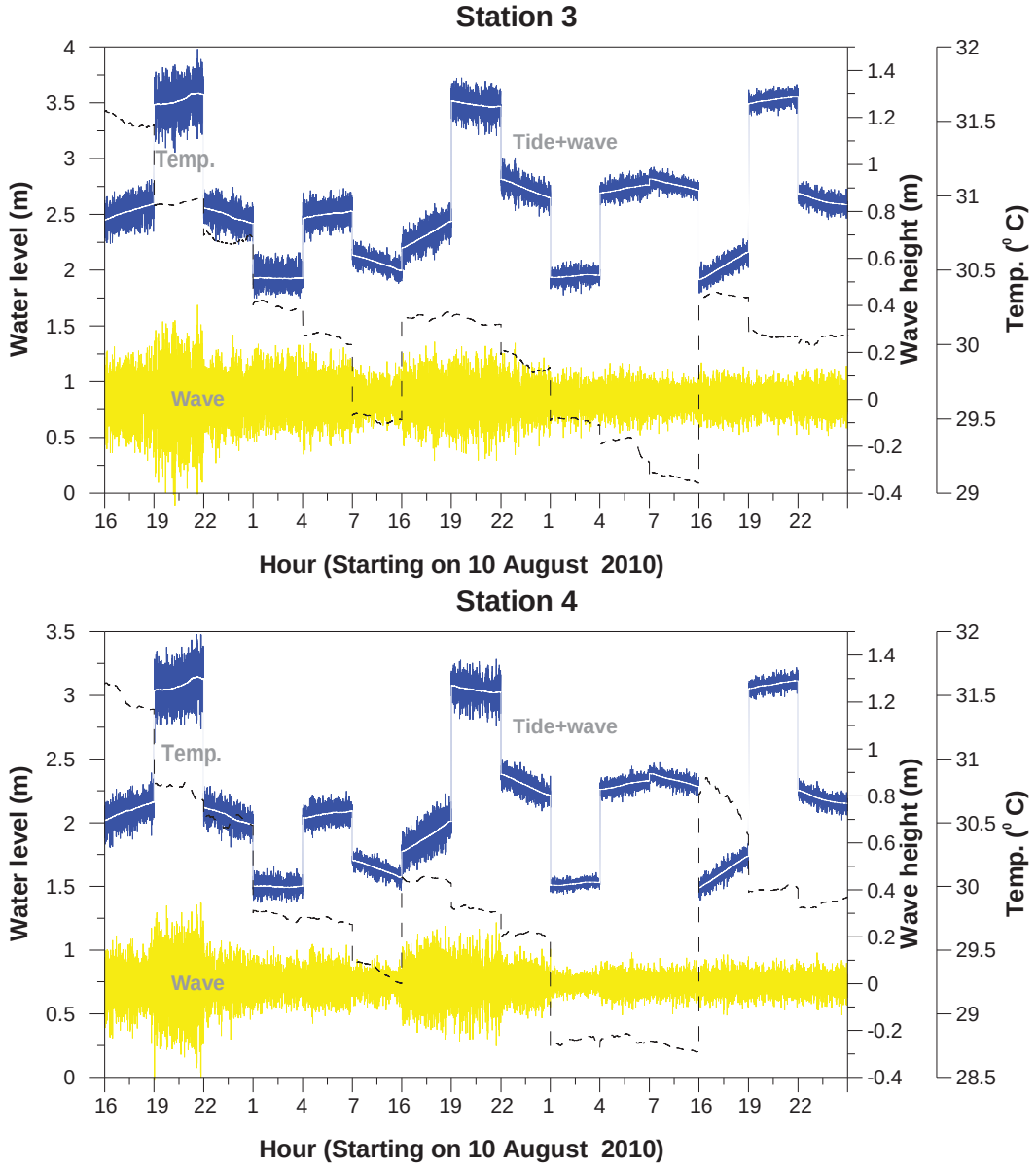
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
10:10	0.35	3.63	0.32	3.67	0.32	3.74	0.32	3.59	0.26	3.53	0.31	3.69
13:10	0.32	3.56	0.30	3.58	0.28	3.69	0.21	3.59	0.21	3.66	0.25	3.64
19:10	0.29	3.56	0.29	3.58	0.30	3.65	0.30	3.59	0.28	3.57	0.33	3.72
22:10	0.36	3.93	0.34	3.95	0.35	4.03	0.40	3.99	0.35	3.91	0.37	3.95
01:10	0.24	3.77	0.23	3.90	0.22	3.95	0.22	3.74	0.19	3.76	0.24	3.95
10:10	0.27	3.65	0.27	3.67	0.27	3.70	0.26	3.61	0.22	3.49	0.26	3.68
13:10	0.24	3.45	0.23	3.50	0.23	3.52	0.23	3.35	0.19	3.44	0.23	3.64
16:10	0.19	3.42	0.18	3.45	0.17	3.48	0.18	3.39	0.15	3.31	0.20	3.45
19:10	0.20	3.39	0.19	3.44	0.19	3.36	0.19	3.33	0.16	3.21	0.19	3.44
22:10	0.21	3.63	0.20	3.69	0.20	3.72	0.21	3.67	0.20	3.55	0.21	3.60
01:10	0.21	4.12	0.21	4.18	0.20	4.17	0.19	4.00	0.16	3.90	0.18	4.05
13:10	0.14	3.39	0.14	3.48	0.14	3.52	0.15	3.50	0.13	3.40	0.17	3.41
16:10	0.13	3.22	0.12	3.29	0.12	3.26	0.12	3.18	0.11	3.10	0.12	3.17
19:10	0.15	2.83	0.14	2.88	0.13	2.87	0.13	2.82	0.13	2.85	0.15	2.92
เฉลี่ย	0.28	3.51	0.27	3.56	0.27	3.58	0.31	3.49	0.26	3.45	0.28	3.56



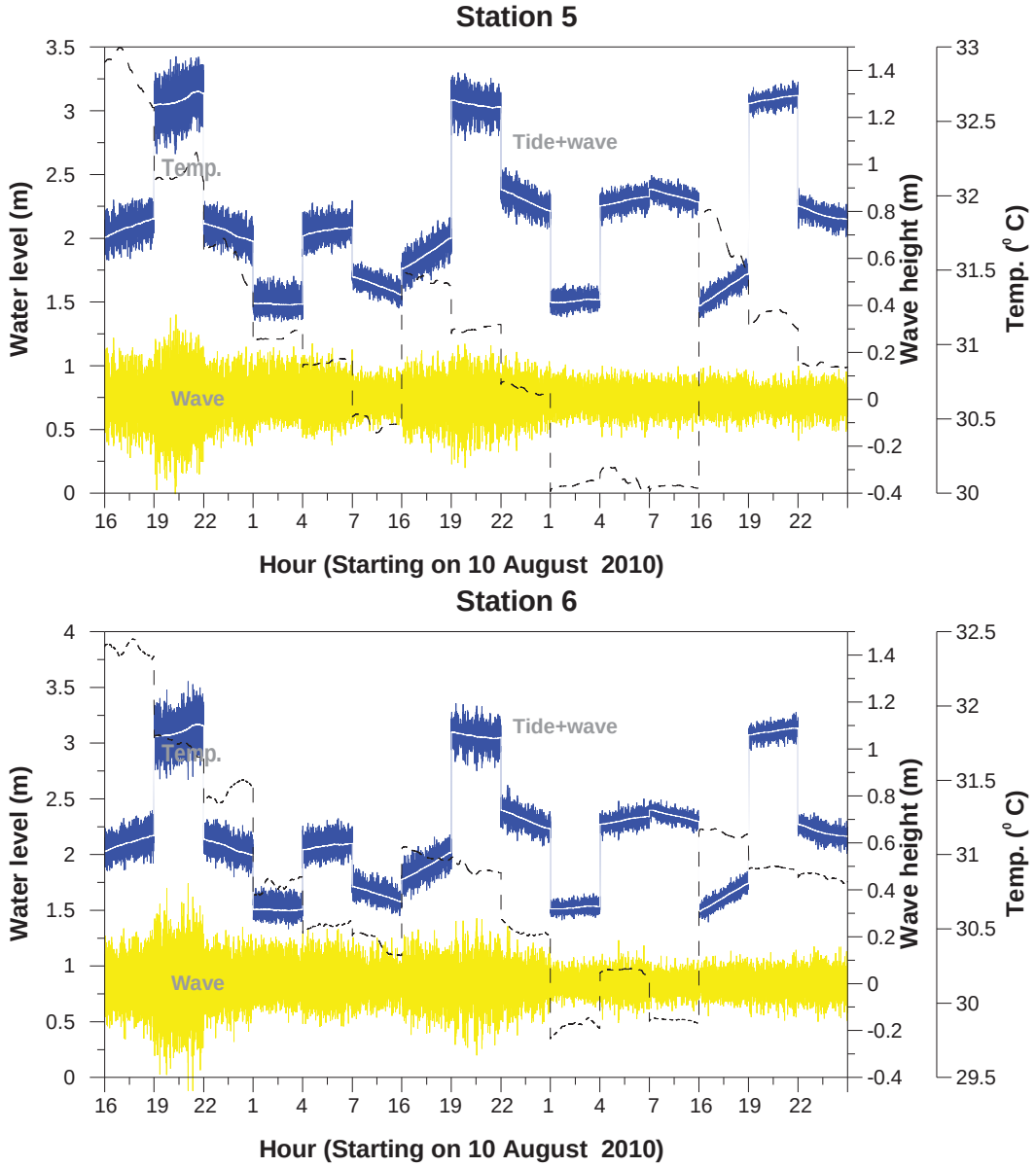
รูปที่ ก-48 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 18-20 กรกฎาคม พ.ศ. 2553



รูปที่ ก-49 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 10-12 สิงหาคม พ.ศ. 2553



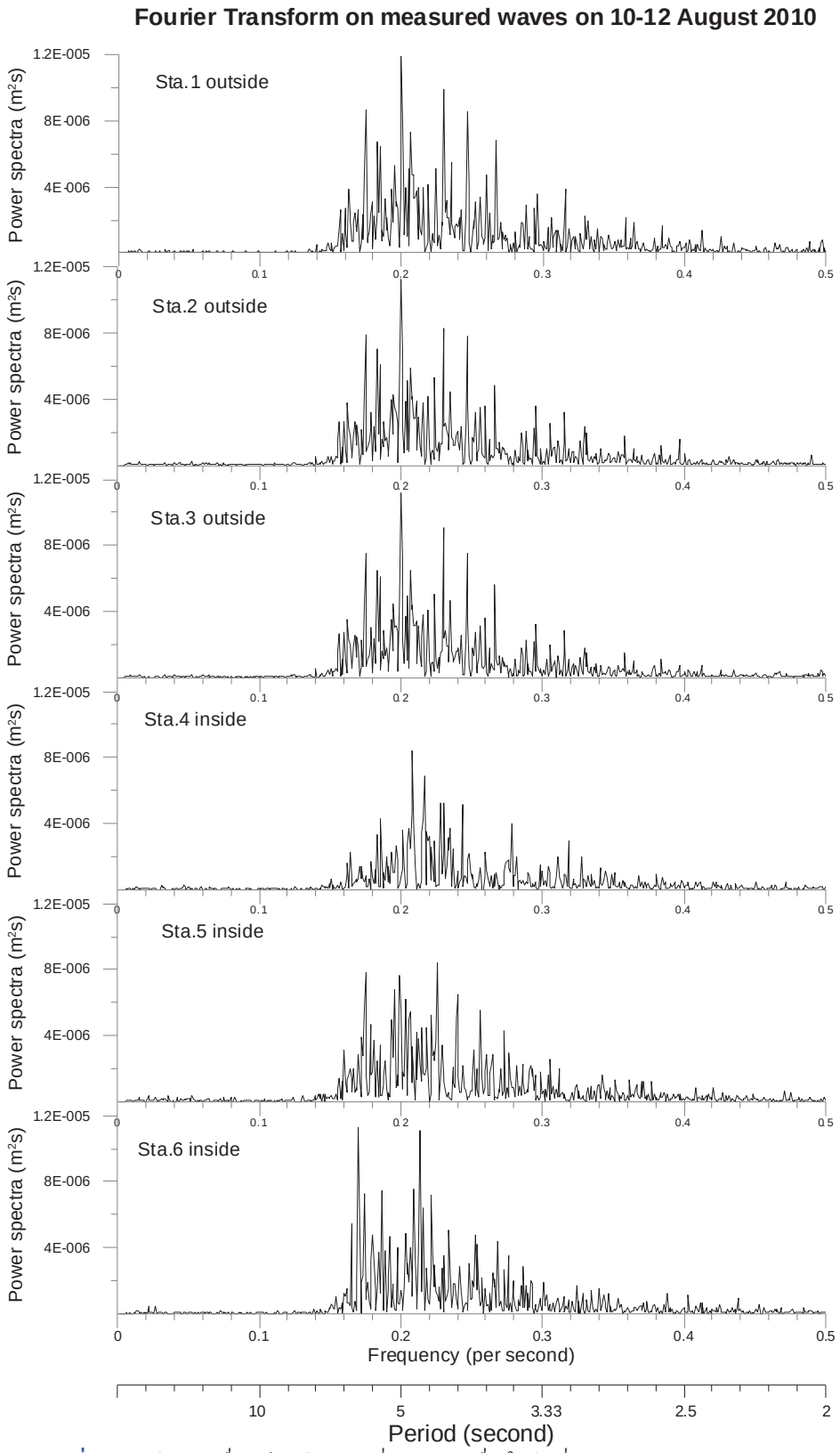
รูปที่ ก-50 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 10-12 สิงหาคม พ.ศ. 2553



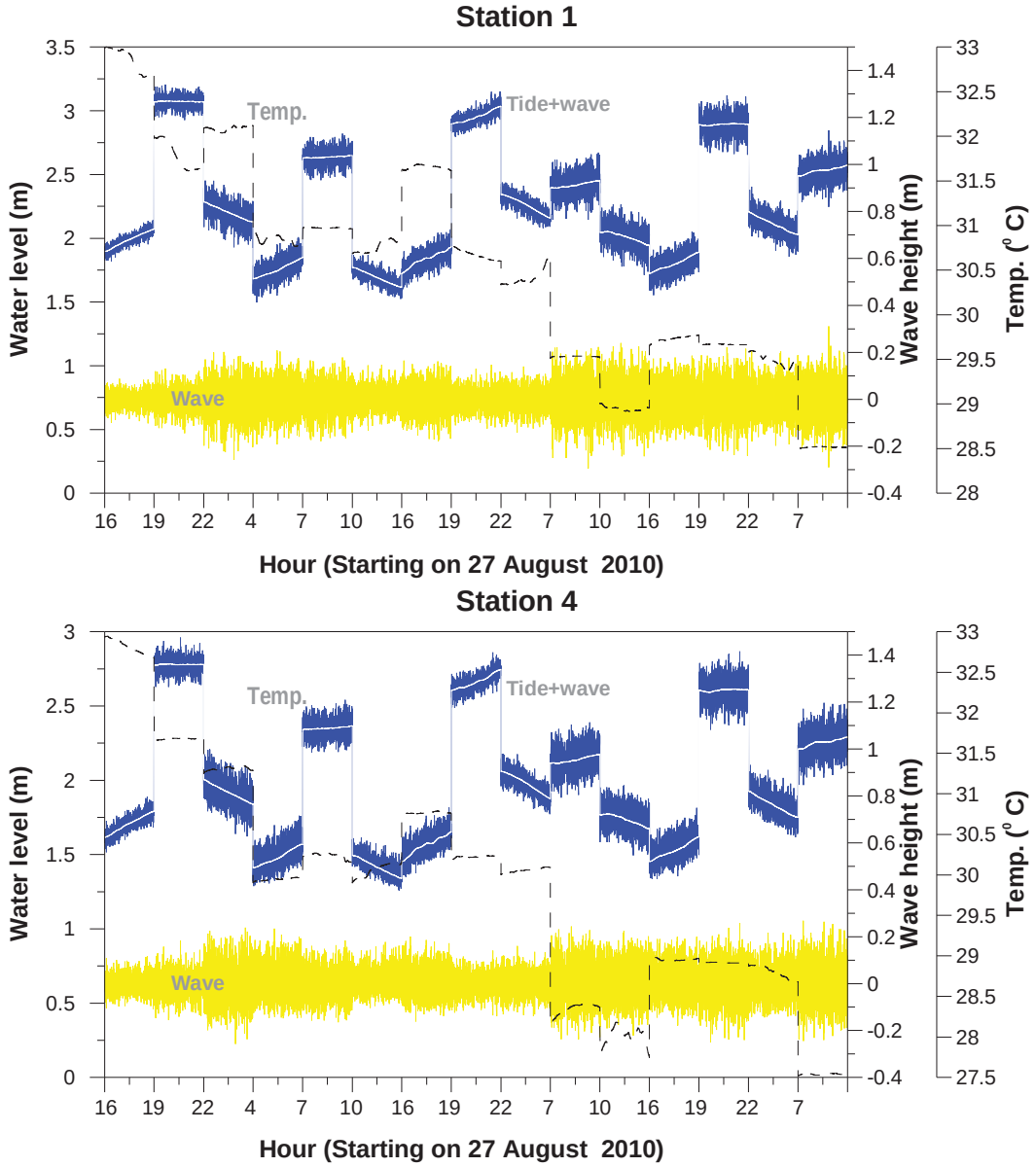
รูปที่ ก-51 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 10-12 สิงหาคม พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-21 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 10-12 สิงหาคม พ.ศ. 2553

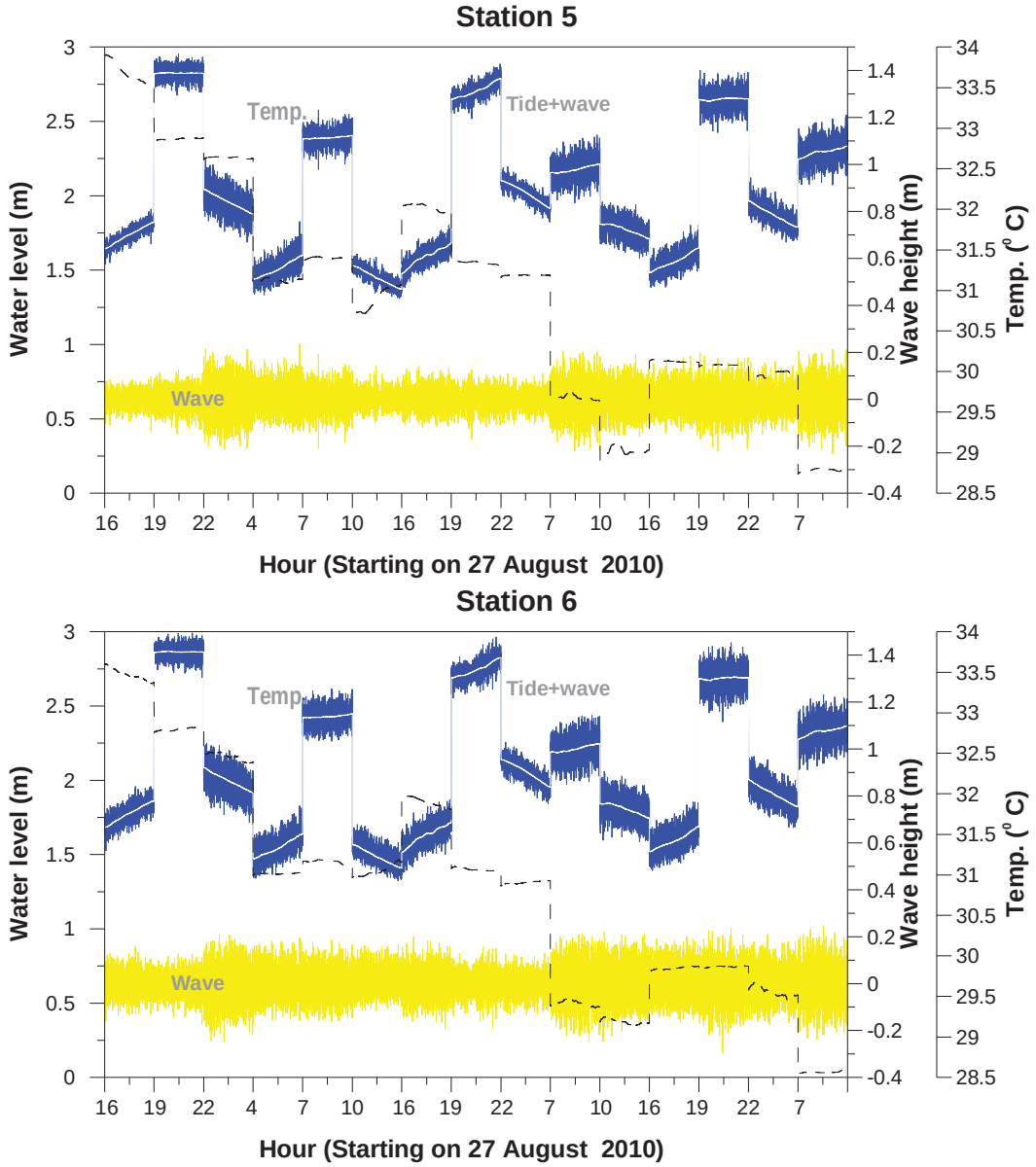
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
16:10	0.35	3.70	0.31	3.91	0.32	4.01	0.29	3.65	0.32	3.96	0.31	3.91
19:10	0.53	4.07	0.52	4.17	0.51	4.15	0.47	3.93	0.48	4.03	0.54	4.26
22:10	0.34	4.36	0.34	4.51	0.32	4.53	0.26	4.26	0.28	4.35	0.31	4.53
01:10	0.32	4.69	0.32	4.92	0.30	4.96	0.18	4.32	0.25	4.51	0.25	4.67
04:10	0.33	4.60	0.32	4.69	0.30	4.80	0.21	4.53	0.28	4.72	0.29	4.84
07:10	0.22	3.90	0.20	4.24	0.20	4.24	0.14	3.91	0.18	4.04	0.23	4.44
16:10	0.33	3.42	0.30	3.41	0.29	3.48	0.30	3.48	0.27	3.48	0.28	3.49
19:10	0.33	4.18	0.35	4.21	0.31	4.21	0.31	4.03	0.33	4.04	0.36	4.12
22:10	0.30	4.14	0.27	4.10	0.27	4.20	0.19	3.87	0.26	4.05	0.28	4.18
01:10	0.21	3.65	0.18	3.66	0.18	3.80	0.09	3.27	0.17	3.75	0.14	3.82
04:10	0.21	3.50	0.21	3.59	0.19	3.68	0.15	3.31	0.19	3.52	0.20	3.72
07:10	0.18	3.40	0.17	3.55	0.16	3.58	0.14	3.20	0.17	3.48	0.15	3.51
16:10	0.21	3.24	0.20	3.27	0.19	3.36	0.16	3.31	0.18	3.26	0.16	3.46
19:10	0.17	3.35	0.17	3.43	0.17	3.43	0.14	3.50	0.16	3.50	0.18	3.60
22:10	0.20	3.51	0.20	3.55	0.18	3.63	0.15	3.55	0.18	3.63	0.20	3.57
เฉลี่ย	0.39	3.79	0.38	3.88	0.37	3.94	0.33	3.69	0.35	3.84	0.39	3.95



รูปที่ ก-52 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 10-12 สิงหาคม พ.ศ. 2553



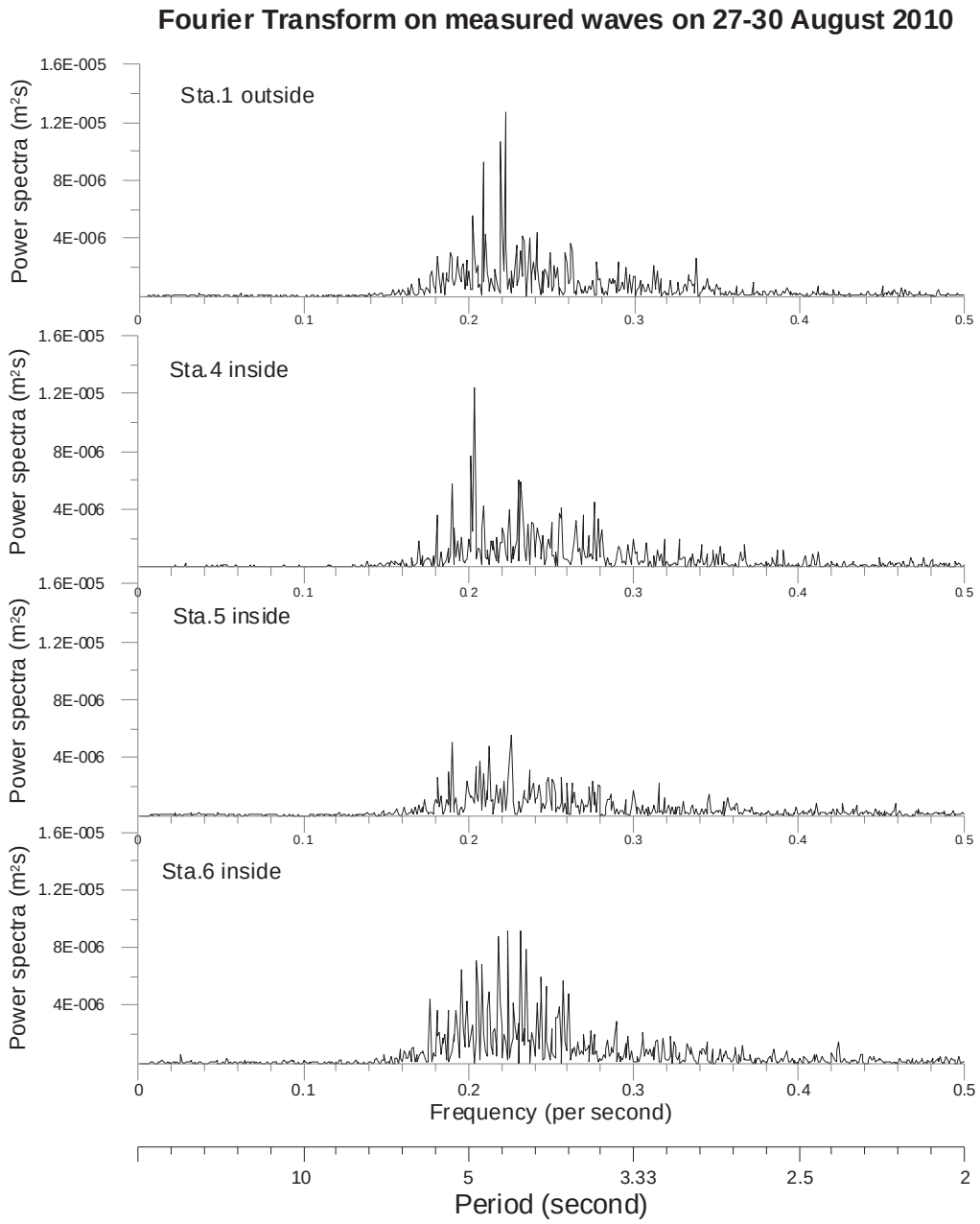
รูปที่ ก-53 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 27-30 สิงหาคม พ.ศ. 2553



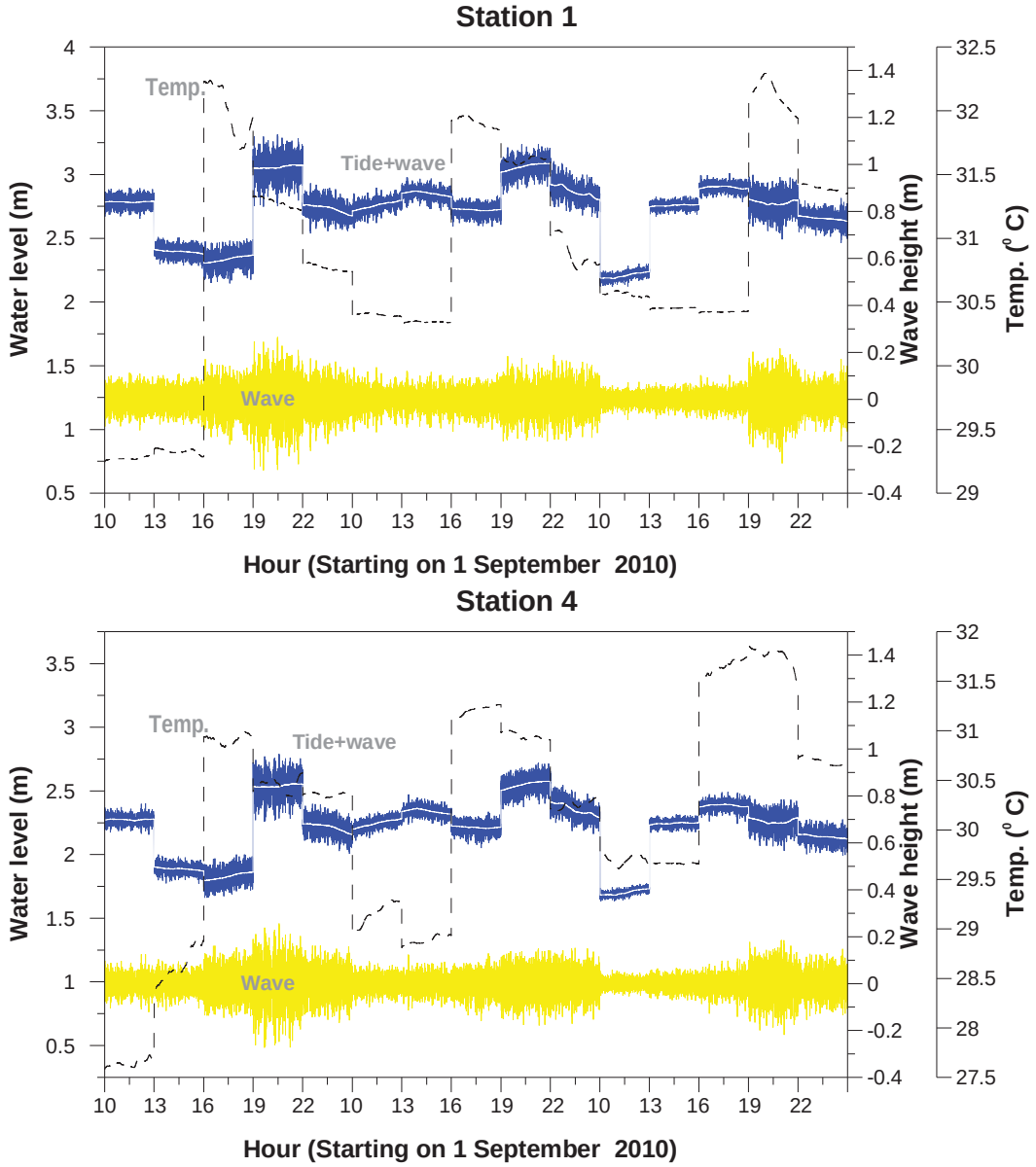
รูปที่ ก-54 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 27-30 สิงหาคม พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-22 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 27-30 สิงหาคม พ.ศ. 2553

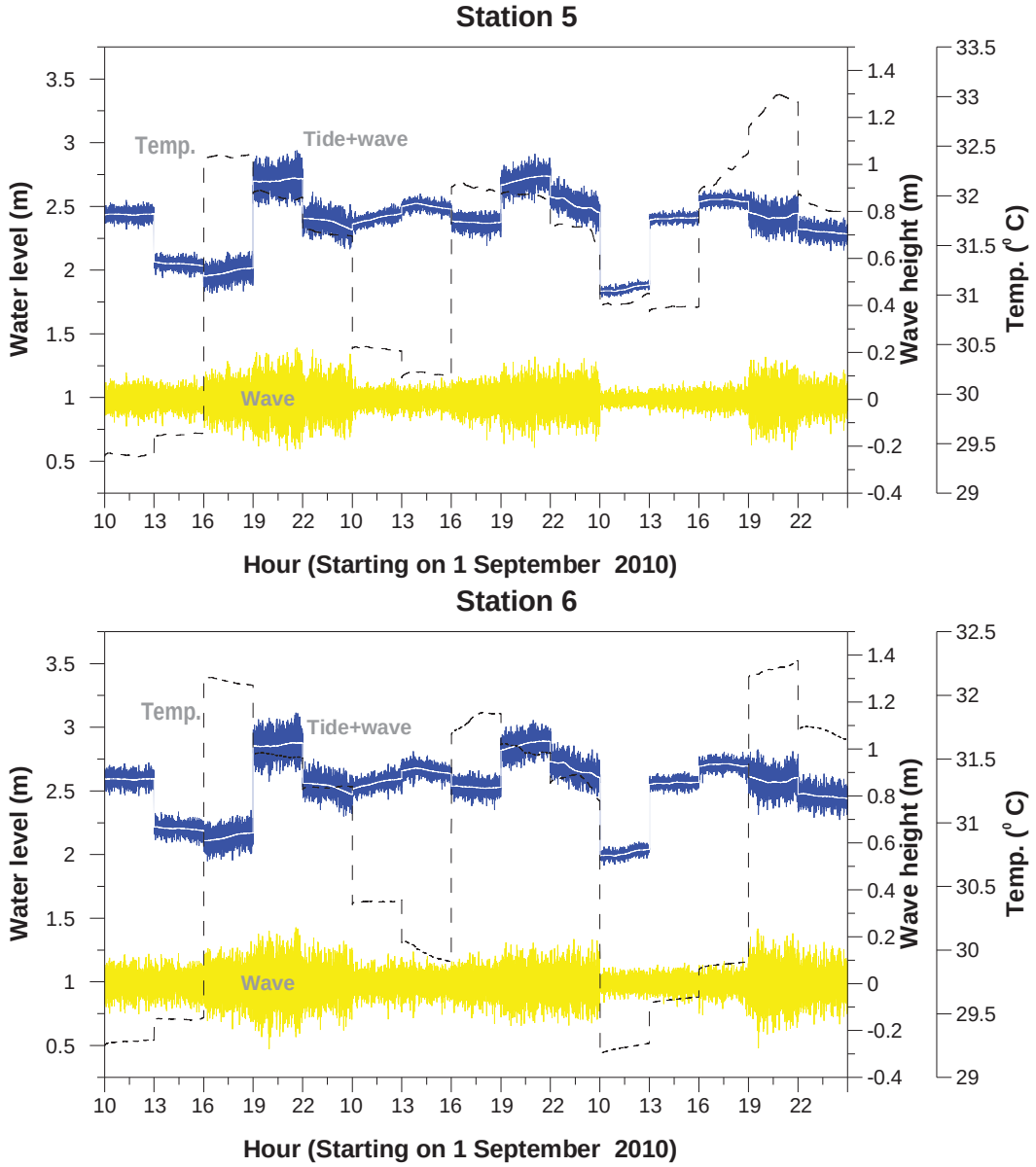
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
16:10	0.11	3.09	0.13	3.11	0.13	3.04	0.19	3.47
19:10	0.16	3.42	0.19	3.23	0.16	3.22	0.18	3.19
22:10	0.27	3.51	0.30	3.48	0.27	3.44	0.29	3.51
04:10	0.25	3.77	0.25	3.69	0.22	3.55	0.24	3.75
07:10	0.23	4.26	0.22	4.26	0.22	4.10	0.23	4.26
10:10	0.17	4.65	0.18	4.43	0.14	4.49	0.19	4.76
16:10	0.21	3.39	0.22	3.49	0.16	3.41	0.23	3.59
19:10	0.16	3.70	0.16	3.76	0.16	3.76	0.20	3.86
22:10	0.16	3.57	0.18	3.64	0.13	3.50	0.16	3.56
07:00	0.31	3.81	0.31	3.90	0.27	3.72	0.30	3.88
10:10	0.30	3.52	0.28	3.68	0.22	3.40	0.30	3.77
16:10	0.24	3.76	0.24	3.68	0.21	3.65	0.25	3.80
19:10	0.29	4.04	0.31	3.97	0.26	3.95	0.31	4.11
22:10	0.25	4.27	0.24	4.18	0.20	3.88	0.24	4.36
07:10	0.32	3.77	0.32	3.75	0.28	3.66	0.31	3.86
เฉลี่ย	0.27	3.73	0.26	3.71	0.23	3.61	0.27	3.80



รูปที่ ก-55 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 27-30 สิงหาคม พ.ศ. 2553



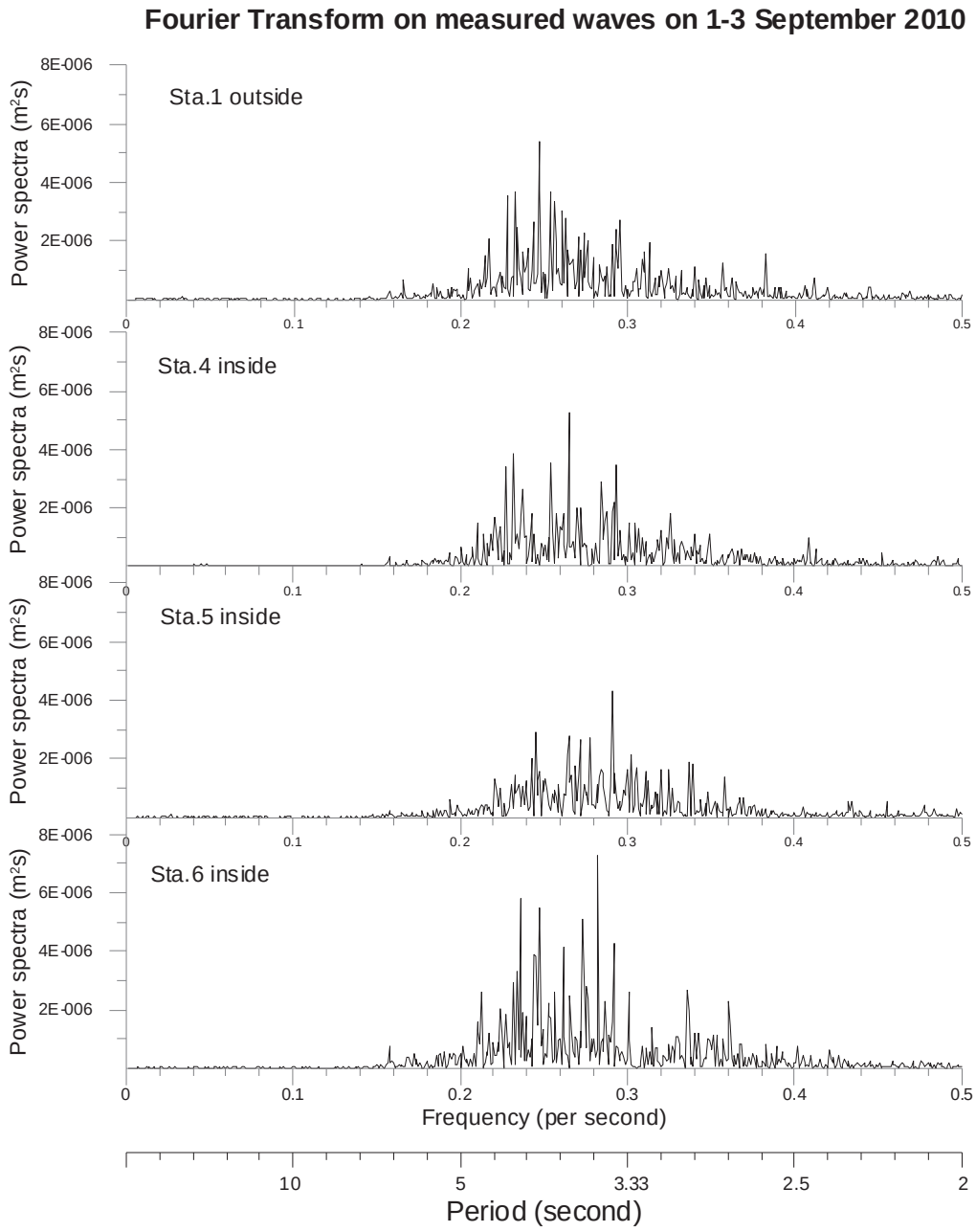
รูปที่ ก-56 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 1-3 กันยายน พ.ศ. 2553



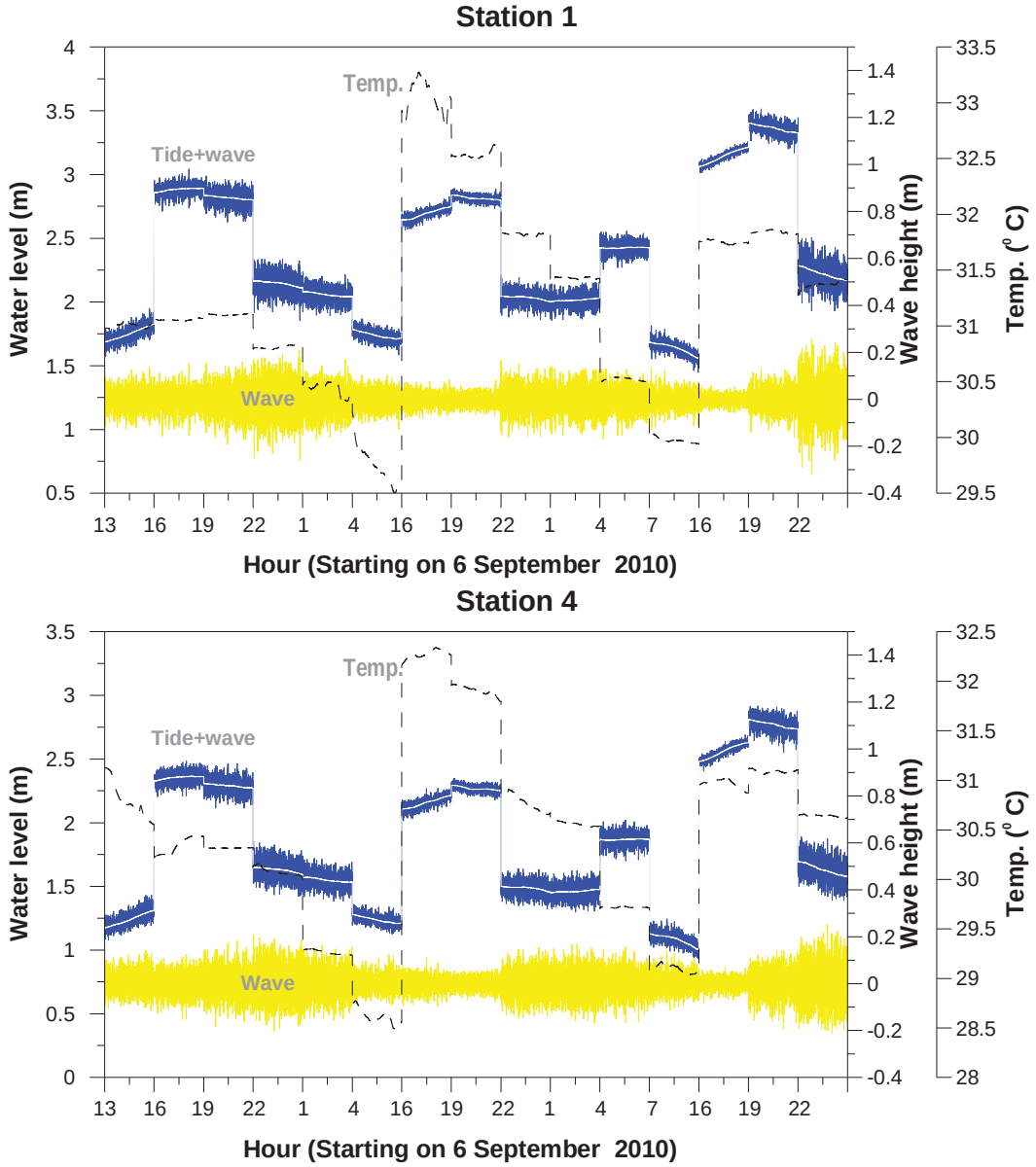
รูปที่ ก-57 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 1-3 กันยายน พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-23 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 1-3 กันยายน พ.ศ. 2553

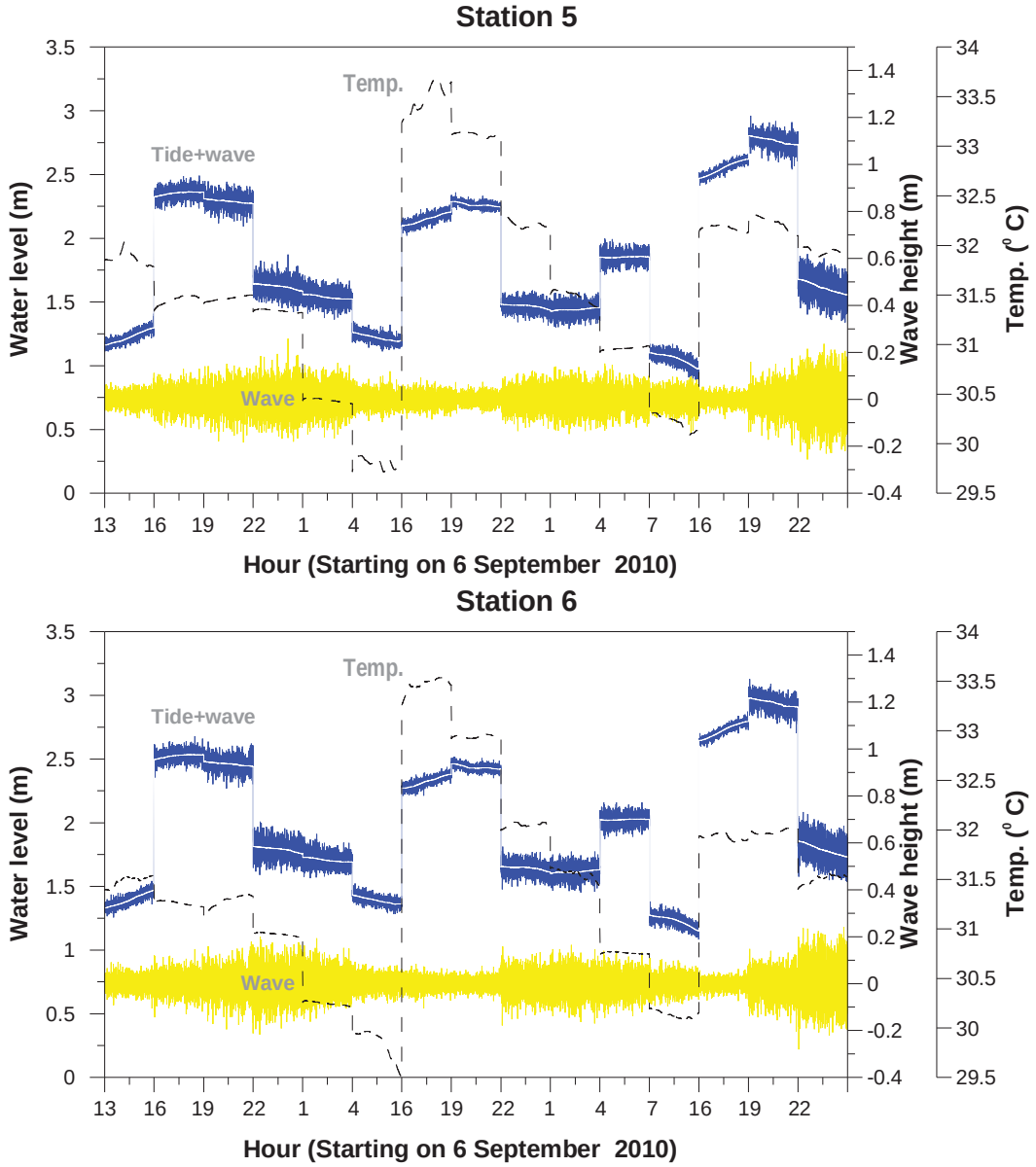
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
10:10	0.15	3.96	0.14	3.95	0.14	3.90	0.16	4.00
13:10	0.14	3.74	0.13	3.74	0.12	3.45	0.16	3.68
16:10	0.22	3.09	0.20	3.07	0.20	3.05	0.22	2.99
19:10	0.34	3.52	0.33	3.61	0.28	3.45	0.32	3.56
22:10	0.23	3.60	0.21	3.74	0.23	3.72	0.25	3.73
10:10	0.17	3.80	0.12	3.73	0.11	3.65	0.16	3.82
13:10	0.15	3.85	0.14	3.74	0.11	3.53	0.16	3.80
16:10	0.15	3.10	0.16	2.99	0.16	2.96	0.18	3.05
19:10	0.22	3.27	0.21	3.17	0.23	3.19	0.22	3.23
22:00	0.22	3.50	0.20	3.46	0.21	3.39	0.23	3.49
10:10	0.09	3.65	0.07	3.59	0.07	3.40	0.09	3.60
13:10	0.10	3.76	0.09	3.80	0.09	3.57	0.11	3.90
16:10	0.12	3.32	0.14	3.20	0.11	3.12	0.14	3.23
19:10	0.29	3.59	0.25	3.59	0.24	3.52	0.30	3.54
22:10	0.20	3.80	0.18	3.81	0.16	3.72	0.22	3.85
เฉลี่ย	0.26	3.55	0.24	3.52	0.21	3.42	0.24	3.54



รูปที่ ก-58 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 1-3 กันยายน พ.ศ. 2553



