

ผลการศึกษาในครั้งนี้ให้ผลที่สอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ อาทิเช่น NEDECO (1965), Buranapratheprat et. al. (2006), Sojisuporn and Saramul (2007) และ สุทัศน์ วิสกุล (2550) พบการไหลเวียนของน้ำกันอ่าวแบบทวนเข็มนาฬิกาในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และการไหลเวียนแบบตามเข็มนาฬิกาในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อใช้ลมตัวแทนแต่ละฤดูที่มีความเร็วและทิศทางคงที่ขับเคลื่อนการไหลเวียนของน้ำในอ่าวไทยตอนบน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ลมเฉลี่ยที่ตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดอากาศ 6 แห่งมาขับเคลื่อนการไหลเวียนของน้ำ โดยลมที่ตรวจวัดจริงมีความแปรปรวนทั้งทิศทางและความเร็วจึงทำให้ได้การไหลของน้ำที่มีความเร็วต่ำ ผลการศึกษานี้ยืนยันรูปแบบการไหลสุทธิของน้ำบริเวณกันอ่าวว่าหากลมพัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้จะทำให้น้ำไหลจากฝั่งตะวันตกไปฝั่งตะวันออก ลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือทำให้มวลน้ำไหลจากฝั่งตะวันออกไปทางทิศตะวันตก ลมจากทิศใต้ทำให้น้ำไหลเลียบฝั่งเข้าสู่กันอ่าว

การจำลองทิศทางและความสูงคลื่นจากข้อมูลลม

เมื่อจำลองข้อมูลกระแสน้ำเรียบร้อยแล้ว ต่อมาคำนวณความสูงคลื่นที่สำคัญและคาบคลื่นจากความสัมพันธ์กับข้อมูลลมเนื่องจากไม่มีข้อมูลคลื่นตรวจวัดในภาคสนามที่ยาวนานต่อเนื่อง ในเบื้องต้นใช้ข้อมูลลมที่สถานีน้ำร่องซึ่งตั้งอยู่ที่สันดอนนอกปากแม่น้ำเจ้าพระยาระหว่างปี 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. จึงจำเป็นต้องมีการประมาณค่าความเร็วลมในชั่วโมงที่ไม่ได้ทำการตรวจวัดโดยถ่ายโยงค่าแบบเชิงเส้นเฉพาะความเร็วลมเท่านั้น ส่วนทิศทางลมจะกำหนดตามค่าที่ตรวจวัดได้ในชั่วโมงใกล้เคียง

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

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

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

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

$$\frac{U_w}{U_L} = -0.317797 \ln(U_L) + 1.88576 \quad 9.6$$

เมื่อ U_w = ความเร็วลมเหนือผิวน้ำทะเล
 U_L = ความเร็วลมเหนือแผ่นดิน

ข้อมูลลมที่สถานีน้ำร่องไม่จำเป็นต้องแปลงข้อมูลเพราะสถานีตรวจวัดตั้งอยู่ในทะเลและเครื่องวัดลมอยู่เหนือระดับน้ำทะเล 10 เมตรอยู่แล้ว แต่ตรวจวัดเพียง 10 นาทีจึงต้องให้เป็นข้อมูลในรอบ 60 นาทีตามสมการ 9.7

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

เมื่อ U_{hr} = ความเร็วลมในรอบ 1 ชั่วโมง

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

Duration = ระยะเวลาในการตรวจวัดลม 10 นาที (หน่วยเป็นนาที)

ลมทำให้เกิดความเค้นเฉือนที่ผิวน้ำซึ่งจะผลักดันให้เกิดคลื่นในที่สุดตามสมการ 9.8

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

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))

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

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

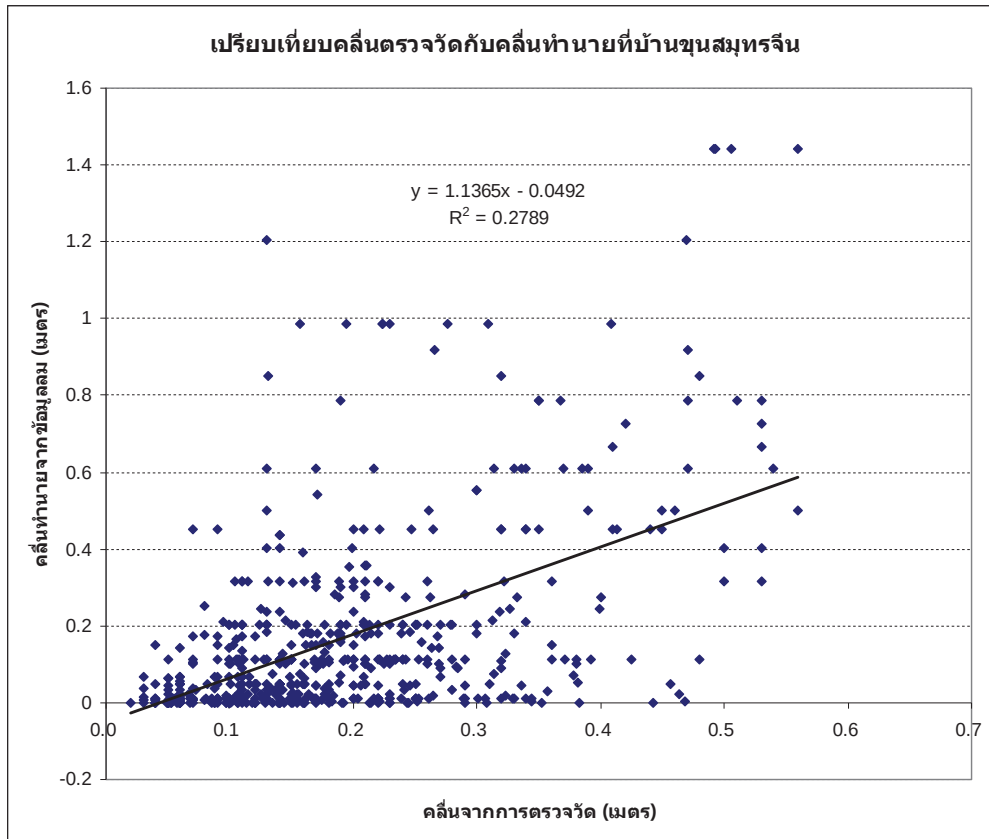
$$g = 9.81 \text{ m/s}$$

ความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบคลื่นตามสมการข้างต้นเป็นค่าสำหรับคลื่นที่พัฒนาจนเต็มที่ในทะเล (fully arisen sea, FAS) ซึ่งไม่มีข้อจำกัดด้านความเร็วลม ระยะเวลาที่ลมพัด และระยะทางผิวน้ำที่ลมพัดผ่าน (fetch) สำหรับพื้นที่บ้านขุนสมุทรจีนจะมีข้อจำกัดเรื่องระยะทางผิวน้ำซึ่งจะทำให้คลื่นไม่สามารถพัฒนาได้เต็มที่ (ความสูงคลื่นนัยสำคัญต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้) จึงต้องคูณค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญตามสมการ 2.3.9 ด้วยแฟคเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะผิวน้ำโดยแบ่งทิศทางลมออกเป็น 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

เมื่อคำนวณความสูงคลื่นนัยสำคัญจากข้อมูลลมที่สถานีน้ำร่องในปี พ.ศ. 2549 – 2553 แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลคลื่นจากการตรวจวัดเท่าที่มีแล้วปรากฏว่าได้ความสัมพันธ์ที่ไม่ค่อยดีด้วยเหตุผลอย่างน้อย 3 ประการคือ 1) ค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญที่คำนวณได้มีค่าเป็นศูนย์เพราะลมที่ตรวจวัดมีค่าเป็นศูนย์ในขณะที่คลื่นจากการตรวจวัดมีค่าไม่เป็นศูนย์ 2) ข้อมูลลมเป็นค่าสูงสุดที่ตรวจวัดได้ในรอบ 10 นาทีทำให้คำนวณความสูงคลื่นนัยสำคัญได้เกินความเป็นจริงไปในบางโอกาส 3) คลื่นจากทะเล (swell) สามารถเคลื่อนเข้ามาในพื้นที่ได้โดยไม่จำเป็นต้องเกิดลมในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นข้อมูลลมจากสถานีน้ำร่องเพียงแห่งเดียวจึงไม่เพียงพอที่จะเป็นตัวแทนกำเนิดคลื่นในพื้นที่ศึกษาได้ จึงแก้ไขโดยการนำข้อมูลเฉลี่ยรอบอ่าวไทยตอนบนหรือบางส่วนของอ่าวไทยตอนล่างจำนวน 6 สถานีมาเป็นตัวแทนลมที่ทำให้เกิดคลื่นในอ่าวไทยตอนบน สถานีตรวจวัดได้แก่ สถานีน้ำร่อง สถานีแหลมฉะบอง สถานีสัตหีบ สถานีเพชรบุรี สถานีหัวหิน และสถานีชุมพร