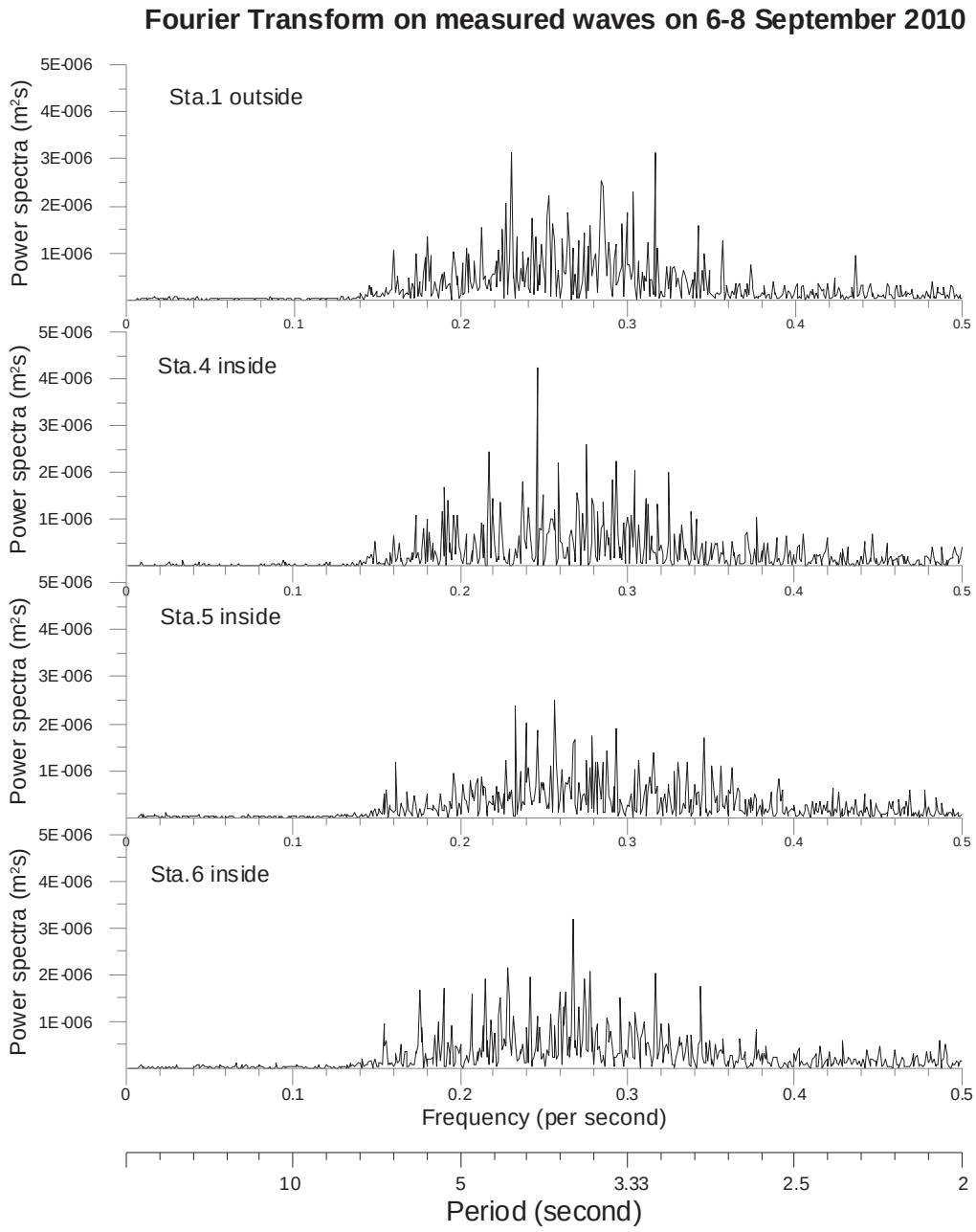
รูปที่ ก-59 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 6-8 กันยายน พ.ศ. 2553



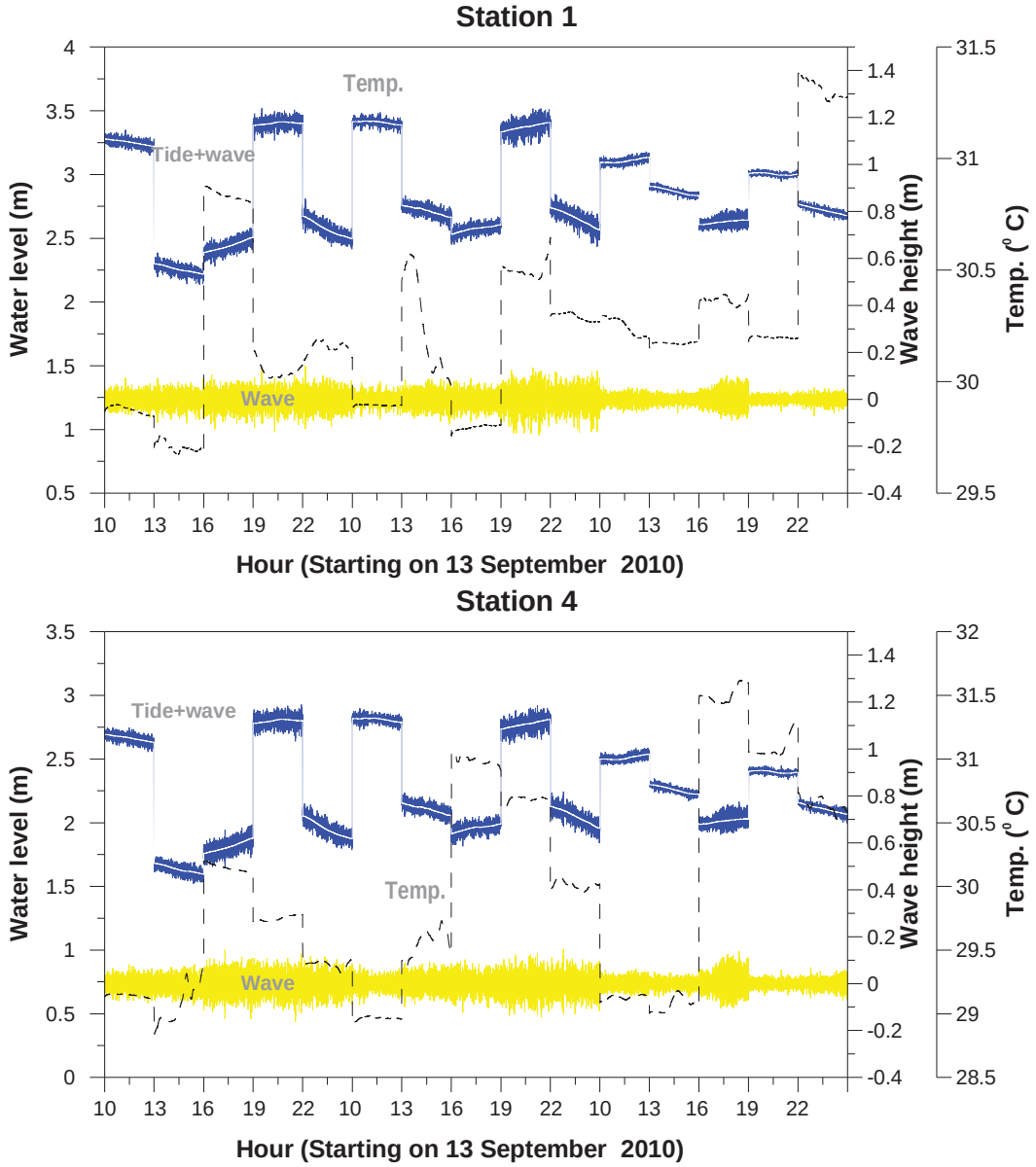
รูปที่ ก-60 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 6-8 กันยายน พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-24 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 6-8 กันยายน พ.ศ. 2553

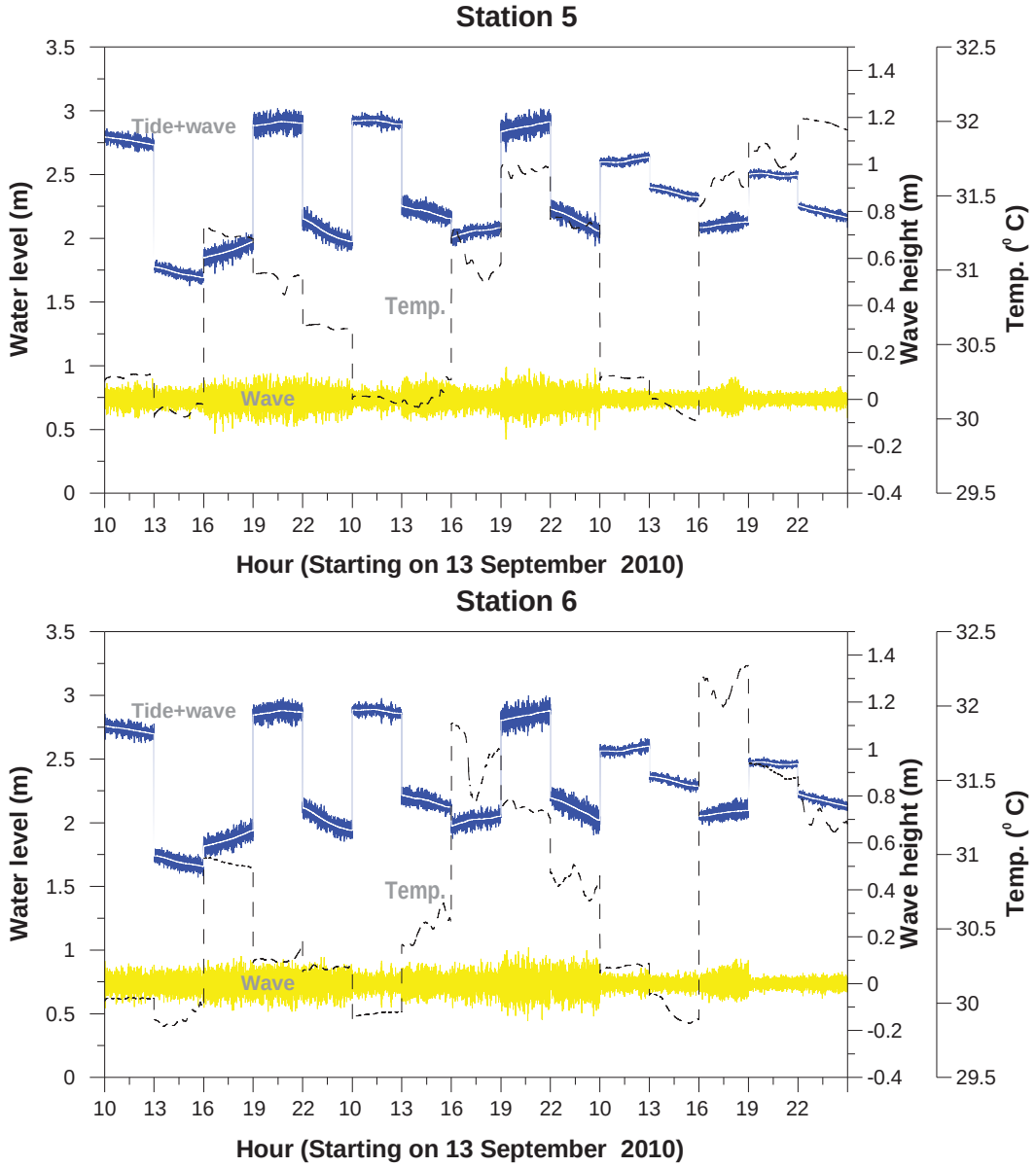
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
13:10	0.16	3.55	0.16	3.64	0.11	3.48	0.12	3.40
16:10	0.17	3.72	0.17	3.75	0.16	3.59	0.17	3.77
19:10	0.22	4.04	0.22	4.01	0.21	3.90	0.23	4.10
22:10	0.28	3.47	0.26	3.43	0.24	3.33	0.25	3.42
01:10	0.21	3.46	0.20	3.49	0.20	3.33	0.21	3.47
04:10	0.14	3.81	0.13	3.73	0.12	3.69	0.11	3.76
16:10	0.10	2.99	0.12	2.95	0.10	2.79	0.10	2.87
19:10	0.09	3.83	0.09	3.63	0.08	3.58	0.09	3.64
22:10	0.20	3.16	0.19	3.23	0.16	2.99	0.19	3.27
01:00	0.18	3.20	0.21	3.19	0.18	3.07	0.20	3.22
04:10	0.18	3.41	0.19	3.36	0.17	3.27	0.17	3.37
07:10	0.15	3.22	0.15	3.05	0.14	2.96	0.13	3.18
16:10	0.07	3.13	0.09	3.00	0.08	2.95	0.08	3.06
19:10	0.17	3.17	0.20	3.23	0.21	3.18	0.20	3.22
22:10	0.34	3.59	0.29	3.46	0.30	3.43	0.32	3.56
เฉลี่ย	0.25	3.42	0.22	3.38	0.22	3.27	0.23	3.39



รูปที่ ก-61 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 6-8 กันยายน พ.ศ. 2553



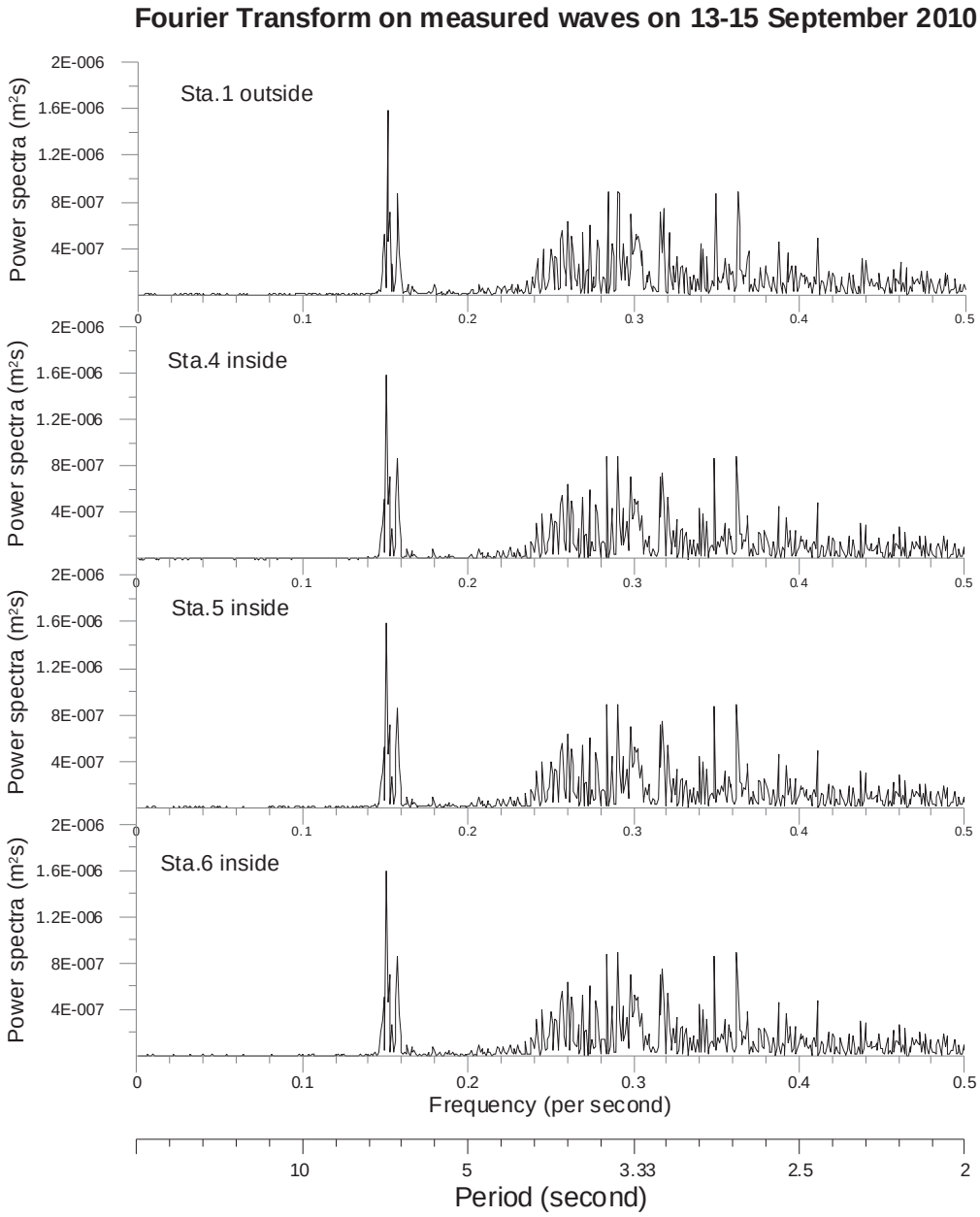
รูปที่ ก-62 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 13-15 กันยายน พ.ศ. 2553



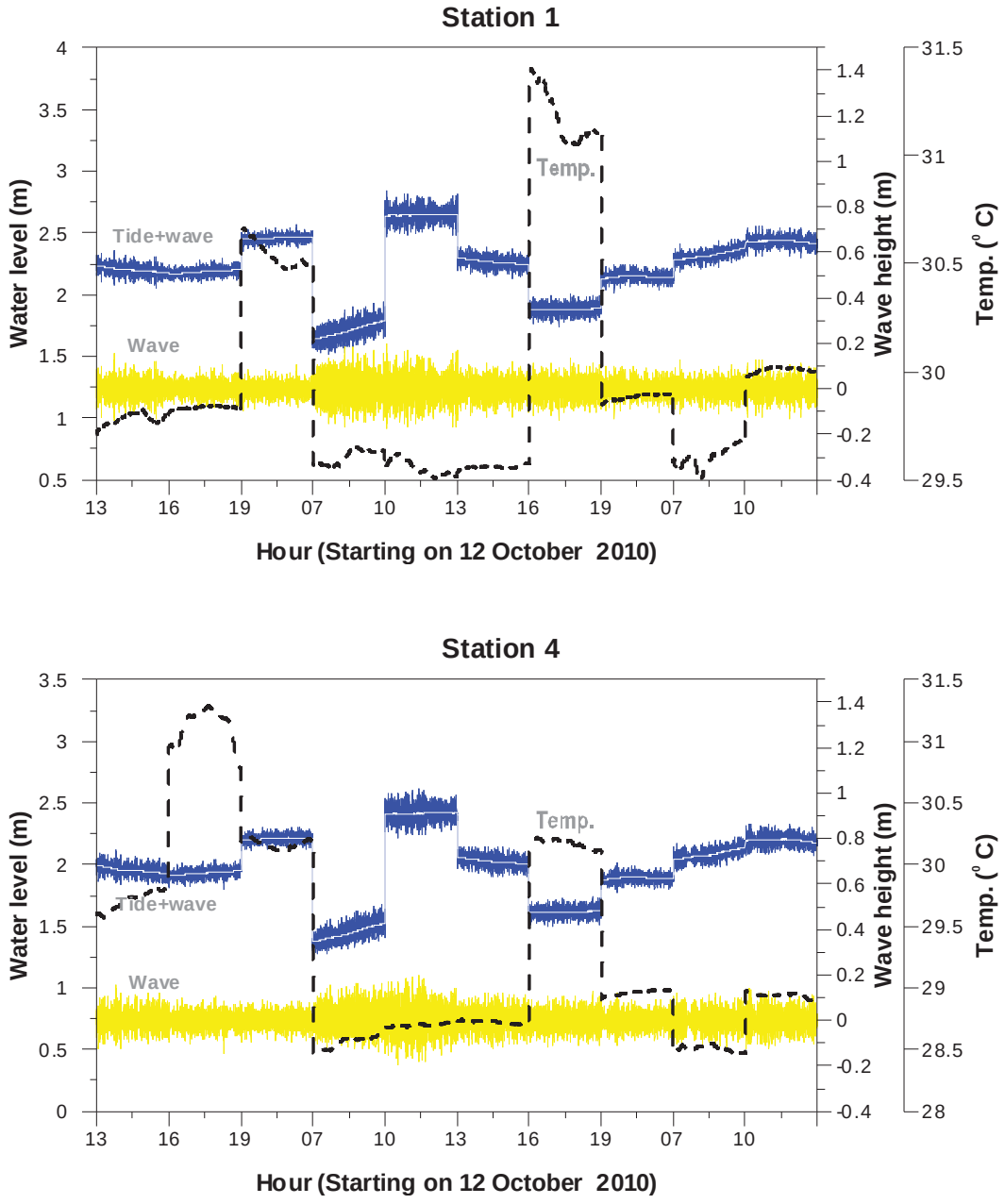
รูปที่ ก-63 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 13-15 กันยายน พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-25 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 13-15 กันยายน พ.ศ. 2553

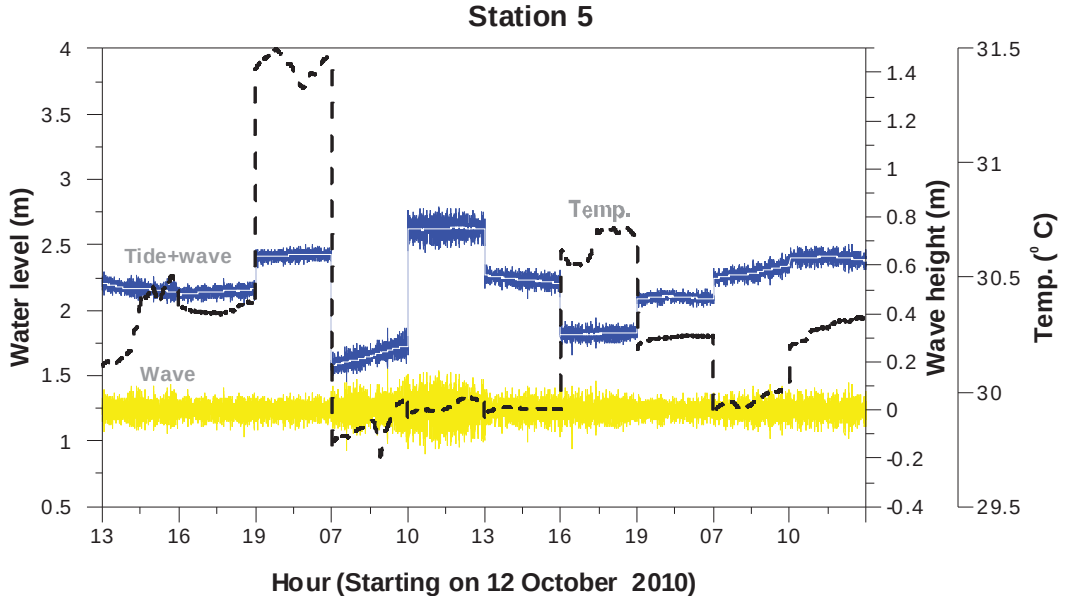
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
10:10	0.09	3.31	0.10	3.23	0.10	3.15	0.12	3.38
13:10	0.11	3.06	0.10	3.13	0.08	2.98	0.11	3.12
16:10	0.13	2.73	0.17	2.66	0.14	2.67	0.14	2.71
19:10	0.15	3.02	0.16	3.02	0.15	2.98	0.14	2.93
22:10	0.15	3.21	0.14	3.29	0.13	3.23	0.14	3.17
10:10	0.09	3.77	0.10	3.70	0.09	3.68	0.11	3.73
13:10	0.12	4.48	0.12	4.24	0.14	5.22	0.12	4.04
16:10	0.11	2.97	0.13	2.94	0.09	2.76	0.12	2.84
19:10	0.18	3.07	0.17	3.06	0.17	3.09	0.19	3.06
22:00	0.16	3.41	0.16	3.37	0.14	3.29	0.16	3.35
10:10	0.07	3.95	0.08	3.95	0.07	3.88	0.08	4.05
13:10	0.06	3.44	0.07	3.38	0.06	3.29	0.07	3.47
16:10	0.13	5.58	0.17	5.88	0.11	4.88	0.13	5.24
19:10	0.05	3.27	0.06	3.15	0.05	2.94	0.05	3.08
22:10	0.07	2.63	0.08	2.54	0.07	2.54	0.07	2.61
เฉลี่ย	0.14	3.34	0.15	3.30	0.14	3.24	0.14	3.28

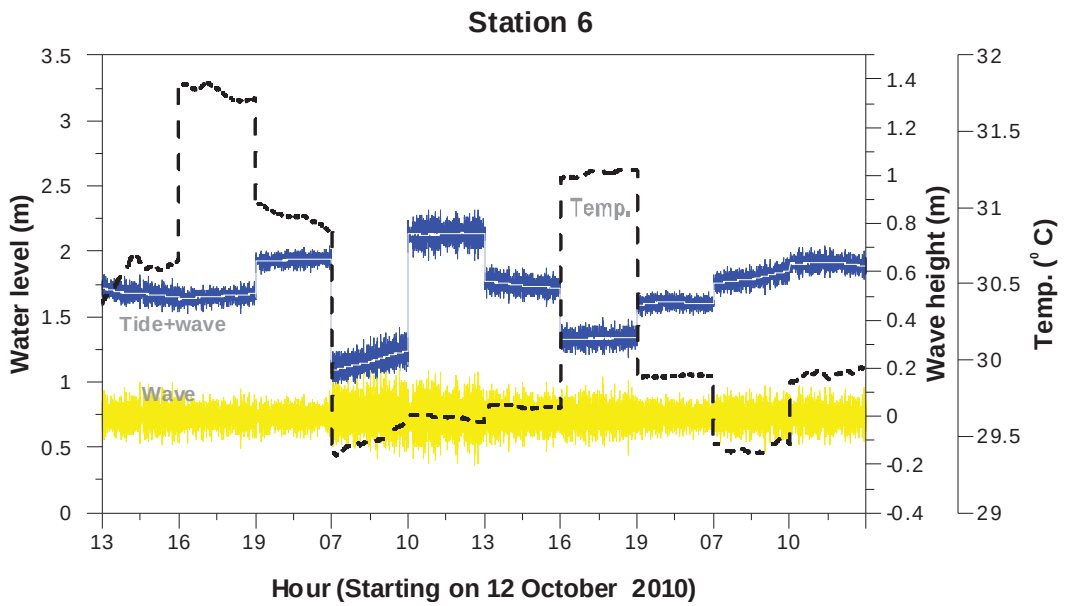


รูปที่ ก-64 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 13-15 กันยายน พ.ศ. 2553



รูปที่ ก-65 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 12-14 ตุลาคม พ.ศ. 2553

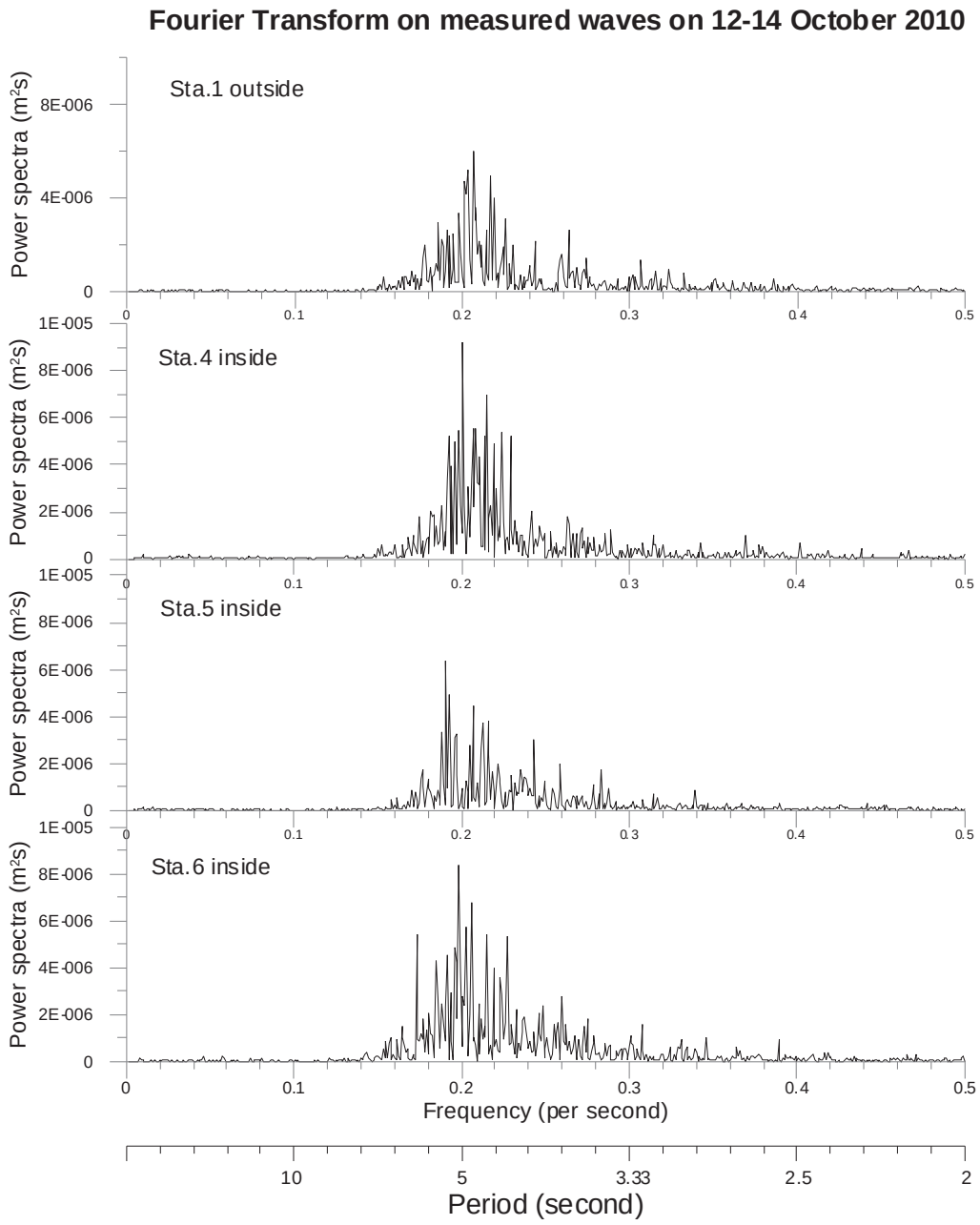




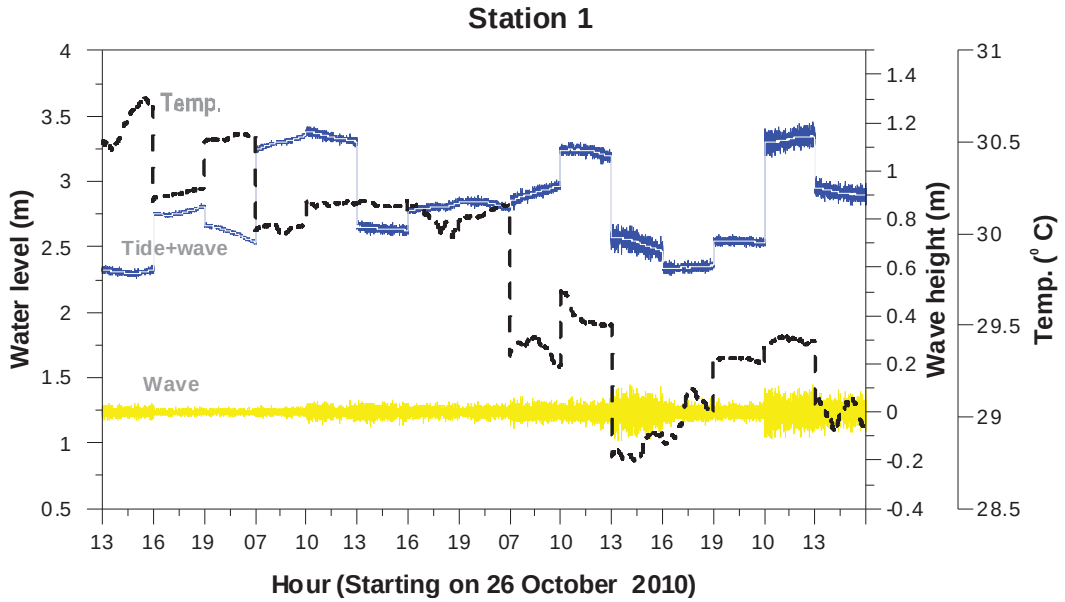
รูปที่ ก-66 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 12-14 ตุลาคม พ.ศ. 2553

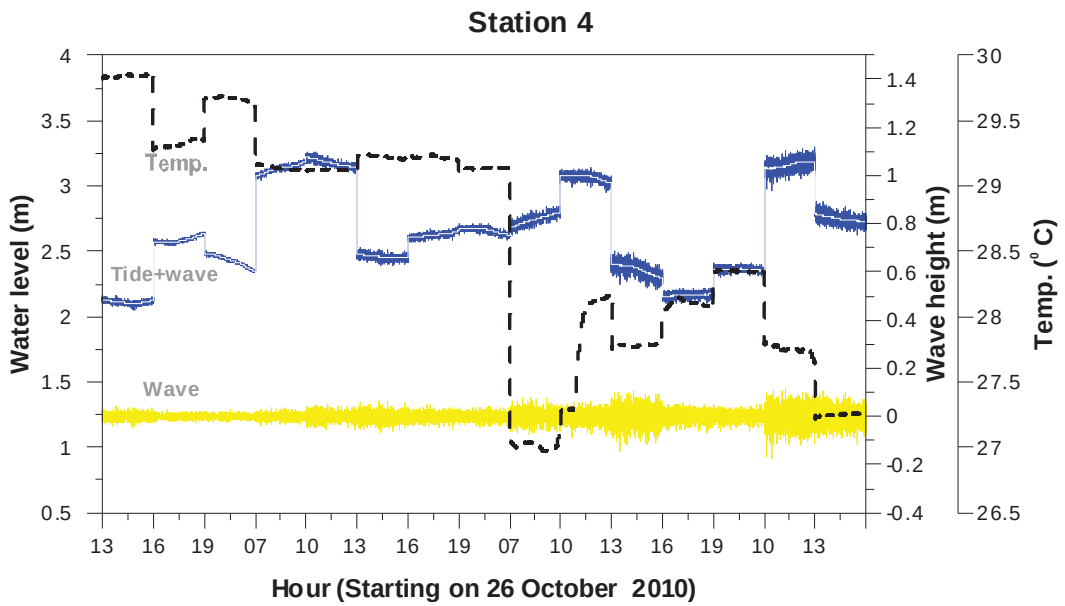
ตารางที่ ก-26 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 12-14 ตุลาคม พ.ศ. 2553

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
13:10	0.17	4.36	0.17	4.32	0.13	4.33	0.17	4.36
16:10	0.12	3.83	0.14	3.80	0.11	3.60	0.14	3.69
19:10	0.12	3.32	0.12	3.45	0.10	3.28	0.13	3.35
7:10	0.22	4.05	0.20	4.04	0.19	3.93	0.24	3.96
10:10	0.23	4.40	0.25	4.48	0.22	4.44	0.25	4.35
13:10	0.15	4.00	0.16	4.10	0.14	3.90	0.18	3.95
16:10	0.16	3.46	0.15	3.64	0.14	3.42	0.19	3.55
19:10	0.14	3.65	0.13	3.91	0.09	3.66	0.13	3.81
7:10	0.14	4.43	0.15	4.40	0.13	4.43	0.16	4.38
10:10	0.16	4.41	0.17	4.43	0.14	4.38	0.16	4.41
เฉลี่ย	0.18	3.95	0.19	4.02	0.17	3.88	0.20	3.94

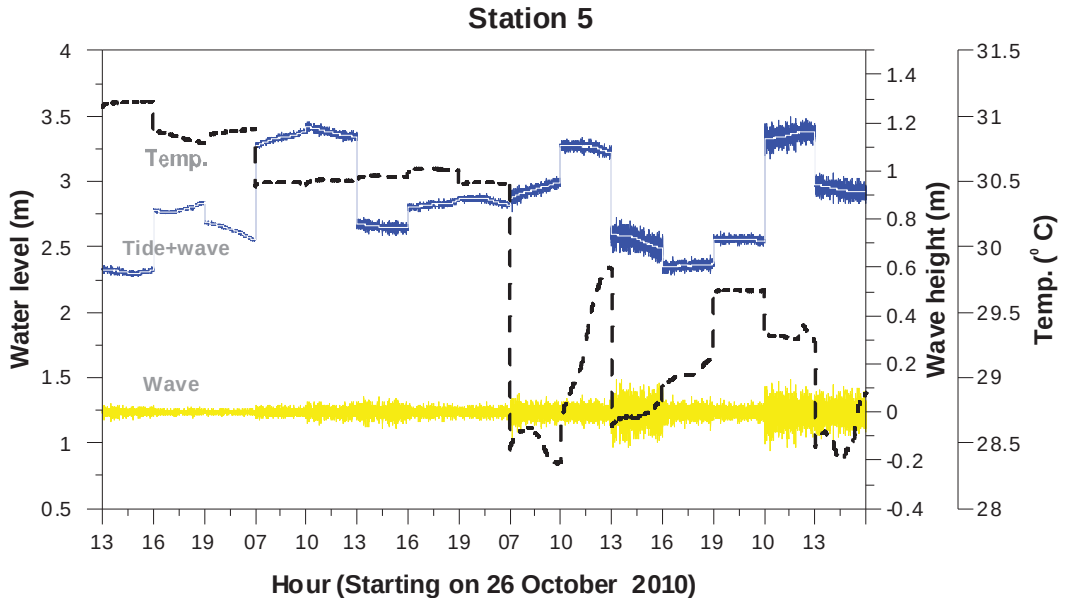


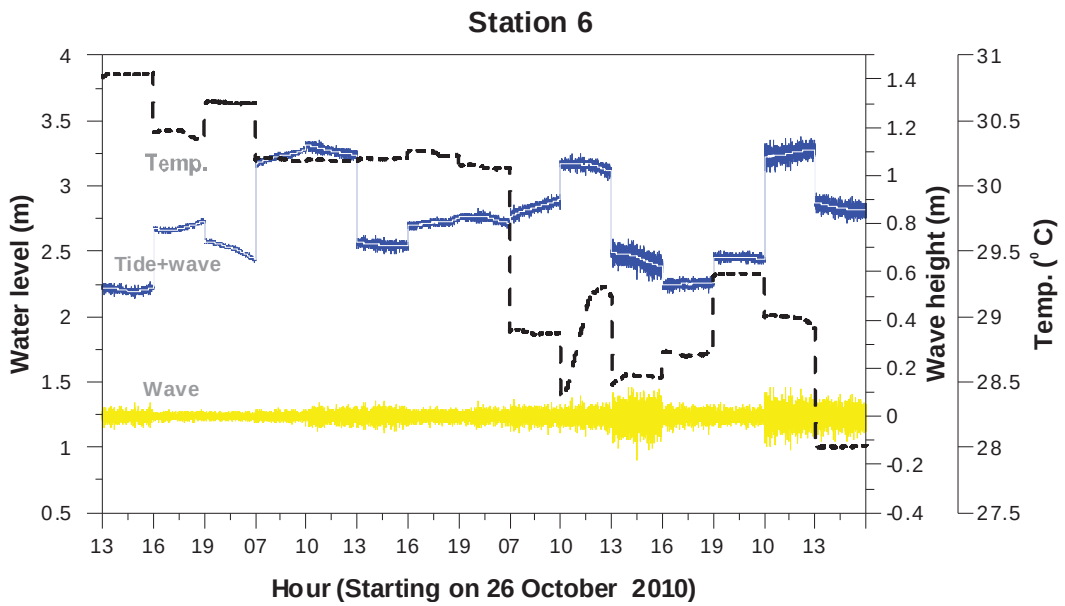
รูปที่ ก-67 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 12-14 ตุลาคม พ.ศ. 2553





รูปที่ ก-68 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 26-29 ตุลาคม พ.ศ. 2553

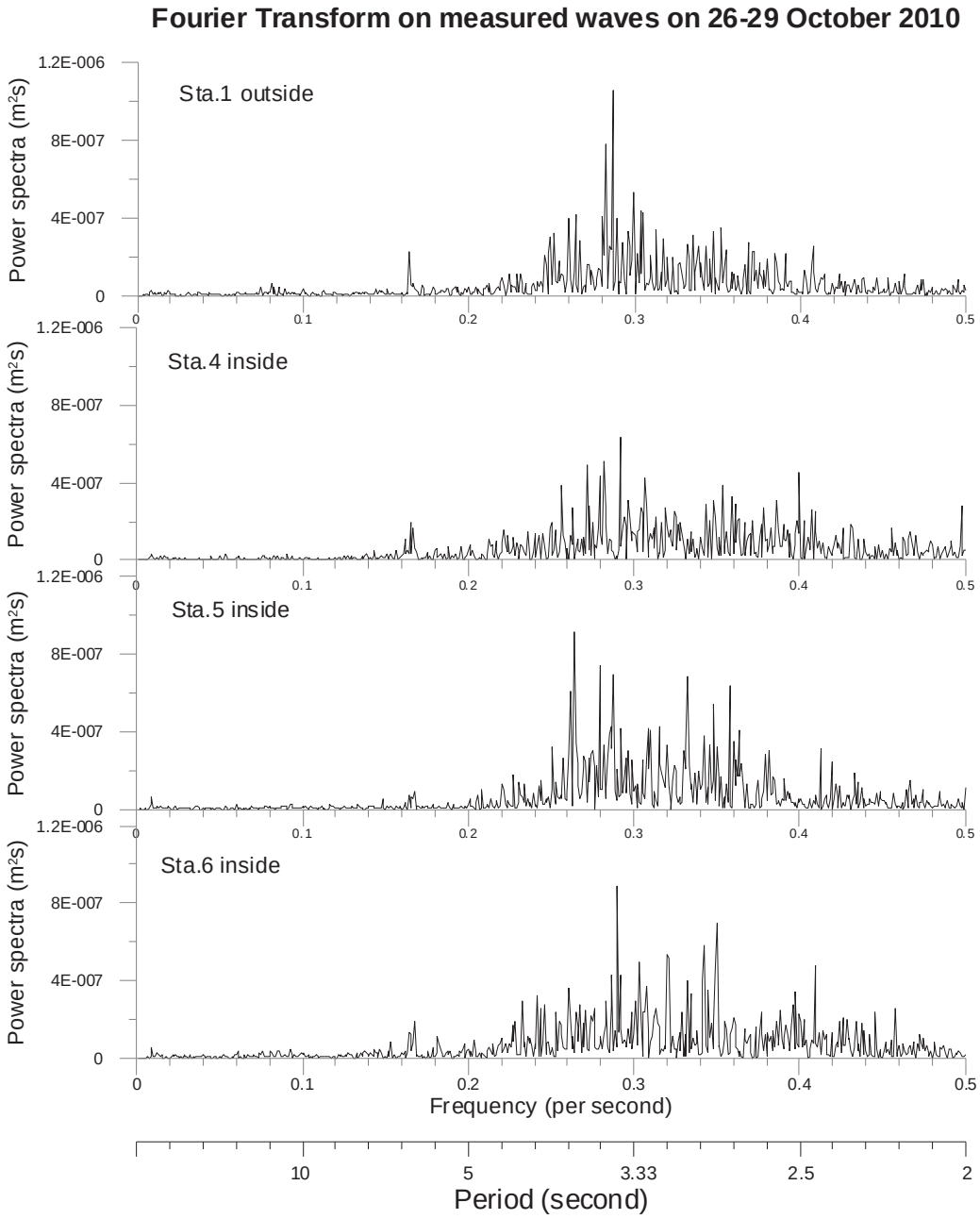




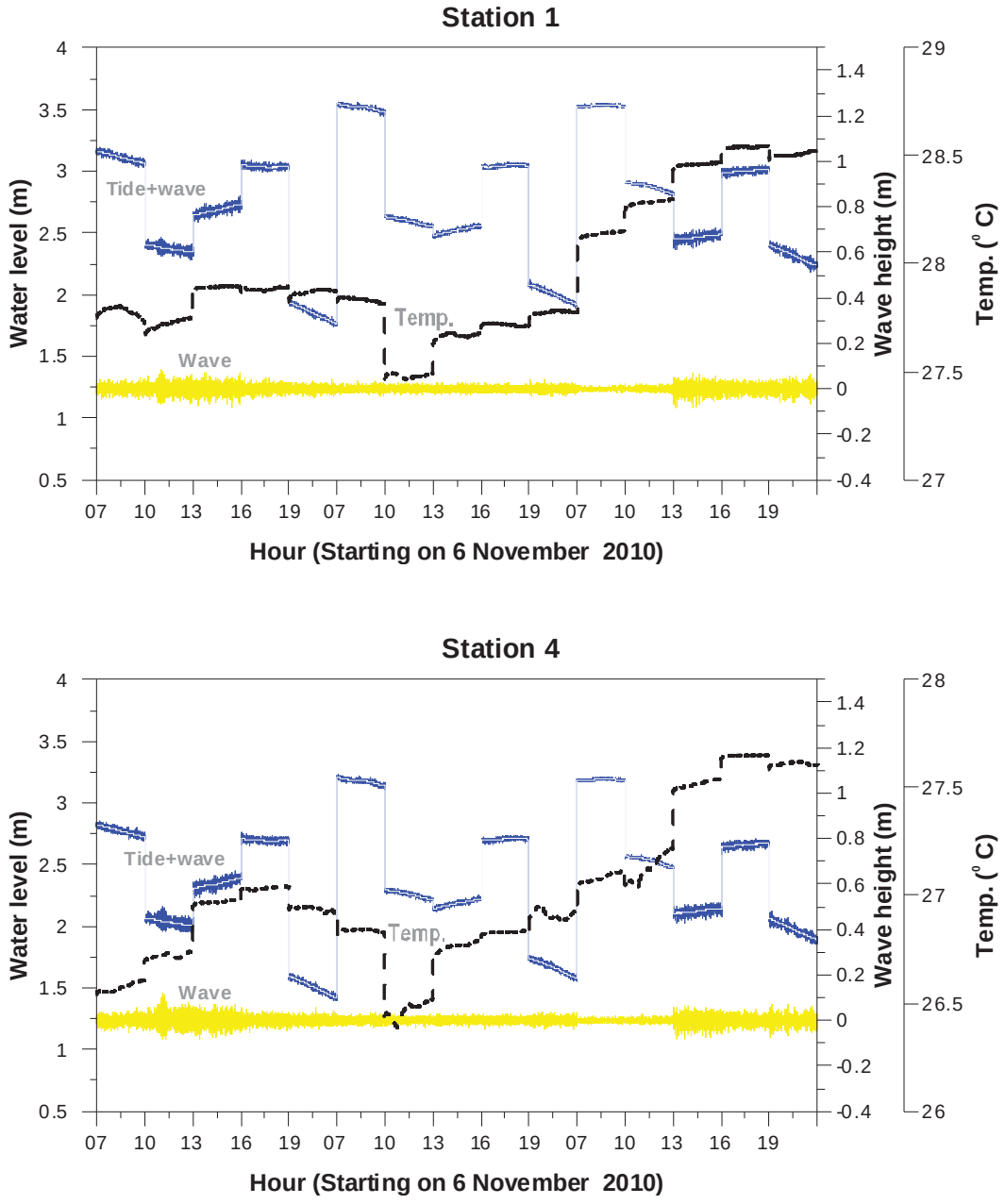
รูปที่ ก-69 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 26-29 ตุลาคม พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-27 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 26-29 ตุลาคม พ.ศ. 2553

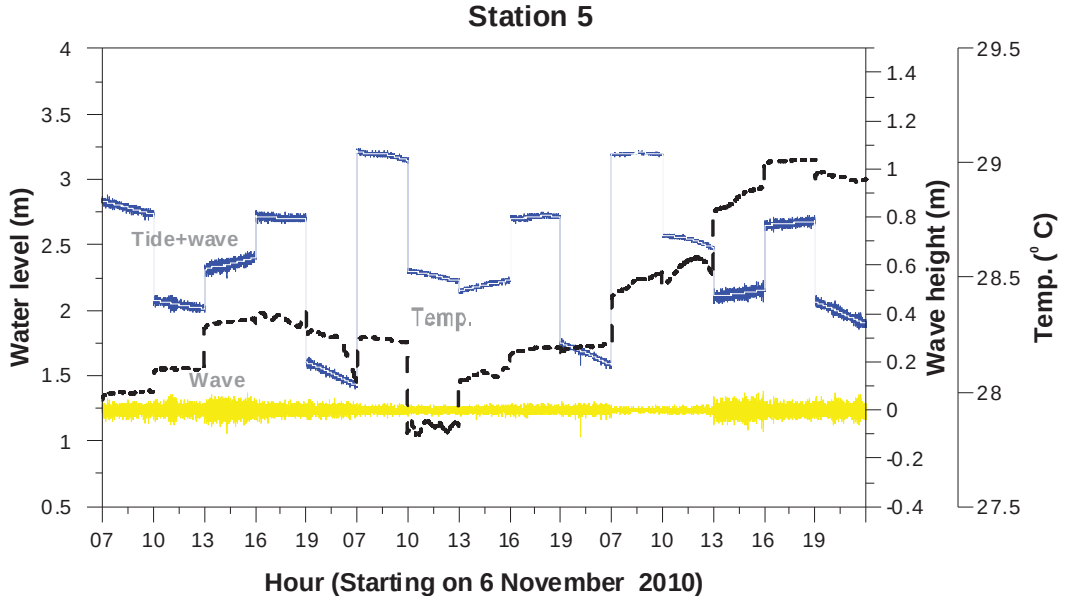
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
13:10	0.05	3.05	0.05	3.08	0.04	2.99	0.06	2.99
16:10	0.03	4.26	0.03	4.29	0.03	3.85	0.04	4.27
19:10	0.03	3.92	0.03	3.95	0.02	3.61	0.03	4.07
7:10	0.03	2.82	0.04	2.63	0.04	2.71	0.04	2.81
10:10	0.06	3.08	0.07	3.11	0.06	3.05	0.07	3.21
13:10	0.07	2.90	0.08	2.82	0.08	2.83	0.08	2.80
16:10	0.05	3.17	0.06	2.86	0.05	2.80	0.06	2.93
19:10	0.05	3.35	0.06	3.32	0.05	3.06	0.07	3.24
7:10	0.08	2.74	0.09	2.72	0.10	2.72	0.08	2.80
10:10	0.08	3.04	0.09	2.99	0.08	2.92	0.09	3.03
13:10	0.14	3.22	0.15	3.13	0.17	3.21	0.17	3.19
16:10	0.07	3.08	0.07	2.99	0.09	2.86	0.08	3.02
19:10	0.06	3.23	0.07	3.15	0.06	3.03	0.07	3.23
10:10	0.14	3.20	0.17	3.21	0.17	3.19	0.16	3.20
13:10	0.11	3.25	0.13	3.17	0.14	3.31	0.12	3.18
เฉลี่ย	0.11	3.18	0.13	3.11	0.13	3.04	0.12	3.15

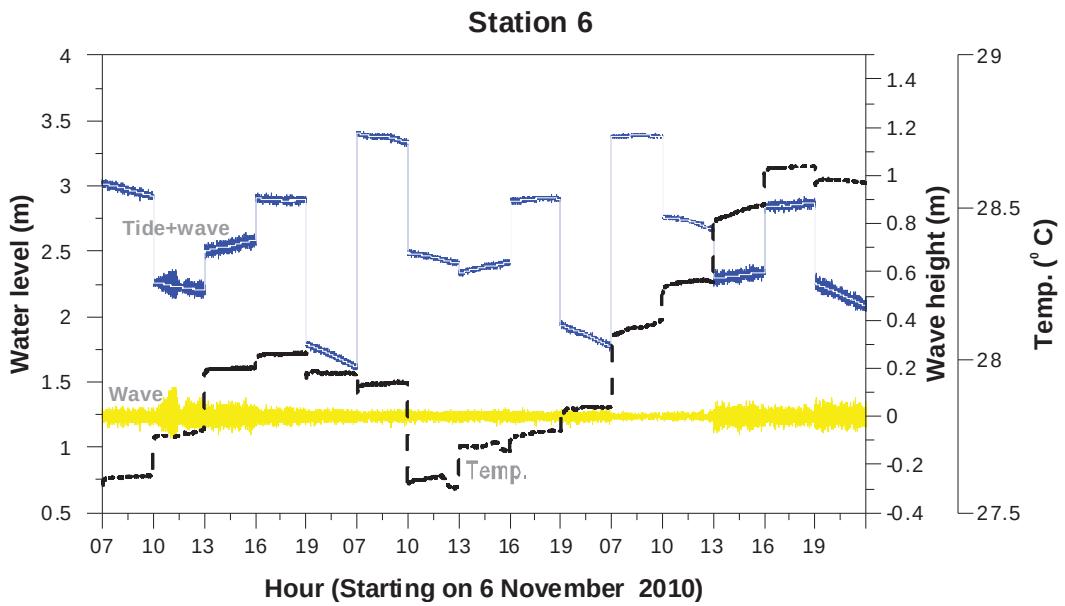


รูปที่ ก-70 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 26-29 ตุลาคม พ.ศ. 2553