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



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

การจำลองอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่ง

เมื่อได้ข้อมูลกระแสน้ำ คลื่น และขนาดอนุภาคตะกอนแล้วลำดับต่อไปเป็นการคำนวณอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่งโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขอีกชุดหนึ่งซึ่งพัฒนาโดย Nielsen (ค.ศ. 2000) แบบจำลองนี้ใช้สำหรับอนุภาคทรายแต่เรานำมาใช้กับอนุภาทรายแป้งซึ่งเป็นตะกอนหลักที่บ้านขุนสมุทรจีน 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)

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

9.11

เมื่อ u = ความเร็วเฉลี่ยตามความลึก

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

f_c = ตัวคูณความเสียดทาน สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่พื้นขรุขระ (rough turbulent flow)

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

h = ความลึกน้ำ

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

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

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

$$\text{เมื่อ } k'_{s,c} = 3d_{90}$$

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

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 ($\tau_{b,w}$) ได้ตั้งสมการ (9.13)

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

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นน้ำ

U_δ = ค่าสูงสุดของ orbital velocity ที่บริเวณผิวพื้นท้องน้ำ

f_w = ตัวคูณความเสียดทาน สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่พื้นขรุขระ (rough turbulent flow)

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

สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่พื้นเรียบ (smooth turbulent flow) f_w มีสมการ (9.14)

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

เมื่อ A_δ = ค่าสูงสุดของ wave orbital ที่บริเวณผิวพื้นท้องน้ำ

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

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

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

เมื่อ $k'_{s,w} = 3d_{90}$

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

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

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

สำหรับ $\psi > 12$, Δr จะมีค่าดังสมการ (9.17)

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

เมื่อ ψ = sediment mobility parameter

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

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

การเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำเป็นเรื่องที่มีความสลับซับซ้อน จากการศึกษาโดยวิธีวิเคราะห์และห้องปฏิบัติการ ทำให้เข้าใจว่าการทำให้หน้าไหลแรงขึ้นเนื่องจากการกระทำของคลื่นสามารถอธิบายได้จาก 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)

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

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

เมื่อ $\bar{U}_\delta$ = ความเร็วสูงสุดของเวกเตอร์ความเร็วคลื่นใกล้ท้องน้ำ
 $\bar{v}_r$ = 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

$$\bar{\tau}_{b,cw} = \bar{\tau}_{b,c} + \bar{\tau}_{b,w} \quad 9.20$$

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

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

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

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

เมื่อ w_s = fall velocity สำหรับตะกอนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง d^*
 ν = kinetic viscosity สำหรับน้ำ
 T_e = อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
 d^* = ขนาดของตะกอนที่สัมพันธ์กับ fall velocity

จุดวิกฤตที่ทำให้ตะกอนทรายเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลของ steady flow จะพิจารณาจาก Shields criteria (1936) (Nielsen, 2000) สำหรับทรายบริเวณเอสทูรี ($d_{50} = 0.2 \text{ mm}$) สำหรับกระแสน้ำที่วัดเหนือพื้นท้องทะเล 1 เมตร ความแรงที่จะทำให้ตะกอนทรายเกิดการเคลื่อนตัวได้ (ไม่มีอิทธิพลจากคลื่น) คือค่าประมาณ 0.2 เมตรต่อวินาที

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

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

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

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

ค่าการเคลื่อนของตะกอนเนื่องจาก current-related suspended load คำนวณได้จากการอินทิเกรตตลอดความลึกน้ำคูณด้วยความเร็วและความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยดังสมการ (22)