รูปที่ ก-71 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 6-8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

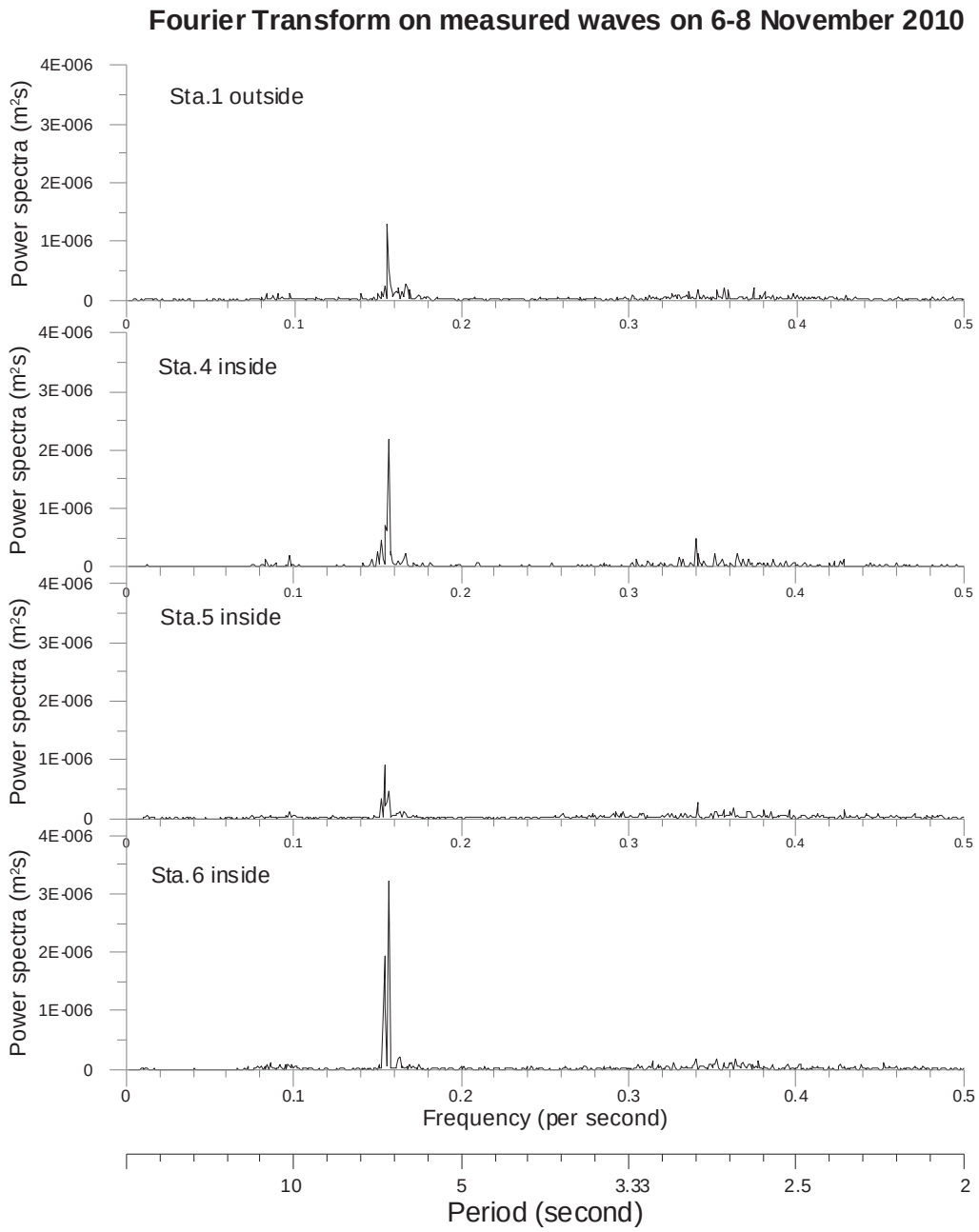




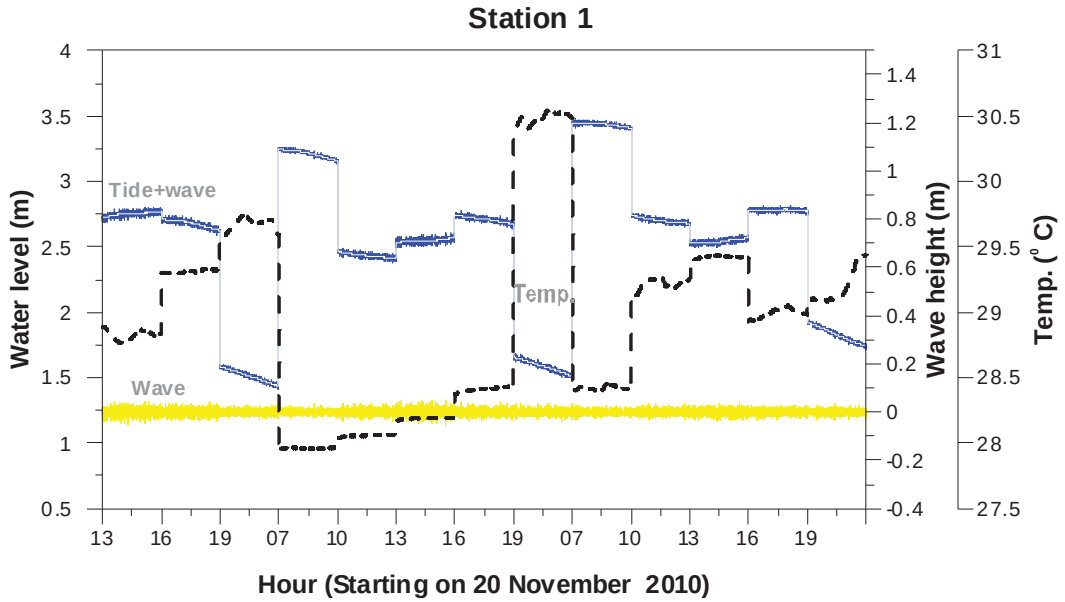
รูปที่ ก-72 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 6-8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

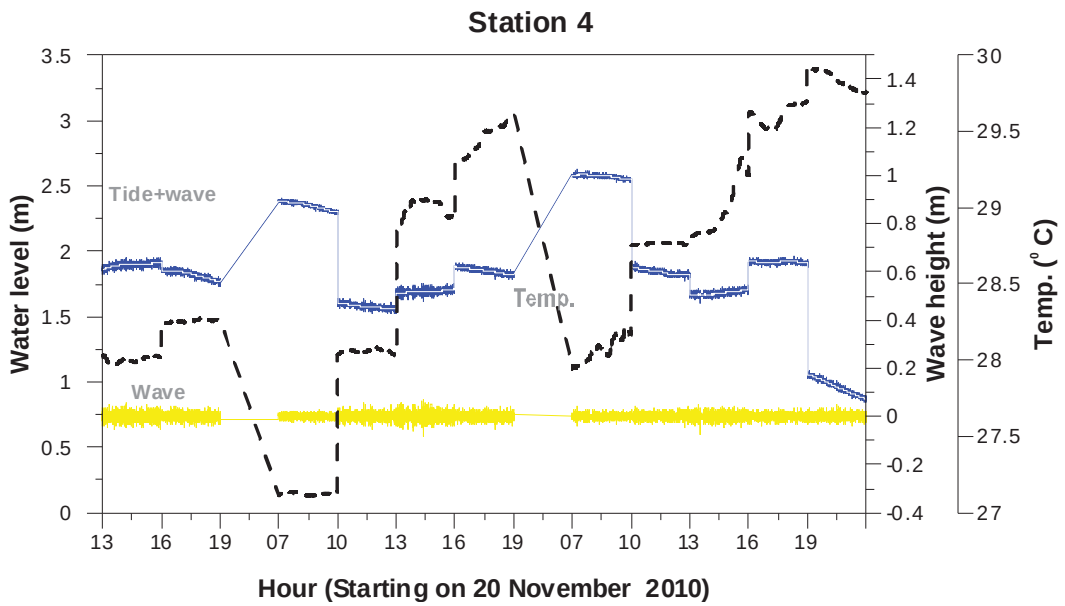
ตารางที่ ก-28 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 6-8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
7:10	0.06	3.47	0.06	3.50	0.06	3.38	0.06	3.40
10:10	0.10	5.08	0.13	5.61	0.08	3.95	0.14	5.66
13:10	0.09	2.90	0.09	2.84	0.09	2.84	0.09	2.98
16:10	0.06	3.28	0.06	3.23	0.06	3.03	0.06	3.12
19:10	0.05	3.39	0.06	3.38	0.06	3.02	0.05	3.65
7:10	0.04	4.53	0.04	4.40	0.04	3.99	0.05	4.27
10:10	0.04	4.29	0.04	4.33	0.03	3.67	0.04	4.29
13:10	0.04	3.83	0.04	3.74	0.04	3.31	0.04	3.63
16:10	0.03	3.76	0.04	3.92	0.04	3.66	0.04	3.86
19:10	0.05	3.58	0.05	3.67	0.06	3.21	0.05	3.63
7:10	0.02	4.38	0.03	4.44	0.02	4.30	0.03	4.30
10:10	0.03	4.48	0.03	4.00	0.03	3.81	0.03	4.53
13:10	0.09	2.78	0.09	2.78	0.09	2.77	0.09	2.80
16:10	0.06	2.99	0.06	2.91	0.07	2.97	0.07	3.04
19:10	0.08	4.30	0.09	4.43	0.08	4.12	0.10	5.17
เฉลี่ย	0.08	3.68	0.09	3.67	0.08	3.40	0.10	3.73

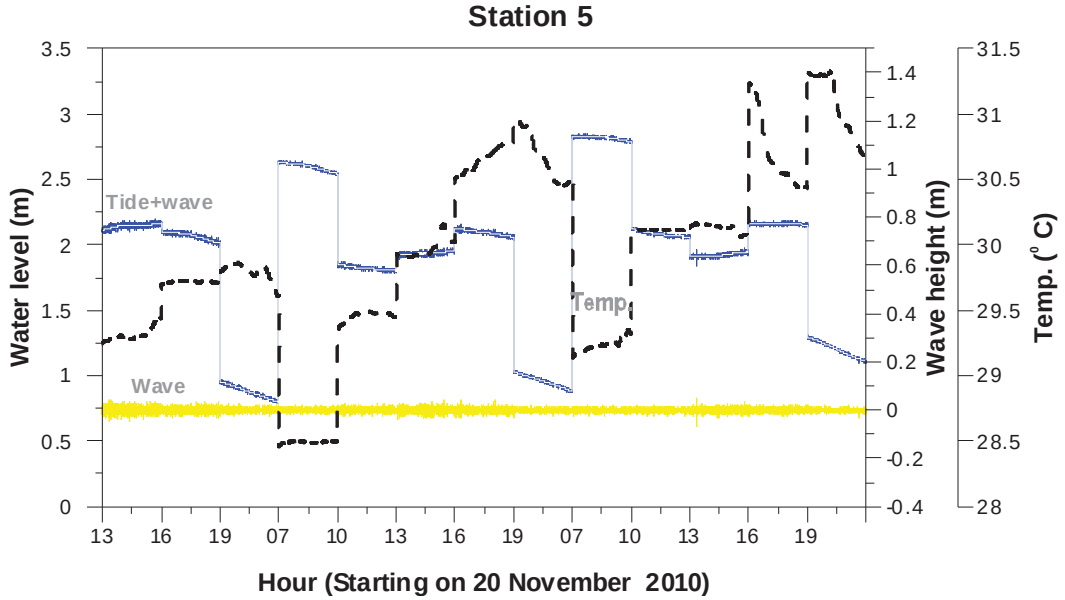


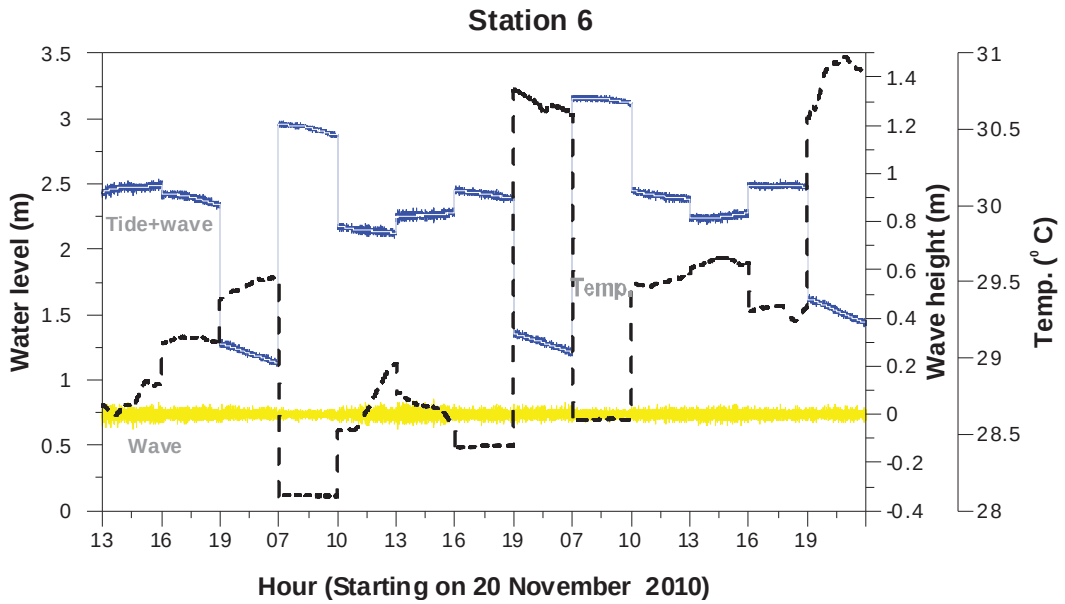
รูปที่ ก-73 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 6-8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553





รูปที่ ก-74 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 20-22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

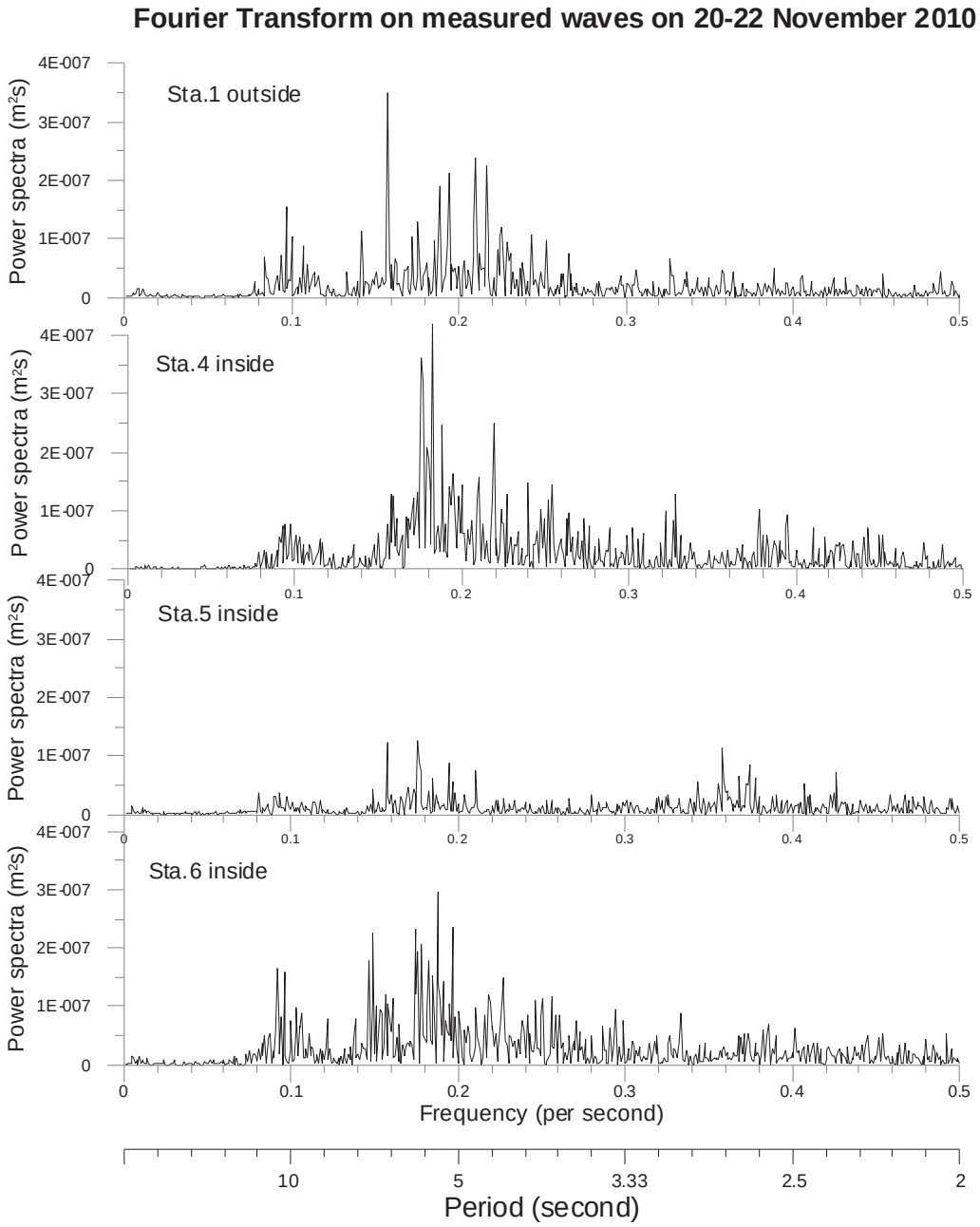




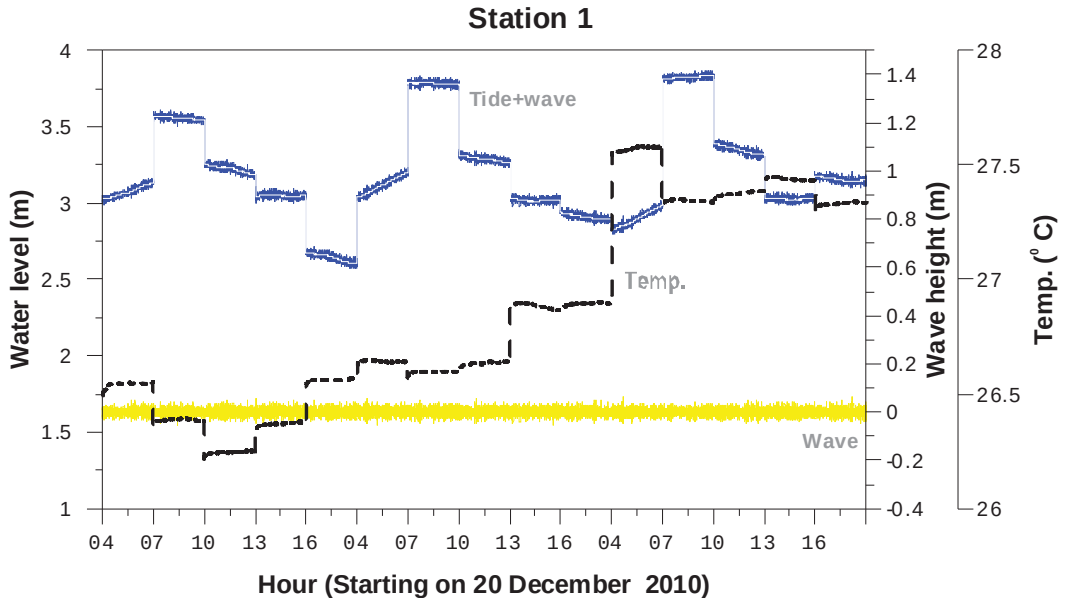
รูปที่ ก-75 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 20-22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

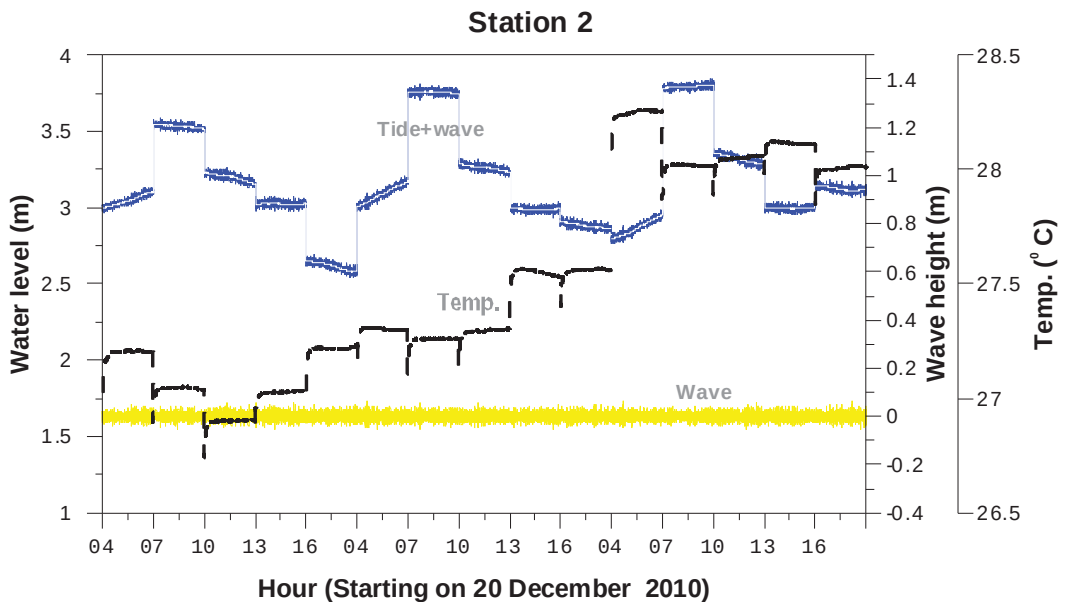
ตารางที่ ก-29 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 20-22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
13:10	0.06	3.30	0.07	3.17	0.06	2.92	0.07	3.23
16:10	0.05	3.95	0.06	3.48	0.04	3.23	0.05	3.82
19:10	0.04	3.74	-	-	0.03	2.87	0.05	4.12
7:10	0.04	4.53	0.04	4.36	0.03	4.07	0.04	4.41
10:10	0.05	4.55	0.06	4.35	0.04	3.70	0.06	4.33
13:10	0.07	4.74	0.09	4.51	0.05	3.99	0.08	4.49
16:10	0.05	3.79	0.06	3.59	0.04	3.33	0.06	3.76
19:10	0.05	3.96	-	-	0.03	3.06	0.05	4.00
7:10	0.04	4.21	0.04	3.96	0.03	3.93	0.04	4.08
10:10	0.04	4.29	0.05	4.20	0.03	3.92	0.05	4.38
13:10	0.05	3.32	0.06	3.52	0.05	3.07	0.06	3.64
16:10	0.04	3.47	0.05	3.48	0.03	3.16	0.05	3.37
19:10	0.04	3.68	0.05	3.73	0.03	2.86	0.05	3.50
เฉลี่ย	0.05	3.90	0.07	3.80	0.05	3.33	0.06	3.88

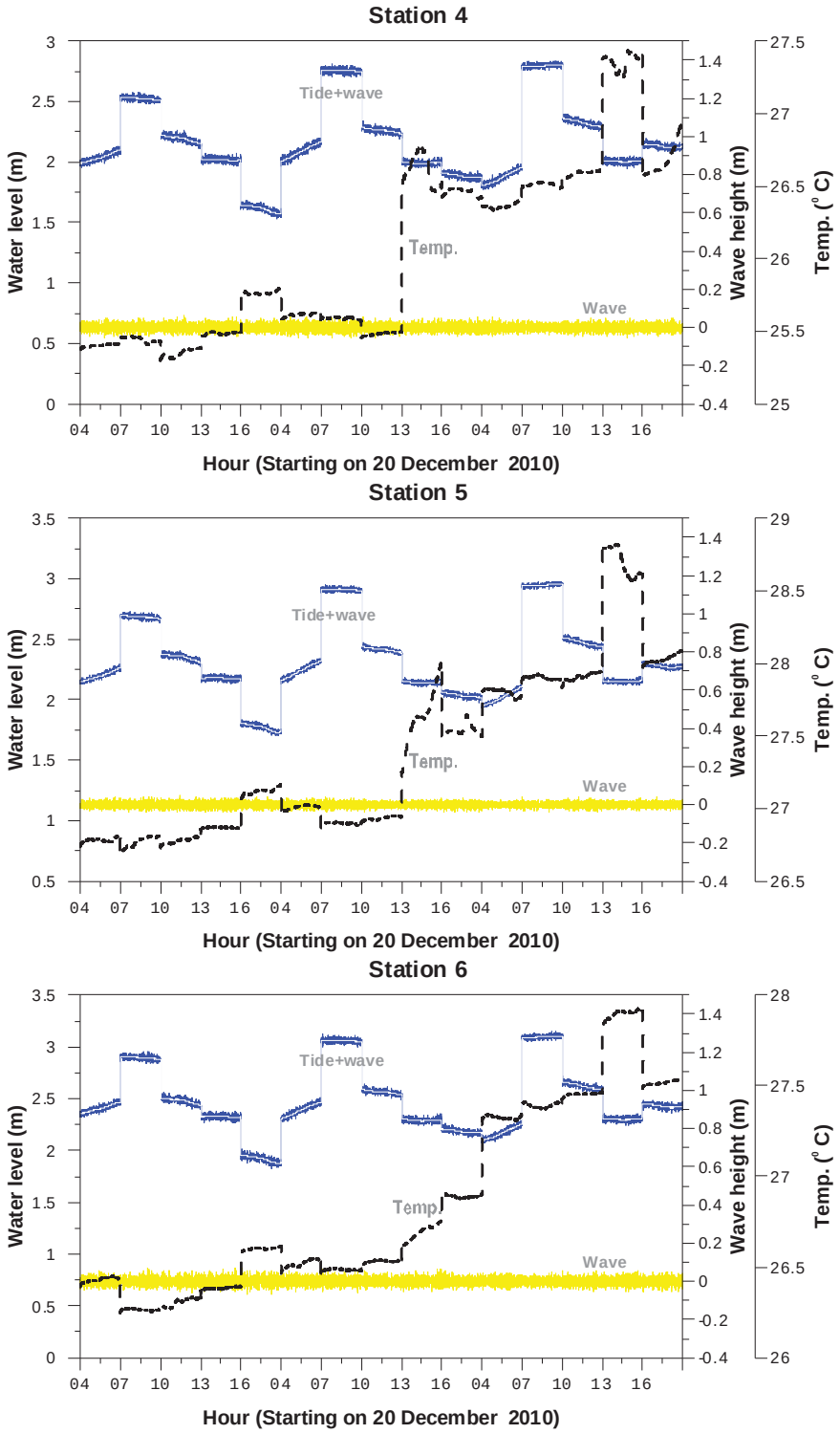


รูปที่ ก-76 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 20-22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553





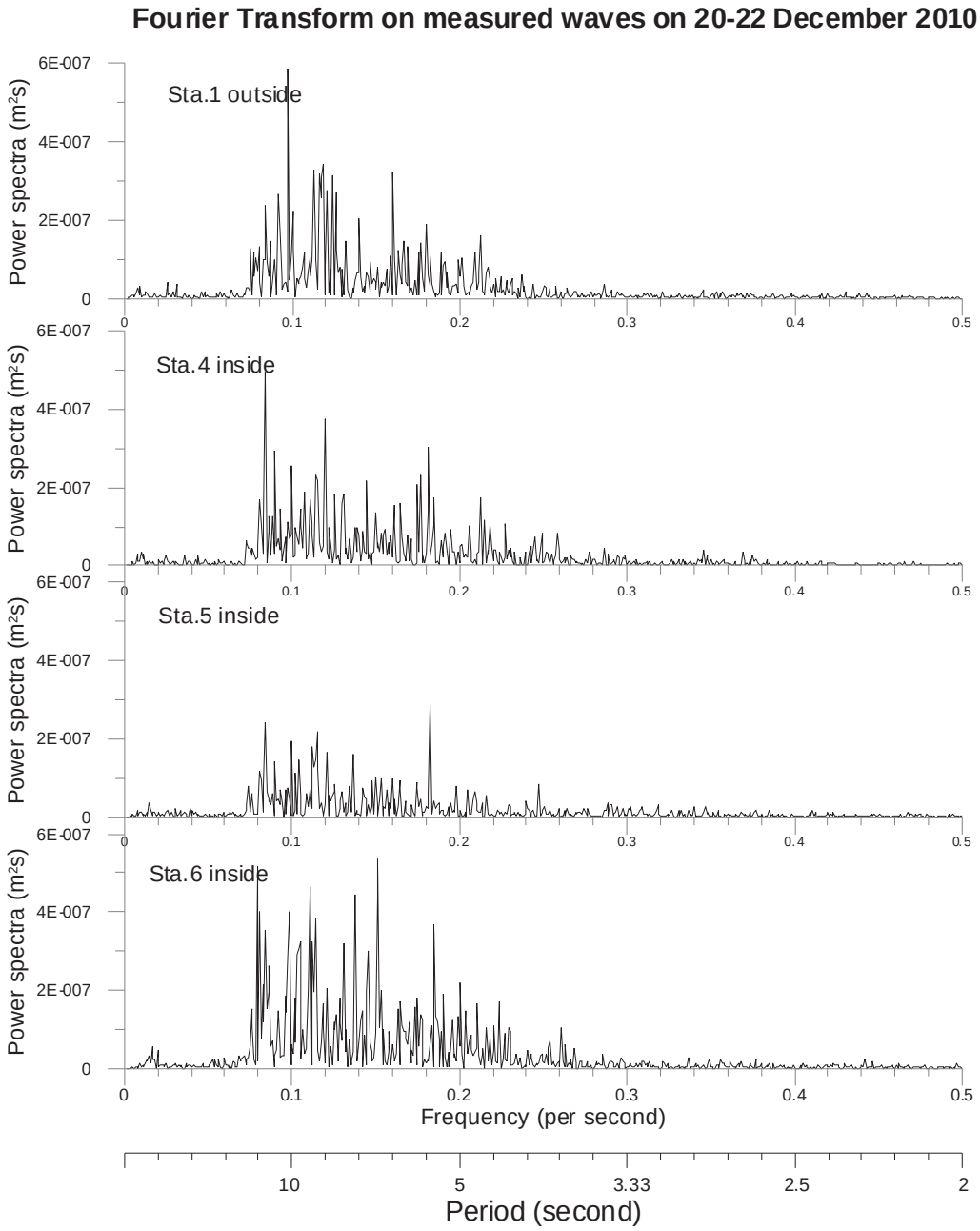
รูปที่ ก-77 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 20-22 ธันวาคม พ.ศ. 2553



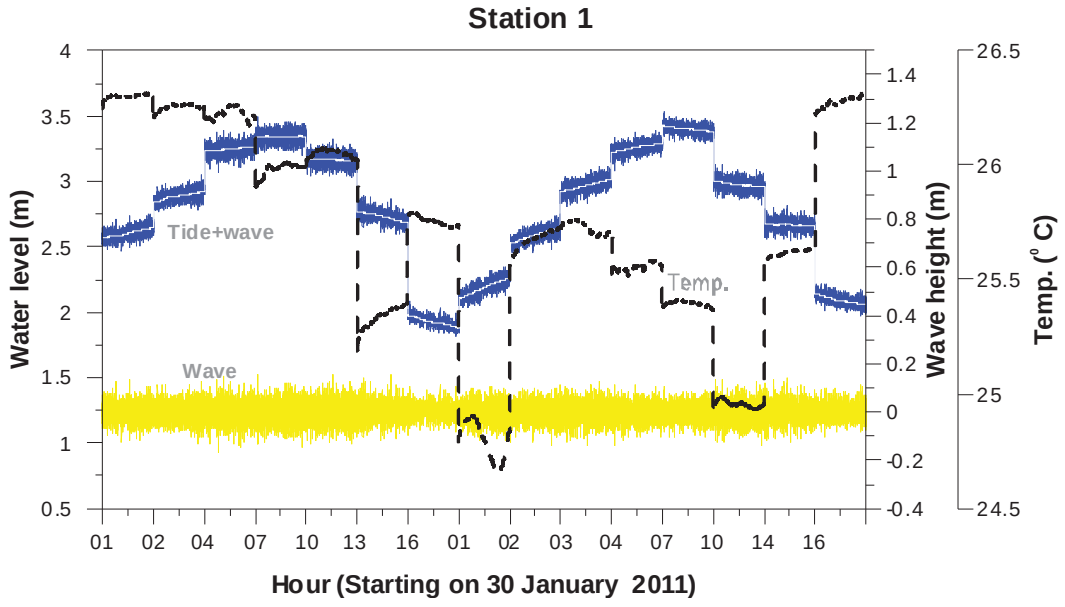
รูปที่ ก-78 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 20-22 ธันวาคม พ.ศ. 2553

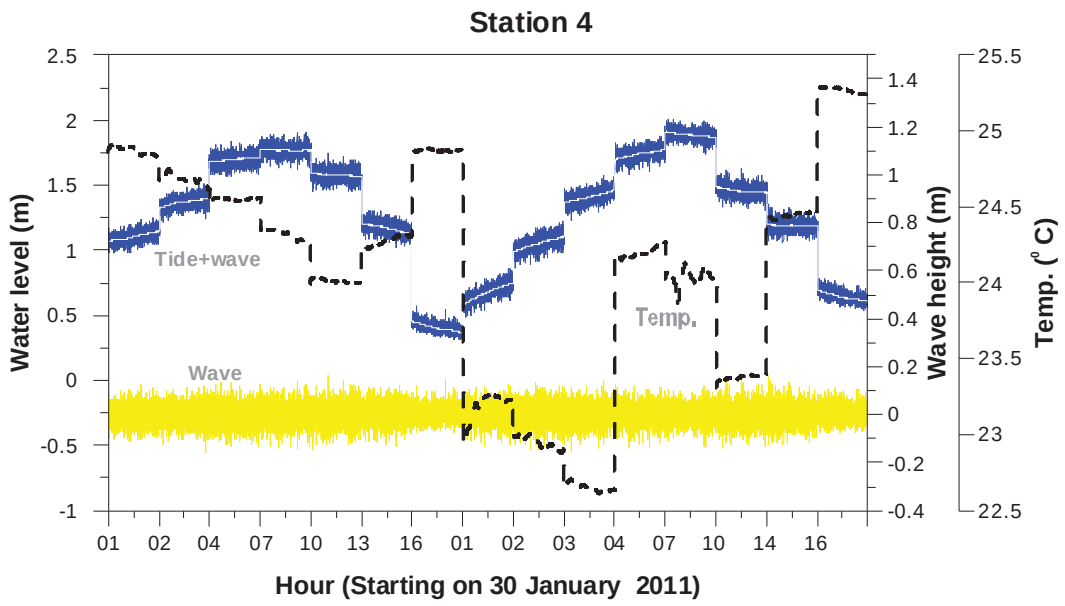
ตารางที่ ก-30 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 20-22 ธันวาคม พ.ศ. 2553

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
4:10	0.06	5.58	0.06	5.00	0.06	5.38	0.05	5.04	0.07	5.94
7:10	0.06	5.36	0.06	4.69	0.06	5.22	0.05	5.17	0.08	6.03
10:10	0.06	4.86	0.06	4.41	0.07	5.06	0.05	4.58	0.07	5.02
13:10	0.06	4.96	0.07	4.51	0.07	4.86	0.05	4.23	0.08	5.02
16:10	0.06	4.92	0.06	4.21	0.06	4.48	0.05	3.82	0.08	5.22
4:10	0.07	5.15	0.07	5.02	0.07	5.00	0.05	5.11	0.07	5.17
7:10	0.06	5.61	0.07	5.41	0.07	5.19	0.05	5.33	0.08	5.31
10:10	0.06	5.61	0.06	5.17	0.07	5.71	0.04	5.11	0.07	5.45
13:10	0.06	5.11	0.06	4.44	0.06	4.56	0.05	4.29	0.07	5.00
16:10	0.06	4.63	0.06	3.59	0.06	4.62	0.05	3.95	0.07	4.76
4:10	0.06	5.13	0.07	4.84	0.06	4.80	0.04	4.29	0.06	5.24
7:10	0.05	5.22	0.05	4.86	0.05	5.06	0.04	5.24	0.06	5.33
10:10	0.06	5.36	0.06	4.88	0.06	5.19	0.05	5.15	0.07	5.38
13:10	0.06	5.17	0.06	4.76	0.06	4.84	0.04	4.53	0.07	5.24
16:10	0.06	5.48	0.07	4.96	0.06	5.36	0.05	5.02	0.07	5.58
เฉลี่ย	0.06	5.18	0.06	4.67	0.06	4.99	0.05	4.66	0.07	5.28

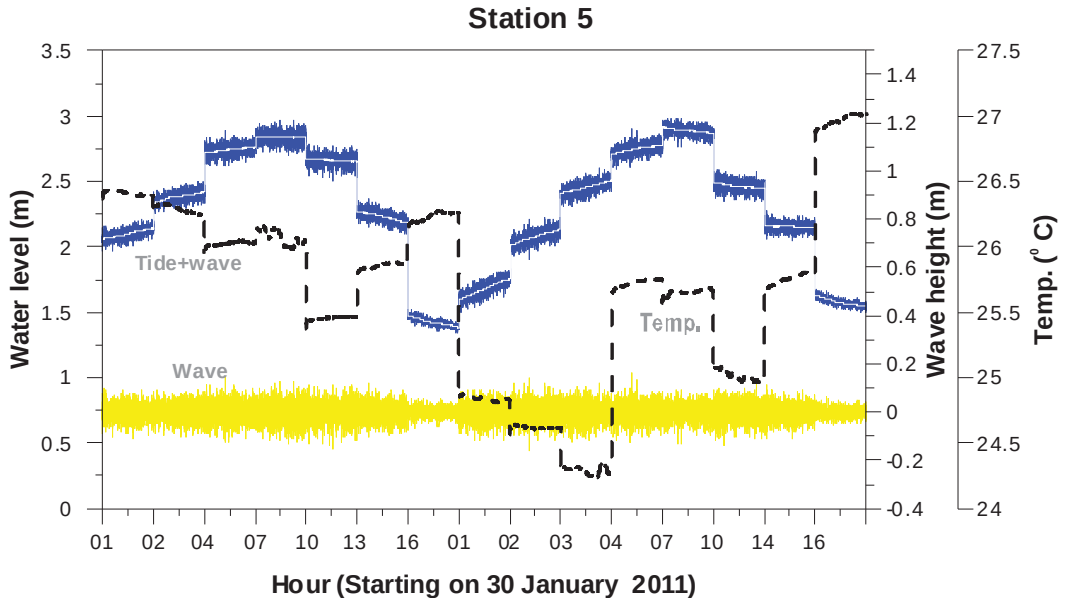


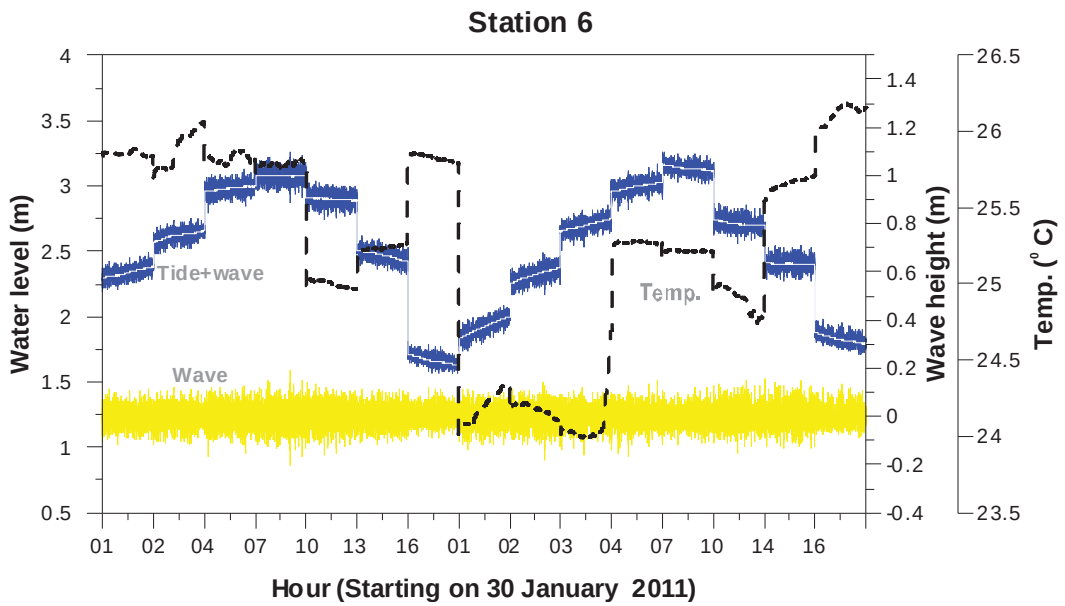
รูปที่ ก-79 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 20-22 ธันวาคม พ.ศ. 2553





รูปที่ ก-80 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 30-31 มกราคม พ.ศ. 2554

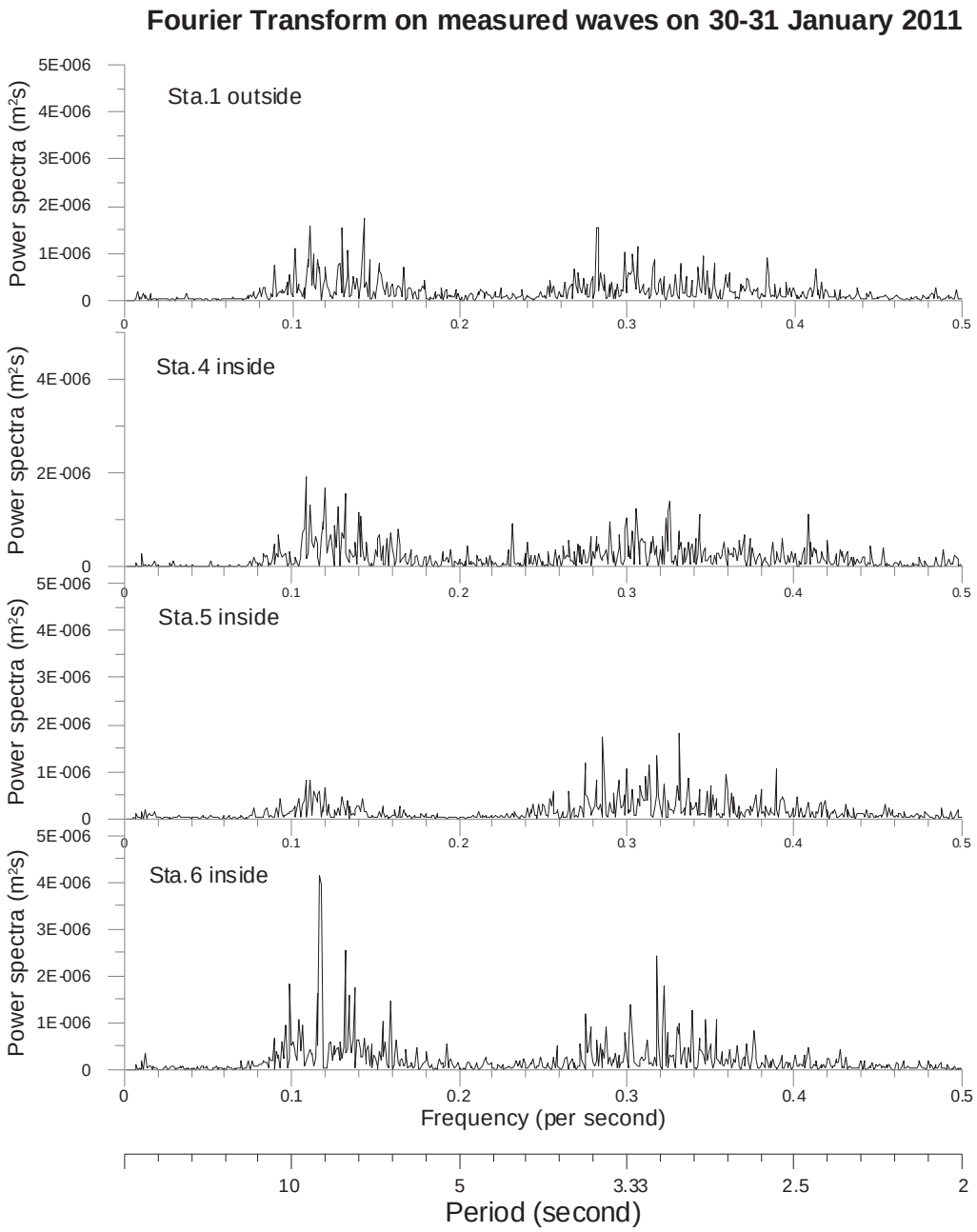




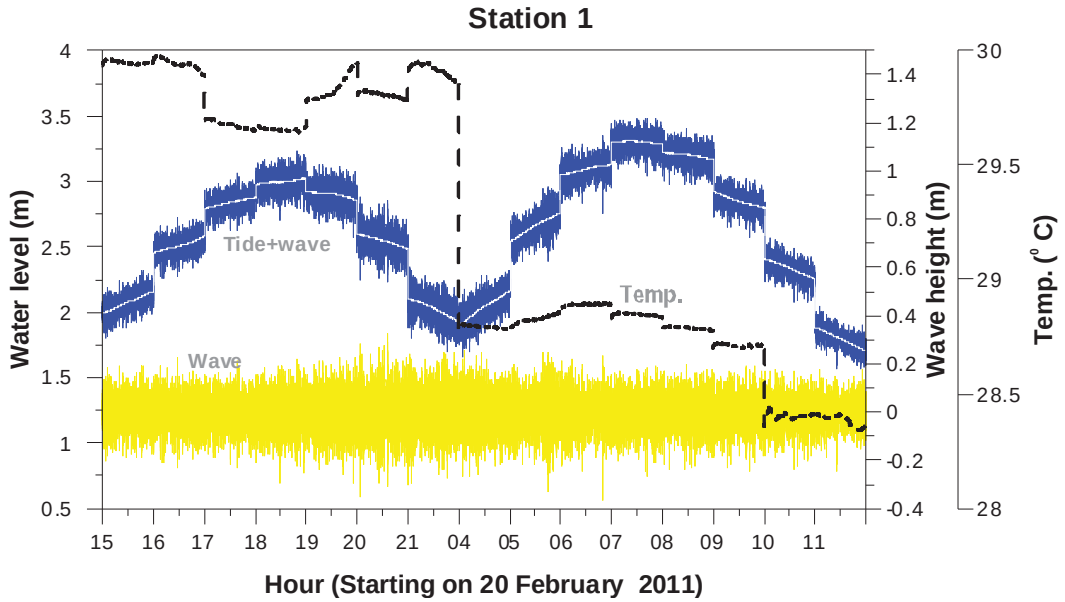
รูปที่ ก-81 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 30-31 มกราคม พ.ศ. 2554

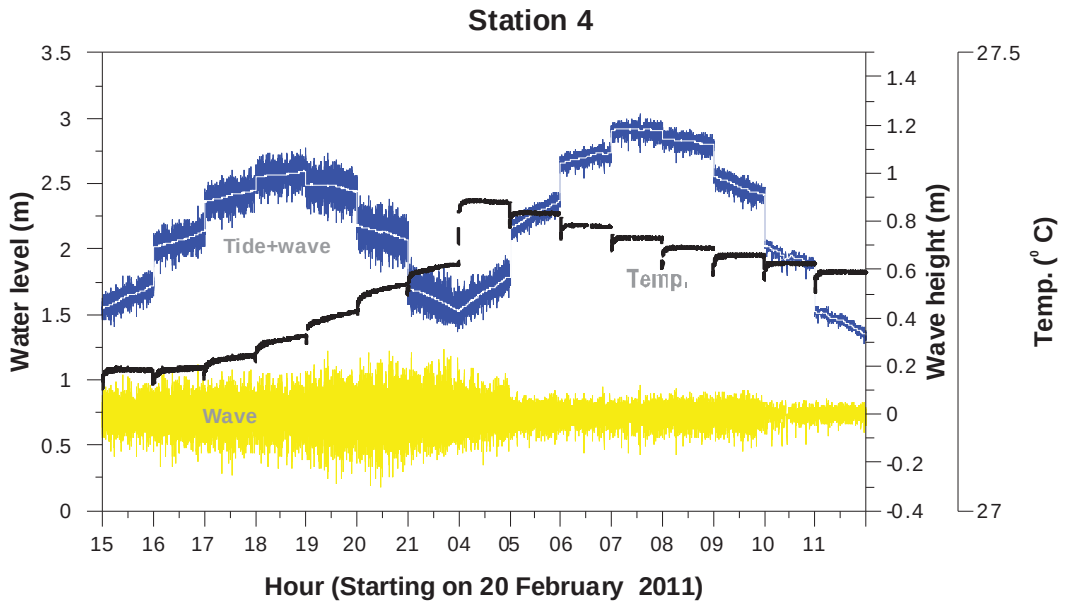
ตารางที่ ก-31 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 30-31 มกราคม พ.ศ. 2554

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
1:10	0.16	3.56	0.15	3.41	0.13	3.04	0.14	3.65
2:10	0.15	3.48	0.16	3.26	0.13	3.13	0.15	3.52
4:10	0.18	3.43	0.17	3.30	0.16	3.46	0.18	3.53
7:10	0.17	3.67	0.17	3.55	0.16	3.40	0.21	3.57
10:10	0.18	3.99	0.18	3.85	0.16	3.54	0.18	3.76
13:10	0.16	3.90	0.16	3.69	0.13	3.54	0.15	3.70
16:10	0.12	4.71	0.13	4.43	0.08	3.17	0.14	5.02
1:10	0.14	3.02	0.16	2.91	0.14	2.70	0.15	2.95
2:10	0.15	3.25	0.17	3.05	0.16	2.95	0.18	3.04
3:10	0.16	3.41	0.17	3.21	0.15	3.13	0.16	3.23
4:10	0.15	3.54	0.16	3.45	0.16	3.33	0.18	3.44
7:10	0.13	3.87	0.16	3.65	0.14	3.59	0.15	3.82
10:10	0.17	3.88	0.18	3.58	0.15	3.69	0.18	3.93
13:10	0.17	4.40	0.18	3.90	0.13	3.61	0.19	4.60
16:10	0.14	5.50	0.13	5.00	0.07	3.85	0.14	5.43
เฉลี่ย	0.16	3.75	0.17	3.54	0.15	3.31	0.18	3.70