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

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)

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

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 $\hat{U}_{\delta,min}$
 $\alpha = 0.3$

ค่าอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนเฉลี่ยตามเวลาสุทธิตัว (q'_t) เนื่องจากอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำคำนวณได้โดยการหาผลรวมของเวกเตอร์ดังสมการ (24)

$$q'_t = \sqrt{q'^2_c + q'^2_w + 2|q'_c||q'_w| \cos \phi} \quad 9.26$$

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 ทิศทางและ/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
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 1	2.21	0.18	182
	ตะวันตกเฉียงใต้	6.78	3.30	46
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 2	1.36	0.96	88
2550	รวมทั้งปี	36.93	13.62	68
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	10.94	8.24	75
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 1	6.45	4.96	30
	ตะวันตกเฉียงใต้	16.87	4.29	59
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 2	1.20	0.70	96
2551	รวมทั้งปี	41.40	24.79	66
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	17.84	14.71	79
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 1	3.14	0.06	106
	ตะวันตกเฉียงใต้	14.29	6.94	57
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 2	0.01	0.00	251
2552	รวมทั้งปี	27.01	14.51	81
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	20.30	12.40	82
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 1	2.20	0.19	240
	ตะวันตกเฉียงใต้	4.27	0.95	56
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 2	0.01	0.00	181
2553	รวมทั้งปี	21.90	5.23	48
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	5.95	3.90	60
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 1	3.88	1.00	245
	ตะวันตกเฉียงใต้	10.86	2.54	33
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 2	0.17	0.09	273
2554	รวมทั้งปี	26.60	16.70	83
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	21.66	15.78	84
	เปลี่ยนนรสม ครั้งที่ 1	2.19	0.24	53
	ตะวันตกเฉียงใต้	1.95	0.59	56
	เปลี่ยนนรสม 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) แสดงว่าตัวเลขประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนบริเวณกันอ่าวไทยมีขนาดประมาณนี้ ทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนไปทางตะวันออกเข้าสู่ปากทรงน้ำเจ้าพระยาซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุให้เกิดสันดอนปากแม่น้ำเจ้าพระยา

การเคลื่อนตัวของตะกอนรวม (gross transport) มีค่ามากกว่าตะกอนสุทธิกว่าเท่าตัว แสดงว่าตะกอนเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้ามหรือทุกทิศทาง เมื่อนำมาคำนวณค่าสุทธิจึงได้น้อยกว่าปริมาณการเคลื่อนตัวโดยรวม จากรูปแบบการไหลของน้ำสุทธิที่กันอ่าวไทยตอนบนพบว่ามวลน้ำจะไหลไปทางทิศตะวันตกในฤดูมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือรุนแรงกว่าการไหลไปทางทิศตะวันตกในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 9.7, 9.9) แต่การเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิไปทางทิศตะวันออกทุกปีจึงแสดงว่าในบริเวณที่ศึกษามีกระแสน้ำอย่างอื่นซึ่งไม่ใช่กระแสน้ำเนื่องจากลมมามีผลต่อการเคลื่อนตัวของตะกอน ตัวอย่างเช่นกระแสน้ำหมุนวนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งเกิดจากมวลน้ำที่ไหลเข้า-ออกปากแม่น้ำทำให้เกิดกระแสน้ำหมุนวนข้างๆ ร่องน้ำ

เมื่อพิจารณาการเคลื่อนตัวของตะกอนตามฤดูกาลจะสอดคล้องกับการเคลื่อนตัวของกระแสน้ำสุทธิตามฤดูกาล โดยตะกอนจะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ดันน้ำที่กันอ่าวไทยตอนบนให้ไหลจากฝั่งตะวันตกไปทางทิศตะวันออก ตะกอนจากเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเมื่อลมจากทิศตะวันออก/ตะวันออกเฉียงเหนือดันน้ำที่กันอ่าวให้ไหลไปทางทิศตะวันตก ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะกอนส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกถึงแม้ว่าจะไม่มีการไหลของมวลน้ำสุทธิที่กันอ่าวแสดงว่าอาจมีกระแสน้ำหมุนวนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งเกิดจากมวลน้ำที่ไหลเข้า-ออกปากแม่น้ำทำให้เกิดกระแสน้ำสุทธิไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในบริเวณที่ทำการศึกษ