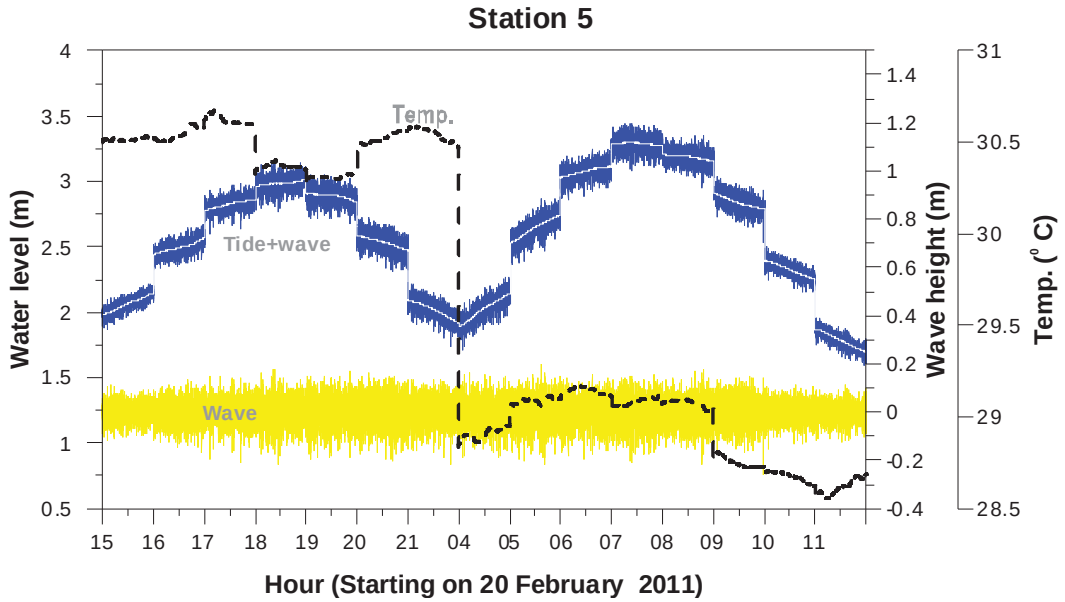


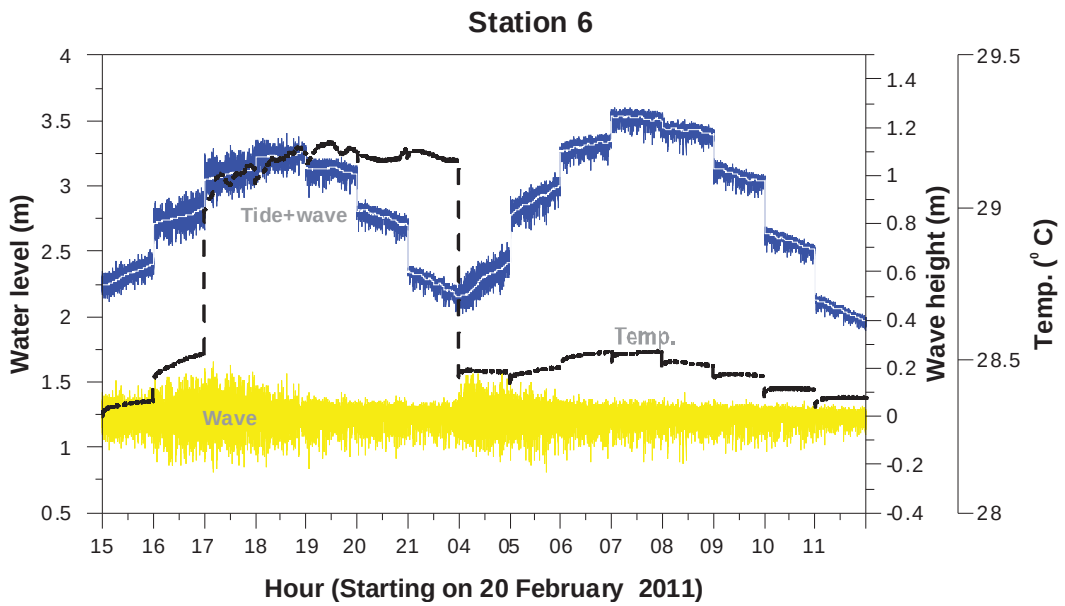
รูปที่ ก-82 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 30-31 มกราคม พ.ศ. 2554





รูปที่ ก-83 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

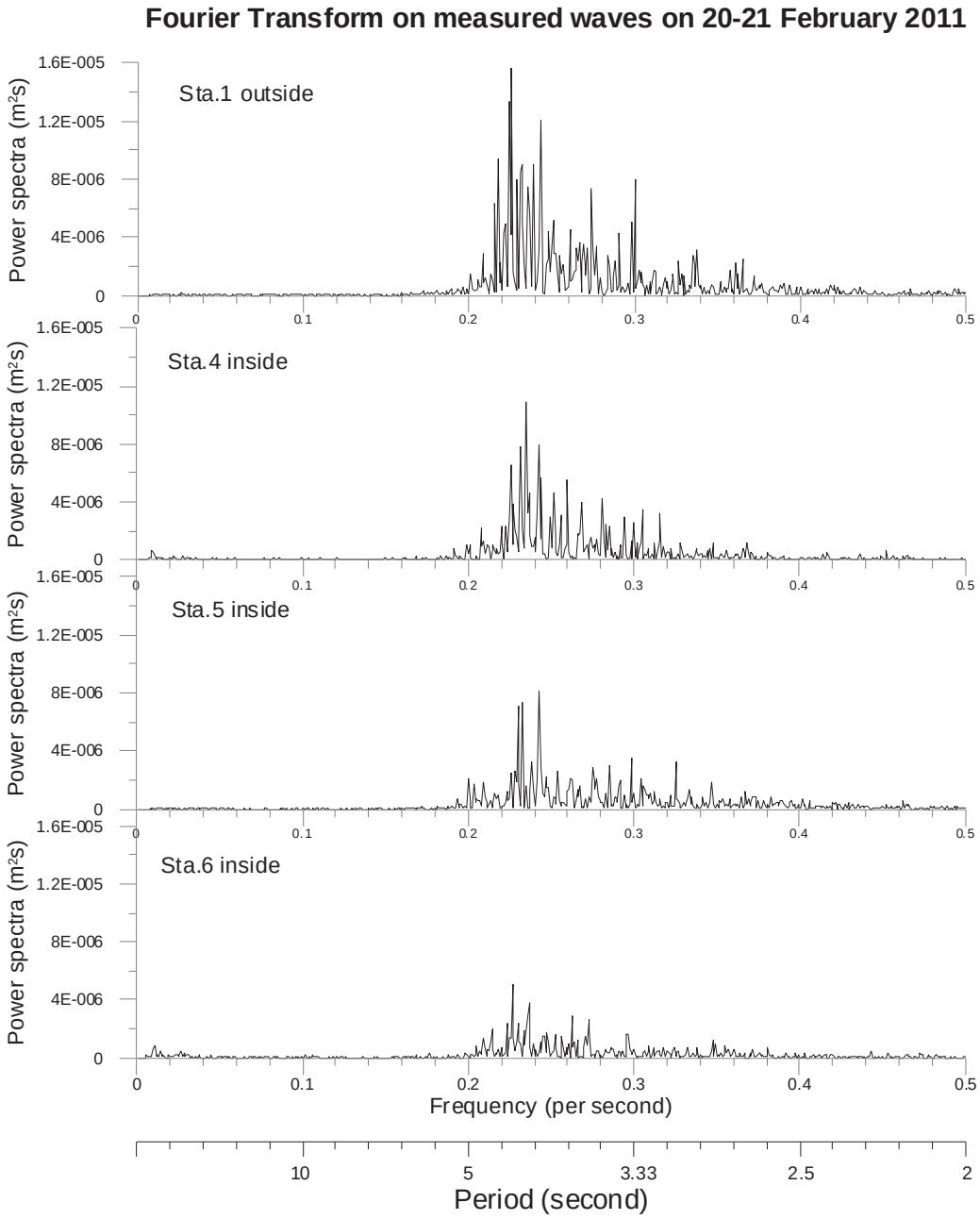




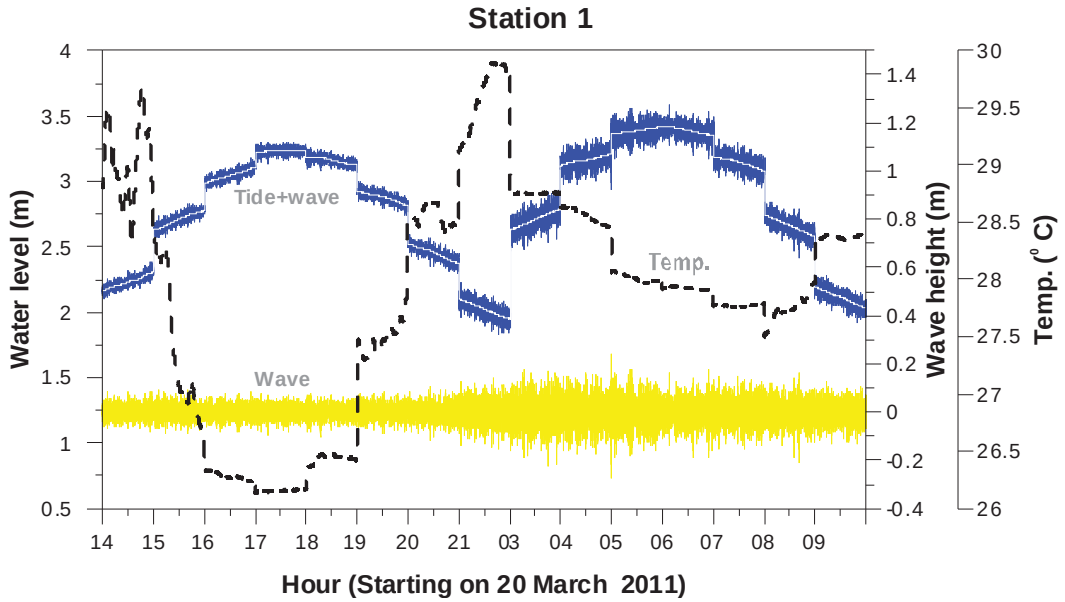
รูปที่ ก-84 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

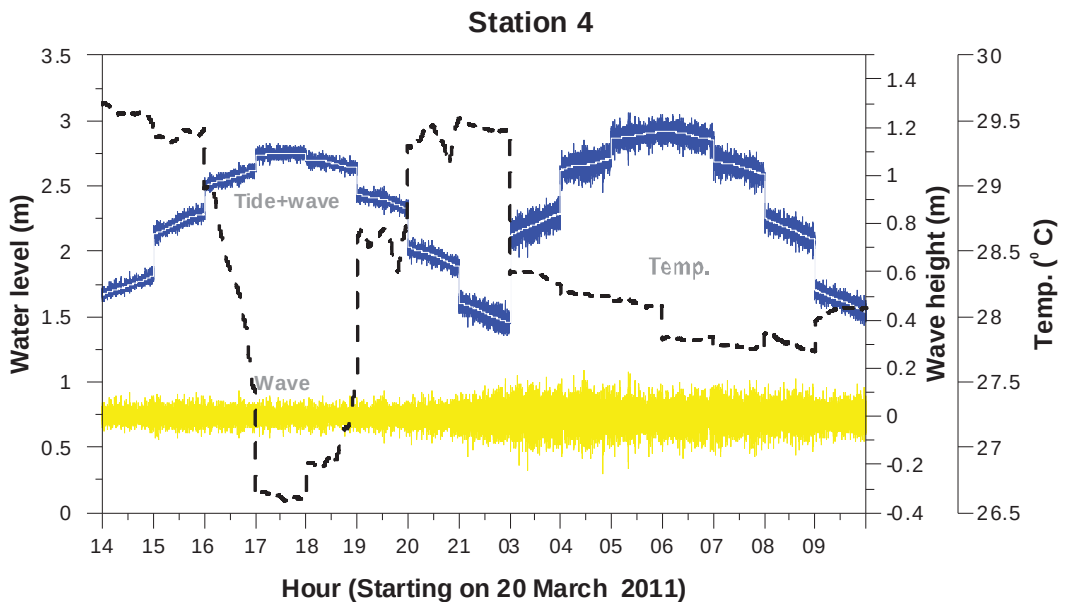
ตารางที่ ก-32 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
15:10	0.25	3.37	0.21	3.53	0.14	3.13	0.17	3.42
16:10	0.26	3.44	0.24	3.39	0.18	3.31	0.24	3.39
17:10	0.26	3.59	0.26	3.54	0.21	3.45	0.27	3.56
18:10	0.30	3.72	0.25	3.61	0.23	3.29	0.21	3.47
19:10	0.31	3.59	0.32	3.76	0.22	3.44	0.18	3.60
20:10	0.38	3.72	0.35	3.86	0.23	3.48	0.15	3.77
21:10	0.34	3.61	0.30	3.80	0.21	3.47	0.14	3.87
4:10	0.32	3.47	0.24	3.58	0.22	3.29	0.23	3.57
5:10	0.33	3.67	0.15	3.72	0.24	3.42	0.22	3.63
6:10	0.32	3.63	0.15	3.73	0.21	3.51	0.16	3.75
7:10	0.28	3.74	0.17	3.80	0.23	3.66	0.16	3.72
8:10	0.27	3.77	0.16	3.82	0.23	3.60	0.16	3.73
9:10	0.27	3.61	0.16	3.90	0.22	3.48	0.14	3.83
10:10	0.25	3.58	0.12	4.29	0.16	3.40	0.12	3.68
11:10	0.24	3.55	0.09	3.97	0.14	3.04	0.10	3.80
เฉลี่ย	0.32	3.60	0.27	3.73	0.21	3.38	0.21	3.64

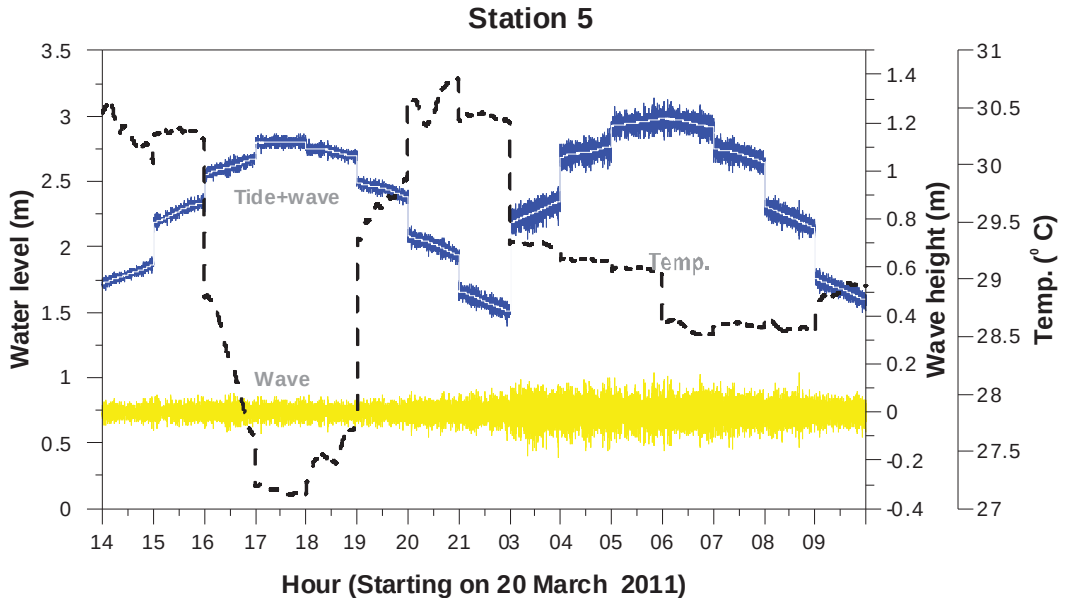


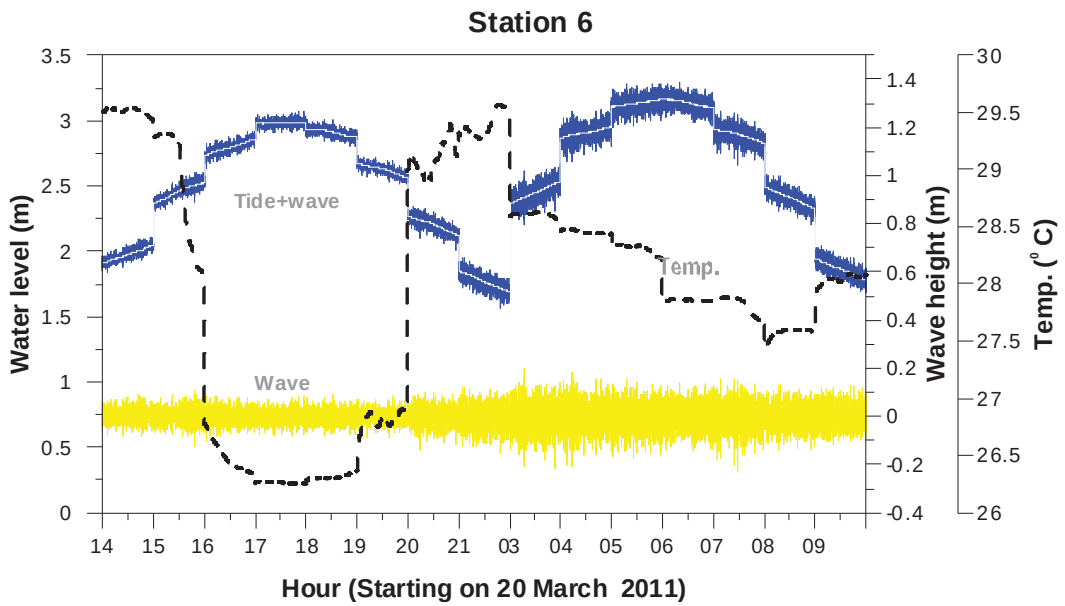
รูปที่ ก-85 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554





รูปที่ ก-86 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 20-21 มีนาคม พ.ศ. 2554

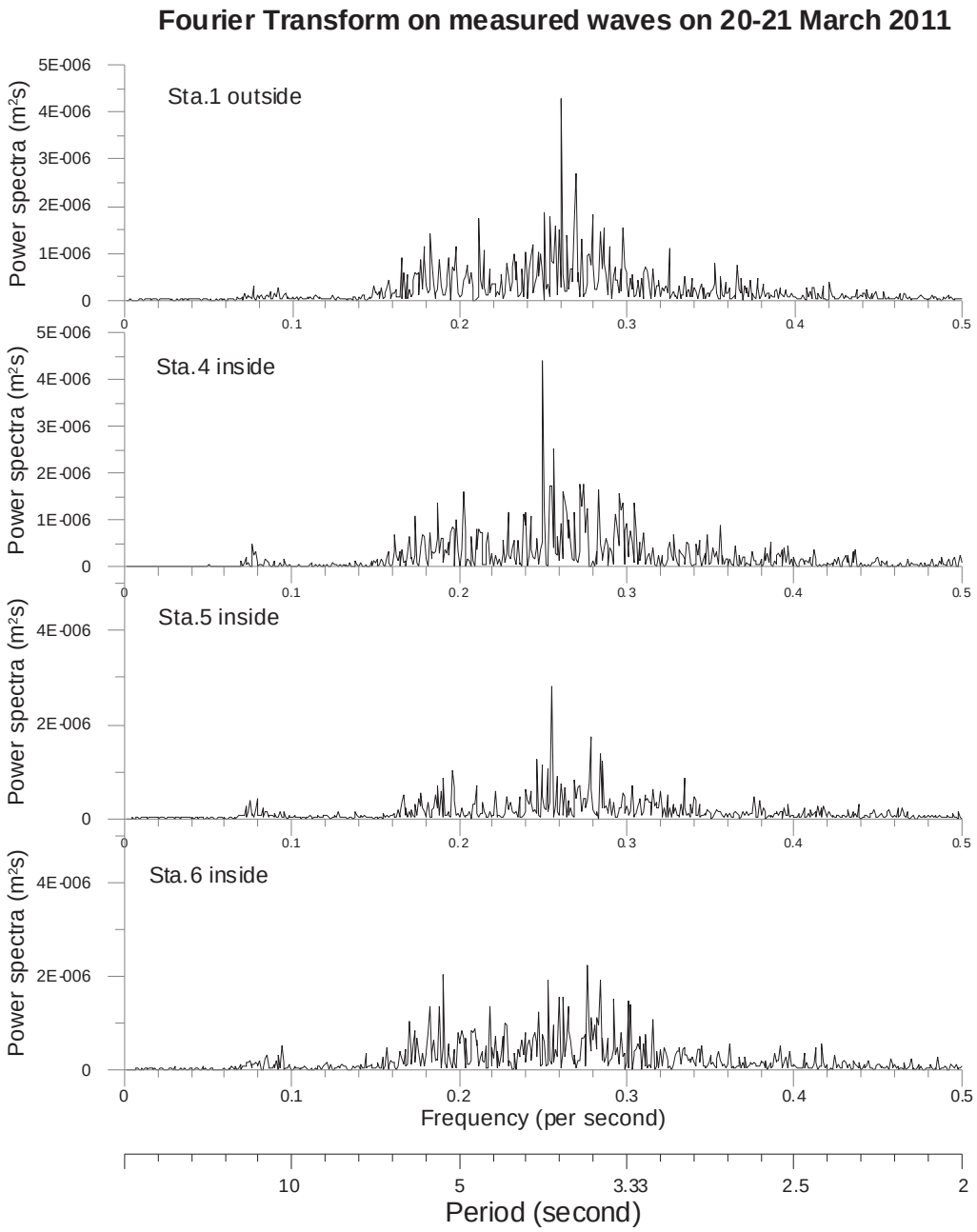




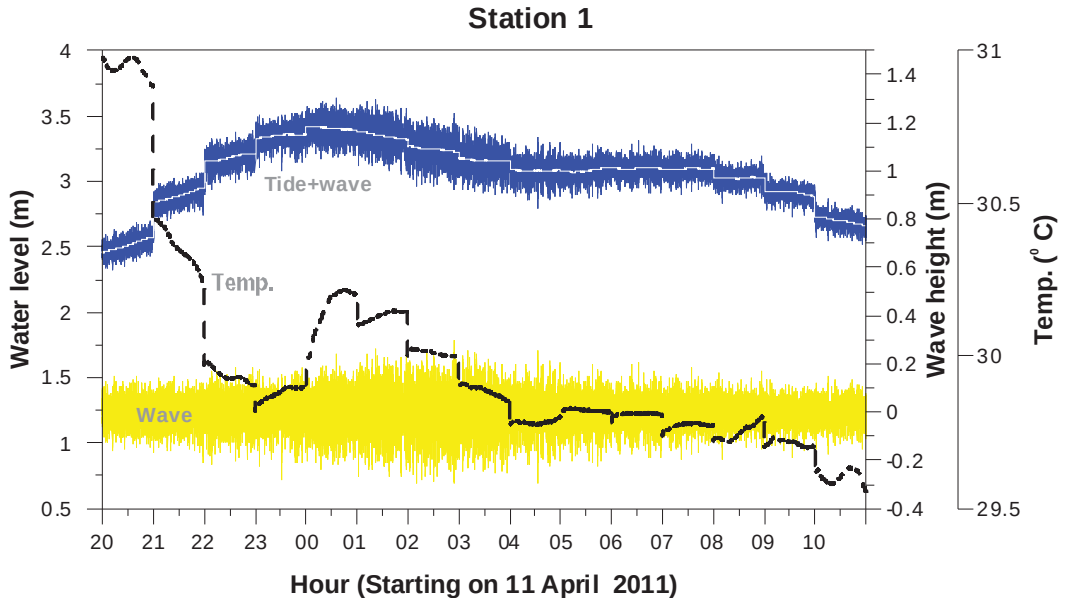
รูปที่ ก-87 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 20-21 มีนาคม พ.ศ. 2554

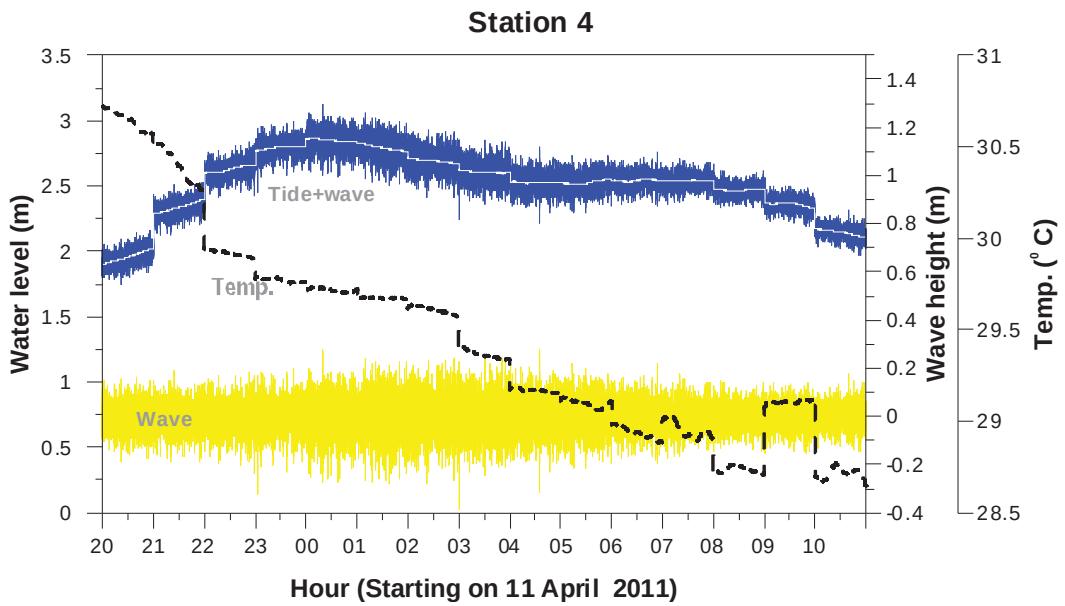
ตารางที่ ก-33 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 20-21 มีนาคม พ.ศ. 2554

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
14:10	0.11	5.38	0.11	4.96	0.08	4.63	0.11	4.92
15:10	0.12	4.84	0.12	4.82	0.09	4.76	0.13	5.08
16:10	0.11	5.04	0.11	5.02	0.10	5.02	0.11	4.98
17:10	0.10	4.92	0.11	4.98	0.09	4.90	0.10	4.92
18:10	0.11	5.11	0.11	5.08	0.09	4.92	0.11	5.11
19:10	0.11	4.67	0.12	4.60	0.09	4.23	0.11	4.56
20:10	0.13	3.27	0.14	3.31	0.11	2.96	0.14	3.50
21:10	0.17	2.99	0.18	2.97	0.12	2.92	0.17	2.99
3:10	0.24	3.46	0.23	3.44	0.20	3.40	0.24	3.41
04:10	0.26	3.53	0.23	3.36	0.19	3.40	0.23	3.41
05:10	0.22	3.54	0.22	3.56	0.18	3.45	0.20	3.59
06:10	0.21	3.61	0.19	3.51	0.19	3.51	0.18	3.60
07:10	0.19	3.65	0.20	3.59	0.17	3.45	0.22	3.58
08:10	0.20	3.63	0.19	3.52	0.16	3.42	0.17	3.63
09:10	0.16	3.36	0.15	3.42	0.12	3.12	0.15	3.54
เฉลี่ย	0.21	3.92	0.20	3.87	0.16	3.73	0.20	3.92

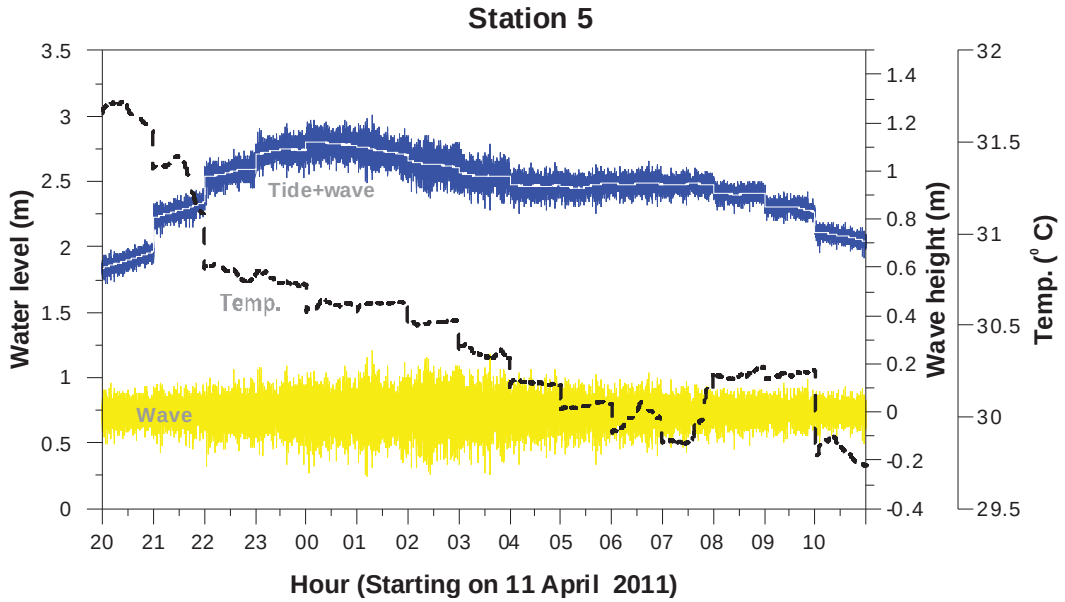


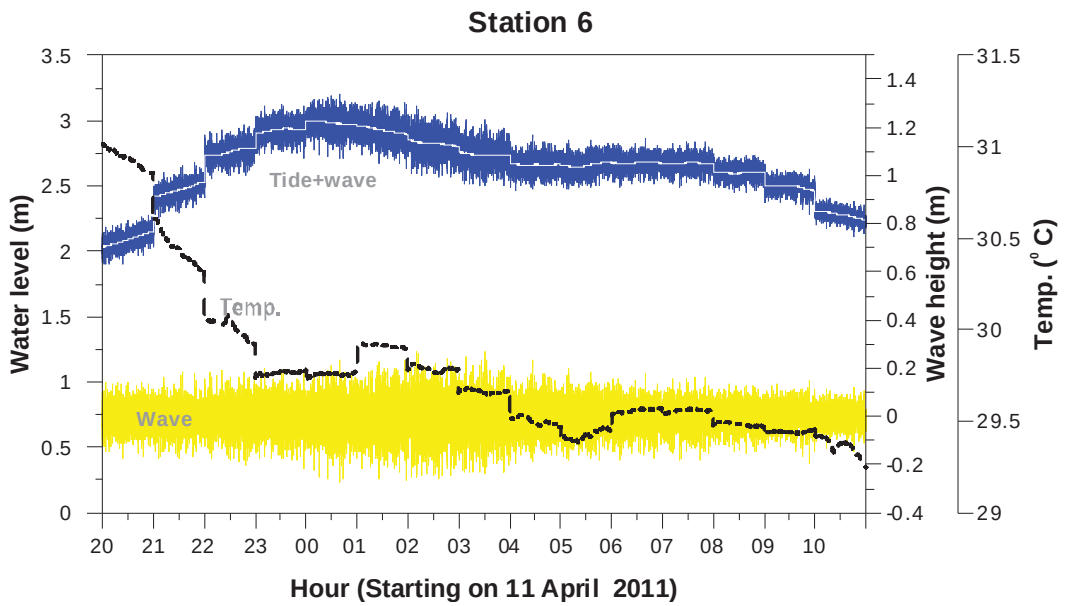
รูปที่ ก-88 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 20-21 มีนาคม พ.ศ. 2554





รูปที่ ก-89 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 11-12 เมษายน พ.ศ. 2554

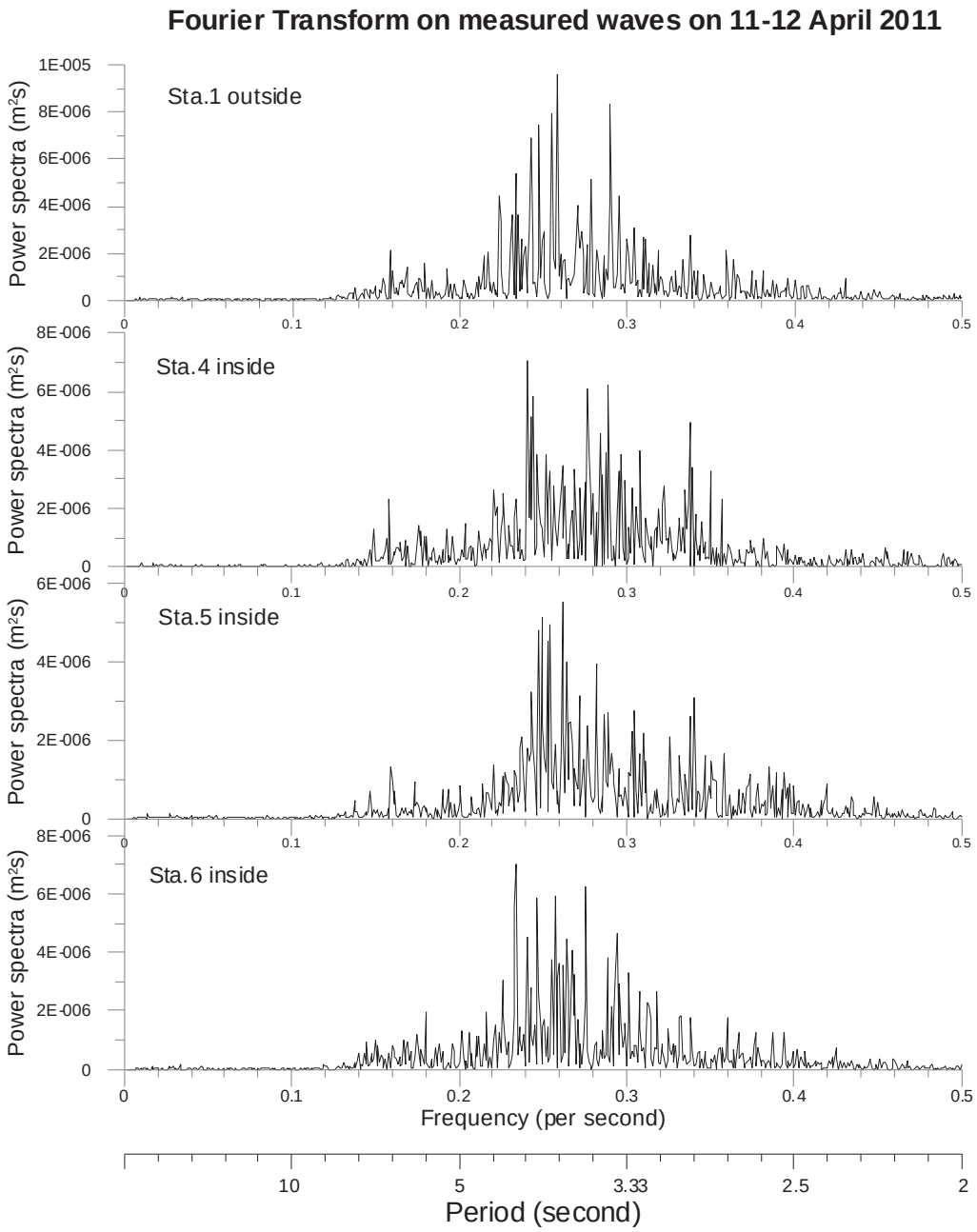




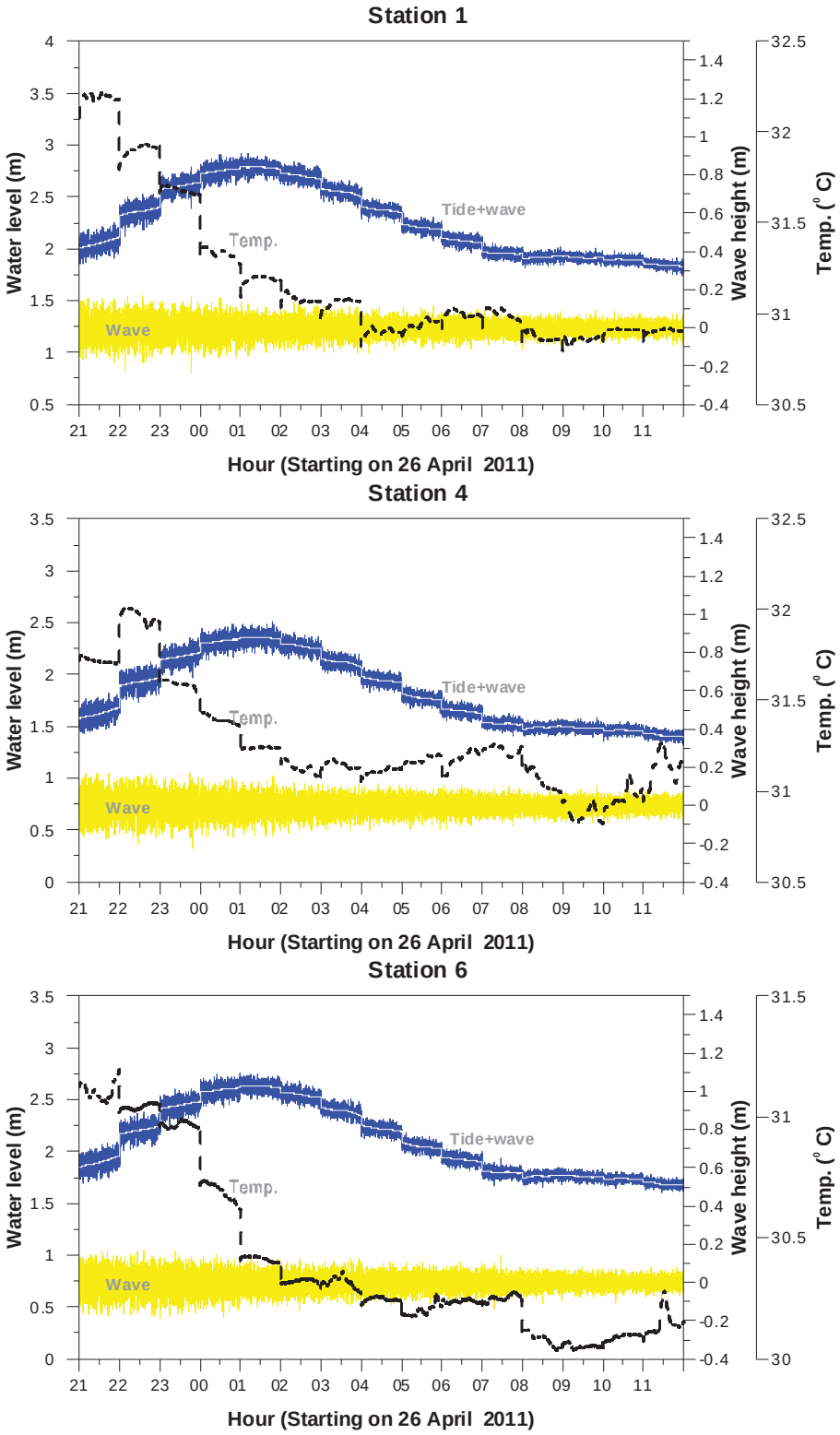
รูปที่ ก-90 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 11-12 เมษายน พ.ศ. 2554

ตารางที่ ก-34 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 11-12 เมษายน พ.ศ. 2554

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
20:10	0.19	3.13	0.21	3.24	0.15	2.86	0.20	3.21
21:10	0.21	3.21	0.22	3.19	0.18	3.06	0.22	3.20
22:10	0.25	3.31	0.24	3.20	0.22	3.22	0.24	3.25
23:10	0.26	3.38	0.28	3.39	0.25	3.28	0.25	3.45
0:10	0.28	3.44	0.33	3.46	0.26	3.43	0.30	3.42
01:10	0.34	3.58	0.32	3.67	0.31	3.59	0.31	3.52
02:10	0.36	3.68	0.32	3.65	0.30	3.59	0.33	3.68
03:10	0.32	3.67	0.34	3.67	0.29	3.60	0.32	3.64
04:10	0.31	3.60	0.32	3.74	0.23	3.65	0.25	3.77
05:10	0.25	3.61	0.27	3.69	0.22	3.54	0.24	3.63
06:10	0.24	3.54	0.24	3.69	0.20	3.54	0.22	3.61
07:10	0.22	3.41	0.21	3.47	0.18	3.39	0.21	3.54
08:10	0.21	3.52	0.19	3.48	0.16	3.40	0.18	3.61
09:10	0.19	3.57	0.18	3.52	0.15	3.33	0.20	3.52
10:10	0.19	3.48	0.19	3.43	0.14	3.25	0.16	3.51
เฉลี่ย	0.28	3.46	0.30	3.48	0.25	3.36	0.27	3.49



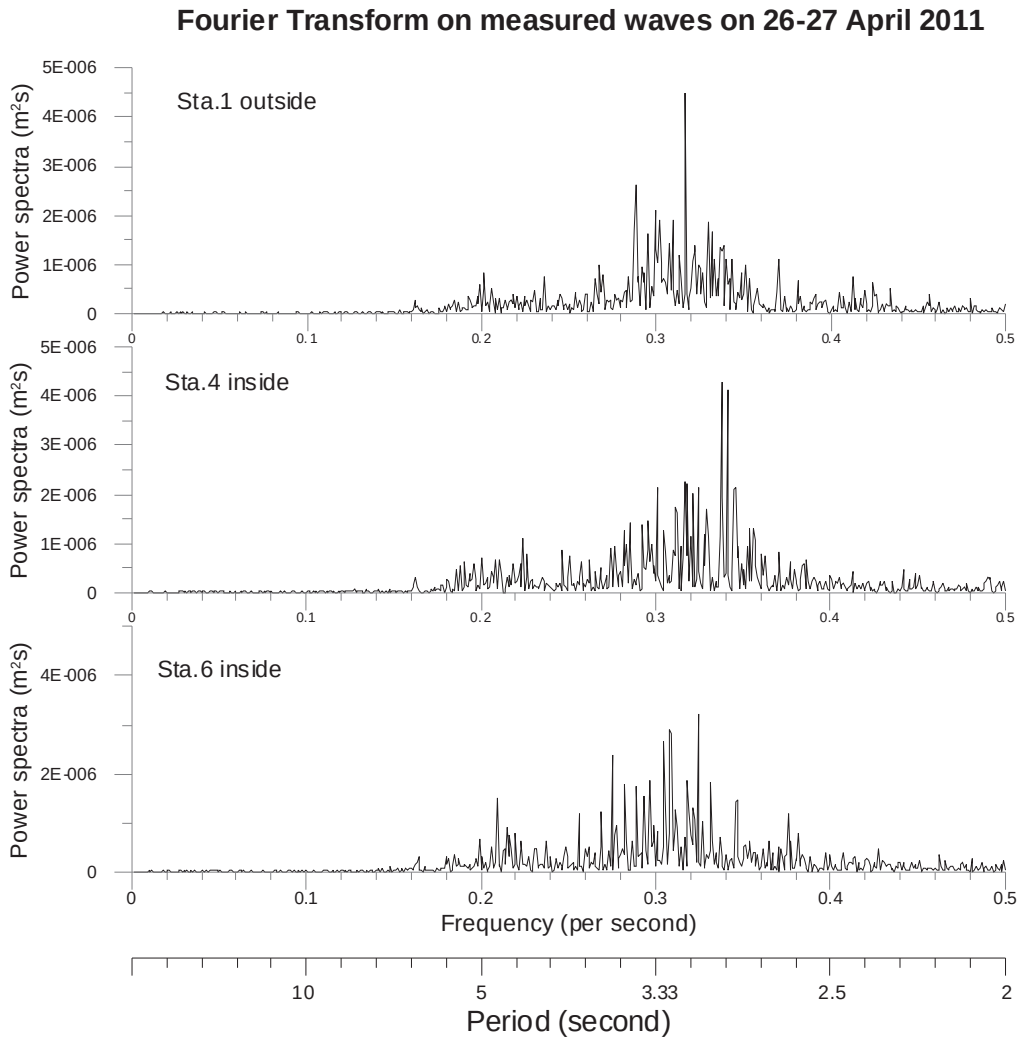
รูปที่ ก-91 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 11-12 เมษายน พ.ศ. 2554



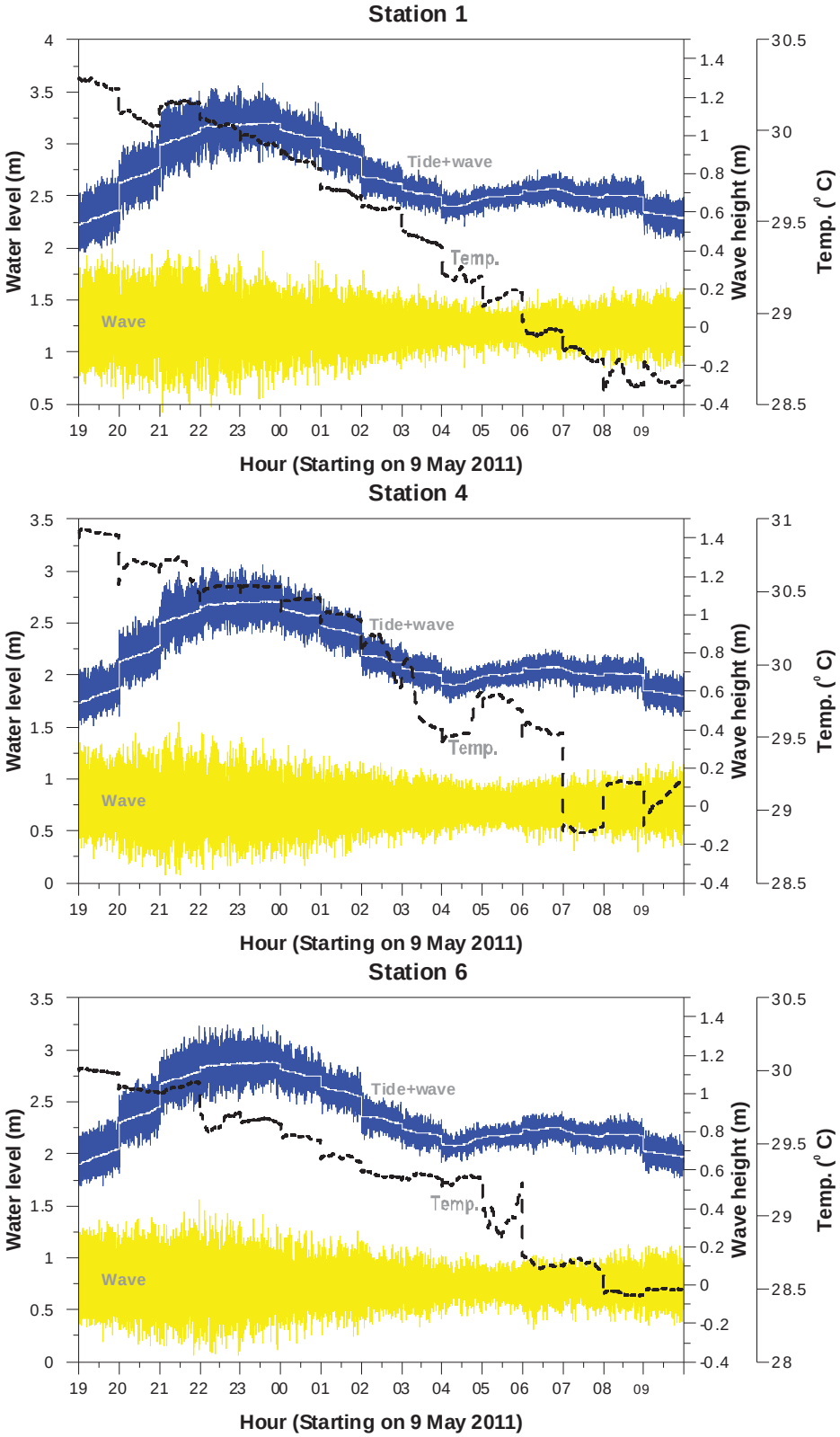
รูปที่ ก-92 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 26-27 เมษายน พ.ศ. 2554

ตารางที่ ก-35 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 26-27 เมษายน พ.ศ. 2554

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
21:00	0.21	2.92	0.22	2.88	0.21	2.93
22:00	0.22	3.14	0.22	3.11	0.21	3.05
23:00	0.22	3.11	0.22	3.08	0.21	3.17
0:00	0.19	3.17	0.19	3.18	0.19	3.17
01:00	0.17	3.19	0.19	3.24	0.16	3.18
02:00	0.15	3.26	0.16	3.18	0.16	3.21
03:00	0.15	3.28	0.15	3.29	0.15	3.17
04:00	0.14	3.18	0.15	3.27	0.14	3.28
05:00	0.13	3.17	0.14	3.22	0.13	3.22
06:00	0.13	3.27	0.14	3.25	0.13	3.43
07:00	0.12	3.19	0.12	3.22	0.14	3.33
08:00	0.11	3.27	0.10	3.27	0.11	3.23
09:00	0.10	3.31	0.11	3.32	0.10	3.31
10:00	0.10	3.24	0.11	3.30	0.10	3.44
11:00	0.10	3.35	0.10	3.41	0.10	3.44
เฉลี่ย	0.19	3.20	0.19	3.20	0.17	3.22



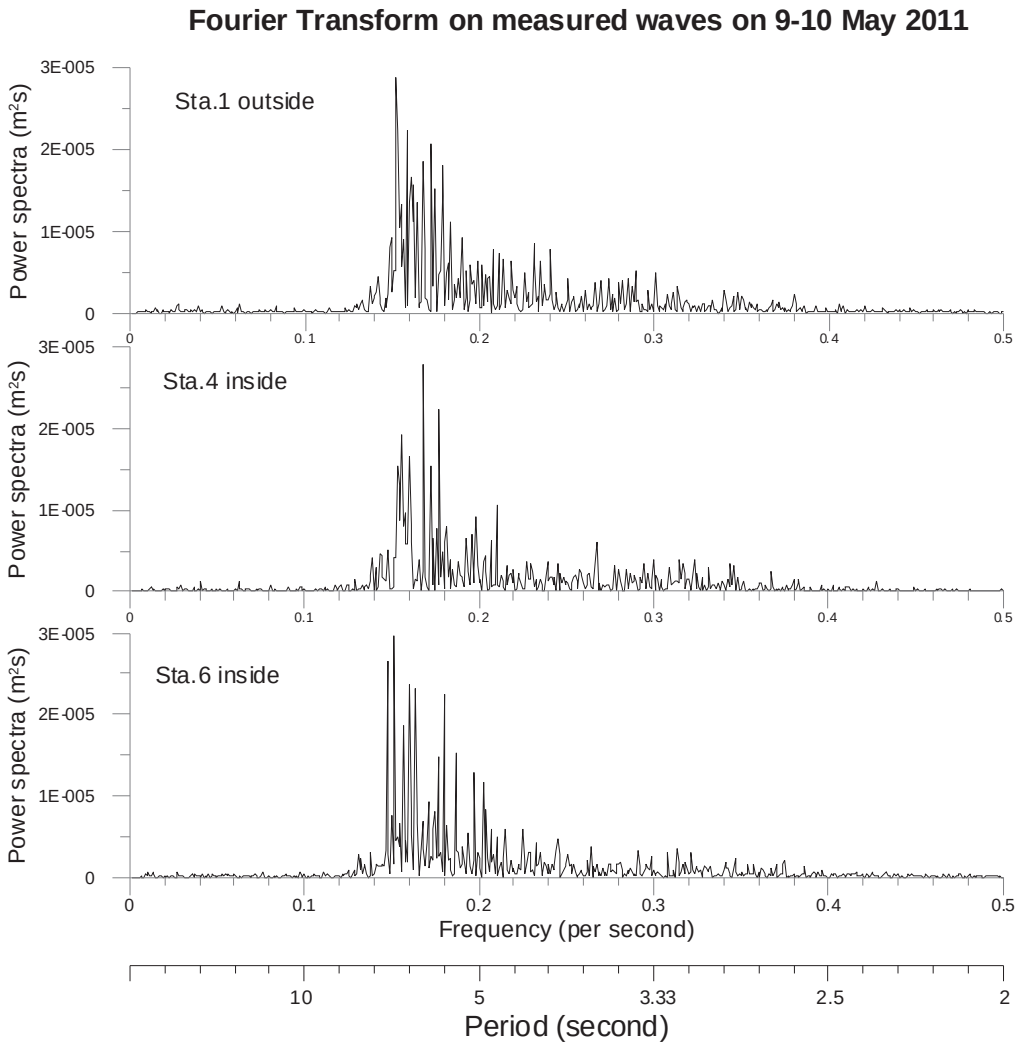
รูปที่ ก-93 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 26 - 27 เมษายน พ.ศ. 2554



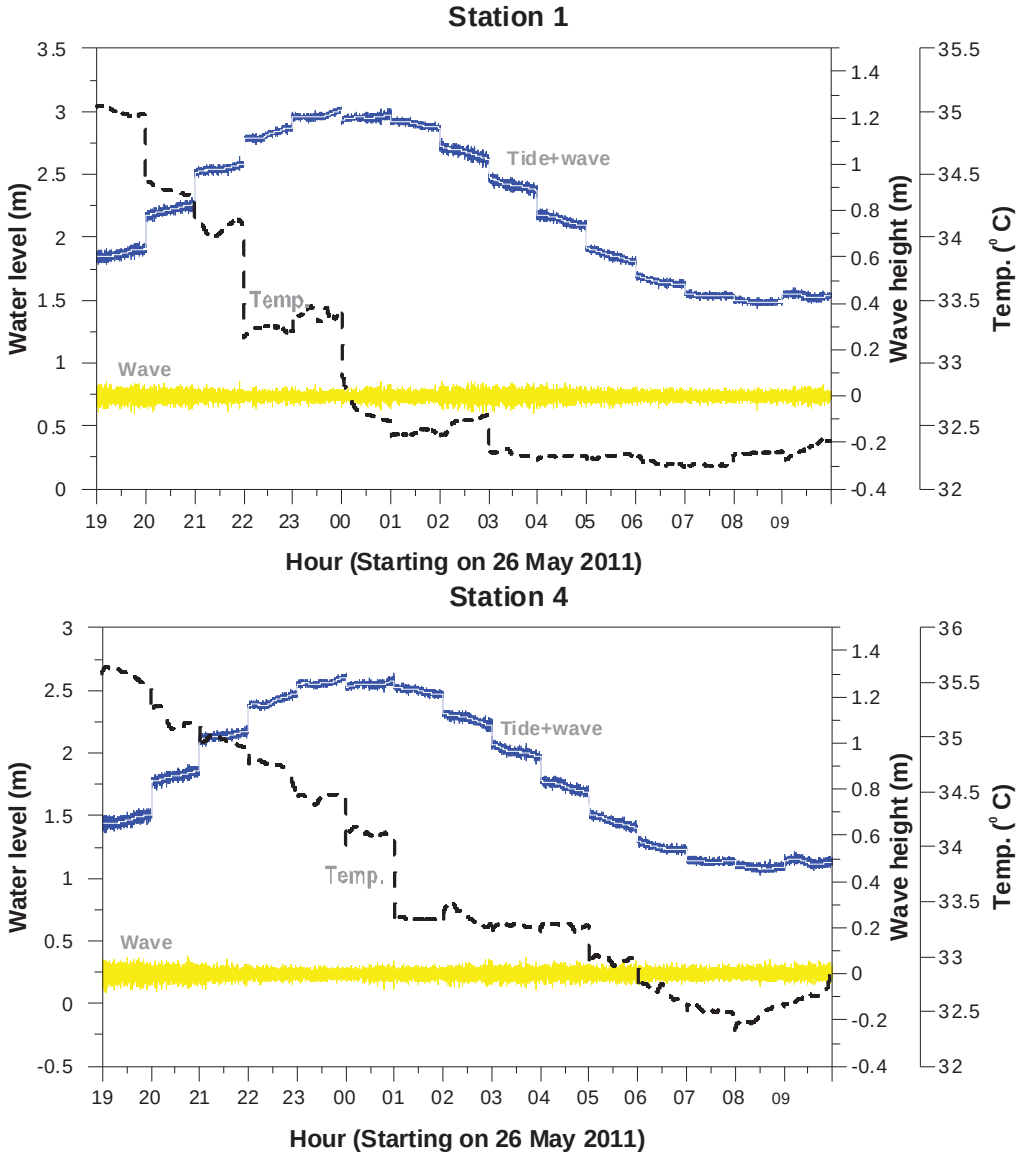
รูปที่ ก-94 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 9-10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

ตารางที่ ก-36 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 9-10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

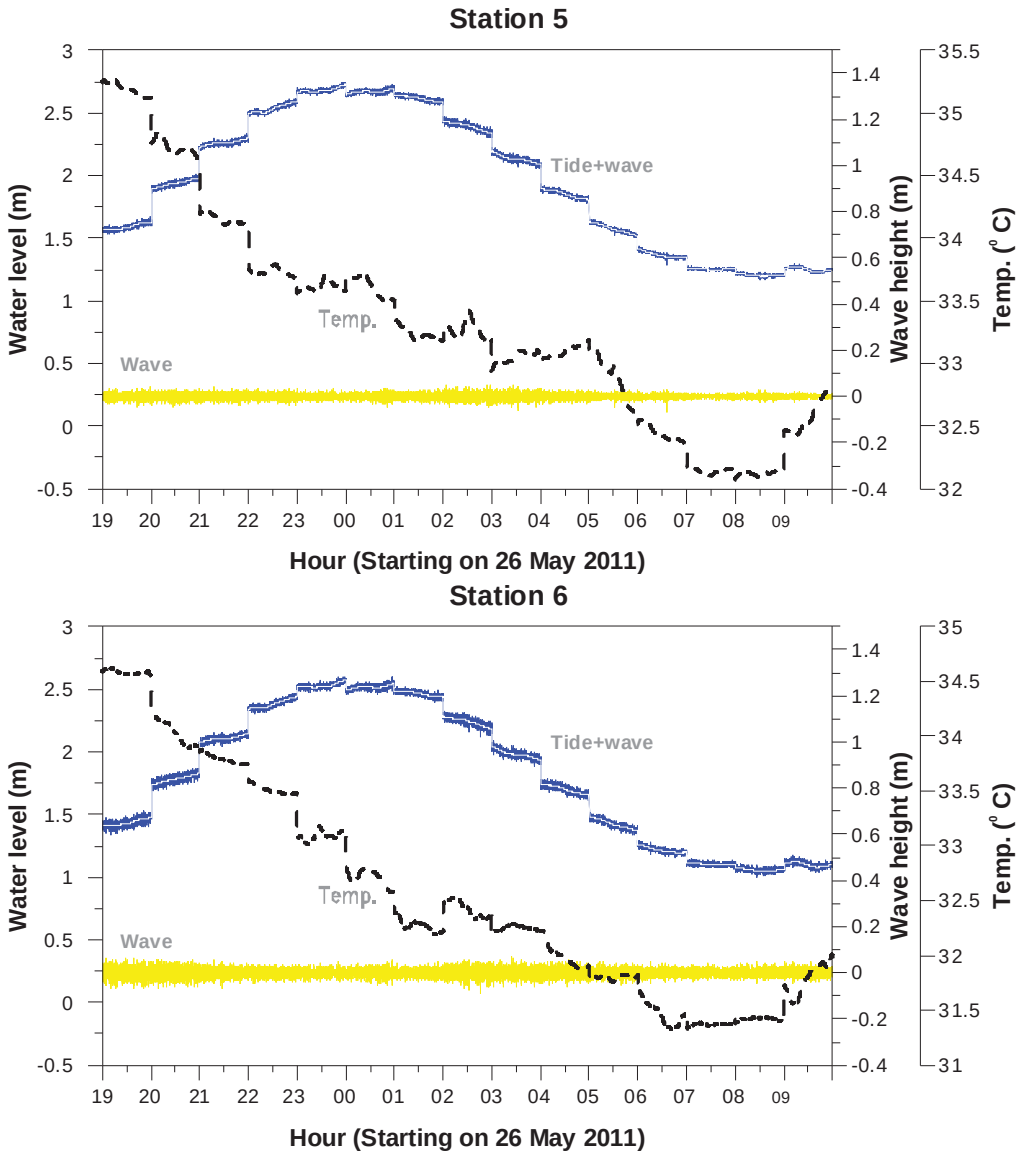
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
19:10	0.49	4.58	0.42	4.74	0.43	4.67
20:10	0.49	4.55	0.46	4.63	0.46	4.72
21:10	0.56	4.86	0.51	4.88	0.51	4.86
22:10	0.51	4.74	0.48	4.92	0.50	5.02
23:10	0.47	4.65	0.44	4.96	0.44	4.65
0:10	0.41	4.62	0.40	4.80	0.38	4.65
01:10	0.37	4.41	0.34	4.27	0.34	4.24
02:10	0.32	4.41	0.29	4.44	0.29	4.36
03:10	0.27	4.48	0.26	4.60	0.26	4.40
04:10	0.22	4.15	0.22	4.21	0.21	4.18
05:10	0.19	3.82	0.19	3.70	0.18	3.83
06:10	0.23	3.70	0.23	3.61	0.24	3.68
07:10	0.22	3.80	0.25	3.85	0.21	3.61
08:10	0.28	3.81	0.27	3.82	0.25	3.87
09:10	0.31	4.18	0.29	3.99	0.28	4.17
เฉลี่ย	0.42	4.28	0.39	4.30	0.40	4.28



รูปที่ ก-95 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 9 - 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2554



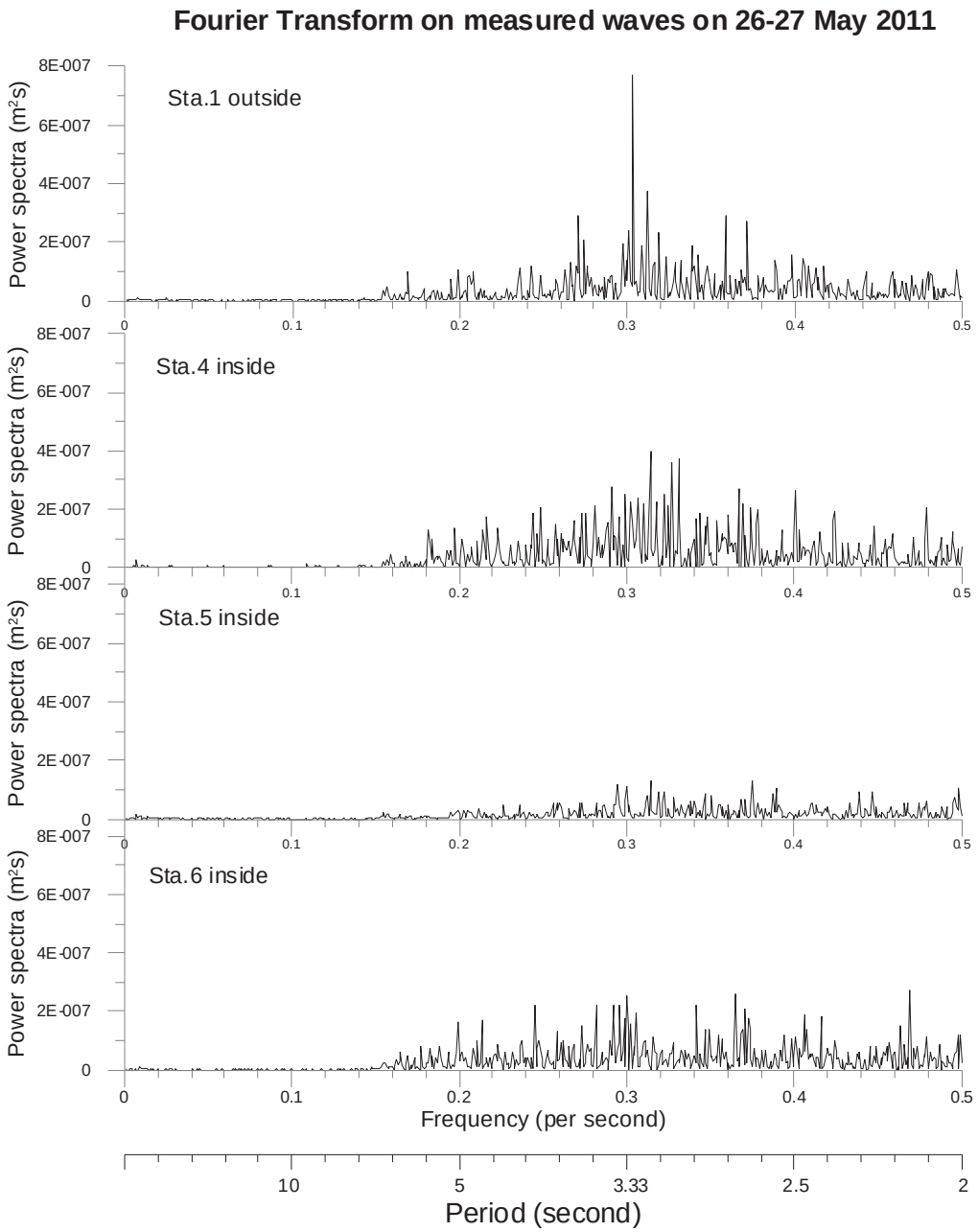
รูปที่ ก-96 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 26-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2554



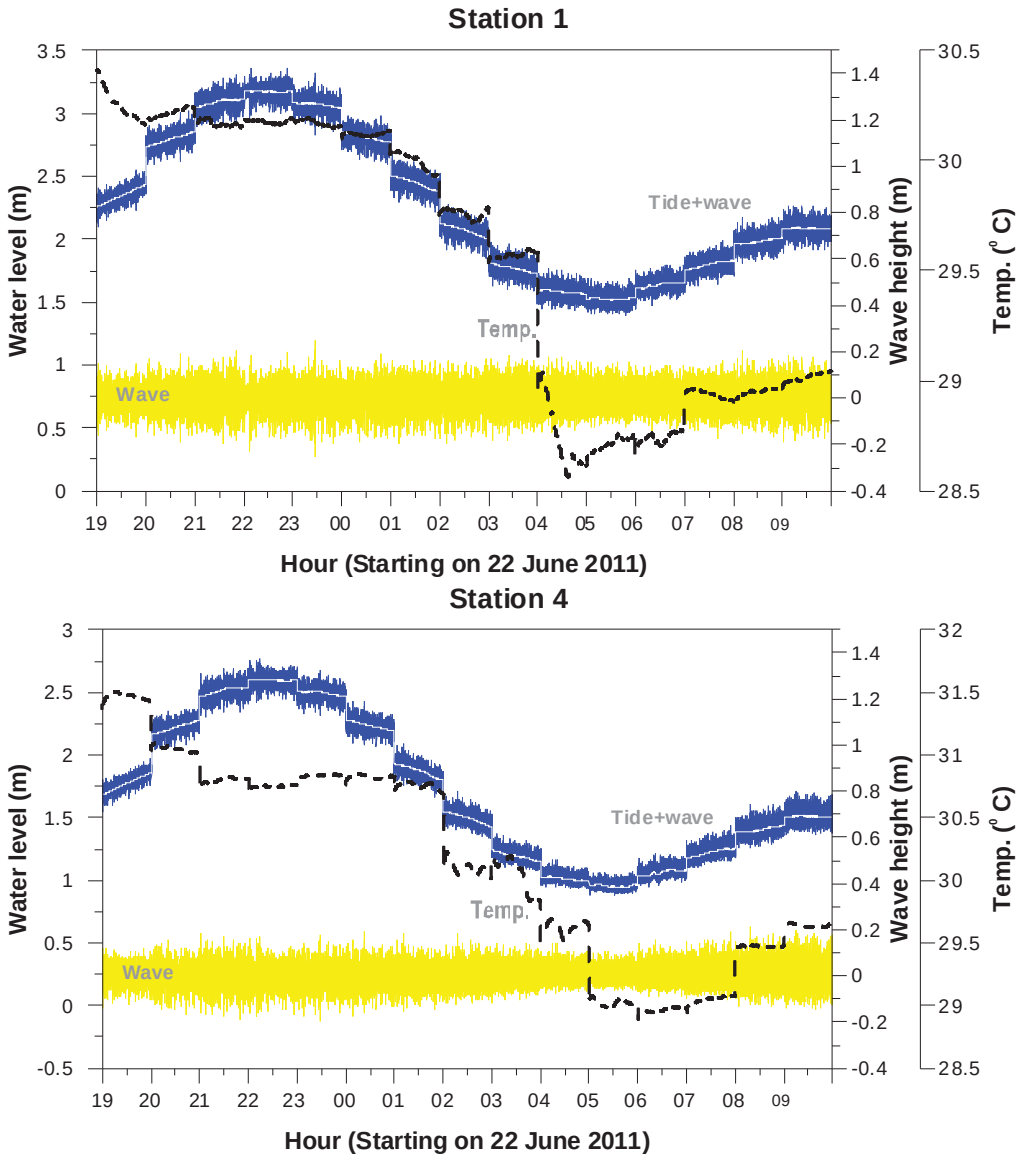
รูปที่ ก-97 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 26-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

ตารางที่ ก-37 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 26-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

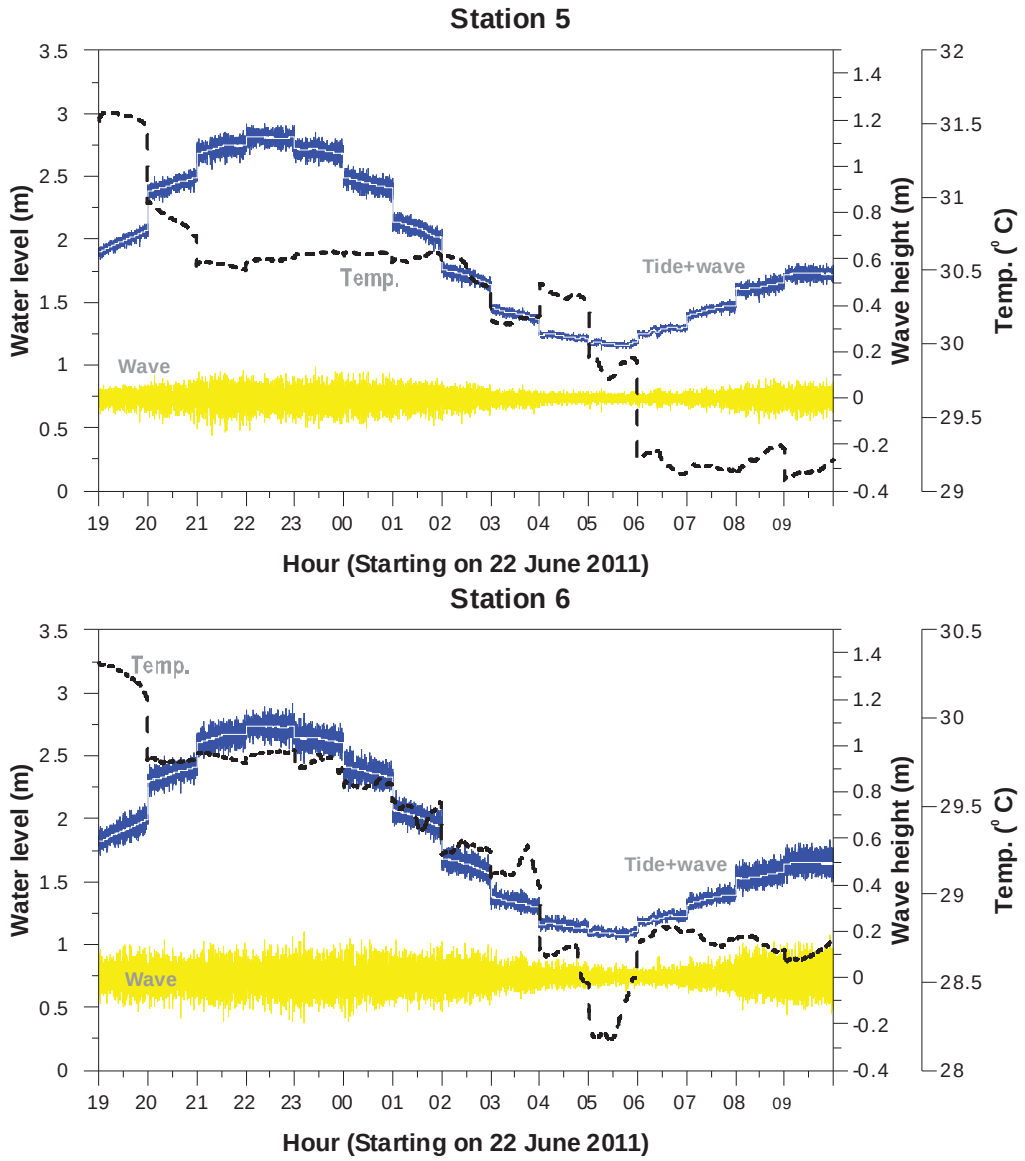
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
19:10	0.08	2.89	0.09	2.83	0.05	2.63	0.08	2.97
20:10	0.07	2.86	0.09	2.88	0.05	2.66	0.08	2.85
21:10	0.07	3.04	0.07	2.99	0.05	2.88	0.07	3.13
22:10	0.06	3.13	0.06	3.12	0.04	3.02	0.05	3.08
23:10	0.05	3.34	0.05	3.31	0.04	3.27	0.05	3.32
0:10	0.07	2.89	0.07	2.98	0.05	2.88	0.07	2.97
01:10	0.05	2.93	0.06	3.05	0.04	2.78	0.05	2.96
02:10	0.09	3.07	0.08	3.11	0.06	3.06	0.09	3.12
03:10	0.08	3.15	0.08	3.26	0.06	3.05	0.08	3.16
04:10	0.07	3.11	0.07	3.25	0.04	3.05	0.07	3.16
05:10	0.06	2.97	0.07	3.06	0.04	2.85	0.06	3.06
06:10	0.05	3.05	0.06	3.08	0.04	2.96	0.06	3.08
07:10	0.05	3.19	0.05	3.06	0.02	2.87	0.05	3.18
08:10	0.05	3.07	0.07	3.32	0.03	2.99	0.06	3.12
09:10	0.06	3.06	0.07	3.02	0.03	2.88	0.06	3.15
เฉลี่ย	0.07	3.04	0.08	3.08	0.05	2.91	0.07	3.08



รูปที่ ก-98 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 26 - 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2554



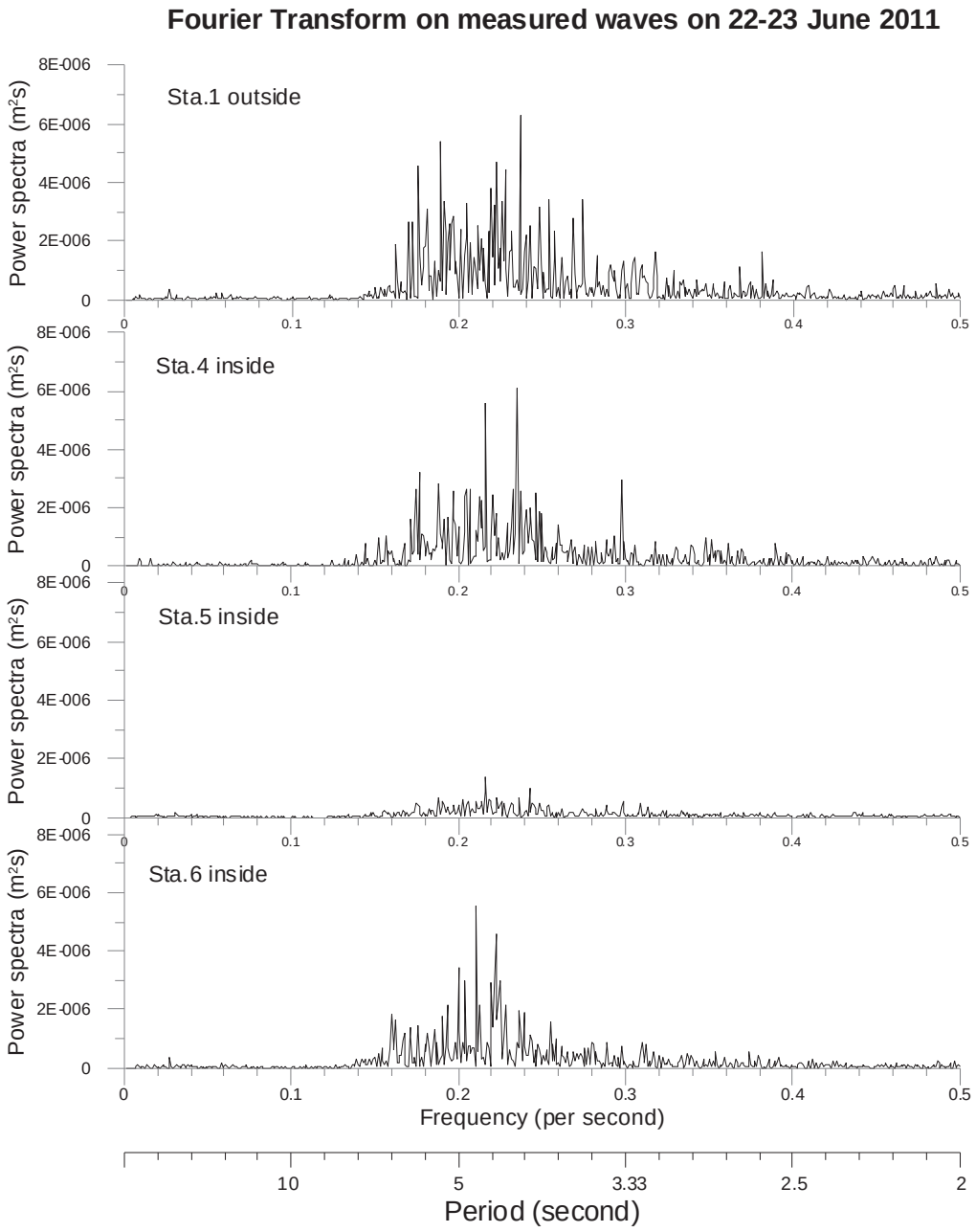
รูปที่ ก-99 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 22-23 มิถุนายน พ.ศ. 2554



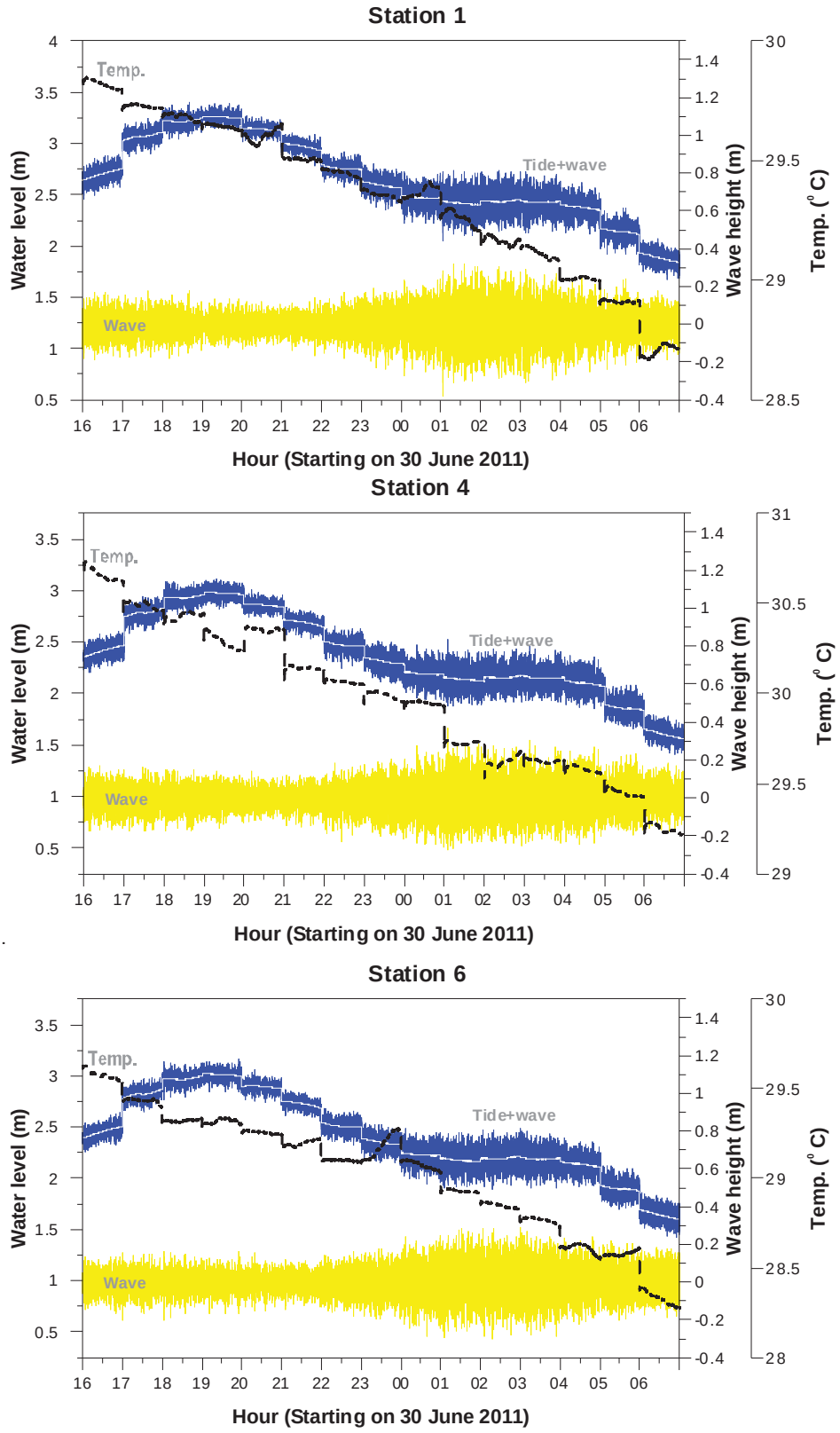
รูปที่ ก-100 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 22-23 มิถุนายน พ.ศ. 2554

ตารางที่ ก-38 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 22-23 มิถุนายน พ.ศ. 2554

เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
19:10	0.20	3.92	0.16	3.99	0.09	3.73	0.18	3.99
20:10	0.23	4.23	0.20	4.15	0.13	4.00	0.19	4.12
21:10	0.24	4.35	0.23	4.27	0.17	4.10	0.21	4.15
22:10	0.24	4.21	0.21	4.11	0.15	3.95	0.22	4.05
23:10	0.27	4.03	0.22	4.20	0.16	3.83	0.23	4.17
0:10	0.23	3.97	0.21	4.23	0.15	3.93	0.22	3.99
01:10	0.23	3.86	0.21	4.23	0.13	3.61	0.19	3.79
02:10	0.23	3.61	0.19	3.87	0.10	3.47	0.18	3.92
03:10	0.23	3.77	0.17	3.80	0.07	3.30	0.14	3.77
04:10	0.21	3.63	0.14	3.58	0.05	3.31	0.09	3.92
05:10	0.19	3.56	0.12	3.52	0.05	3.42	0.07	4.12
06:10	0.19	3.60	0.16	3.55	0.06	3.39	0.08	3.82
07:10	0.21	3.73	0.18	3.64	0.07	3.42	0.12	3.91
08:10	0.22	3.83	0.22	3.82	0.11	3.40	0.19	4.00
09:10	0.24	3.90	0.23	3.85	0.11	3.45	0.22	3.88
เฉลี่ย	0.24	3.86	0.21	3.90	0.13	3.60	0.19	3.96



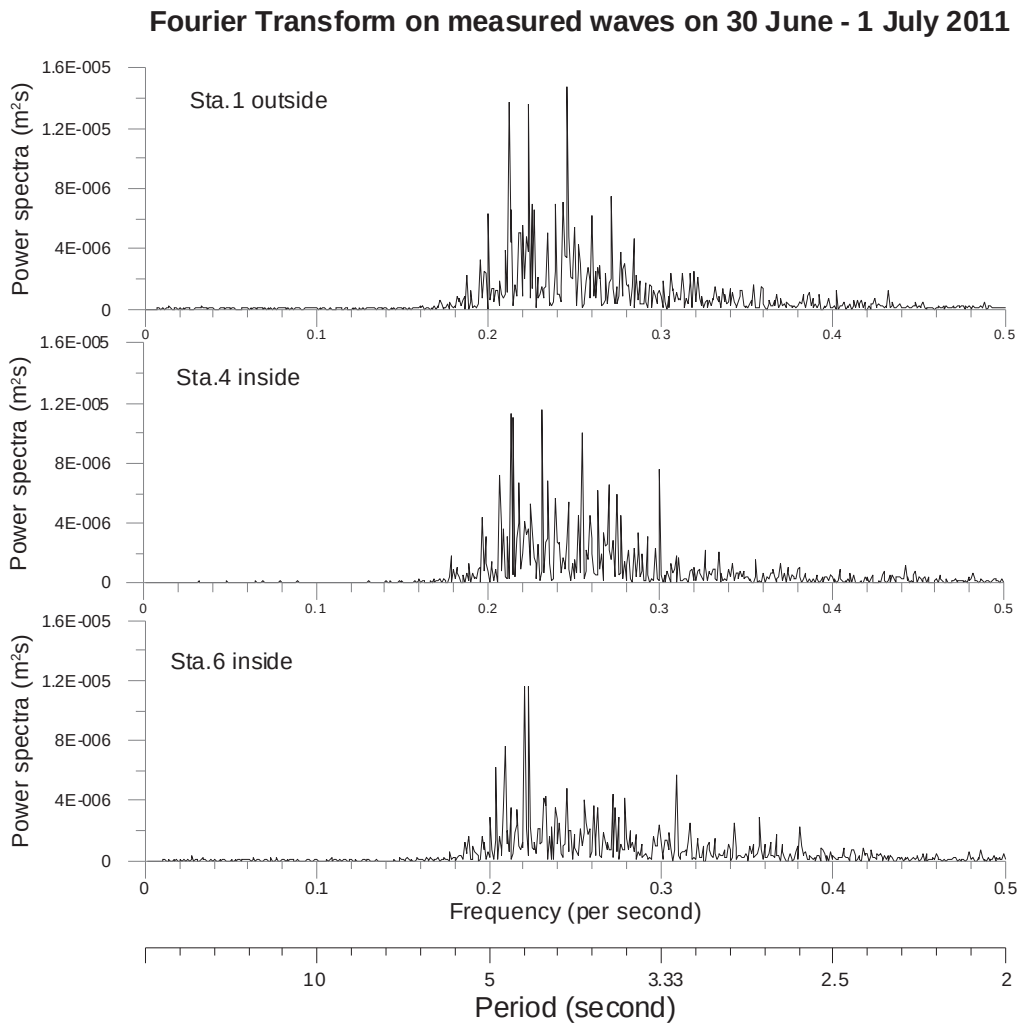
รูปที่ ก-101 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 22 - 23 มิถุนายน พ.ศ. 2554



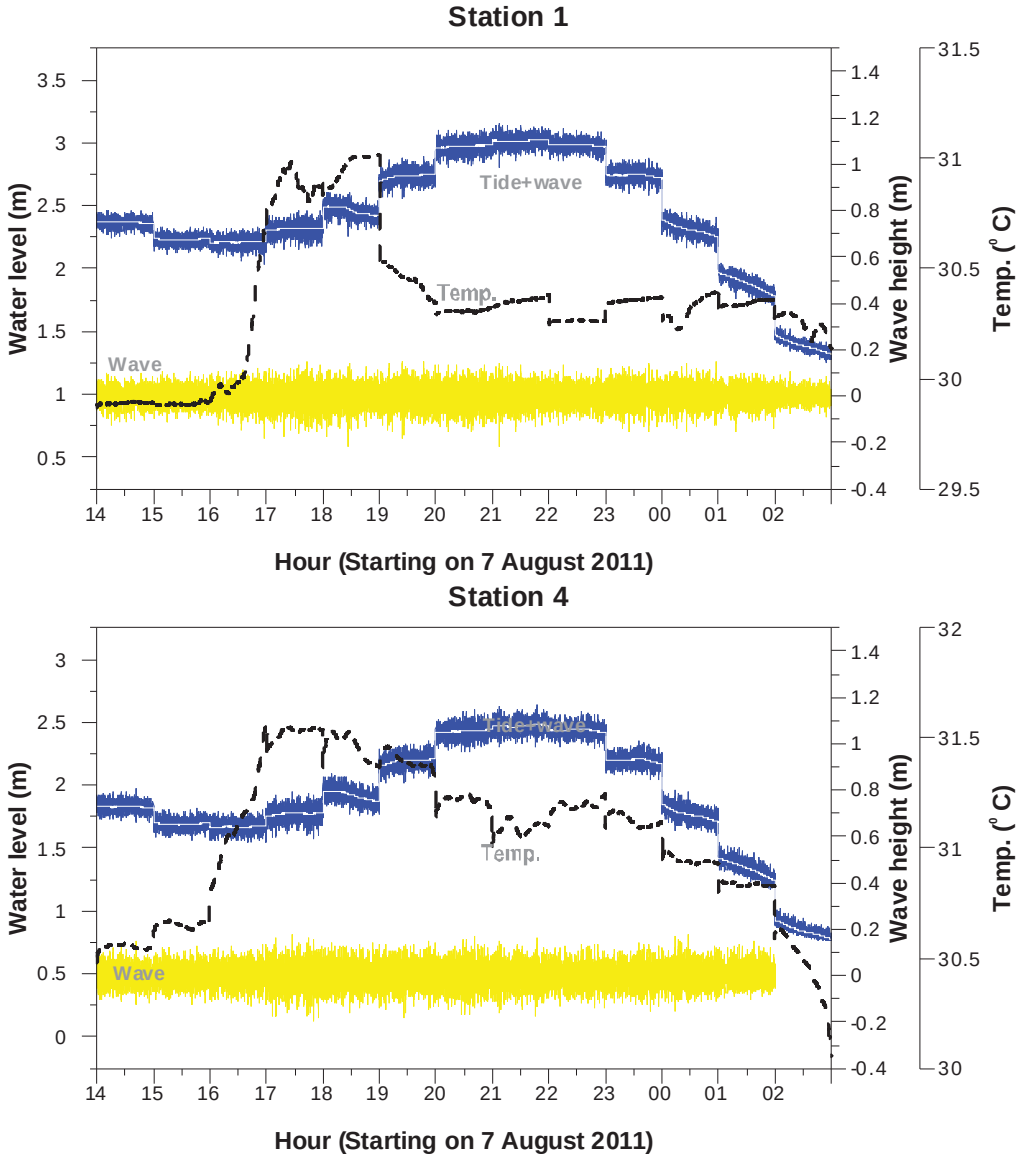
รูปที่ ก-102 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 30 มิถุนายน – 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2554

ตารางที่ ก-39 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 30 มิถุนายน – 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2554

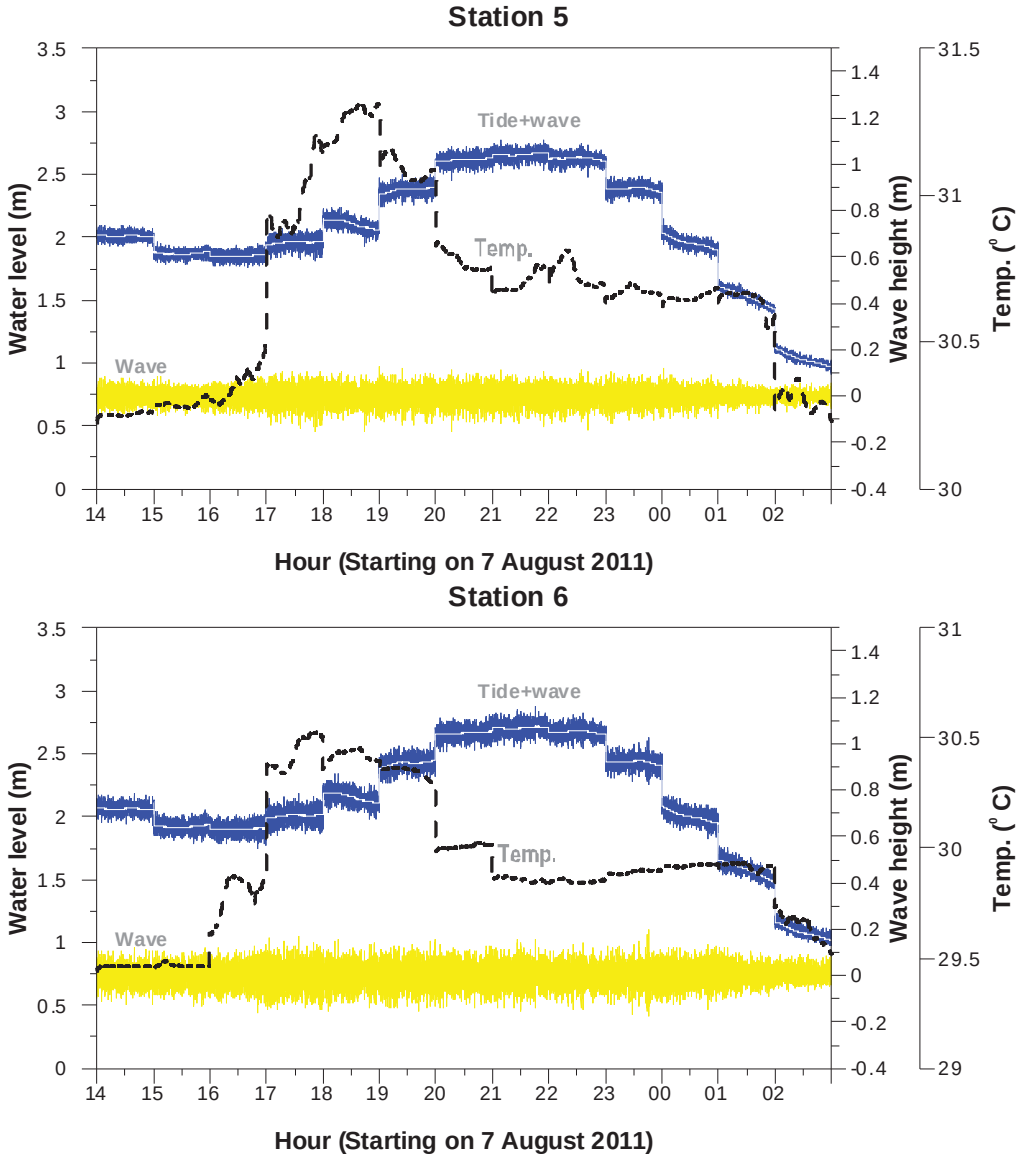
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
16:10	0.22	3.28	0.22	3.38	0.19	3.34
17:10	0.21	3.37	0.21	3.35	0.21	3.34
18:10	0.21	3.41	0.21	3.40	0.21	3.27
19:10	0.16	3.40	0.18	3.41	0.19	3.32
20:10	0.15	3.38	0.16	3.38	0.18	3.38
21:10	0.18	3.38	0.17	3.32	0.16	3.29
22:10	0.21	3.25	0.24	3.27	0.21	3.29
23:10	0.26	3.46	0.26	3.38	0.24	3.31
0:10	0.32	3.67	0.33	3.70	0.32	3.56
01:10	0.43	4.00	0.39	3.95	0.37	3.86
02:10	0.39	4.04	0.34	4.00	0.37	3.90
03:10	0.37	3.97	0.34	3.93	0.36	3.97
04:10	0.31	3.86	0.32	3.91	0.30	3.92
05:10	0.28	3.74	0.27	3.75	0.27	3.76
06:10	0.22	3.60	0.23	3.52	0.24	3.73
เฉลี่ย	0.32	3.56	0.30	3.55	0.29	3.52



รูปที่ ก-103 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 30 มิถุนายน - 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2554



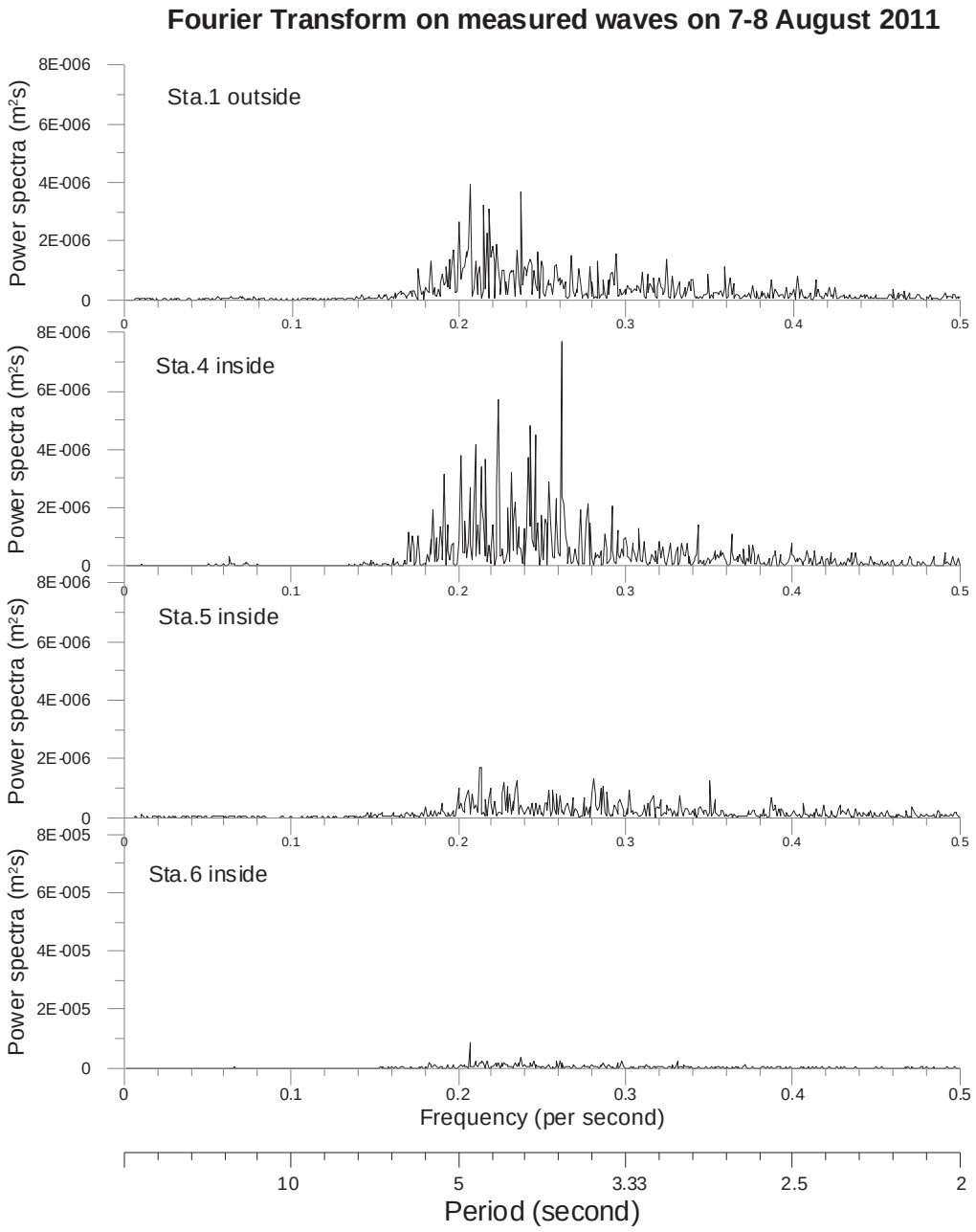
รูปที่ ก-104 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 8 - 9 สิงหาคม พ.ศ. 2554



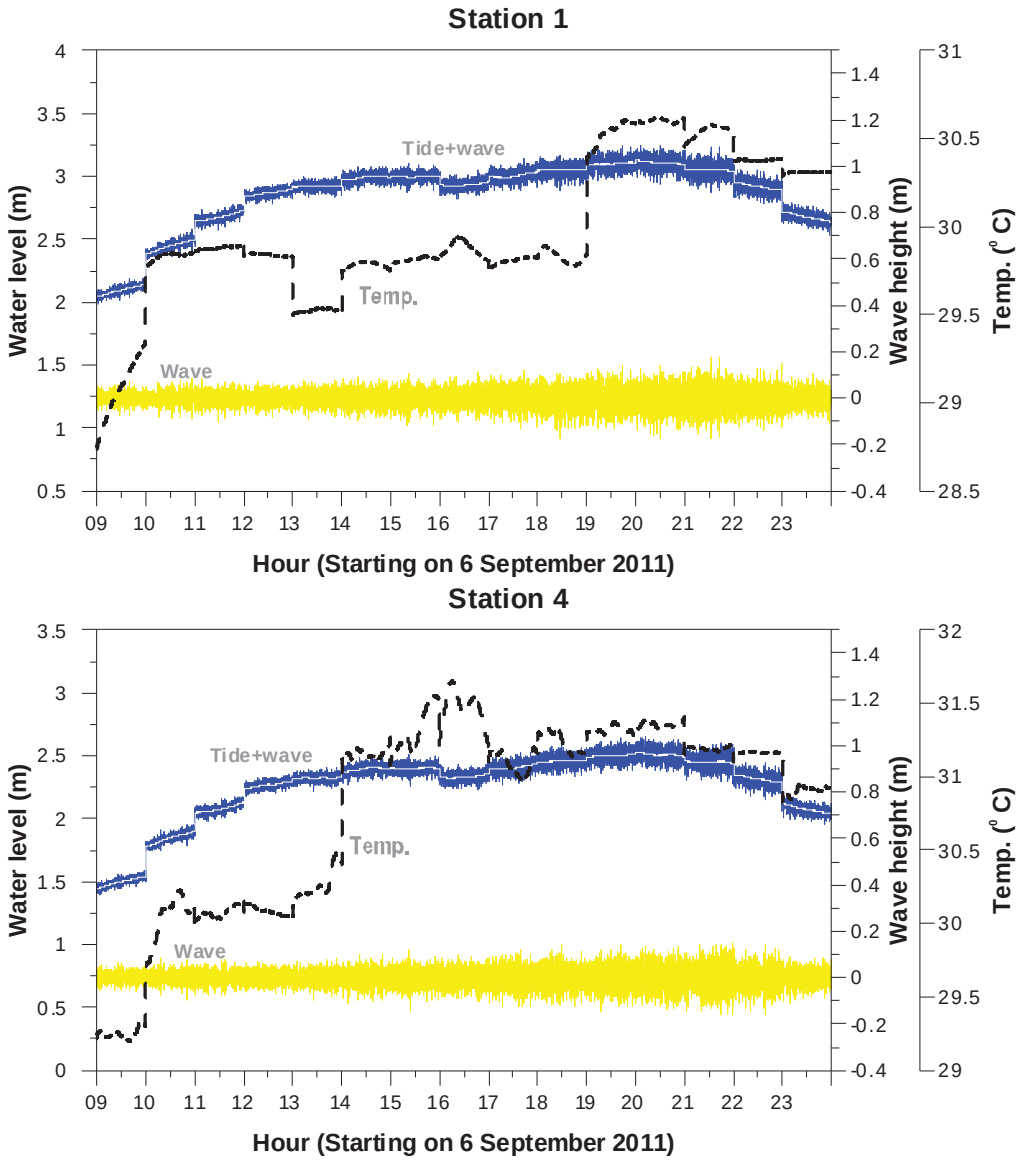
รูปที่ ก-105 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 7 - 8 สิงหาคม พ.ศ. 2554

ตารางที่ ก-40 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 7 - 8 สิงหาคม พ.ศ. 2554

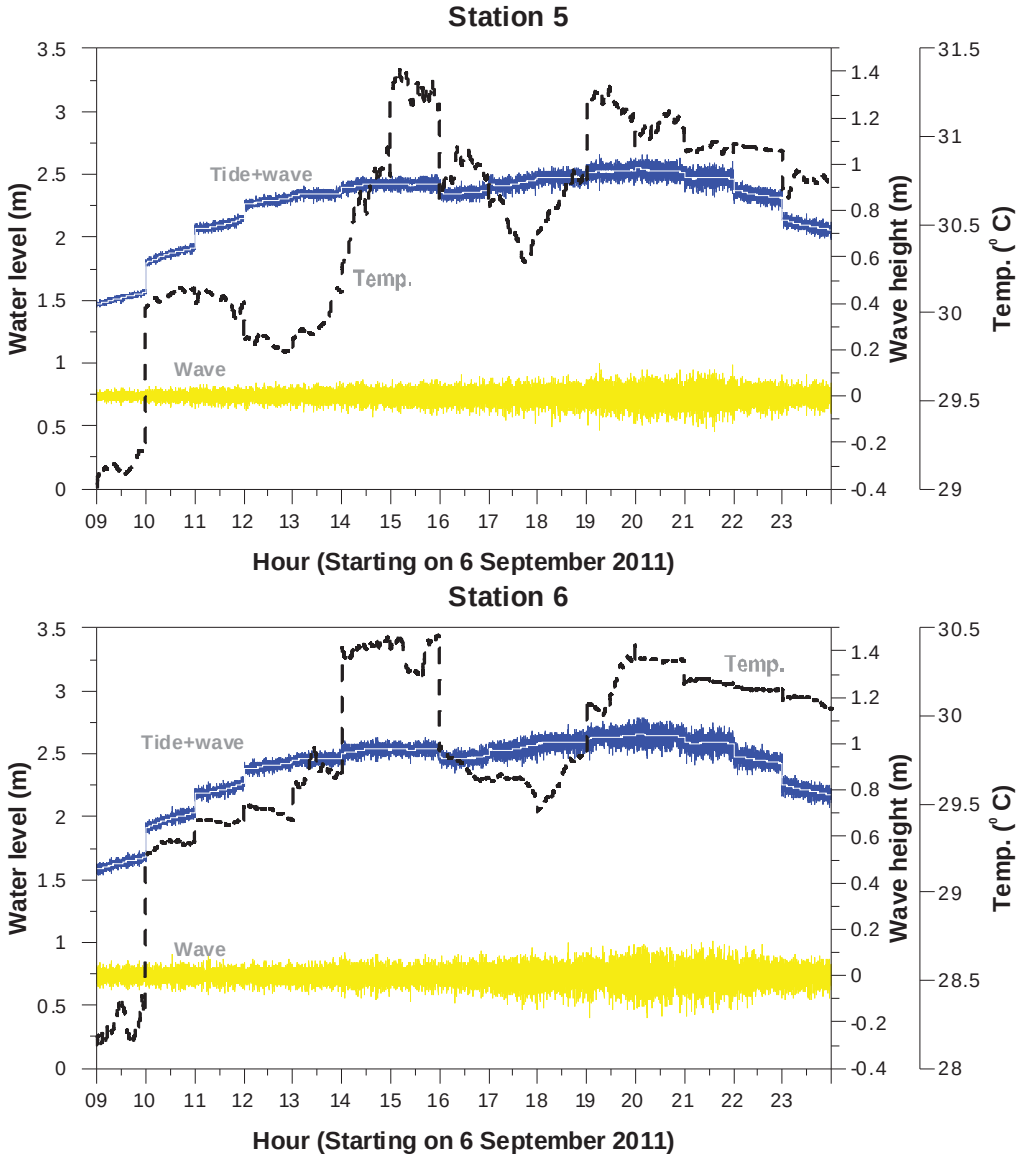
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
14:10	0.14	3.58	0.16	3.59	0.10	3.29	0.15	3.68
15:10	0.14	3.73	0.16	3.69	0.10	3.48	0.16	3.87
16:10	0.17	3.45	0.17	3.31	0.11	3.02	0.17	3.43
17:10	0.19	3.12	0.22	3.04	0.16	2.93	0.20	3.29
18:10	0.20	3.37	0.19	3.45	0.15	3.30	0.19	3.40
19:10	0.20	3.54	0.20	3.51	0.15	3.46	0.19	3.50
20:10	0.19	3.76	0.20	3.80	0.15	3.53	0.18	3.77
21:10	0.19	3.79	0.20	3.87	0.15	3.74	0.19	3.81
22:10	0.16	3.82	0.17	3.96	0.15	3.66	0.18	3.90
23:10	0.18	3.77	0.18	3.91	0.14	3.69	0.21	3.79
0:10	0.18	3.88	0.19	3.97	0.13	3.96	0.17	4.12
01:10	0.15	3.82	0.16	3.92	0.09	3.55	0.15	4.01
02:10	0.11	3.86	0.19	3.64	0.07	3.49	0.11	3.92
14:10	0.18	3.63	0.16	3.59	0.14	3.44	0.18	3.71
15:10	0.14	3.58	0.16	3.69	0.10	3.29	0.15	3.68
เฉลี่ย	0.14	3.73	0.17	3.31	0.10	3.48	0.16	3.87



รูปที่ ก-106 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 7 - 8 สิงหาคม พ.ศ. 2554



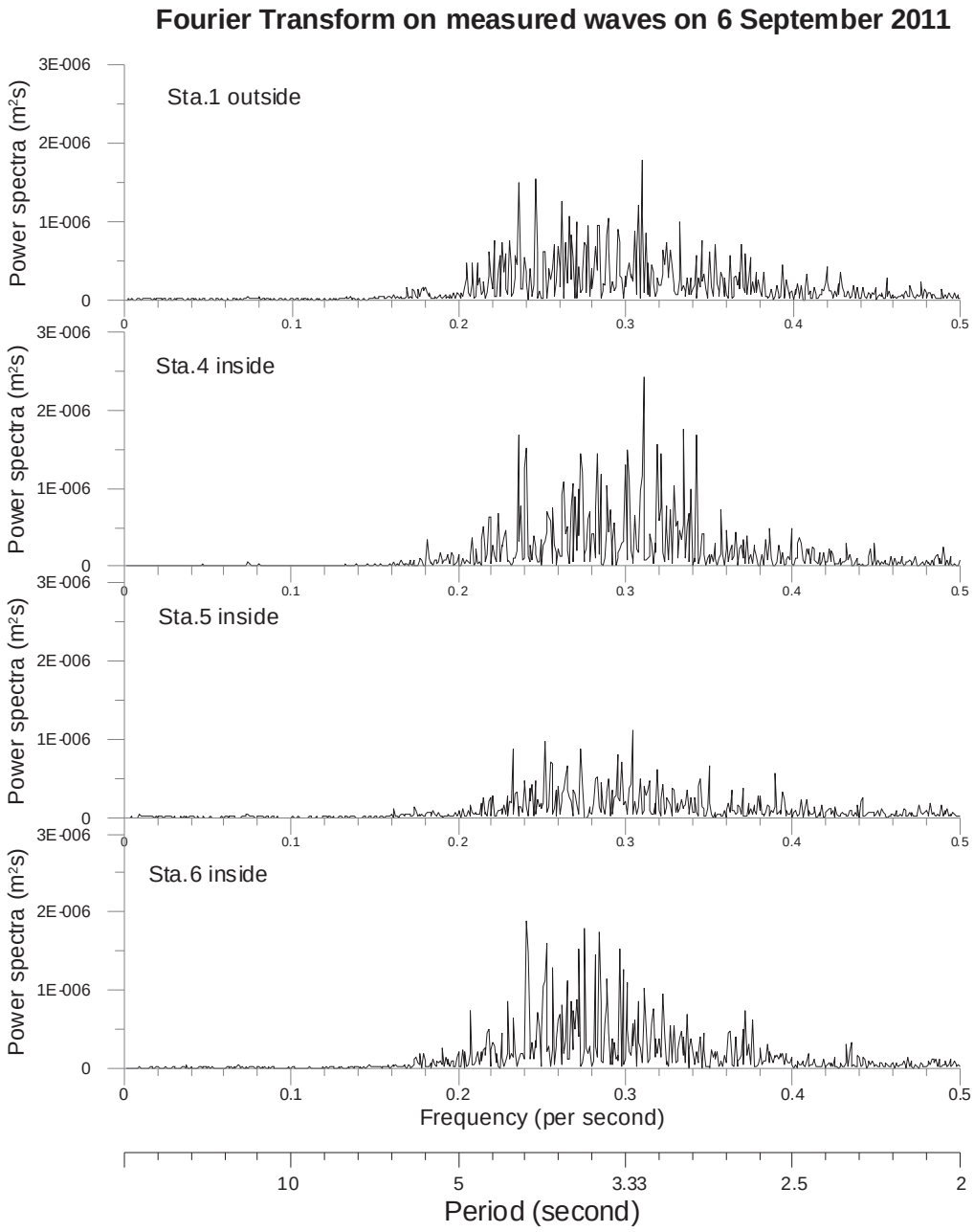
รูปที่ ก-107 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2554



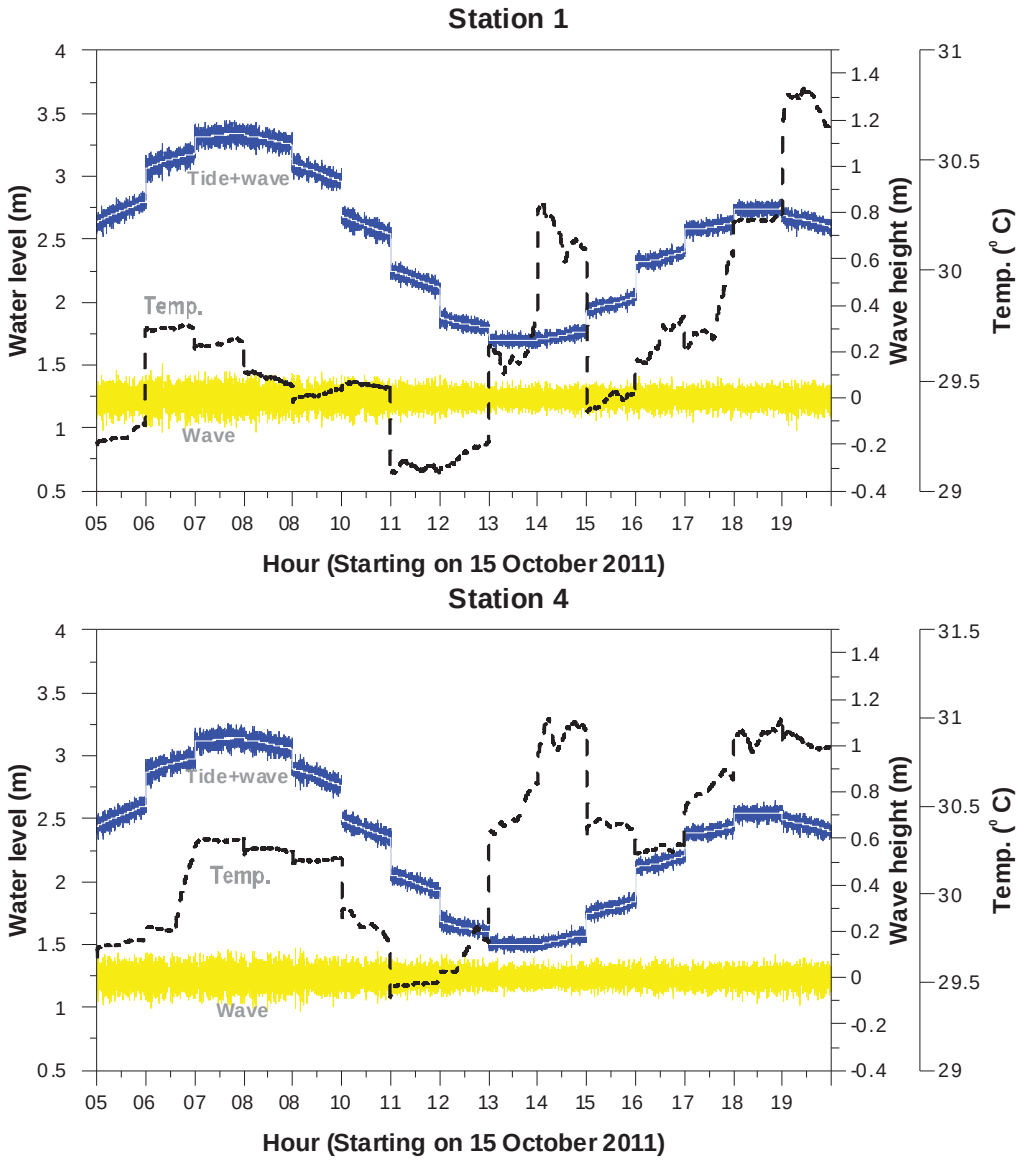
รูปที่ ก-108 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2554

ตารางที่ ก-41 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2554

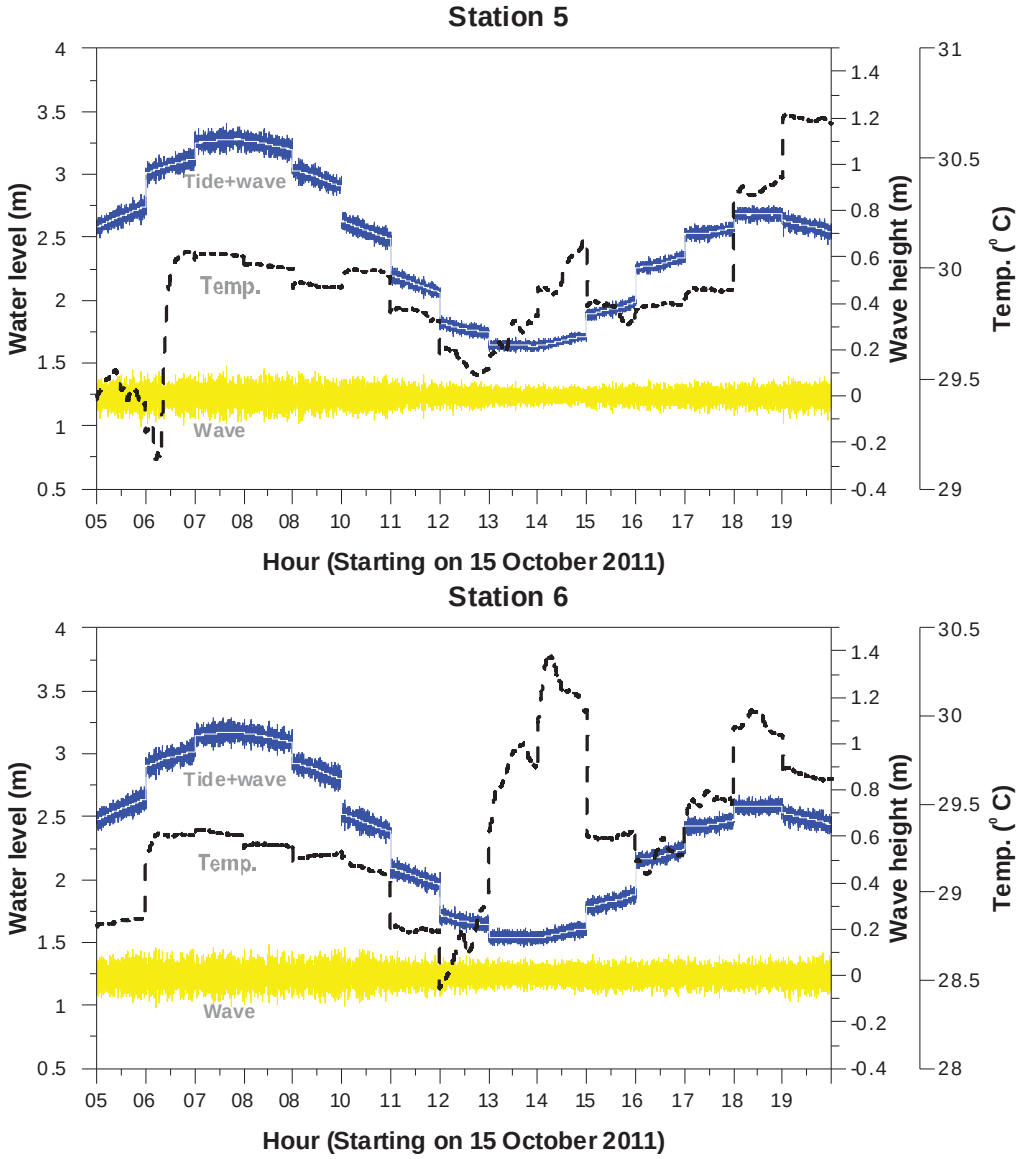
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
9:10	0.09	3.73	0.08	3.79	0.05	3.38	0.08	3.73
10:10	0.10	3.61	0.10	3.70	0.06	3.42	0.09	3.66
11:10	0.10	3.70	0.10	3.68	0.07	3.42	0.10	3.76
12:10	0.09	3.54	0.09	3.43	0.08	3.43	0.09	3.55
13:10	0.10	3.41	0.11	3.25	0.08	3.23	0.10	3.37
14:10	0.11	3.30	0.12	3.31	0.09	3.12	0.12	3.29
15:10	0.13	3.39	0.14	3.34	0.10	3.09	0.11	3.13
16:10	0.13	3.23	0.12	3.19	0.10	3.08	0.12	3.13
17:10	0.15	3.19	0.15	3.22	0.12	3.17	0.16	3.28
18:10	0.16	3.14	0.16	3.32	0.13	3.11	0.16	3.32
19:10	0.17	3.25	0.17	3.24	0.16	3.17	0.18	3.26
20:10	0.19	3.22	0.17	3.29	0.15	3.19	0.19	3.28
21:10	0.21	3.34	0.19	3.28	0.17	3.30	0.20	3.39
22:10	0.17	3.29	0.17	3.23	0.12	3.18	0.16	3.23
23:10	0.12	3.17	0.12	3.18	0.10	3.05	0.12	3.28
เฉลี่ย	0.17	3.35	0.15	3.35	0.13	3.21	0.16	3.36



รูปที่ ก-109 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2554



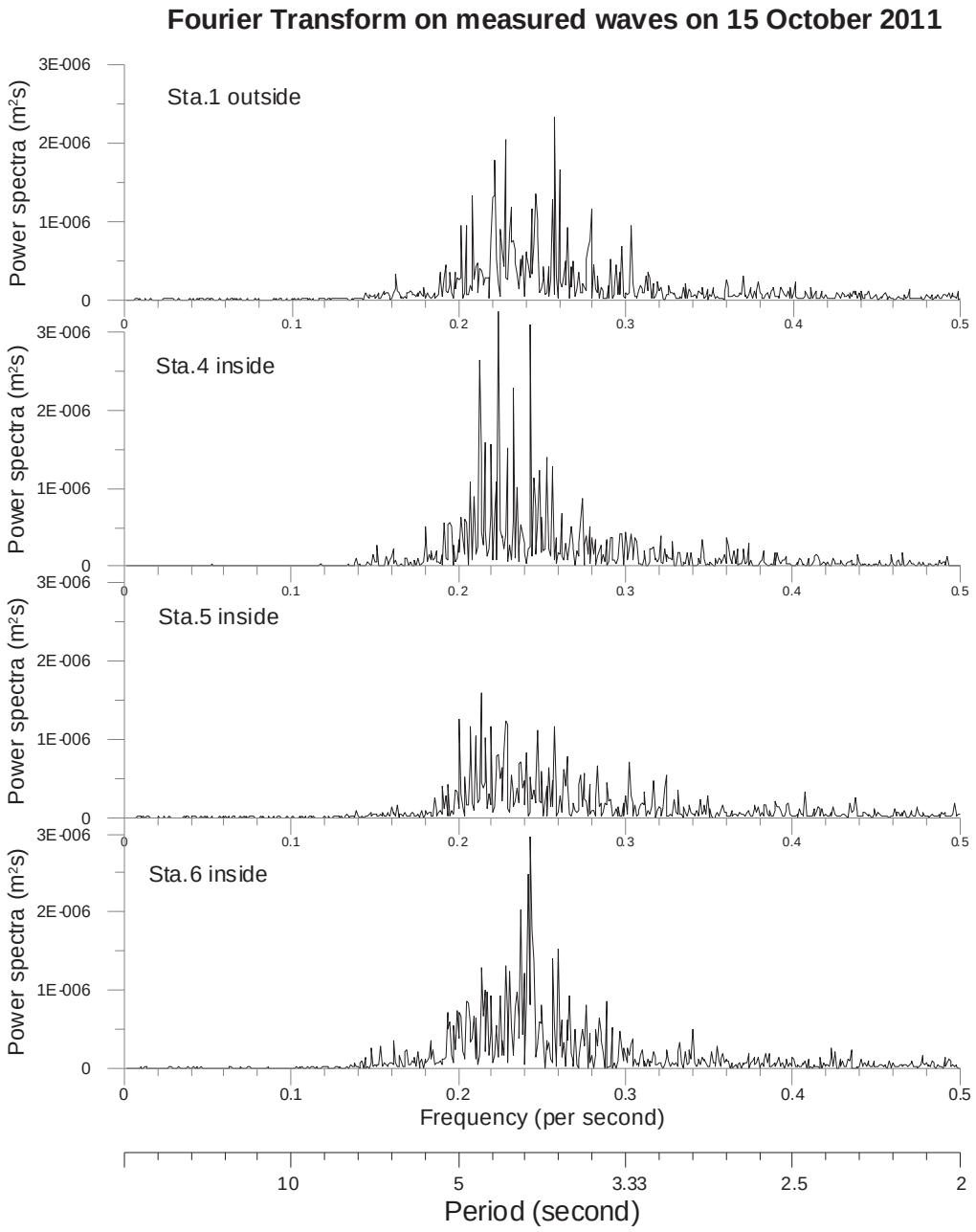
รูปที่ ก-110 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2554



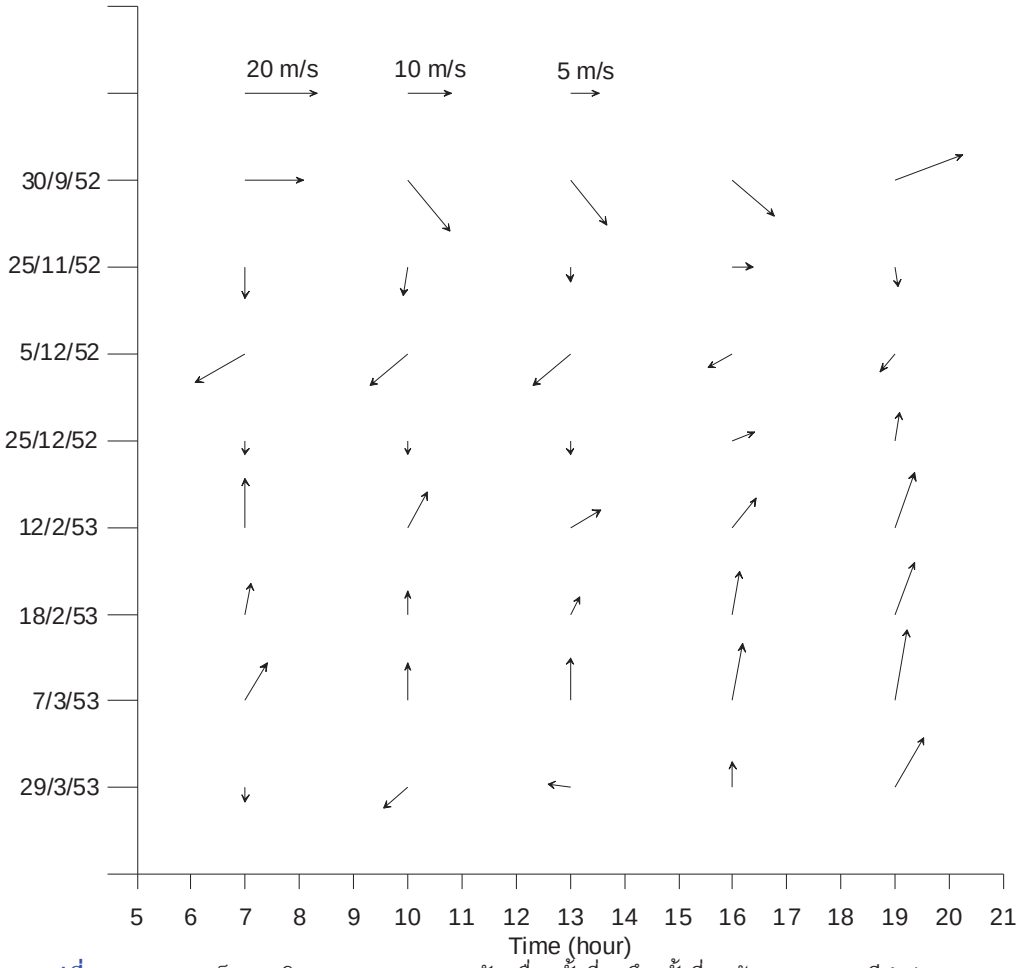
รูปที่ ก-111 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2554

ตารางที่ ก-42 ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นจากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2554

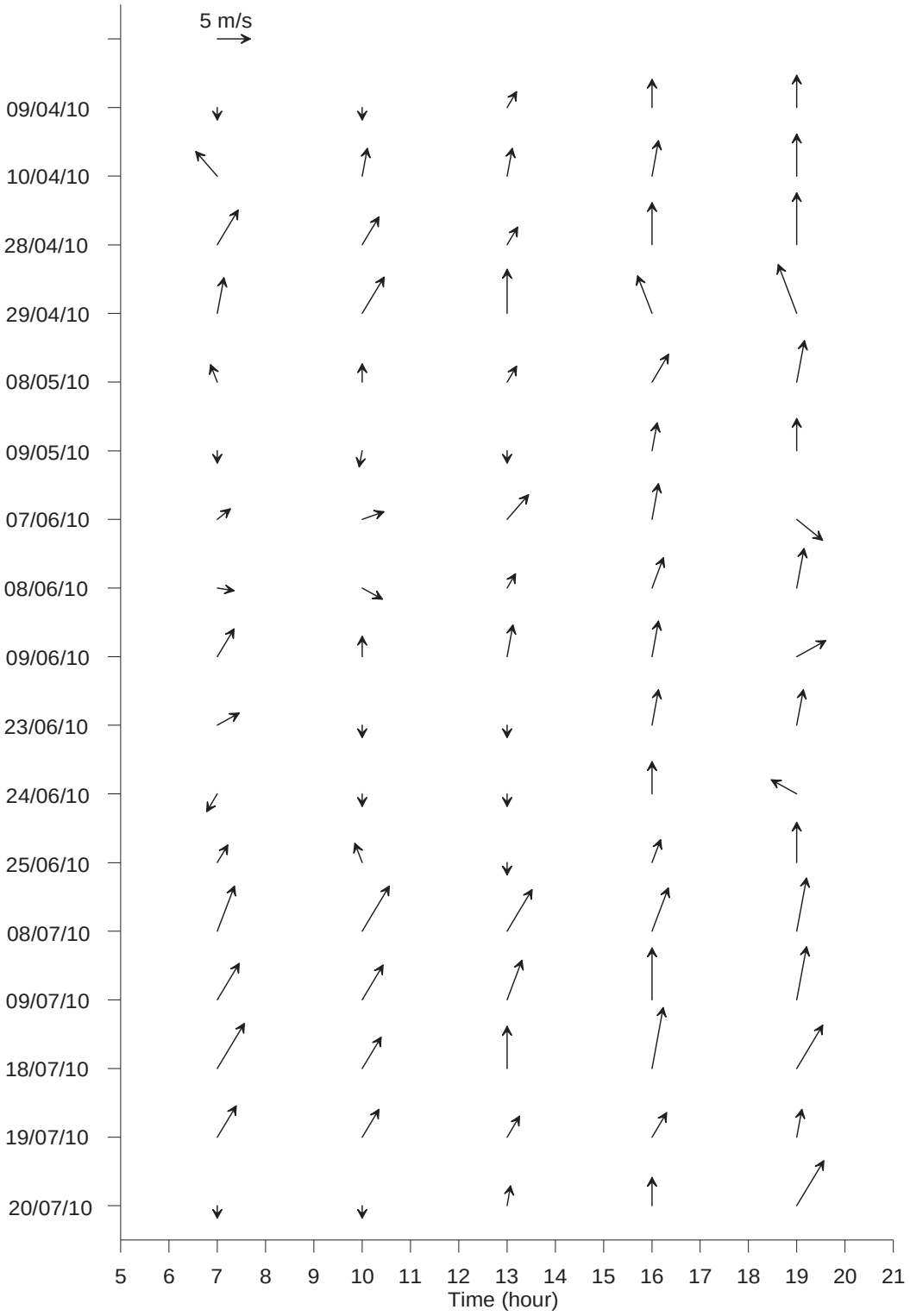
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)	ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (m)	คาบคลื่น (s)
5:10	0.15	3.73	0.14	3.68	0.14	3.56	0.15	3.68
6:10	0.17	3.88	0.15	3.90	0.14	3.82	0.16	3.81
7:10	0.15	3.99	0.16	3.99	0.15	4.05	0.16	4.10
8:10	0.15	4.07	0.16	4.00	0.15	4.05	0.16	4.07
9:10	0.14	3.93	0.16	4.05	0.14	3.82	0.15	4.03
10:10	0.14	3.82	0.14	3.96	0.12	3.85	0.15	4.08
11:10	0.13	3.90	0.12	3.96	0.11	3.69	0.12	4.00
12:10	0.11	3.91	0.11	3.83	0.09	3.58	0.11	3.93
13:10	0.10	3.75	0.10	3.76	0.07	3.35	0.10	3.88
14:10	0.10	3.68	0.10	3.59	0.07	3.26	0.10	3.75
15:10	0.11	3.57	0.10	3.61	0.08	3.42	0.11	3.72
16:10	0.11	3.55	0.11	3.64	0.09	3.57	0.11	3.67
17:10	0.12	3.51	0.11	3.46	0.09	3.17	0.11	3.44
18:10	0.10	3.30	0.12	3.25	0.10	3.16	0.11	3.40
19:10	0.13	3.05	0.12	3.01	0.12	3.02	0.13	3.08
เฉลี่ย	0.14	3.68	0.14	3.68	0.12	3.53	0.13	3.74



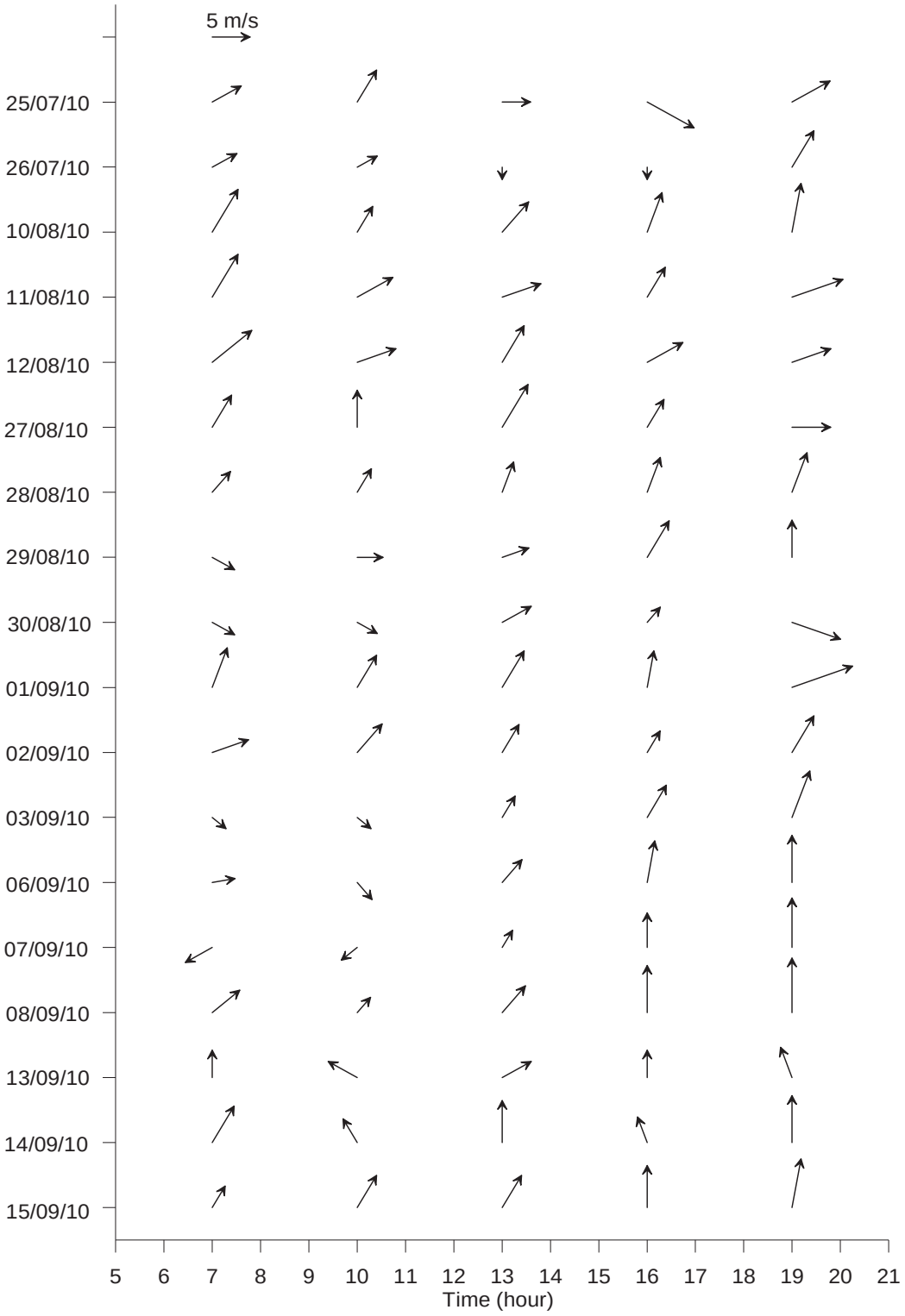
รูปที่ ก-112 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2554



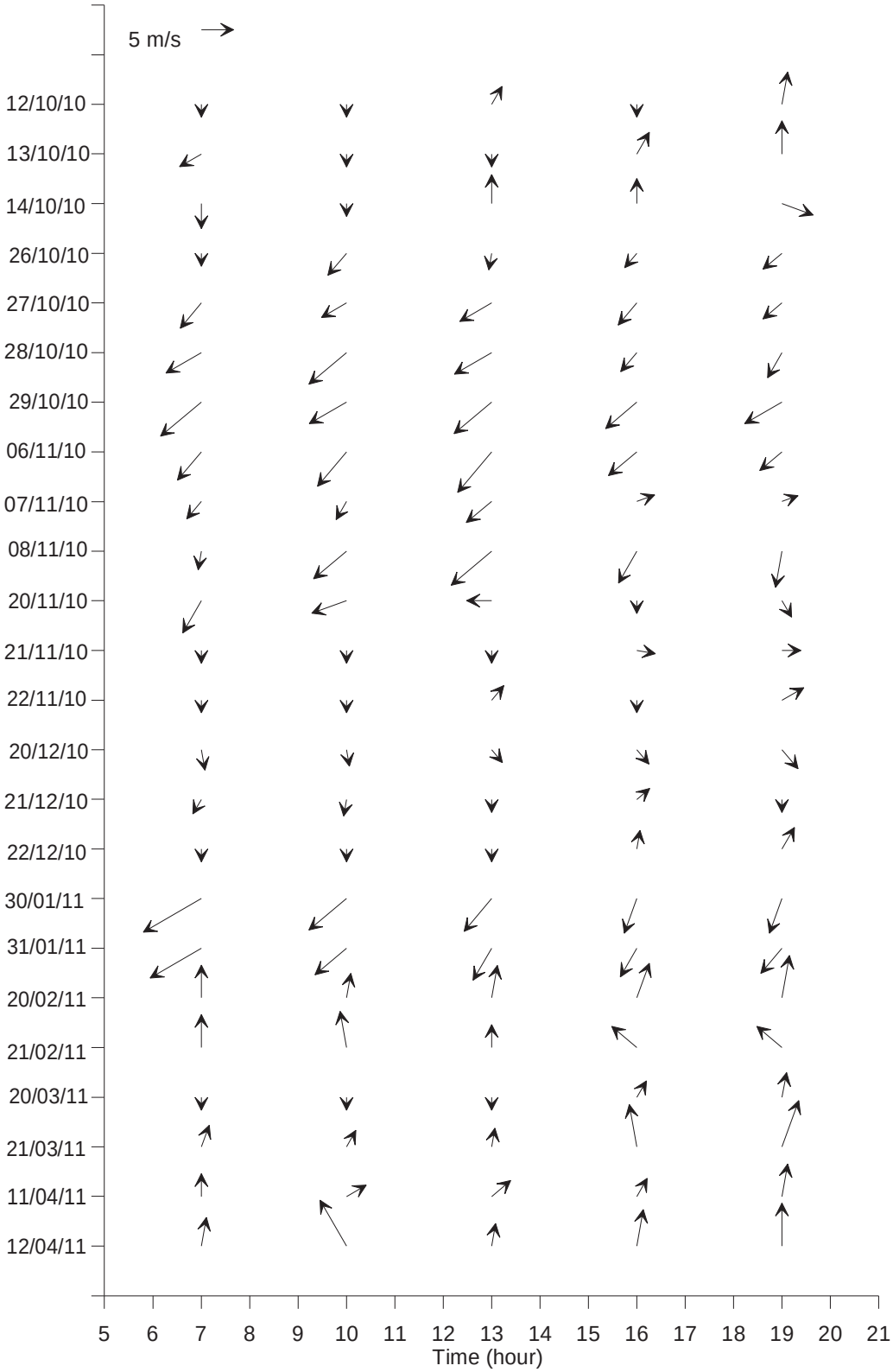
รูปที่ ก-113 ความเร็วและทิศทางลม ขณะตรวจวัดคลื่นครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 8 ข้อมูลจากสถานีนำร่องฯ จ. สมุทรปราการ



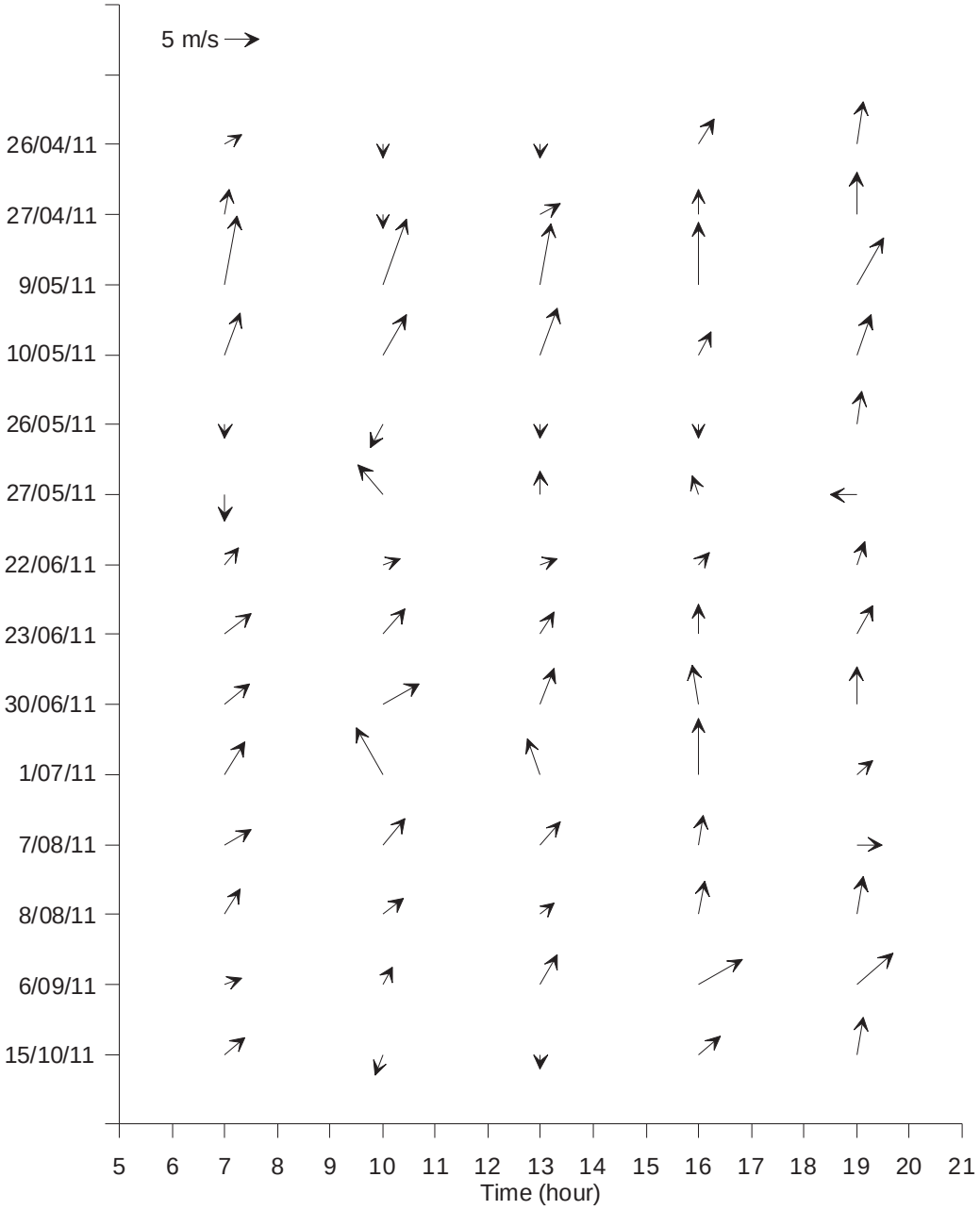
รูปที่ ก-114 ความเร็วและทิศทางลม ขณะตรวจวัดคลื่นครั้งที่ 9 ถึงครั้งที่ 15 ข้อมูลจากสถานีนำร่องฯ จ. สมุทรปราการ



รูปที่ ก-115 ความเร็วและทิศทางลม ขณะตรวจวัดคลื่นที่ 16 ถึงครั้งที่ 21 ข้อมูลจากสถานีนำร่องฯ จ. สมุทรปราการ


5 m/s
12/10/10
13/10/10
14/10/10
26/10/10
27/10/10
28/10/10
29/10/10
06/11/10
07/11/10
08/11/10
20/11/10
21/11/10
22/11/10
20/12/10
21/12/10
22/12/10
30/01/11
31/01/11
20/02/11
21/02/11
20/03/11
21/03/11
11/04/11
12/04/11
5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
Time (hour)

รูปที่ ก-116 ความเร็วและทิศทางลมขณะตรวจวัดคลื่นครั้งที่ 22 ถึงครั้งที่ 30 ข้อมูลจากสถานีนำร่องฯ จ. สมุทรปราการ



รูปที่ ก-117 ความเร็วและทิศทางลมขณะตรวจวัดคลื่นครั้งที่ 31 ถึงครั้งที่ 38 ข้อมูลจากสถานีนำร่องฯ จ. สมุทรปราการ

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ขนาดตะกอนด้วยวิธีการ Sieve analysis และ Pipette method และข้อมูลจากการวิเคราะห์ขนาดตะกอน

การวิเคราะห์ขนาดตะกอนด้วยวิธีการ Sieve analysis และ Pipette method

ในการการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอน (Grainsize analysis) จะแบ่งตะกอนเป็น 2 ประเภทคือ non-cohesive sediment ซึ่งเป็นอนุภาคตะกอนขนาดใหญ่ที่ไม่เกาะตัวกันคืออนุภาคทรายและกรวด และ cohesive sediment ซึ่งอนุภาคตะกอนขนาดเล็ก (ทรายแป้งและดินเหนียว) โดยอนุภาคตะกอนเดี่ยวๆ ของตะกอนขนาดเล็กจะเกาะตัวกันจนเป็นขนาดอนุภาคตะกอนใหญ่ขึ้น ทำการแยกตะกอนทั้ง 2 ชนิดออกจากการโดยการร่อนตะกอนผ่านตะแกรงขนาดตา 63 μm อนุภาคตะกอนขนาดใหญ่นั้น นำไปอบแห้งแล้วแยกขนาดด้วยการร่อนผ่านตะแกรงขนาดตาต่างๆ ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า Sieve analysis สำหรับอนุภาคตะกอนขนาดเล็กนำไปแยกตะกอนขนาดต่างๆด้วยวิธี Pipette method เนื่องจากตะกอนบริเวณบ้านขุนสมุทรจีนเป็นตะกอนขนาดทรายแป้งและดินเหนียวเป็นหลัก มีตะกอนทรายน้อยมากซึ่งมักจะเป็นเปลือกหอยหรือซากพืช ดังนั้นในการวิเคราะห์ขนาดตะกอนจะเป็นการจำแนกขนาดของทรายแป้งและดินเหนียวโดยใช้ pipette method เป็นหลัก

ขั้นตอนการวิเคราะห์ขนาดตะกอนด้วย Pipette method มีดังนี้

1. นำตะกอนที่ได้จากกระบอกดักตะกอน นำไปชั่งหาน้ำหนักเปียก จากนั้นคนตะกอนให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) จากนั้นแบ่งตะกอนออกมาประมาณ 300 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 1,000 ml
2. นำตะกอนที่แบ่งออกมา เติม 30 ml ของ 30% hydrogen Peroxide (H_2O_2) เพื่อกำจัดสารอินทรีย์
3. ร่อนตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาดตา 125 μm (จะได้ขนาดใหญ่กว่า 125 μm ทั้งหมด) และ 63 μm (จะได้ very find sand) เพื่อแยกทราย (coarse fraction) ออกมาจากองค์ประกอบที่มีอนุภาคขนาดเล็ก (fine fraction) ที่เป็นทรายแป้ง (silt) และโคลน (clay) รองตะกอนที่ไหลผ่านลงมาด้วยอ่างน้ำขนาดเล็กสีขาวเพื่อให้เห็นตะกอนได้ง่าย
4. ใช้น้ำกลั่นล้างทรายที่ติดอยู่บนตะแกรงจนกระทั่งน้ำที่ไหลลงมาใส เพื่อให้อนุภาคขนาดเล็กที่ติดอยู่ด้านบนถูกชะลงมาให้หมด
5. นำทรายที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาดตา 125 μm และ 63 μm ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70-100 องศาเซลเซียส หลังจากแห้งนำไปตั้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในเดสซิเคเตอร์ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 แล้วบันทึกผล
6. ตะกอนที่ผ่านตะแกรงร่อนนำมาใส่ลงในกระบอกขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Calgon เข้มข้น 10% w/v จำนวน 20 ml ถ้าหากมีปริมาตรน้อยกว่า 1,000 มิลลิลิตร ให้ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร ก่อนโดยใช้น้ำกลั่น ถ้าหากมีความเข้มข้นของตะกอนมากเกินไป ให้ทำการเจือจางโดยใช้น้ำกลั่น และวัดปริมาตรทั้งหมดเพื่อนำมาคำนวณกลับเป็นปริมาตรรวมทั้งหมดในภายหลัง หลังจากนั้นแบ่งออกมา 1,000 มิลลิลิตร เพื่อใส่ลงในกระบอกตวง
7. วัดอุณหภูมิและความเค็ม หลังจากนั้นคนตะกอนในกระบอกตวงให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอแล้วทำการปิเปตตัวอย่างขึ้นมา 20 มิลลิลิตร ตามตารางที่ ข-1

8. นำตัวอย่างที่ปิเปตไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส หลังจากแห้งนำไปตั้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในเดสซิเคเตอร์ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 แล้วบันทึกผล

9. การคำนวณ

   a. คำนวณน้ำหนักของตะกอนที่ทำการปิเปตขึ้นมา 10 มิลลิลิตร

      i. คำนวณน้ำหนักตะกอนที่ได้ให้เป็นน้ำหนักจริงในปริมาตร 1,000 ลิตร หรือมากกว่าหากทำการเจือจาง

      ii. นำมาลบน้ำหนักเกลือออกโดยใช้สูตร (น้ำหนัก ที่ได้จากข้อ C ที่คำนวณเป็นปริมาตร 1,000 ลิตร)

      น้ำหนักจริง = น้ำหนักที่วัดได้ – (ความเค็ม (ppt) x ปริมาตรน้ำทั้งหมด (ลิตร))

      iii. น้ำหนักจริงที่คำนวณได้ นำไปคำนวณเทียบกลับไปยังน้ำหนักเริ่มต้น

   b. การปิเปตครั้งแรกจะได้ CS,MS,FS,VS และ C รวมกัน ตารางที่ ข-2 การปิเปตครั้งที่สองจะได้ MS,FS,VS และ C รวมกัน การปิเปตครั้งที่สามจะได้ FS,VS และ C รวมกัน การปิเปตครั้งที่สี่จะได้ VS และ C รวมกัน และครั้งสุดท้ายจะได้เฉพาะ C เท่านั้น

   c. นำน้ำหนักที่วัดได้จากการปิเปตครั้งแรก ลบด้วยน้ำหนักจากการปิเปตครั้งที่สอง จะได้น้ำหนักของ CS และน้ำหนักที่วัดได้จากการปิเปตครั้งที่สองลบด้วยครั้งที่สาม จะได้ MS ลบไปตามลำดับ จะได้ FS,VS ตามลำดับ

ตารางที่ ข-1 ตารางเวลาและอุณหภูมิสำหรับทำการปิเปต

Diameter of particle (mm)	< 0.625	< 0.031	< 0.016	< 0.008	< 0.004	< 0.002	< 0.0005
Depth of Withdrawal (cm)	10	10	10	10	5	5	3
Time of Withdrawal	seconds	min : sec	min : sec	min : sec	min : sec	hour : min	hour : min
Temperature (Celsius)							
20	29	1:55	7:40	30:40	61:19	4:05	37:21
21	28	1:52	7:29	29:58	59:50	4:00	
22	27	1:50	7:18	29:13	58:22	3:54	
23	27	1:47	7:08	28:34	57:05	3:48	
24	26	1:45	6:58	27:52	55:41	3:43	33:56
25	25	1:42	6:48	27:14	54:25	3:38	
26	25	1:40	6:39	26:38	53:12	3:33	
27	24	1:38	6:31	26:02	52:02	3:28	
28	24	1:35	6:22	25:28	50:52	3:24	31:00
29	23	1:33	6:12	24:53	49:42	3:10	
30	23	1:31	6:06	24:22	48:42	3:05	

ตารางที่ ข-2 ตารางขนาดอนุภาค Silt-clay Size

Grade	Mm	Microns	symbol
Coarse Silt	0.0313	31.3	CS
Medium Silt	0.0156	15.6	MS
Fine Silt	0.0078	7.8	FS
Very Fine Silt	0.0039	3.9	VS
clay	>0.0039	>3.9	C

พิกัดสถานีที่ทำการตรวจวัดทิศทางและอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอย

ตารางที่ ข-3 ตารางพิกัดสถานีที่ทำการตรวจวัดในวันที่ 12-18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

สถานีที่ทำการตรวจวัด	พิกัดสถานี
สถานีที่ 1	13 30’ 10.1” N 100 31’ 57.5” E
สถานีที่ 2	13 29’ 55.7” N 100 32’ 05.4” E

ตารางที่ ข-4 ตารางพิกัดสถานีที่ทำการตรวจวัดในวันที่ 25 กรกฎาคม – 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553

สถานีที่ทำการตรวจวัด	พิกัดสถานี
สถานีที่ 1	13 30’ 25.0” N 100 31’ 57.0” E
สถานีที่ 2	13 30’ 17.6” N 100 31’ 53.5” E
สถานีที่ 3	13 30’ 06.3” N 100 31’ 56.8” E
สถานีที่ 4	13 29’ 57.6” N 100 31’ 57.0” E

ตารางที่ ข-5 ตารางพิกัดสถานีที่ทำการตรวจวัดในวันที่ 19-27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

สถานีที่ทำการตรวจวัด	พิกัดสถานี
สถานีที่ 1	13 30’ 17.9” N 100 31’ 52.9” E
สถานีที่ 2	13 30’ 06.4” N 100 31’ 59.2” E
สถานีที่ 3	13 29’ 42.1” N 100 31’ 59.3” E
สถานีที่ 4	13 29’ 13.3” N 100 31’ 58.1” E

ตารางที่ ข-6 ตารางพิกัดสถานีที่ทำการตรวจวัดในวันที่ 26 เมษายน – 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

สถานีที่ทำการตรวจวัด	พิกัดสถานี
สถานีที่ 1	13 30’ 16.5” N 100 31’ 52.5” E
สถานีที่ 2	13 29’ 41.7” N 100 31’ 51.5” E
สถานีที่ 3	13 29’ 14.1” N 100 31’ 56.7” E

ตารางที่ ข-7 ตารางพิกัดสถานีที่ทำการตรวจวัดในวันที่ 7-14 สิงหาคม พ.ศ. 2554

สถานีที่ทำการตรวจวัด	พิกัดสถานี
สถานีที่ 1	13 30’ 17.2” N 100 31’ 53.4” E

สถานีที่ 2	13 30’ 05.8” N 100 31’ 52.9” E
สถานีที่ 3	13 29’ 45.7” N 100 31’ 53.8” E
สถานีที่ 4	13 29’ 22.7” N 100 31’ 53.4” E

ตารางที่ ข-8 ตารางพิกัดสถานีที่ทำการตรวจวัดในวันที่ 14 -21 ตุลาคม พ.ศ. 2554

สถานีที่ทำการตรวจวัด	พิกัดสถานี
สถานีที่ 1	13 30’ 17.6” N 100 31’ 51.5” E
สถานีที่ 2	13 29’ 42.3” N 100 31’ 53.3” E
สถานีที่ 3	13 29’ 27.0” N 100 31’ 52.0” E
สถานีที่ 4	13 29’ 17.5” N 100 31’ 49.6” E

ข้อมูลจากการวิเคราะห์ขนาดตะกอน

ตารางที่ ข-9 ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกที่ความลึก 2 ระดับ จำนวน 2 แห่งด้วยกัน น้ำหนักตะกอนเป็นกรัมที่ผ่านช่องเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วในรอบ 6 วัน ตั้งแต่วันที่ 12-18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2		
ทิศเหนือ		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	ทราย	0.18	0.5	35.77	1.37	3.6	38.50
	ทรายแป้ง	34.48	96.4		34.35	89.2	
	ดินเหนียว	1.11	3.1		2.79	7.2	
ระดับล่าง	ทราย	7.92	1.1	695.90	3.95	5.5	71.64
	ทรายแป้ง	677.48	97.4		64.30	89.8	
	ดินเหนียว	10.50	1.5		3.39	4.7	
ทิศใต้		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	ทราย	0.05	0.1	35.41	0.52	1.4	37.92
	ทรายแป้ง	33.75	95.3		33.83	89.2	
	ดินเหนียว	1.61	4.5			9.4	

					3.57		
ระดับล่าง	ทราย	2.79	0.8	332.58	2.65	4.0	66.22
	ทรายแป้ง	320.60	96.4		60.88	91.9	
	ดินเหนียว	9.15	2.8		2.69	4.1	
ทิศตะวันออก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	ทราย	0.54	1.1	47.67	1.85	3.9	47.00
	ทรายแป้ง	45.61	95.7		41.73	88.8	
	ดินเหนียว	1.53	3.2		3.43	7.3	
ระดับล่าง	ทราย	1.99	0.9	220.32	4.56	7.3	93.31
	ทรายแป้ง	202.05	91.7		86.44	4.9	
	ดินเหนียว	16.28	7.4		2.31	2.5	
ทิศตะวันตก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	ทราย	0.33	1.9	16.81	1.05	3.1	34.11
	ทรายแป้ง	12.64	75.2		30.69	90.0	
	ดินเหนียว	3.84	22.9		2.37	6.9	
ระดับล่าง	ทราย	0.60	1.7	34.48	1.49	2.4	62.85
	ทรายแป้ง	32.34	93.8		58.25	92.7	
	ดินเหนียว	1.54	4.5		3.11	4.9	

ตารางที่ ข-10 ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกที่ความลึก 3 ระดับ จำนวน 3 สถานีด้วยกัน น้ำหนักตะกอนเป็นกรัมที่ผ่านช่องเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วในรอบ 10 วัน ตั้งแต่วันที่ 25 กรกฎาคม – 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553

ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก	สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 4		
ทิศเหนือ	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม

ระดับบน	f.sand	0.06	0.11	55.92	0.30	0.53	56.20	0.06	0.48	12.62
	Vf.sand	0.11	0.20		0.95	1.68		0.16	1.24	
	c.silt	1.55	2.77		1.00	1.78		1.14	9.04	
	m.silt	8.47	15.14		4.28	7.62		0.52	4.12	
	f.silt	8.03	14.36		20.19	35.93		1.21	9.59	
	Vf.silt	4.10	7.34		4.94	8.79		1.78	14.11	
	c.clay	5.31	9.50		5.26	9.36		0.82	6.50	
	f+vf.clay	28.28	50.57		19.28	34.31		6.93	54.93	
ระดับกลาง	f.sand	0.32	0.14	230.50	0.048	0.09	55.50	0.24	0.58	40.74
	Vf.sand	0.49	0.21		0.153	0.27		1.32	3.24	
	c.silt	4.59	1.99		0.34	0.61		0.68	1.67	
	m.silt	39.16	16.99		4.65	8.38		4.09	10.04	
	f.silt	51.68	22.42		9.93	17.89		25.69	63.06	
	Vf.silt	15.80	6.86		5.62	10.12		1.43	3.51	
	c.clay	22.20	9.63		4.33	7.80		1.98	4.86	
	f+vf.clay	96.25	41.76		30.44	54.85		5.31	13.04	
ระดับล่าง	f.sand	0.39	0.10	391.84	1.685	0.52	324.37	1.10	0.50	219.93
	Vf.sand	0.81	0.21		1.468	0.45		9.07	4.13	
	c.silt	0.96	0.24		5.686	1.75		5.42	2.46	
	m.silt	43.57	11.12		33.019	10.18		17.28	7.86	
	f.silt	71.80	18.32		88.383	27.25		0.91	0.41	
	Vf.silt	27.27	6.96		19.851	6.12		154.66	70.32	
	c.clay	33.98	8.67		20.250	6.24		3.93	1.78	
	f+vf.clay	213.07	54.38		154.022	47.48		27.56	12.53	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 4		
ทิศใต้		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	f.sand	0.14	0.26	52.65	0.05	0.13	40.77	0.59	5.51	10.73
	Vf.sand	0.10	0.19		0.61	1.49		0.27	2.50	
	c.silt	3.81	7.24		0.90	2.21		0.32	2.98	
	m.silt	5.88	11.18		4.27	10.47		0.83	7.74	
	f.silt	8.79	16.70		7.84	19.23		1.79	16.68	
	Vf.silt	3.58	6.80		3.64	8.93		0.83	7.74	
	c.clay	5.98	11.35		2.80	6.87		1.11	10.35	
	f+vf.clay	24.37	46.29		20.66	50.68		4.99	46.51	
ระดับกลาง	f.sand	0.57	0.27	209.47	0.24	0.18	130.37	0.47	0.90	52.27
	Vf.sand	0.72	0.34		0.71	0.55		2.68	5.12	
	c.silt	6.52	3.11		12.98	9.96		1.07	2.05	
	m.silt	37.78	18.04		8.28	6.35		5.94	11.36	
	f.silt	52.47	25.05		52.48	40.25		6.19	11.84	
	Vf.silt	14.60	6.97		12.00	9.21		5.18	9.91	
	c.clay	25.32	12.09		12.00	9.21		4.42	8.46	
	f+vf.clay	71.49	34.13		31.68	24.30		26.32	50.36	
ระดับล่าง	f.sand	0.40	0.10	417.28	1.02	0.28	358.19	2.33	0.61	380.79

	Vf.sand	0.44	0.11		1.68	0.47		17.95	4.71	
	c.silt	3.77	0.90		3.22	0.90		14.62	3.84	
	m.silt	32.44	7.77		42.40	11.84		40.54	10.65	
	f.silt	66.35	15.90		113.70	31.74		34.24	8.99	
	Vf.silt	34.73	8.32		19.64	5.48		140.93	37.01	
	c.clay	38.83	9.30		27.49	7.68		40.93	10.75	
	f+vf.clay	240.32	57.59		149.04	41.61		89.25	23.44	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 4		
ตะวันออก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	f.sand	0.10	0.21	47.92	0.03	0.10	31.14	0.05	0.37	14.39
	Vf.sand	0.12	0.24		0.10	0.33		0.16	1.10	
	c.silt	3.79	7.91		0.60	1.93		0.10	0.69	
	m.silt	6.49	13.54		2.84	9.12		0.46	3.20	
	f.silt	7.47	15.59		4.85	15.57		1.73	12.02	
	Vf.silt	4.59	9.58		2.76	8.86		0.78	5.42	
	c.clay	2.32	4.84		1.88	6.04		1.43	9.94	
	f+vf.clay	23.04	48.09		18.08	58.05		9.68	67.26	
ระดับกลาง	f.sand	0.49	0.23	209.51	0.08	0.10	71.56	0.36	1.30	27.84
	Vf.sand	0.59	0.28		0.30	0.42		1.47	5.29	
	c.silt	5.28	2.52		0.70	0.98		2.33	8.37	
	m.silt	33.23	15.86		7.06	9.87		6.87	24.67	
	f.silt	21.11	10.08		30.28	42.32		9.80	35.19	
	Vf.silt	43.11	20.58		3.70	5.17		1.95	7.00	
	c.clay	20.27	9.68		6.48	9.06		0.32	1.15	
	f+vf.clay	85.43	40.78		22.96	32.08		4.74	17.02	
ระดับล่าง	f.sand	0.62	0.13	464.21	1.15	0.30	381.63	1.49	0.61	244.24
	Vf.sand	1.55	0.33		1.98	0.52		8.14	3.33	
	c.silt	3.78	0.81		2.85	0.75		13.30	5.44	
	m.silt	36.44	7.85		40.13	10.52		22.14	9.06	
	f.silt	95.05	20.48		94.19	24.68		3.82	1.56	
	Vf.silt	34.21	7.37		2.52	0.66		44.91	18.39	
	c.clay	44.69	9.63		47.92	12.56		120.14	49.19	
	f+vf.clay	247.86	53.39		190.90	50.02		30.31	12.41	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 4		
ตะวันตก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	f.sand	0.08	0.17	43.66	0.05	0.13	35.84	0.49	2.93	16.67
	Vf.sand	0.09	0.20		0.15	0.42		0.10	0.59	
	c.silt	0.42	0.96		0.70	1.95		0.12	0.72	
	m.silt	6.56	15.03		4.63	12.92		0.47	2.82	
	f.silt	5.78	13.25		6.16	17.19		2.30	13.80	
	Vf.silt	3.20	7.34		3.13	8.73		0.89	5.34	
	c.clay	3.83	8.77		2.54	7.09		2.32	13.92	

	f+vf.clay	23.70	54.29		18.48	51.57		9.98	59.88	
ระดับกลาง	f.sand	0.44	0.25	176.31	0.37	0.28	133.71	0.30	0.71	41.94
	Vf.sand	1.09	0.62		1.59	1.19		0.71	1.69	
	c.silt	7.68	4.35		1.41	1.05		4.49	10.71	
	m.silt	23.07	13.09		17.19	12.86		2.95	7.03	
	f.silt	45.17	25.62		37.32	27.91		24.49	58.40	
	Vf.silt	12.59	7.14		7.80	5.83		1.55	3.70	
	c.clay	6.11	3.47		8.67	6.49		2.14	5.10	
	f+vf.clay	80.16	45.46		59.36	44.40		5.31	12.66	
ระดับล่าง	f.sand	0.43	0.11	387.83	2.07	0.51	402.21	1.37	0.48	284.99
	Vf.sand	0.53	0.14		2.04	0.51		9.79	3.44	
	c.silt	3.39	0.87		4.70	1.17		12.76	4.48	
	m.silt	33.59	8.66		46.35	11.52		31.77	11.15	
	f.silt	106.41	27.44		118.05	29.35		19.87	6.97	
	Vf.silt	23.07	5.95		24.44	6.08		57.52	20.18	
	c.clay	37.66	9.71		31.78	7.90		100.59	35.29	
	f+vf.clay	182.75	47.12		172.78	42.96		51.33	18.01	

ตารางที่ ข-11 ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกที่ความลึก 3 ระดับ จำนวน 3 สถานีด้วยกัน น้ำหนักตะกอนเป็นกรัมที่ผ่านช่องเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วในรอบ 8 วัน ตั้งแต่วันที่ 19-27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 3		
ทิศเหนือ		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.24	0.70	33.86	0.22	0.87	24.90	0.09	0.64	14.69
	f.sand	0.10	0.30		0.11	0.45		0.05	0.35	
	Vf.sand	0.53	1.57		0.53	2.14		0.36	2.47	
	c.silt	0.76	2.24		1.52	6.09		0.23	1.55	
	m.silt	4.93	14.56		3.34	13.40		1.90	12.91	
	f.silt	4.09	12.09		4.63	18.58		1.97	13.42	
	Vf.silt	5.00	14.78		3.03	12.18		2.27	15.49	
	c.clay	6.52	19.26		3.49	14.01		1.74	11.87	
	f+vf.clay	11.68	34.49		8.04	32.28		6.07	41.30	
ระดับกลาง	m.sand	0.42	0.39	105.60	1.40	2.49	56.14	0.25	0.70	35.75
	f.sand	0.18	0.17		0.33	0.59		0.12	0.34	
	Vf.sand	0.74	0.70		3.09	5.50		0.87	2.42	
	c.silt	2.05	1.94		5.56	9.90		1.02	2.86	
	m.silt	16.09	15.23		7.31	13.02		5.41	15.13	
	f.silt	17.26	16.34		9.36	16.67		6.29	17.59	
	Vf.silt	12.87	12.19		5.41	9.64		4.09	11.45	
	c.clay	19.16	18.14		6.87	12.24		5.70	15.95	
	f+vf.clay	36.85	34.90		16.82	29.95		11.99	33.54	
ระดับล่าง	m.sand	3.45	0.89	386.62	13.05	6.39	204.34	1.81	1.17	154.64

	f.sand	2.42	0.63		1.63	0.80		1.01	0.65	
	Vf.sand	7.00	1.81		6.27	3.07		7.90	5.11	
	c.silt	48.20	12.47		18.51	9.06		7.68	4.97	
	m.silt	64.62	16.71		47.16	23.08		19.21	12.42	
	f.silt	55.54	14.37		32.14	15.73		23.75	15.36	
	Vf.silt	36.68	9.49		19.21	9.40		14.32	9.26	
	c.clay	77.20	19.97		20.61	10.09		22.01	14.23	
	f+vf.clay	91.52	23.67		45.76	22.39		56.94	36.82	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 4		
ทิศใต้		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.31	0.65	47.42	0.11	0.50	22.91	0.13	0.77	17.14
	f.sand	0.07	0.14		0.06	0.28		0.07	0.39	
	Vf.sand	0.57	1.20		0.48	2.08		0.48	2.77	
	c.silt	0.88	1.86		0.88	3.85		0.49	2.86	
	m.silt	6.86	14.47		3.04	13.27		1.96	11.44	
	f.silt	5.59	11.79		2.94	12.84		2.75	16.01	
	Vf.silt	6.18	13.03		3.24	14.12		2.16	12.58	
	c.clay	10.20	21.50		2.94	12.84		2.65	15.44	
	f+vf.clay	16.77	35.36		9.22	40.23		6.47	37.74	
ระดับกลาง	m.sand	0.57	0.42	134.41	1.02	1.70	60.21	0.25	0.55	44.95
	f.sand	0.45	0.34		0.20	0.32		0.14	0.31	
	Vf.sand	1.03	0.77		1.57	2.61		1.00	2.22	
	c.silt	4.67	3.48		3.50	5.82		6.51	14.48	
	m.silt	20.53	15.27		9.01	14.97		5.01	11.14	
	f.silt	18.36	13.66		10.68	17.74		5.84	13.00	
	Vf.silt	17.69	13.16		7.34	12.20		5.67	12.62	
	c.clay	22.03	16.39		8.85	14.69		5.17	11.51	
	f+vf.clay	49.07	36.51		18.03	29.94		15.36	34.16	
ระดับล่าง	m.sand	4.24	1.35	313.74	10.27	3.22	318.94	0.91	0.75	122.36
	f.sand	0.90	0.29		1.84	0.58		0.72	0.58	
	Vf.sand	5.46	1.74		6.43	2.02		4.49	3.67	
	c.silt	50.37	16.05		64.50	20.22		4.33	3.54	
	m.silt	44.67	14.24		139.03	43.59		21.88	17.88	
	f.silt	44.90	14.31		40.34	12.65		21.42	17.51	
	Vf.silt	26.67	8.50		12.99	4.07		12.08	9.87	
	c.clay	40.11	12.79		6.15	1.93		16.87	13.78	
	f+vf.clay	96.41	30.73		37.38	11.72		39.66	32.41	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 4		
ตะวันออก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.21	0.64	33.40	0.37	1.36	26.79	0.09	0.80	11.40
	f.sand	0.04	0.11		0.07	0.25		0.08	0.66	
	Vf.sand	0.24	0.71		0.74	2.74		0.38	3.36	

	c.silt	0.65	1.96		1.40	5.24		0.47	4.10	
	m.silt	3.18	9.52		3.37	12.57		1.31	11.49	
	f.silt	4.40	13.16		4.86	18.15		1.03	9.03	
	Vf.silt	4.77	14.28		3.46	12.91		1.40	12.31	
	c.clay	7.11	21.28		4.21	15.71		2.52	22.15	
	f+vf.clay	12.81	38.35		8.32	31.07		4.11	36.10	
ระดับกลาง	m.sand	0.61	0.58	105.56	0.18	0.51	35.66	0.73	2.15	33.80
	f.sand	0.07	0.07		0.07	0.20		0.11	0.33	
	Vf.sand	0.86	0.82		0.62	1.75		0.77	2.26	
	c.silt	1.78	1.69		1.62	4.54		2.26	6.70	
	m.silt	14.24	13.49		4.69	13.16		4.85	14.36	
	f.silt	13.26	12.57		3.88	10.89		6.15	18.19	
	Vf.silt	14.07	13.33		3.40	9.53		3.72	11.01	
	c.clay	21.19	20.08		7.44	20.87		3.88	11.49	
	f+vf.clay	39.47	37.39		13.75	38.56		11.32	33.51	
ระดับล่าง	m.sand	3.05	0.97	313.78	8.39	2.66	315.50	1.36	1.04	130.69
	f.sand	1.20	0.38		2.83	0.90		0.59	0.45	
	Vf.sand	11.05	3.52		6.67	2.11		4.23	3.23	
	c.silt	37.67	12.00		61.82	19.60		4.89	3.74	
	m.silt	58.08	18.51		116.46	36.91		19.84	15.18	
	f.silt	29.04	9.26		51.18	16.22		20.70	15.84	
	Vf.silt	31.92	10.17		14.95	4.74		12.36	9.46	
	c.clay	45.43	14.48		13.51	4.28		20.70	15.84	
	f+vf.clay	96.33	30.70		39.68	12.58		46.01	35.20	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 4		
ตะวันตก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.85	1.46	58.23	0.74	1.92	38.43	0.50	3.44	14.46
	f.sand	0.08	0.14		0.18	0.46		0.06	0.40	
	Vf.sand	1.88	3.23		1.07	2.77		0.15	1.01	
	c.silt	4.12	7.07		2.01	5.23		1.20	8.33	
	m.silt	7.93	13.62		7.63	19.86		1.51	10.42	
	f.silt	6.12	10.52		6.53	16.98		2.21	15.28	
	Vf.silt	7.23	12.41		3.61	9.41		0.70	4.86	
	c.clay	11.75	20.17		5.02	13.06		3.01	20.84	
	f+vf.clay	18.27	31.38		11.65	30.31		5.12	35.42	
ระดับกลาง	m.sand	0.64	0.54	118.56	0.88	1.24	70.72	0.18	0.44	39.87
	f.sand	0.13	0.11		0.54	0.77		0.15	0.38	
	Vf.sand	2.44	2.06		2.72	3.85		1.40	3.50	
	c.silt	4.22	3.56		6.42	9.08		1.47	3.68	
	m.silt	18.89	15.93		8.99	12.71		6.42	16.10	
	f.silt	8.80	7.42		12.10	17.12		6.24	15.64	
	Vf.silt	16.87	14.23		5.87	8.30		7.15	17.94	
	c.clay	22.74	19.18		13.02	18.41		2.38	5.98	

	f+vf.clay	43.83	36.97		20.17	28.53		14.49	36.34	
ระดับล่าง	m.sand	0.57	0.26	216.07	4.21	4.47	94.15	0.72	0.68	105.17
	f.sand	0.11	0.05		0.99	1.05		0.78	0.74	
	Vf.sand	1.41	0.65		3.41	3.62		5.08	4.83	
	c.silt	17.39	8.05		0.05	0.05		4.21	4.00	
	m.silt	30.65	14.18		0.05	0.06		19.12	18.18	
	f.silt	34.51	15.97		41.58	44.16		19.12	18.18	
	Vf.silt	19.33	8.95		8.42	8.94		9.47	9.01	
	c.clay	38.38	17.76		12.81	13.60		16.84	16.01	
	f+vf.clay	73.72	34.12		22.63	24.04		29.83	28.36	

ตารางที่ ข-12 ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกที่ความลึก 3 ระดับ จำนวน 3 สถานีด้วยกัน น้ำหนักตะกอนเป็นกรัมที่ผ่านช่องเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วในรอบ 8 วัน ตั้งแต่วันที่ 26 เมษายน – 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 3		
ทิศเหนือ		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.11	0.38	28.62	0.02	1.39	1.36	0.01	0.52	1.11
	f.sand	0.06	0.20		0.01	0.61		0.00	0.36	
	Vf.sand	0.20	0.69		0.03	2.20		0.02	2.08	
	c.silt	2.61	9.13		0.06	4.42		0.08	7.19	
	m.silt	5.34	18.66		0.06	4.42		0.13	11.68	
	f.silt	4.67	16.32		0.11	8.11		0.09	8.09	
	Vf.silt	2.01	7.03		0.24	17.69		0.10	8.98	
	c.clay	4.65	16.24		0.17	12.53		0.29	26.06	
	f+vf.clay	8.97	31.35		0.66	48.64		0.39	35.04	
ระดับกลาง	m.sand	0.19	0.57	32.80	0.04	0.26	15.55	0.01	0.09	8.89
	f.sand	0.07	0.21		0.03	0.20		0.01	0.11	
	Vf.sand	0.30	0.91		0.18	1.15		0.14	1.52	
	c.silt	3.14	9.59		1.65	10.61		0.38	4.27	
	m.silt	6.97	21.26		3.42	21.99		1.69	19.00	
	f.silt	4.51	13.75		2.43	15.63		1.43	16.08	
	Vf.silt	3.68	11.21		1.41	9.07		1.09	12.26	
	c.clay	4.47	13.63		1.63	10.48		1.37	15.40	
	f+vf.clay	9.47	28.88		4.76	30.61		2.78	31.26	
ระดับล่าง	m.sand	3.06	0.98	311.89	0.42	0.34	123.31	2.43	0.79	308.94
	f.sand	0.89	0.29		0.41	0.33		0.88	0.28	
	Vf.sand	3.50	1.12		2.30	1.86		6.51	2.11	
	c.silt	67.01	21.48		3.93	3.18		50.67	16.40	
	m.silt	90.61	29.05		20.68	16.78		74.23	24.03	
	f.silt	43.20	13.85		19.06	15.45		51.90	16.80	
	Vf.silt	17.80	5.71		11.87	9.63		22.47	7.27	
	c.clay	26.60	8.53		15.51	12.58		32.69	10.58	

	f+vf.clay	59.21	18.98		49.13	39.84		67.15	21.74	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 3		
ทิศใต้		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.09	0.50	18.83	0.10	4.14	2.36	0.01	0.46	1.70
	f.sand	0.06	0.30		0.02	0.80		0.01	0.35	
	Vf.sand	0.15	0.82		0.05	2.03		0.03	1.65	
	c.silt	0.46	2.47		0.97	41.02		0.08	4.70	
	m.silt	2.32	12.34		0.19	8.04		0.07	4.11	
	f.silt	3.37	17.89		0.18	7.61		0.11	6.46	
	Vf.silt	2.73	14.50		0.09	3.81		0.22	12.93	
	c.clay	3.72	19.74		0.17	7.19		0.29	17.04	
	f+vf.clay	5.92	31.46		0.60	25.37		0.89	52.29	
ระดับกลาง	m.sand	0.08	0.17	48.46	0.20	1.69	11.55	0.00	0.05	9.74
	f.sand	0.10	0.20		0.05	0.40		0.01	0.12	
	Vf.sand	0.30	0.62		0.24	2.07		0.14	1.43	
	c.silt	5.94	12.26		1.22	10.56		0.53	5.44	
	m.silt	10.88	22.46		2.55	22.08		1.88	19.31	
	f.silt	6.89	14.21		1.70	14.72		1.62	16.64	
	Vf.silt	4.39	9.05		0.92	7.97		1.08	11.09	
	c.clay	6.39	13.18		1.21	10.48		1.41	14.48	
	f+vf.clay	13.49	27.85		3.47	30.04		3.06	31.43	
ระดับล่าง	m.sand	0.51	0.21	238.37	0.72	0.47	153.01	1.01	0.29	341.34
	f.sand	0.24	0.10		0.74	0.49		0.94	0.28	
	Vf.sand	1.41	0.59		3.73	2.44		6.42	1.88	
	c.silt	55.36	23.23		10.72	7.00		51.91	15.21	
	m.silt	82.76	34.72		36.84	24.07		87.33	25.59	
	f.silt	26.53	11.13		27.27	17.82		55.11	16.14	
	Vf.silt	9.61	4.03		11.39	7.44		21.28	6.23	
	c.clay	19.08	8.00		22.48	14.69		34.69	10.16	
	f+vf.clay	42.88	17.99		39.13	25.58		82.66	24.22	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 3		
ตะวันออก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.24	1.40	16.97	0.14	13.90	1.01	0.01	0.56	1.32
	f.sand	0.11	0.66		0.02	2.21		0.00	0.35	
	Vf.sand	0.25	1.49		0.02	2.44		0.03	2.57	
	c.silt	0.40	2.38		0.02	1.99		0.18	13.68	
	m.silt	3.64	21.43		0.02	1.99		0.10	7.60	
	f.silt	3.50	20.64		0.06	5.96		0.15	11.40	
	Vf.silt	1.55	9.13		0.04	3.97		0.07	5.32	
	c.clay	1.89	11.11		0.05	4.97		0.29	22.04	
	f+vf.clay	5.39	31.75		0.63	62.58		0.48	36.48	
ระดับกลาง	m.sand	0.26	0.71	36.38	0.01	0.14	9.53	0.02	0.19	8.44

	f.sand	0.07	0.18		0.01	0.14		0.01	0.14	
	Vf.sand	0.46	1.27		0.09	0.90		0.14	1.69	
	c.silt	1.20	3.30		0.80	8.39		0.38	4.50	
	m.silt	7.27	19.98		2.71	28.43		1.10	13.03	
	f.silt	4.72	12.98		1.63	17.10		0.92	10.90	
	Vf.silt	4.35	11.95		0.75	7.87		1.11	13.15	
	c.clay	6.82	18.74		1.04	10.91		1.27	15.05	
	f+vf.clay	11.24	30.89		2.49	26.12		3.49	41.35	
ระดับล่าง	m.sand	0.75	0.19		0.87	0.51		1.85	0.51	
	f.sand	0.51	0.13		0.69	0.41		1.24	0.34	
	Vf.sand	1.27	0.32		3.28	1.93		8.64	2.39	
	c.silt	99.52	25.01		8.33	4.90		54.73	15.16	
	m.silt	127.76	32.10	397.96	62.81	36.99	169.79	100.27	27.78	360.93
	f.silt	46.12	11.59		36.52	21.51		58.92	16.32	
	Vf.silt	13.24	3.33		18.36	10.81		23.65	6.55	
	c.clay	33.76	8.48		19.66	11.58		34.87	9.66	
	f+vf.clay	75.03	18.85		19.26	11.35		76.76	21.27	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 2			สถานีที่ 3		
ตะวันตก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.04	0.17		0.01	0.71		0.01	0.39	
	f.sand	0.03	0.15		0.01	0.86		0.01	0.59	
	Vf.sand	0.15	0.71		0.03	2.74		0.03	2.36	
	c.silt	0.38	1.78		0.02	1.68		0.08	5.90	
	m.silt	2.13	9.97	21.38	0.11	9.23	1.19	0.14	10.33	1.36
	f.silt	2.89	13.53		0.04	3.36		0.07	5.16	
	Vf.silt	2.51	11.75		0.08	6.72		0.05	3.69	
	c.clay	4.34	20.29		0.16	13.43		0.18	13.28	
	f+vf.clay	8.91	41.65		0.73	61.28		0.79	58.29	
ระดับกลาง	m.sand	0.08	0.24		0.01	0.11		0.01	0.09	
	f.sand	0.05	0.15		0.02	0.22		0.02	0.26	
	Vf.sand	0.34	1.08		0.22	2.02		0.21	3.36	
	c.silt	1.52	4.87		0.63	5.79		0.43	6.97	
	m.silt	5.48	17.55	31.20	1.88	17.27	10.89	0.96	15.56	6.17
	f.silt	4.23	13.57		1.70	15.62		0.64	10.37	
	Vf.silt	3.54	11.36		1.08	9.92		0.75	12.16	
	c.clay	5.34	17.11		1.68	15.43		1.04	16.86	
	f+vf.clay	10.63	34.07		3.66	33.62		2.12	34.37	
ระดับล่าง	m.sand	0.63	0.20	311.83	0.81	0.54	150.77	0.92	0.25	363.40
	f.sand	0.54	0.17		0.91	0.60		0.75	0.21	
	Vf.sand	1.23	0.39		4.02	2.66		7.58	2.09	
	c.silt	97.32	31.21		12.16	8.07		48.54	13.36	
	m.silt	94.38	30.27		34.93	23.17		84.67	23.30	
	f.silt	31.87	10.22		26.10	17.31		56.63	15.58	

	Vf.silt	12.07	3.87		14.45	9.58		24.97	6.87	
	c.clay	26.30	8.43		26.10	17.31		36.69	10.09	
	f+vf.clay	47.50	15.23		31.29	20.76		102.66	28.25	

ตารางที่ ข-13 ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกที่ความลึก 3 ระดับ จำนวน 3 สถานีด้วยกัน น้ำหนักตะกอนเป็นกรัมที่ผ่านช่องเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วในรอบ 7 วัน ตั้งแต่วันที่ 7-14 สิงหาคม พ.ศ. 2554

ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 2			สถานีที่ 3			สถานีที่ 4		
ทิศเหนือ		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.009	0.09	10.57	0.0008	0.02	3.69	0.002	0.07	3.23
	f.sand	0.001	0.01		0.0004	0.01		0.004	0.14	
	Vf.sand	0.014	0.14		0.0059	0.16		0.031	0.96	
	c.silt	1.760	18.29		0.05	1.35		0.080	2.48	
	m.silt	2.620	27.22		0.03	0.81		0.310	9.60	
	f.silt	1.740	18.08		0.22	5.95		0.250	7.74	
	Vf.silt	0.710	7.38		0.61	16.50		0.160	4.96	
	c.clay	1.060	11.01		0.65	17.58		0.940	29.12	
	f+vf.clay	1.710	17.77		2.13	57.61		1.450	44.92	
ระดับกลาง	m.sand	0.003	0.02	17.99	0.0306	0.43	7.09	0.006	0.07	7.85
	f.sand	0.008	0.05		0.0685	0.97		0.007	0.09	
	Vf.sand	0.027	0.18		0.1416	2.00		0.054	0.69	
	c.silt	4.780	32.61		0.03	0.42		0.090	1.15	
	m.silt	0.360	2.46		1.26	17.77		1.300	16.57	
	f.silt	4.840	33.02		1.24	17.49		0.990	12.62	
	Vf.silt	1.030	7.03		1.07	15.09		0.790	10.07	
	c.clay	1.540	10.51		1.03	14.53		1.140	14.53	
	f+vf.clay	2.070	14.12		2.22	31.31		3.470	44.22	
ระดับล่าง	m.sand	0.304	0.47	80.05	0.32	0.16	193.82	0.183	0.12	154.95
	f.sand	0.364	0.57		0.55	0.28		1.470	0.95	
	Vf.sand	0.847	1.32		1.92	0.99		3.698	2.39	
	c.silt	8.875	13.79		23.06	11.90		4.024	2.60	

	m.silt	18.732	29.10		34.19	17.64		29.142	18.81	
	f.silt	10.445	16.22		24.15	12.46		22.620	14.60	
	Vf.silt	5.051	7.85		18.66	9.63		13.738	8.87	
	c.clay	8.385	13.02		25.09	12.95		21.371	13.79	
	f+vf.clay	11.376	17.67		65.87	33.99		58.701	37.88	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 2			สถานีที่ 3			สถานีที่ 4		
ทิศใต้		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.009	0.08	9.62	0.0108	0.27	4.02	0.001	0.03	3.50
	f.sand	0.003	0.03		0.0203	0.51		0.005	0.15	
	Vf.sand	0.009	0.09		0.0377	0.94		0.040	1.15	
	c.silt	4.000	37.84		0.28	6.97		0.090	2.57	
	m.silt	1.710	16.18		0.12	2.99		0.340	9.72	
	f.silt	1.420	13.43		0.31	7.71		0.430	12.30	
	Vf.silt	0.610	5.77		0.49	12.19		0.510	14.59	
	c.clay	1.010	9.55		0.85	21.15		0.750	21.45	
	f+vf.clay	1.800	17.03		1.9	47.28		1.330	38.04	
ระดับกลาง	m.sand	0.002	0.01	14.66	0.0099	0.11	9.08	0.014	0.16	9.03
	f.sand	0.009	0.05		0.0434	0.48		0.012	0.13	
	Vf.sand	0.023	0.13		0.0818	0.90		0.069	0.77	
	c.silt	2.650	14.73		0.07	0.77		0.960	10.64	
	m.silt	3.600	20.01		1.44	15.87		4.610	51.08	
	f.silt	2.360	13.12		1.09	12.01		1.340	14.85	
	Vf.silt	1.320	7.34		0.92	10.14		0.530	5.87	
	c.clay	2.270	12.62		1.58	17.41		0.630	6.98	
	f+vf.clay	5.760	32.01		3.84	42.31		0.860	9.53	
ระดับล่าง	m.sand	0.646	0.71	124.51	0.42	0.19	226.06	0.158	0.06	252.97
	f.sand	0.332	0.36		0.22	0.10		1.850	0.73	
	Vf.sand	1.845	2.02		2.03	0.90		6.204	2.45	
	c.silt	23.577	25.85		10.07	4.45		15.800	6.25	
	m.silt	32.180	35.28		51.15	22.63		42.333	16.73	
	f.silt	12.235	13.41		33.20	14.68		36.222	14.32	
	Vf.silt	4.916	5.39		20.68	9.15		20.272	8.01	
	c.clay	6.928	7.60		30.20	13.36		32.644	12.90	
	f+vf.clay	8.548	9.37		78.09	34.55		97.485	38.54	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 2			สถานีที่ 3			สถานีที่ 4		
ตะวันออก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.002	0.31	9.65	0.0078	0.22	3.53	0.010	0.29	3.57
	f.sand	0.009	0.05		0.0069	0.20		0.005	0.13	
	Vf.sand	0.009	0.15		0.0132	0.37		0.034	0.96	
	c.silt	4.600	52.64		0.04	1.13		0.140	3.92	
	m.silt	3.180	50.11		0.02	0.57		0.310	8.69	
	f.silt	1.700	21.29		0.34	9.61		0.490	13.73	

	Vf.silt	1.190	4.39		0.28	7.91		0.470	13.17	
	c.clay	1.440	11.09		0.91	25.72		0.710	19.89	
	f+vf.clay	1.300	14.74		1.92	54.27		1.400	39.23	
ระดับกลาง	m.sand	0.041	0.01	20.79	0.0184	0.26	7.05	0.012	0.12	10.39
	f.sand	0.006	0.05		0.028	0.40		0.014	0.13	
	Vf.sand	0.020	0.04		0.0484	0.69		0.077	0.74	
	c.silt	7.070	22.13		0.06	0.85		0.310	2.98	
	m.silt	6.730	15.30		0.97	13.77		1.550	14.91	
	f.silt	2.860	8.18		0.82	11.64		0.960	9.24	
	Vf.silt	0.590	5.72		0.75	10.65		0.920	8.85	
	c.clay	1.490	6.93		1.2	17.03		1.840	17.70	
	f+vf.clay	1.980	6.25		3.15	44.71		4.710	45.32	
ระดับล่าง	m.sand	0.803	0.33	242.08	0.31	0.17	176.71	0.216	0.10	217.77
	f.sand	1.210	0.50		0.52	0.30		2.061	0.95	
	Vf.sand	2.199	0.91		1.42	0.80		10.816	4.97	
	c.silt	13.145	5.43		30.15	17.06		24.932	11.45	
	m.silt	74.178	30.64		26.16	14.81		33.964	15.60	
	f.silt	43.192	17.84		20.53	11.62		13.229	6.08	
	Vf.silt	26.134	10.80		15.60	8.83		15.519	7.13	
	c.clay	43.192	17.84		20.41	11.55		27.858	12.79	
	f+vf.clay	38.028	15.71		61.60	34.86		89.171	40.95	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 2			สถานีที่ 3			สถานีที่ 4		
ตะวันตก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.008	0.05	14.74	0.0037	0.11	3.47	0.001	0.03	2.73
	f.sand	0.004	0.03		0.013	0.37		0.003	0.12	
	Vf.sand	0.013	0.09		0.0209	0.60		0.032	1.18	
	c.silt	6.030	40.90		0.09	2.60		0.120	4.40	
	m.silt	0.780	5.29		0.07	2.02		0.100	3.67	
	f.silt	0.870	5.90		0.2	5.77		0.190	6.97	
	Vf.silt	1.090	7.39		0.37	10.67		0.330	12.10	
	c.clay	1.740	11.80		0.78	22.49		0.500	18.34	
	f+vf.clay	4.210	28.55		1.92	55.37		1.450	53.18	
ระดับกลาง	m.sand	0.072	0.38	19.00	0.0025	0.04	6.59	0.003	0.05	5.67
	f.sand	0.038	0.20		0.0365	0.55		0.014	0.25	
	Vf.sand	0.255	1.34		0.1584	2.40		0.065	1.14	
	c.silt	10.330	54.38		0.16	2.43		0.180	3.17	
	m.silt	2.280	12.00		1.43	21.68		0.500	8.82	
	f.silt	0.850	4.47		1.14	17.28		0.510	8.99	
	Vf.silt	1.670	8.79		1.05	15.92		0.540	9.52	
	c.clay	1.580	8.32		0.97	14.70		1.210	21.33	
	f+vf.clay	1.920	10.11		1.65	25.01		2.650	46.72	
ระดับล่าง	m.sand	1.229	0.52	235.41	1.01	0.43	233.16	0.299	0.14	220.58
	f.sand	1.437	0.61		0.82	0.35		1.312	0.59	

	Vf.sand	3.729	1.58		2.01	0.86		5.990	2.72	
	c.silt	33.430	14.20		33.14	14.21		20.572	9.33	
	m.silt	52.213	22.18		38.62	16.56		32.328	14.66	
	f.silt	33.258	14.13		34.69	14.88		21.437	9.72	
	Vf.silt	15.509	6.59		22.19	9.52		19.708	8.93	
	c.clay	33.258	14.13		30.05	12.89		26.104	11.83	
	f+vf.clay	61.346	26.06		70.64	30.30		92.83	42.09	

ตารางที่ ข-14 ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกที่ความลึก 3 ระดับ จำนวน 3 สถานีด้วยกัน น้ำหนักตะกอนเป็นกรัมที่ผ่านช่องเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วในรอบ 8 วัน ตั้งแต่วันที่ 14 -21 ตุลาคม พ.ศ. 2554

ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 3			สถานีที่ 4		
ทิศเหนือ		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.0002	0.01	3.60	0.009	0.43	2.22	0.0009	0.03	2.89
	f.sand	0.0038	0.11		0.001	0.05		0.0053	0.18	
	Vf.sand	0.0116	0.32		0.006	0.27		0.0138	0.48	
	c.silt	0.0700	1.95		0.030	1.35		0.02	0.69	
	m.silt	0.6000	16.69		0.130	5.87		0.33	11.42	
	f.silt	0.5400	15.02		0.360	16.24		0.6	20.76	
	Vf.silt	0.5100	14.18		0.350	15.79		0.4	13.84	
	c.clay	0.6700	18.63		0.380	17.14		0.56	19.38	
	f+vf.clay	1.1900	33.10		0.950	42.86		0.96	33.22	
ระดับกลาง	m.sand	0.004	0.06	6.23	0.001	0.02	4.90	0.0033	0.06	4.39
	f.sand	0.004	0.07		0.003	0.06		0.0039	0.08	
	Vf.sand	0.019	0.31		0.018	0.37		0.0153	0.32	
	c.silt	0.400	6.42		0.060	1.22		0.07	1.45	
	m.silt	1.680	26.98		1.290	26.31		0.62	12.83	
	f.silt	1.010	16.22		1.070	21.83		1.02	21.10	
	Vf.silt	0.610	9.80		0.480	9.79		0.54	11.17	
	c.clay	0.730	11.72		0.440	8.98		0.81	16.79	
	f+vf.clay	1.770	28.42		1.540	31.41		1.75	36.21	

ระดับล่าง	m.sand	0.32	0.10	315.59	0.07	0.08	85.56	0.23	0.81	28.65
	f.sand	0.41	0.13		0.06	0.07		0.04	0.13	
	Vf.sand	1.11	0.35		1.72	2.01		0.43	1.51	
	c.silt	72.42	22.95		4.03	4.71		4.18	14.58	
	m.silt	48.35	15.32		48.45	56.63		9.45	32.98	
	f.silt	35.68	11.31		14.40	16.83		4.97	17.34	
	Vf.silt	24.91	7.89		5.70	6.67		2.10	7.33	
	c.clay	33.99	10.77		3.98	4.65		3.48	12.13	
	f+vf.clay	98.39	31.18		7.14	8.35		3.78	13.19	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 3			สถานีที่ 4		
ทิศใต้		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.005	0.13	3.73	0.002	0.10	2.11	0.0042	0.18	2.31
	f.sand	0.005	0.14		0.001	0.06		0.0114	0.49	
	Vf.sand	0.015	0.39		0.004	0.19		0.0178	0.77	
	c.silt	0.060	1.61		0.070	3.32		0.06	2.59	
	m.silt	0.440	11.78		0.150	7.12		0.06	2.59	
	f.silt	0.610	16.33		0.290	13.76		0.42	18.16	
	Vf.silt	0.300	8.03		0.210	9.96		0.21	9.08	
	c.clay	0.900	24.10		0.390	18.51		0.64	27.66	
	f+vf.clay	1.400	37.49		0.990	46.98		0.89	38.47	
ระดับกลาง	m.sand	0.011	0.12	9.09	0.001	0.03	4.29	0.0054	0.12	4.50
	f.sand	0.011	0.13		0.001	0.01		0.0044	0.10	
	Vf.sand	0.045	0.50		0.009	0.22		0.0168	0.37	
	c.silt	0.820	9.02		0.060	1.40		0.03	0.67	
	m.silt	1.770	19.48		0.700	16.31		0.77	17.12	
	f.silt	1.320	14.53		0.990	23.07		0.81	18.01	
	Vf.silt	0.790	8.69		0.490	11.42		0.46	10.23	
	c.clay	1.260	13.87		0.630	14.68		0.87	19.35	
	f+vf.clay	3.060	33.67		1.410	32.86		1.53	34.03	
ระดับล่าง	m.sand	0.16	0.09	191.26	0.07	0.18	41.33	0.22	1.76	12.28
	f.sand	0.35	0.18		0.04	0.11		0.02	0.17	
	Vf.sand	0.61	0.32		1.52	3.68		0.21	1.71	
	c.silt	50.98	26.66		3.09	7.48		1.24	10.13	
	m.silt	34.37	17.97		12.48	30.20		4.11	33.50	
	f.silt	25.55	13.36		10.05	24.31		2.14	17.42	
	Vf.silt	11.87	6.21		2.63	6.36		1.24	10.13	
	c.clay	22.38	11.70		2.46	5.96		1.36	11.04	
	f+vf.clay	44.99	23.52		8.98	21.74		1.74	14.13	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 3			สถานีที่ 4		
ตะวันออก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.003	0.07	3.53	0.015	0.66	2.18	0.0019	0.084	2.05
	f.sand	0.003	0.07		0.002	0.08		0.0048	0.21	

	Vf.sand	0.013	0.37		0.006	0.28		0.01	0.44	
	c.silt	0.070	1.98		0.050	2.29		0.01	0.44	
	m.silt	0.370	10.49		0.120	5.50		0.29	12.79	
	f.silt	0.550	15.59		0.540	24.74		0.37	16.32	
	Vf.silt	0.520	14.74		0.090	4.12		0.22	9.70	
	c.clay	0.610	17.29		0.540	24.74		0.58	25.58	
	f+vf.clay	1.390	39.40		0.820	37.58		0.78	34.41	
ระดับกลาง	m.sand	0.002	0.03		0.006	0.13		0.0037	0.09	
	f.sand	0.005	0.08		0.002	0.04		0.0076	0.18	
	Vf.sand	0.023	0.40		0.019	0.39		0.0256	0.62	
	c.silt	0.060	1.02		0.060	1.26		0.05	1.21	
	m.silt	1.220	20.82	5.86	1.190	25.07	4.75	0.74	17.89	4.14
	f.silt	0.900	15.36		1.100	23.17		0.88	21.27	
	Vf.silt	0.510	8.70		0.430	9.06		0.37	8.94	
	c.clay	1.070	18.26		0.550	11.59		0.71	17.16	
	f+vf.clay	2.070	35.33		1.390	29.28		1.35	32.63	
ระดับล่าง	m.sand	0.27	0.25		0.12	0.14		1.02	0.60	
	f.sand	0.21	0.20		0.07	0.08		0.46	0.27	
	Vf.sand	0.38	0.35		0.34	0.39		5.12	3.02	
	c.silt	34.54	31.61		2.25	2.59		48.45	28.57	
	m.silt	24.69	22.59	109.29	23.94	27.62	86.66	36.85	21.73	169.57
	f.silt	13.11	12.00		17.89	20.65		29.87	17.61	
	Vf.silt	6.00	5.49		7.05	8.13		12.89	7.60	
	c.clay	9.17	8.39		12.70	14.66		17.51	10.33	
	f+vf.clay	20.91	19.14		22.31	25.74		17.40	10.26	
ตะกอนเคลื่อนที่มาจาก		สถานีที่ 1			สถานีที่ 3			สถานีที่ 4		
ตะวันตก		กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม	กรัม	เปอร์เซ็นต์	รวม
ระดับบน	m.sand	0.004	0.13		0.004	0.18		0.0011	0.05	
	f.sand	0.005	0.13		0.000	0.02		0.0013	0.06	
	Vf.sand	0.010	0.30		0.007	0.35		0.0093	0.42	
	c.silt	0.050	1.44		0.020	0.95		0.02	0.91	
	m.silt	0.480	13.84	3.47	0.130	6.16	2.11	0.18	8.21	2.19
	f.silt	0.600	17.29		0.350	16.58		0.4	18.25	
	Vf.silt	0.320	9.22		0.200	9.47		0.23	10.49	
	c.clay	0.790	22.77		0.330	15.63		0.59	26.92	
	f+vf.clay	1.210	34.88		1.070	50.67		0.76	34.68	
ระดับกลาง	m.sand	0.004	0.05	7.03	0.004	0.10	4.19	0.0011	0.03	4.08
	f.sand	0.007	0.11		0.005	0.11		0.0035	0.09	
	Vf.sand	0.019	0.27		0.009	0.21		0.0157	0.38	
	c.silt	0.600	8.53		0.060	1.43		0.02	0.49	
	m.silt	2.480	35.28		0.550	13.13		0.76	18.63	
	f.silt	0.120	1.71		0.780	18.63		0.9	22.06	
	Vf.silt	0.540	7.68		0.450	10.75		0.43	10.54	

	c.clay	1.000	14.22		0.760	18.15		0.66	16.18	
	f+vf.clay	2.260	32.15		1.570	37.49		1.29	31.62	
ระดับล่าง	m.sand	0.16	0.26	59.91	0.31	0.62	50.41	0.37	0.28	133.10
	f.sand	0.06	0.10		0.16	0.32		0.11	0.08	
	Vf.sand	0.17	0.28		1.99	3.95		0.33	0.25	
	c.silt	6.81	11.37		2.78	5.51		13.02	9.78	
	m.silt	12.73	21.25		10.34	20.50		33.14	24.90	
	f.silt	7.98	13.32		7.64	15.16		24.83	18.66	
	Vf.silt	3.99	6.66		4.34	8.62		10.99	8.25	
	c.clay	9.01	15.05		7.47	14.82		18.09	13.59	
	f+vf.clay	18.99	31.70		15.37	30.50		32.22	24.21	

เอกสารอ้างอิง

Dyer KR. 1986. Coastal and estuarine sediment dynamics. John Wiley; Chichester

McManus J. 1988. Grain size determination and interpretation. In Techniques in Sedimentology, Tucker M (ed.). Blackwell: Oxford; 63–85.

Mudroch, A.,& Bourbonniere, R.A. (2000). Sediment preservation, processing, and storage. In Mudroch, A.,& MacKnight, S.D. (Ed.), *CRC Handbook of Techniques for Aquatic Sediments Sampling.* (pp. 131-169)

ภาคผนวก ค

ภาคผนวก ค
ข้อมูลการตรวจวัดทางสมุทรศาสตร์

ตารางที่ ค-1 ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำตามความลึกทุกๆ 20 นาที ตั้งแต่เวลา 11.00 น. ของวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ถึงเวลา 11.00 น. ของวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน

เวลา	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง
11:00	-6	0.048	139.3	-4.5	0.087	157.8	-3.5	0.112	156.4
11:15	-6	0.033	135	-4.5	0.087	174.7	-3.5	0.08	170.7
11:30	-6	0.05	112.4	-4.5	0.033	174.8	-3.5	0.077	162.5
11:45	-6	0.057	113.9	-4.5	0.022	133.2	-3.5	0.012	215
12:00	-6	0.043	79.2	-4.5	0.02	139.1	-3.5	0.053	180
12:15	-6	0.067	90.9	-4.5	0.046	135.9	-3.5	0.049	140.8
12:30	-6	0.061	80.5	-4.5	0.043	107.6	-3.5	0.072	167.1
12:45	-6	0.06	60.9	-4.5	0.049	104	-3.5	0.043	159.4
13:00	-6	0.067	32.7	-4.5	0.038	102.2	-3.5	0.027	151.6
13:15	-6	0.095	55.3	-4.5	0.072	75.6	-3.5	0.04	61.5
13:30	-6	0.073	52.2	-4.5	0.033	61.1	-3.5	0.044	35.8
13:45	-6	0.069	56.8	-4.5	0.08	89.3	-3.5	0.039	79.6
14:00	-6	0.062	48.9	-4.5	0.033	130	-3.5	0.037	183.1
14:15	-6	0.074	35.6	-4.5	0.055	80.5	-3.5	0.034	95
14:30	-6	0.077	44.5	-4.5	0.041	67.2	-3.5	0.027	81.6
14:45	-6	0.083	46.9	-4.5	0.063	109.6	-3.5	0.038	74.9
15:00	-6	0.05	34.3	-4.5	0.024	152.4	-3.5	0.032	223.7
15:15	-6	0.055	65.3	-4.5	0.053	111.2	-3.5	0.058	149.9
15:30	-6	0.034	59.6	-4.5	0.047	136.7	-3.5	0.089	166.3
15:45	-6	0.032	75.5	-4.5	0.056	154.8	-3.5	0.112	157.3
16:00	-6	0.019	64.8	-4.5	0.056	156.7	-3.5	0.145	142.3
16:15	-6	0.03	53.1	-4.5	0.078	151.8	-3.5	0.092	128.9
16:30	-6	0.051	108.4	-4.5	0.095	174.6	-3.5	0.148	158.1
16:45	-6	0.05	103.8	-4.5	0.096	160.4	-3.5	0.143	147.5
17:00	-6	0.064	143.8	-4.5	0.125	137.6	-3.5	0.156	135.5
17:15	-6	0.107	155.6	-4.5	0.163	147.8	-3.5	0.159	147.3
17:30	-6	0.103	152.2	-4.5	0.151	148.8	-3.5	0.134	133.2
17:45	-6	0.125	155.9	-4.5	0.175	166.8	-3.5	0.21	154.7
18:00	-6	0.131	140	-4.5	0.151	163.8	-3.5	0.163	146
18:15	-6	0.145	171.6	-4.5	0.173	179.3	-3.5	0.183	166.1
18:30	-6	0.175	166.1	-4.5	0.215	165.2	-3.5	0.179	164.1
18:45	-6	0.168	158.8	-4.5	0.248	164.8	-3.5	0.191	163.6
19:00	-6	0.217	174.7	-4.5	0.182	163.8	-3.5	0.143	139
19:15	-6	0.247	170	-4.5	0.166	158.4	-3.5	0.142	132.7
19:30	-6	0.245	170.6	-4.5	0.184	155.9	-3.5	0.156	128.5
19:45	-6	0.278	174.4	-4.5	0.245	173	-3.5	0.141	170.6
20:00	-6	0.276	168.1	-4.5	0.218	159.3	-3.5	0.123	155.5
20:15	-6	0.26	167.1	-4.5	0.219	166.5	-3.5	0.089	154
20:30	-6	0.272	177.1	-4.5	0.277	176.1	-3.5	0.203	177.7
20:45	-6	0.224	172.6	-4.5	0.198	173.9	-3.5	0.102	186.8
21:00	-6	0.199	173.7	-4.5	0.227	170.4	-3.5	0.16	183.9
21:15	-6	0.211	183.3	-4.5	0.224	187.4	-3.5	0.138	215.9
21:30	-6	0.177	166.6	-4.5	0.165	162.8	-3.5	0.15	118.6
21:45	-6	0.212	180.3	-4.5	0.198	171.9	-3.5	0.101	185.1

เวลา	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง
22:00	-6	0.181	170.5	-4.5	0.123	169.2	-3.5	0.086	138.3
22:15	-6	0.18	167.1	-4.5	0.155	164.6	-3.5	0.121	191.4
22:30	-6	0.173	166.3	-4.5	0.159	168.4	-3.5	0.114	152.3
22:45	-6	0.105	165.7	-4.5	0.135	171.5	-3.5	0.156	133.2
23:00	-6	0.06	166.4	-4.5	0.095	143.1	-3.5	0.073	168.1
23:15	-6	0.034	163.1	-4.5	0.006	308.7	-3.5	0.057	215.7
23:30	-6	0.039	117.2	-4.5	0.048	119.7	-3.5	0.106	100.9
23:45	-6	0.038	142.5	-4.5	0.076	152.8	-3.5	0.07	143.1
0:00	-6	0.048	51.7	-4.5	0.069	54.5	-3.5	0.041	41.1
0:15	-6	0.077	27.9	-4.5	0.106	27.1	-3.5	0.099	14
0:30	-6	0.118	17.2	-4.5	0.113	0	-3.5	0.086	28.3
0:45	-6	0.154	1.9	-4.5	0.174	8.9	-3.5	0.181	3.2
1:00	-6	0.207	7.2	-4.5	0.214	11.9	-3.5	0.252	23.4
1:15	-6	0.174	9.2	-4.5	0.178	9.7	-3.5	0.207	2.8
1:30	-6	0.198	5.8	-4.5	0.197	9	-3.5	0.227	7.6
1:45	-6	0.224	3.1	-4.5	0.251	352	-3.5	0.262	1.7
2:00	-6	0.208	4.1	-4.5	0.24	2.4	-3.5	0.266	10.6
2:15	-6	0.22	4.7	-4.5	0.226	3.8	-3.5	0.235	2.9
2:30	-6	0.211	5.7	-4.5	0.248	7	-3.5	0.214	9.2
2:45	-6	0.218	6.1	-4.5	0.214	355.7	-3.5	0.226	359
3:00	-6	0.21	10.7	-4.5	0.216	10.1	-3.5	0.198	15
3:15	-6	0.162	12.8	-4.5	0.205	10.1	-3.5	0.169	10.9
3:30	-6	0.149	10	-4.5	0.179	10.9	-3.5	0.19	6.3
3:45	-6	0.173	10	-4.5	0.232	6.7	-3.5	0.25	8
4:00	-6	0.162	2.1	-4.5	0.212	5.4	-3.5	0.219	357.6
4:15	-6	0.151	5.7	-4.5	0.181	5.4	-3.5	0.187	356.9
4:30	-6	0.148	4.6	-4.5	0.188	0.6	-3.5	0.189	4.3
4:45	-6	0.088	348.8	-4.5	0.165	358.6	-3.5	0.166	357.6
5:00	-6	0.099	353.6	-4.5	0.138	2.9	-3.5	0.167	356.6
5:15	-6	0.099	2.9	-4.5	0.146	7.5	-3.5	0.179	12.6
5:30	-6	0.085	3.4	-4.5	0.135	9	-3.5	0.164	9.8
5:45	-6	0.081	12.8	-4.5	0.102	6.2	-3.5	0.116	11.9
6:00	-6	0.077	15.1	-4.5	0.098	7.1	-3.5	0.114	12.7
6:15	-6	0.057	1	-4.5	0.076	12.2	-3.5	0.08	4.3
6:30	-6	0.033	21.2	-4.5	0.027	54	-3.5	0.077	16.6
6:45	-6	0.036	23	-4.5	0.081	17.3	-3.5	0.092	5
7:00	-6	0.012	114.4	-4.5	0.018	90	-3.5	0.024	9.5
7:15	-6	0.047	91.2	-4.5	0.042	87.3	-3.5	0.031	90
7:30	-6	0.051	68	-4.5	0.064	56.6	-3.5	0.024	67.8
7:45	-6	0.051	150.4	-4.5	0.049	168.2	-3.5	0.074	200.6
8:00	-6	0.039	117.2	-4.5	0.027	144	-3.5	0.012	170.5
8:15	-6	0.057	136.4	-4.5	0.027	124.3	-3.5	0.017	162.6
8:30	-6	0.069	147.5	-4.5	0.042	167.6	-3.5	0.056	182
8:45	-6	0.084	175.2	-4.5	0.097	177.6	-3.5	0.097	180
9:00	-6	0.065	154.6	-4.5	0.073	172.9	-3.5	0.07	180.8
9:15	-6	0.071	164.4	-4.5	0.062	180.9	-3.5	0.085	184
9:30	-6	0.074	211.1	-4.5	0.071	213.5	-3.5	0.066	174.8
9:45	-6	0.057	202.5	-4.5	0.09	194.2	-3.5	0.135	193.7
10:00	-6	0.046	195.3	-4.5	0.06	184.8	-3.5	0.078	173.3
10:15	-6	0.06	208.7	-4.5	0.087	182.6	-3.5	0.141	182.4
10:30	-6	0.058	223.6	-4.5	0.079	179.3	-3.5	0.086	163
10:45	-6	0.061	217.1	-4.5	0.084	201	-3.5	0.06	173.3
11:00	-6	0.068	226.2	-4.5	0.061	235	-3.5	0.081	199.6

ตารางที่ ค-2 ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำตามความลึกทุกๆ 20 นาที ตั้งแต่เวลา 11.00 น. ของวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ถึงเวลา 11.00 น. ของวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน

เวลา	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง
11:00	-2.5	0.091	152.6	-1.5	0.309	116.3	-0.5	0.216	96.1
11:15	-2.5	0.119	156.2	-1.5	0.437	123.5	-0.5	0.375	125.7
11:30	-2.5	0.017	125.5	-1.5	0.26	109.1	-0.5	0.308	126.3
11:45	-2.5	0.052	147.5	-1.5	0.22	98.6	-0.5	0.363	93.6
12:00	-2.5	0.081	168.6	-1.5	0.241	127.6	-0.5	0.249	152.5
12:15	-2.5	0.073	173.7	-1.5	0.287	130.3	-0.5	0.367	136
12:30	-2.5	0.055	168.5	-1.5	0.219	122.9	-0.5	0.194	125.3
12:45	-2.5	0.058	153.4	-1.5	0.226	91.5	-0.5	0.254	43.9
13:00	-2.5	0.005	78.7	-1.5	0.221	89.7	-0.5	0.163	52.7
13:15	-2.5	0.051	73	-1.5	0.206	84.4	-0.5	0.222	49.2
13:30	-2.5	0.04	81.5	-1.5	0.232	99.2	-0.5	0.269	84.9
13:45	-2.5	0.062	86.3	-1.5	0.227	97.8	-0.5	0.325	96.9
14:00	-2.5	0.026	157.4	-1.5	0.201	107.1	-0.5	0.293	108.5
14:15	-2.5	0.053	94.3	-1.5	0.114	64.6	-0.5	0.179	52.9
14:30	-2.5	0.04	112.1	-1.5	0.127	94.5	-0.5	0.186	104
14:45	-2.5	0.053	95.4	-1.5	0.181	56.9	-0.5	0.323	51.7
15:00	-2.5	0.087	145.8	-1.5	0.085	92.7	-0.5	0.074	82.2
15:15	-2.5	0.11	142	-1.5	0.145	101.2	-0.5	0.248	103.3
15:30	-2.5	0.101	150.4	-1.5	0.123	133.7	-0.5	0.185	122.7
15:45	-2.5	0.105	138.1	-1.5	0.166	100.4	-0.5	0.235	90.5
16:00	-2.5	0.087	125.7	-1.5	0.112	51.5	-0.5	0.222	30.3
16:15	-2.5	0.096	132	-1.5	0.102	111.3	-0.5	0.122	97.5
16:30	-2.5	0.132	164.6	-1.5	0.094	91.8	-0.5	0.1	71.4
16:45	-2.5	0.06	147.9	-1.5	0.097	88.2	-0.5	0.133	66.5
17:00	-2.5	0.132	136.5	-1.5	0.226	93.5	-0.5	0.257	106.7
17:15	-2.5	0.136	127.5	-1.5	0.217	93.4	-0.5	0.221	105.7
17:30	-2.5	0.143	128.5	-1.5	0.166	39.4	-0.5	0.103	86.1
17:45	-2.5	0.202	152.5	-1.5	0.217	127.9	-0.5	0.379	145.8
18:00	-2.5	0.137	126.1	-1.5	0.277	46	-0.5	0.176	34.6
18:15	-2.5	0.17	158.3	-1.5	0.129	111.8	-0.5	0.136	135.9
18:30	-2.5	0.153	154.4	-1.5	0.114	88	-0.5	0.074	82.2
18:45	-2.5	0.137	171.2	-1.5	0.098	325	-0.5	0.176	263.5
19:00	-2.5	0.085	114.4	-1.5	0.157	57.7	-0.5	0.097	90.6
19:15	-2.5	0.115	137.5	-1.5	0.136	67.6	-0.5	0.064	133.1
19:30	-2.5	0.133	95.6	-1.5	0.209	21.6	-0.5	0.11	8.4
19:45	-2.5	0.149	160	-1.5	0.128	135.9	-0.5	0.138	180.8
20:00	-2.5	0.139	133.2	-1.5	0.059	49.8	-0.5		
20:15	-2.5	0.064	92.7	-1.5	0.098	9.9	-0.5		
20:30	-2.5	0.256	173.7	-1.5	0.33	170.9	-0.5		
20:45	-2.5	0.108	175.8	-1.5	0.024	228.4	-0.5		
21:00	-2.5	0.171	122.6	-1.5	0.144	164.7	-0.5		
21:15	-2.5	0.052	195.6	-1.5	0.075	162.1	-0.5		
21:30	-2.5	0.23	74.1	-1.5	0.025	153.4	-0.5		
21:45	-2.5	0.067	163.5	-1.5	0.058	161.9	-0.5		
22:00	-2.5	0.196	20.7	-1.5	0.267	15.7	-0.5		
22:15	-2.5	0.09	84.9	-1.5	0.146	99.8	-0.5		
22:30	-2.5	0.084	105.9	-1.5	0.113	171.4	-0.5		
22:45	-2.5	0.179	135.7	-1.5	0.248	179.3	-0.5		
23:00	-2.5	0.12	79.9	-1.5	0.157	62.6	-0.5		
23:15	-2.5	0.111	4.1	-1.5	0.117	352.6	-0.5		

เวลา	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง
23:30	-2.5	0.337	64.9	-1.5	0.448	86.5	-0.5		
23:45	-2.5	0.154	107.4	-1.5	0.193	99.9	-0.5		
0:00	-2.5	0.217	32.4	-1.5	0.144	350.8	-0.5		
0:15	-2.5	0.211	4.9	-1.5	0.195	352.6	-0.5		
0:30	-2.5	0.237	53.6	-1.5	0.278	65.4	-0.5		
0:45	-2.5	0.249	40.6	-1.5	0.507	7.5	-0.5		
1:00	-2.5	0.38	53.5	-1.5	0.547	25.7	-0.5		
1:15	-2.5	0.145	32.6	-1.5	0.405	15.3	-0.5		
1:30	-2.5	0.166	61.9	-1.5	0.53	18.1	-0.5		
1:45	-2.5	0.147	340.9	-1.5	0.6	20.3	-0.5		
2:00	-2.5	0.201	46.2	-1.5	0.631	20.6	-0.5	0.572	30.3
2:15	-2.5	0.079	329.5	-1.5	0.468	348.9	-0.5	0.348	5.1
2:30	-2.5	0.211	15.9	-1.5	0.52	5.4	-0.5	0.41	54.1
2:45	-2.5	0.181	354.3	-1.5	0.502	333.9	-0.5	0.295	340.6
3:00	-2.5	0.158	20.7	-1.5	0.184	6.9	-0.5	0.191	81.3
3:15	-2.5	0.154	25.7	-1.5	0.286	1.8	-0.5	0.336	58.4
3:30	-2.5	0.199	3.7	-1.5	0.373	332.7	-0.5	0.49	8
3:45	-2.5	0.275	8.6	-1.5	0.216	357.6	-0.5	0.636	17.7
4:00	-2.5	0.248	3.9	-1.5	0.193	346.8	-0.5	0.612	19.9
4:15	-2.5	0.182	6	-1.5	0.046	77.5	-0.5	0.366	22.6
4:30	-2.5	0.202	8	-1.5	0.082	42	-0.5	0.57	14.7
4:45	-2.5	0.115	351	-1.5	0.049	132.5	-0.5	0.274	340.2
5:00	-2.5	0.165	351.6	-1.5	0.076	82.4	-0.5	0.428	348.3
5:15	-2.5	0.186	14.9	-1.5	0.107	63.4	-0.5	0.426	349
5:30	-2.5	0.173	14.4	-1.5	0.099	64.2	-0.5	0.275	348
5:45	-2.5	0.154	1.9	-1.5	0.119	115.3	-0.5	0.272	344.4
6:00	-2.5	0.118	12.7	-1.5	0.096	86.4	-0.5	0.289	331.9
6:15	-2.5	0.112	8.2	-1.5	0.079	90.7	-0.5	0.336	351.6
6:30	-2.5	0.039	0	-1.5	0.105	145.1	-0.5	0.212	325.2
6:45	-2.5	0.084	0.7	-1.5	0.06	104.5	-0.5	0.195	324.2
7:00	-2.5	0.029	43.6	-1.5	0.071	124.1	-0.5	0.033	349.4
7:15	-2.5	0.029	176.1	-1.5	0.038	81	-0.5	0.054	340.6
7:30	-2.5	0.018	192.5	-1.5	0.049	158.6	-0.5	0.057	253.8
7:45	-2.5	0.135	205.4	-1.5	0.083	212.7	-0.5	0.127	207.2
8:00	-2.5	0.041	248.5	-1.5	0.038	139.2	-0.5	0.107	16.2
8:15	-2.5	0.017	266.6	-1.5	0.032	136.3	-0.5	0.212	359.7
8:30	-2.5	0.064	172.8	-1.5	0.066	148.7	-0.5	0.174	98.9
8:45	-2.5	0.119	194.6	-1.5	0.027	138	-0.5	0.097	80.5
9:00	-2.5	0.057	195.3	-1.5	0.056	174.9	-0.5	0.207	37.8
9:15	-2.5	0.117	201.5	-1.5	0.103	152.2	-0.5	0.076	106
9:30	-2.5	0.048	148.6	-1.5	0.022	136.8	-0.5	0.214	80.3
9:45	-2.5	0.151	168.5	-1.5	0.066	135	-0.5	0.235	69.3
10:00	-2.5	0.064	149.8	-1.5	0.083	324.8	-0.5	0.202	72.5
10:15	-2.5	0.128	172.4	-1.5	0.072	144.1	-0.5	0.172	158.5
10:30	-2.5	0.068	148.2	-1.5	0.077	338.7	-0.5	0.172	16.5
10:45	-2.5	0.05	148.8	-1.5	0.064	81	-0.5	0.312	96.6
11:00	-2.5	0.05	66.5	-1.5	0.134	125	-0.5	0.296	100.3

ตารางที่ ค-3 ระดับความลึก อุณหภูมิน้ำ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ความเร็วและทิศทางลม และระดับน้ำทุกต้นชั่วโมงตั้งแต่เวลา 11.00 น. ของวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ถึงเวลา 11.00 น. ของวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน

เวลา	ความลึก (เมตร)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (psu)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ทิศทางลม (องศา)	ระดับน้ำ /ความลึกน้ำ(เมตร)
11:00 น.	-0.52	28.1	29.63	8.18	3.3	230	3.0/6.6
	-1.992	27.9	29.71	8.15			
	-3.041	27.89	29.92	7.72			
	-5.809	27.87	30.75	2.49			
12:00 น.	-1.263	28.23	29.56	9.03	2.1	238	2.9/6.5
	-2.102	28.09	29.57	8.85			
	-3.24	27.83	30.01	7.13			
	-4.093	27.87	30.12	5.95			
	-5.27	27.88	30.52	3.73			
13:00 น.	-0.453	28.54	29.43	9.17	2	220	2.9/6.5
	-2.152	27.92	29.55	8.48			
	-3.35	27.89	30.15	7.49			
	-5.594	27.86	30.93	3.17			
14:00 น.	-0.335	28.63	29.5	9.12	2.6	220	2.9/6.5
	-1.175	28.66	29.53	8.42			
	-2.317	27.94	29.64	8.22			
	-3.705	27.91	30.53	5.76			
	-4.426	27.89	30.71	3.65			
	-5.717	27.86	31.06	2.91			
15:00 น.	-0.348	28.75	29.56	9.8	2.9	215	3.0/6.6
	-1.171	28.72	29.56	9.96			
	-2.214	27.86	29.58	9.34			
	-3.178	27.86	29.82	8.92			
	-4.372	27.9	30.61	6.66			
	-5.94	27.87	31.15	3.55			
16:00 น.	-0.39	28.72	29.66	9.54	4.8	225	2.9/6.5
	-1.264	28.63	29.68	9.51			
	-2.428	28.07	29.74	8.94			
	-3.617	27.9	30.27	7.71			
	-5.556	27.87	31.18	4.54			
17:00 น.	-0.483	28.81	29.77	8.93	4.7	210	2.7/6.3
	-1.159	28.83	29.8	9.06			
	-2.226	28.78	29.8	9.01			
	-3.152	28.31	29.75	8.51			
	-4.407	27.9	30.51	7.43			
	-5.357	27.9	30.96	5.3			
18:00 น.	-0.475	28.85	29.59	9.9	4.7	180	2.5/6.1
	-1.07	28.34	29.59	9.94			
	-2.228	28.61	29.59	9.49			
	-3	28.06	29.58	8.91			

เวลา	ความลึก (เมตร)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (psu)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ทิศทางลม (องศา)	ระดับน้ำ /ความลึกน้ำ(เมตร)
	-4	27.85	30.18	7.74			
	-5.627	27.87	30.93	3.72			
19:00 น.	-0.482	28.55	29.1	10.28	4.9	195	2.1/5.7
	-1.442	28.55	29.12	10.28			
	-2.391	28.46	29.16	9.99			
	-3.47	27.89	29.85	8.6			
	-4.413	27.85	30.28	5.91			
	-4.848	27.83	30.74	2.13			
20:00 น.	-0.341	28.31	29.05	9.5	5.4	190	1.8/5.4
	-1.25	28.31	29.06	9.62			
	-2.038	28.29	29.08	9.63			
	-3	28.2	29.17	9.29			
	-4	27.81	30	6.2			
	-4.567	27.87	30.44	3.29			
21:00 น.	-0.328	28.19	28.94	8.67	5.3	180	1.4/5.0
	-1.242	28.18	28.95	8.75			
	-2.083	28.19	28.96	8.79			
	-3.001	28.98	28.19	8.75			
	-4	28.83	29.65	3.95			
	-4.467	27.86	30.27	2.53			
22:00 น.	-0.456	28.25	28.82	8.58	4.8	180	1.2/4.8
	-1.28	28.25	28.83	8.61			
	-2.017	28.25	28.84	8.64			
	-3	28.26	28.85	8.63			
	-3.786	27.9	29.52	5.01			
	-4.3	27.86	30.24	2.53			
23:00 น.	-0.448	28.24	28.88	8.87	4.1	180	1.2/4.8
	-1.332	28.24	28.9	8.87			
	-2.142	28.24	28.9	8.87			
	-3.046	28.08	29.07	7.32			
	-4.034	27.84	29.59	3.5			
0:00 น.	-0.495	28.18	28.87	8.34	3.5	190	1.3/4.9
	-1.054	28.18	28.9	8.68			
	-2.13	28.19	28.91	8.74			
	-3	28.18	28.94	8.76			
	-4.043	27.86	29.63	5.78			
1:00 น.	-0.568	28.1	29.02	8.45	4.1	200	1.7/5.3
	-1.707	28.1	29.03	8.57			
	-2.343	28.1	29.04	8.54			
	-3.6	28.1	29.05	8.53			
	-4.396	27.87	29.58	4.89			
2:00 น.	-0.404	27.96	29.16	7.51	5.3	180	2.2/5.8
	-1.436	27.96	29.17	7.55			
	-2.216	27.96	29.18	7.55			

เวลา	ความลึก (เมตร)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (psu)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ทิศทางลม (องศา)	ระดับน้ำ /ความลึกน้ำ(เมตร)
	-3.099	27.96	29.19	7.55			
	-4.039	27.55	29.29	7.07			
3:00 น.	-0.311	27.9	29.4	6.76	5	180	2.7/6.3
	-1.2	27.89	29.43	6.76			
	-2.111	27.88	29.45	6.79			
	-3.068	27.86	29.46	6.89			
	-4.443	27.87	29.68	4.93			
4:00 น.	-0.463	27.86	29.9	6.72	5	180	3.1/6.7
	-1.286	27.87	29.93	6.72			
	-2.294	27.86	29.94	6.75			
	-3.225	27.86	29.94	6.77			
	-4.327	27.87	29.97	6.67			
5:00 น.	-0.336	27.97	30.37	6.66	5	180	3.5/7.1
	-1.019	27.98	30.39	6.65			
	-1.998	27.99	30.39	6.72			
	-3	27.98	30.4	6.72			
	-4.425	27.97	30.42	6.39			
6:00 น.	-0.407	27.94	30.63	6.62	5	180	3.6/7.1
	-1.121	27.95	30.66	6.62			
	-2.225	27.95	30.66	6.61			
	-3.332	27.95	30.66	6.634			
	-4.182	27.95	30.67	6.3			
	-5.079	27.94	30.68	5.92			
7:00 น.	-0.47	27.89	30.69	5.96	5.4	190	3.6/7.1
	-1.45	27.91	30.72	5.73			
	-2.288	27.9	30.73	5.62			
	-3.33	27.9	30.74	5.49			
	-4.119	27.9	30.76	5.4			
	-5.058	27.91	30.75	4.92			
	-6.04	27.9	30.77	4.85			
	-6.448	27.89	30.79	5.1			
8:00 น.	-0.481	27.85	30.8	6.66	2.6	220	3.5/7.1
	-1.036	27.85	30.8	6.59			
	-2.176	27.84	30.81	6.56			
	-3.266	27.85	30.81	6.54			
	-4.307	27.85	30.82	6.52			
	-5.056	27.84	30.82	6.49			
	-6.248	27.84	30.84	6.48			
9:00 น.	-0.513	27.91	30.7	6.21	2.9	200	3.3/6.9
	-1.26	27.91	30.7	6.11			
	-2.022	27.89	30.73	6.1			
	-3.112	27.87	30.74	6.25			
	-4.278	27.85	30.76	6.49			
	-5.101	27.85	30.76	6.63			
	-6.145	27.85	30.38	6.27			

เวลา	ความลึก (เมตร)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (psu)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ทิศทางลม (องศา)	ระดับน้ำ /ความลึกน้ำ(เมตร)
10:00 น.	-0.35	27.97	30.33	6.85	2.5	200	3.0/6.6
	-1.221	27.97	30.34	6.38			
	-2.09	27.95	30.34	6.23			
	-2.981	27.91	30.38	6.05			
	-4.018	27.91	30.67	5.92			
	-5.083	27.91	30.72	5.83			
	-5.777	27.87	30.8	5.8			
11:00 น.	-0.58	28.12	30.05	7.47	3	200	2.9/6.5
	-1.081	28.13	30.05	7.06			
	-2.234	27.9	30.15	6.61			
	-3.317	27.92	30.51	6.42			
	-4.449	27.9	30.7	6.25			
	-5.537	27.89	30.74	6.02			

ตารางที่ ค-4 ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำตามความลึกทุกๆ 20 นาที ตั้งแต่เวลา 12:20 น. ของวันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 ถึงเวลา 12:20 น. ของวันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 ที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน

เวลา	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง
12:20	-6	0.079	184.3	-4.5	0.069	163.1	-3.5	0.106	30.7
12:40	-6	0.088	201.3	-4.5	0.035	260.0	-3.5	0.114	301.7
13:00	-6	0.093	198.2	-4.5	0.107	212.1	-3.5	0.082	245.6
13:20	-6	0.070	211.0	-4.5	0.057	190.1	-3.5	0.054	242.5
13:40	-6	0.073	330.6	-4.5	0.039	358.5	-3.5	0.138	25.8
14:00	-6	0.049	351.9	-4.5	0.117	3.9	-3.5	0.210	347.4
14:20	-6	0.051	330.4	-4.5	0.037	4.6	-3.5	0.073	235.7
14:40	-6	0.083	341.8	-4.5	0.089	5.1	-3.5	0.109	319.5
15:00	-6	0.149	347.6	-4.5	0.207	357.2	-3.5	0.246	356.0
15:20	-6	0.154	332.1	-4.5	0.234	343.9	-3.5	0.217	345.8
15:40	-6	0.198	353.3	-4.5	0.232	357.5	-3.5	0.244	0.2
16:00	-6	0.202	350.3	-4.5	0.218	358.2	-3.5	0.232	352.1
16:20	-6	0.190	335.1	-4.5	0.251	336.5	-3.5	0.259	349.3
16:40	-6	0.230	329.2	-4.5	0.244	337.8	-3.5	0.301	355.0
17:00	-6	0.229	327.1	-4.5	0.241	345.1	-3.5	0.260	358.5
17:20	-6	0.196	318.9	-4.5	0.173	342.2	-3.5	0.193	346.2
17:40	-6	0.194	320.6	-4.5	0.203	336.2	-3.5	0.192	355.8
18:00	-6	0.132	309.1	-4.5	0.153	336.1	-3.5	0.138	345.3
18:20	-6	0.127	316.6	-4.5	0.135	333.6	-3.5	0.173	356.0
18:40	-6	0.139	305.6	-4.5	0.156	330.0	-3.5	0.171	343.7
19:00	-6	0.106	301.9	-4.5	0.071	314.4	-3.5	0.084	334.7
19:20	-6	0.060	309.0	-4.5	0.082	321.4	-3.5	0.084	339.8
19:40	-6	0.064	285.3	-4.5	0.065	320.6	-3.5	0.068	325.1
20:00	-6	0.031	260.8	-4.5	0.040	243.4	-3.5	0.051	289.5
20:20	-6	0.054	289.4	-4.5	0.038	296.6	-3.5	0.071	320.7
20:40	-6	0.085	272.7	-4.5	0.073	281.0	-3.5	0.047	282.3
21:00	-6	0.131	217.2	-4.5	0.127	215.7	-3.5	0.148	192.5
21:20	-6	0.125	228.6	-4.5	0.110	224.3	-3.5	0.115	209.7
21:40	-6	0.093	253.7	-4.5	0.069	245.3	-3.5	0.056	222.8
22:00	-6	0.100	236.8	-4.5	0.074	230.5	-3.5	0.068	243.1
22:20	-6	0.137	212.8	-4.5	0.144	205.5	-3.5	0.144	198.2
22:40	-6	0.122	203.6	-4.5	0.141	202.9	-3.5	0.117	208.5
23:00	-6	0.139	218.3	-4.5	0.142	225.9	-3.5	0.133	218.0
23:20	-6	0.150	214.4	-4.5	0.156	213.0	-3.5	0.113	220.3
23:40	-6	0.140	213.3	-4.5	0.106	225.8	-3.5	0.126	254.9
0:00	-6	0.109	210.8	-4.5	0.088	218.0	-3.5	0.057	270.0
0:20	-6	0.107	203.7	-4.5	0.094	205.2	-3.5	0.079	248.3
0:40	-6	0.078	234.9	-4.5	0.073	221.1	-3.5	0.057	227.9
1:00	-6	0.095	231.8	-4.5	0.098	230.0	-3.5	0.040	229.1
1:20	-6	0.088	230.5	-4.5	0.121	228.0	-3.5	0.064	209.7
1:40	-6	0.068	254.7	-4.5	0.040	236.3	-3.5	0.045	281.6
2:00	-6	0.027	276.3	-4.5	0.028	272.0	-3.5	0.038	322.5
2:20	-6	0.029	254.1	-4.5	0.024	237.0	-3.5	0.063	249.6
2:40	-6	0.085	322.2	-4.5	0.102	309.4	-3.5	0.106	318.5
3:00	-6	0.070	283.2	-4.5	0.074	280.9	-3.5	0.036	260.5
3:20	-6	0.081	318.5	-4.5	0.084	320.8	-3.5	0.065	321.9
3:40	-6	0.138	319.4	-4.5	0.103	326.9	-3.5	0.127	350.9
4:00	-6	0.093	302.7	-4.5	0.104	307.2	-3.5	0.073	328.5
4:20	-6	0.136	339.3	-4.5	0.124	330.5	-3.5	0.147	349.5

เวลา	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง
4:40	-6	0.088	312.2	-4.5	0.074	298.3	-3.5	0.024	277.1
5:00	-6	0.079	318.1	-4.5	0.085	332.5	-3.5	0.069	5.0
5:20	-6	0.054	314.3	-4.5	0.074	288.9	-3.5	0.052	304.0
5:40	-6	0.070	270.0	-4.5	0.069	270.8	-3.5	0.060	247.3
6:00	-6	0.055	317.9	-4.5	0.064	329.0	-3.5	0.056	326.6
6:20	-6	0.040	261.5	-4.5	0.032	284.5	-3.5	0.045	299.4
6:40	-6	0.036	279.5	-4.5	0.029	256.0	-3.5	0.050	315.8
7:00	-6	0.064	237.8	-4.5	0.065	237.5	-3.5	0.048	221.6
7:20	-6	0.094	222.8	-4.5	0.109	228.7	-3.5	0.092	218.4
7:40	-6	0.062	207.8	-4.5	0.110	198.6	-3.5	0.100	176.0
8:00	-6	0.139	199.3	-4.5	0.118	191.2	-3.5	0.117	162.6
8:20	-6	0.150	210.0	-4.5	0.175	192.8	-3.5	0.184	153.9
8:40	-6	0.198	215.1	-4.5	0.208	209.6	-3.5	0.183	166.4
9:00	-6	0.205	206.9	-4.5	0.194	204.7	-3.5	0.096	156.6
9:20	-6	0.197	199.9	-4.5	0.212	202.5	-3.5	0.158	147.1
9:40	-6	0.211	208.0	-4.5	0.240	210.3	-3.5	0.188	127.4
10:00	-6	0.238	200.2	-4.5	0.201	198.9	-3.5	0.133	175.7
10:20	-6	0.225	192.1	-4.5	0.254	185.9	-3.5	0.178	153.0
10:40	-6	0.252	188.2	-4.5	0.224	185.9	-3.5	0.172	160.0
11:00	-6	0.210	201.8	-4.5	0.180	193.5	-3.5	0.114	140.3
11:20	-6	0.189	204.7	-4.5	0.181	187.3	-3.5	0.160	188.3
11:40	-6	0.169	204.9	-4.5	0.194	199.0	-3.5	0.059	243.9
12:00	-6	0.170	211.5	-4.5	0.133	196.7	-3.5	0.076	233.6
12:20	-6	0.158	197.6	-4.5	0.149	201.2	-3.5	0.070	274.9

ตารางที่ ค-5 ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำตามความลึกทุกๆ 20 นาที ตั้งแต่เวลา 12:20 น. ของวันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 ถึงเวลา 12:20 น. ของวันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 ที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน

เวลา	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง
12:20	-3.5			-2.5		
12:40	-3.5			-2.5		
13:00	-3.5			-2.5		
13:20	-3.5			-2.5		
13:40	-3.5			-2.5		
14:00	-3.5			-2.5		
14:20	-3.5	0.131	329.7	-2.5		
14:40	-3.5	0.337	359.1	-2.5		
15:00	-3.5	0.386	352.4	-2.5		
15:20	-3.5	0.297	350.3	-2.5		
15:40	-3.5	0.322	5.3	-2.5		
16:00	-3.5	0.269	5.8	-2.5		
16:20	-3.5	0.274	339.9	-2.5		
16:40	-3.5	0.327	345.5	-2.5		
17:00	-3.5	0.249	344.6	-2.5		
17:20	-3.5	0.163	337.7	-2.5		
17:40	-3.5	0.168	338.6	-2.5		
18:00	-3.5	0.083	330.3	-2.5		
18:20	-3.5	0.212	349.7	-2.5	0.233	353.8
18:40	-3.5	0.155	337.6	-2.5	0.188	352.0
19:00	-3.5	0.077	333.8	-2.5	0.148	286.8
19:20	-3.5	0.109	342.4	-2.5	0.156	332.4
19:40	-3.5	0.064	313.1	-2.5	0.146	278.7
20:00	-3.5	0.075	263.1	-2.5	0.091	291.2
20:20	-3.5	0.100	317.4	-2.5	0.195	328.4
20:40	-3.5	0.056	276.1	-2.5	0.098	276.5
21:00	-3.5	0.137	151.2	-2.5	0.265	175.5
21:20	-3.5	0.169	118.2	-2.5	0.227	200.3
21:40	-3.5	0.156	91.5	-2.5	0.263	180.0
22:00	-3.5	0.029	273.9	-2.5	0.144	350.4
22:20	-3.5	0.096	154.0	-2.5	0.184	200.0
22:40	-3.5	0.053	175.7	-2.5	0.126	275.5
23:00	-3.5	0.124	214.8	-2.5	0.146	305.2
23:20	-3.5	0.217	233.8	-2.5	0.437	15.7
23:40	-3.5	0.237	273.9	-2.5		
0:00	-3.5	0.173	269.3	-2.5		
0:20	-3.5	0.158	274.0	-2.5		
0:40	-3.5	0.079	282.4	-2.5		
1:00	-3.5	0.070	208.0	-2.5		
1:20	-3.5	0.036	114.4	-2.5		
1:40	-3.5	0.121	357.6	-2.5		
2:00	-3.5	0.072	26.6	-2.5		
2:20	-3.5	0.058	297.9	-2.5		
2:40	-3.5	0.091	315.9	-2.5		
3:00	-3.5	0.032	110.1	-2.5		
3:20	-3.5	0.041	22.8	-2.5		
3:40	-3.5	0.130	0.9	-2.5		
4:00	-3.5	0.011	0.0	-2.5		

เวลา	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง	ความลึกน้ำ	ความเร็ว	ทิศทาง
4:20	-3.5	0.175	358.0	-2.5		
4:40	-3.5	0.099	104.6	-2.5		
5:00	-3.5	0.122	57.3	-2.5		
5:20	-3.5	0.085	92.7	-2.5	0.095	301.7
5:40	-3.5	0.157	73.0	-2.5	0.102	225.0
6:00	-3.5	0.118	49.8	-2.5	0.235	26.0
6:20	-3.5	0.023	55.6	-2.5	0.185	339.8
6:40	-3.5	0.062	55.5	-2.5	0.196	19.1
7:00	-3.5	0.064	135.0	-2.5	0.096	3.0
7:20	-3.5	0.110	120.1	-2.5	0.029	209.2
7:40	-3.5	0.145	118.0	-2.5	0.151	241.6
8:00	-3.5	0.147	172.2	-2.5	0.150	23.5
8:20	-3.5	0.180	168.4	-2.5	0.055	62.0
8:40	-3.5	0.168	150.8	-2.5	0.038	70.1
9:00	-3.5	0.045	192.8	-2.5	0.511	12.5
9:20	-3.5	0.050	206.1	-2.5	0.171	2.7
9:40	-3.5	0.204	201.5	-2.5	0.371	52.5
10:00	-3.5	0.056	193.5	-2.5		
10:20	-3.5	0.080	205.9	-2.5		
10:40	-3.5	0.066	210.8	-2.5		
11:00	-3.5			-2.5		
11:20	-3.5			-2.5		
11:40	-3.5			-2.5		
12:00	-3.5			-2.5		
12:20	-3.5			-2.5		

ตารางที่ ค-6 ระดับความลึก อุณหภูมิน้ำ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ความเร็วและทิศทางลม และระดับน้ำทุกต้นชั่วโมงตั้งแต่เวลา 12:20 น. ของวันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 ถึงเวลา 12:20 น. ของวันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 ที่จุดสำรวจนอกชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน

เวลา	ความลึก (เมตร)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (psu)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ทิศทางลม (องศา)	ระดับน้ำ /ความลึกน้ำ(เมตร)
12.30	-0.473	29.51	30.4	6.99	3.8	210	4.8
	-1.684	29.45	30.4	6.80			
	-2.622	29.37	30.5	6.51			
	-3.452	29.25	30.6	5.88			
	-3.746	29.29	30.6	5.90			
	-4.800	29.29	30.6	5.90			
13.30	-0.645	29.61	31.1	7.45	3.9	210	4.8
	-1.780	29.56	31.0	7.19			
	-2.451	29.53	30.0	6.98			
	-3.574	29.40	31.1	6.62			
	-3.772	29.26	31.2	5.79			
	-4.800	29.26	31.2	5.79			
14.30	-0.484	29.70	30.5	7.95	2.5	170	5
	-1.520	29.68	30.5	7.90			
	-2.460	29.56	30.5	7.48			
	-3.440	29.39	30.5	6.81			
	-4.163	29.15	30.8	5.17			
	-5.000	29.15	30.8	5.17			
15.30	-0.661	30.33	30.8	11.67	3.6	170	5.7
	-1.796	30.18	30.8	10.86			
	-2.585	29.87	30.7	9.44			
	-3.677	29.61	30.7	8.29			
	-4.730	29.22	30.9	5.54			
	-5.700	29.22	30.9	5.54			
16.30	-0.660	29.93	30.7	9.34	3.5	160	6.3
	-1.759	29.90	30.8	9.14			
	-2.693	29.76	30.8	8.18			
	-3.745	29.26	30.8	5.91			
	-4.560	29.26	30.8	4.92			
	-5.210	29.23	30.8	4.74			
	-6.300	29.23	30.8	4.74			
17.30	-0.432	29.98	31.0	8.21	4.8	180	6.9
	-1.355	29.98	31.0	8.18			
	-2.440	29.98	31.0	8.17			
	-3.512	29.92	31.0	7.91			
	-4.672	29.56	31.0	5.40			
	-5.751	29.33	31.0	4.59			
	-6.900	29.33	31.0	4.59			
18.30	-0.527	29.80	31.0	7.51	5.5	160	7.2
	-1.622	29.79	31.0	7.39			
	-2.789	29.79	31.0	7.37			
	-3.665	29.77	31.0	7.10			
	-4.620	29.70	31.0	6.80			
	-5.510	29.57	31.1	5.24			

เวลา	ความลึก (เมตร)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (psu)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ทิศทางลม (องศา)	ระดับน้ำ /ความลึกน้ำ(เมตร)
	-6.200	29.44	31.1	4.51			
	-7.200	29.44	31.1	4.51			
19.30	-0.378	29.61	31.0	6.57	4.6	180	7.5
	-1.522	29.62	31.0	6.58			
	-2.651	29.63	31.0	6.55			
	-3.620	29.62	31.1	6.49			
	-4.402	29.62	31.1	6.46			
	-5.520	29.63	31.1	6.40			
	-6.344	29.62	31.1	6.25			
	-7.500	29.62	31.1	6.25			
20.30	-0.631	29.60	31.0	6.45	6.7	165	7.3
	-1.550	29.60	31.1	6.52			
	-2.584	29.61	31.1	6.52			
	-3.549	29.61	31.1	6.51			
	-4.561	29.61	31.1	6.50			
	-5.641	29.61	31.1	6.49			
	-6.336	29.61	31.1	6.48			
	-7.300	29.61	31.1	6.48			
22.30	-0.609	29.54	31.0	6.49	5.6	180	6.9
	-1.762	29.56	31.0	6.46			
	-2.969	29.57	31.0	6.43			
	-4.084	29.57	31.1	6.40			
	-5.761	29.56	29.6	6.17			
	-6.900	29.56	29.6	6.17			
0.00	-0.401	29.49	31.0	6.29	3.8	170	6.4
	-1.960	29.50	31.0	6.30			
	-3.404	29.51	31.0	6.30			
	-4.879	29.52	31.0	6.24			
	-6.400	29.52	31.0	6.24			
1.00	-0.357	29.46	31.0	6.48	3.9	166	5.8
	-1.557	29.46	31.0	6.49			
	-2.733	29.47	31.0	6.48			
	-4.727	29.47	31.0	6.42			
	-5.800	29.47	31.0	6.42			
2.00	-0.557	29.47	31.0	6.76	6	173	5.7
	-1.581	29.48	31.1	6.79			
	-2.571	29.48	31.1	6.78			
	-3.343	29.48	31.1	6.76			
	-4.688	29.48	31.1	6.72			
	-5.700	29.48	31.1	6.72			
3.00	-0.767	29.48	31.0	6.65	5.3	165	5.9
	-1.881	29.49	31.0	6.66			
	-3.125	29.49	31.1	6.65			
	-4.275	29.49	31.1	6.64			
	-4.679	29.49	31.1	6.57			
	-5.900	29.49	31.1	6.57			
4.00	-0.567	29.44	30.9	9.88	4.9	198	5.8
	-1.663	29.45	31.0	6.89			
	-2.802	29.46	31.0	6.87			
	-3.880	29.46	31.0	6.84			

เวลา	ความลึก (เมตร)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (psu)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ทิศทางลม (องศา)	ระดับน้ำ /ความลึกน้ำ(เมตร)
	-4.825	29.46	31.0	6.80			
	-5.800	29.46	31.0	6.80			
5.00	-0.478	29.43	30.9	5.60	2.6	200	6.3
	-1.818	29.43	30.9	5.57			
	-3.224	29.43	30.9	5.54			
	-4.271	29.44	30.9	5.47			
	-5.382	29.44	30.9	5.43			
	-6.300	29.44	30.9	5.43			
6.00	-0.518	29.41	30.9	6.56	3.8	200	6.3
	-1.978	29.38	30.8	6.50			
	-2.895	29.42	30.9	6.50			
	-3.958	29.39	30.9	6.50			
	-4.980	29.42	30.9	6.49			
	-5.344	29.43	30.9	6.49			
	-6.300	29.43	30.9	6.49			
7.00	-0.672	29.36	31.2	6.33	3.5	190	6.6
	-1.876	29.38	31.2	6.29			
	-3.027	29.39	31.2	6.25			
	-4.055	29.39	31.2	6.28			
	-5.111	29.39	31.3	6.28			
	-5.616	29.38	31.2	6.27			
	-6.600	29.38	31.2	6.27			
8.00	-0.691	29.33	30.9	6.92	4.1	210	6.4
	-1.477	29.35	31.0	6.88			
	-2.400	29.36	31.0	6.81			
	-3.410	29.37	31.0	6.75			
	-4.673	29.40	31.2	6.55			
	-5.329	29.40	31.2	6.29			
	-6.400	29.40	31.2	6.29			
9.00	-0.393	29.42	30.6	7.13	2.7	210	6
	-1.875	29.42	30.7	7.07			
	-2.687	29.48	30.9	6.12			
	-3.561	29.52	31.1	5.59			
	-4.998	29.48	31.3	5.51			
	-6.000	29.48	31.3	5.51			
10.00	-0.566	29.58	30.3	7.17	3.4	220	5.5
	-1.351	29.54	30.4	6.92			
	-2.682	29.50	30.4	9.73			
	-3.578	29.46	30.5	6.44			
	-4.654	29.51	31.0	5.54			
	-5.500	29.51	31.0	5.54			
11.00	-0.433	29.64	29.9	7.52	2.3	220	5
	-1.501	29.59	29.9	7.14			
	-2.652	29.57	29.9	6.76			
	-3.653	29.38	30.2	6.06			
	-4.061	29.36	30.6	5.84			
	-5.000	29.36	30.6	5.84			
12.00	-0.594	29.69	29.2	6.44	6	180	4.8
	-1.596	29.67	29.2	6.14			
	-2.608	29.63	29.3	6.02			

เวลา	ความลึก (เมตร)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (psu)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ทิศทางลม (องศา)	ระดับน้ำ /ความลึกน้ำ(เมตร)
	-3.838	29.39	30.7	5.47			
	-4.800	29.39	30.7	5.47			
12.30	-0.418	29.67	29.2	6.43	5.3	180	4.8
	-1.710	29.67	29.2	6.20			
	-2.845	29.63	29.3	6.05			
	-3.545	29.42	30.8	5.28			
	-4.800	29.42	30.8	5.28			