การตรวจสอบความถูกต้องของตัวเลขการเคลื่อนตัวของตะกอนจากข้อมูลตรวจวัดจริงพบว่าทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนสอดคล้องกันคือเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเป็นส่วนใหญ่เป็นส่วนใหญ่ การเปรียบเทียบปริมาณและทิศทางในวันที่ตรวจวัดค่อนข้างทำได้ยากเนื่องจากผลการตรวจวัดตามโครงการนี้มีความแปรปรวนเรื่องทิศทางการเคลื่อนที่ในแต่ละระดับ ทั้งนี้ในสภาพความเป็นจริงแล้วการขุ่นขึ้นของตะกอนแขวนลอยไม่ได้เกิดจากการกระทำของคลื่น+กระแสน้ำชายฝั่งเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีตะกอนมาจากแม่น้ำ/ลำคลอง อีกทั้งเรืออวนลาก-อวนรุนหรือแม้กระทั่งการสัญจรของเรือขนาดเล็กริมฝั่ง ทำให้ข้อมูลตรวจวัดไม่ได้เป็นตัวแทนการเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากคลื่นลมตามฤดูกาล การใช้เครื่องดักตะกอนในอนาคตต้องเลือกบริเวณที่หลบเลี่ยงกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ออวางเครื่องดักตะกอนในแปลงหอย เป็นต้น

สรุปผลการศึกษา

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

เอกสารอ้างอิง

- คงวัฒน์ นิละศรี .2524 .ผลการวิเคราะห์กระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนระหว่างช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม .ในการ
สัมมนาครั้งที่ 2การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย 28-26พฤษภาคม
พ.ศ.2524 .
- เจษฎา จิราภรณ์ และปราโมทย์ เจีย .2525 .การศึกษาอิทธิพลของกระแสลมต่อการไหลเวียนของมวลน้ำในอ่าวไทย
ตอนบนจากหุ่นจำลองและทฤษฎีกระแสน้ำแรงบิดโคริโอลิส .การสัมมนาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 2
11-8กันยายน พ.ศ.2525 .
- ถาวร พงศ์พิพัฒน์ และวินัย เลิศมหาวงษ์ .2522. ลักษณะของคลื่นในอ่าวไทยตอนบน .รายงานสรุปผลการสัมมนา
วิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 28-30 พฤษภาคม 2522 สำนักงานคณะกรรมการ
วิจัยแห่งชาติ หน้า 141.
- ปราโมทย์ ไชยสุกร และสุริยันธ์ สารมุล .พ.ศ .2549 .การศึกษาสมุทรศาสตร์ฟิสิกส์บริเวณอ่าวไทยตอนในฝั่ง
ตะวันตก .ในการมีส่วนร่วมชุมชนในการจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ
ทะเลสาบสงขลาและลุ่มน้ำท่าจีน-แม่กลอง .วันที่ 27-26กันยายน พ.ศ 2549 .โรงแรมเมขลา อำเภอ
ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี
- สุทัศน์ วิสสุกุล. 2551. โครงการจัดทำแผนหลักและแผนปฏิบัติการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณอ่าวไทย
ตอนบน เสนอต่อกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ วันศุกร์ที่ 5 กันยายน 2551 โรงแรมทวินทาวเวอร์ กรุงเทพฯ
- SEATEC. 1996. รายงานศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม และการออกแบบ
เบื้องต้นเพื่อแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน 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., Vicharangsang, 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., Rungsupha, 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., Sojisuorn, 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.
- Sojisuorn, 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/กักเซาะตะกอนท้องน้ำ การกักเซาะฐานรากของโครงสร้าง การตรวจวัดคลื่น การร่วมออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน เป็นต้น ซึ่งผู้ช่วยวิจัยจะได้รับคำอธิบายเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการสำรวจ ตลอดจนวิธีการสำรวจ ส่วนการวิเคราะห์ผลค่อนข้างซับซ้อนจึงไม่ได้ให้ผู้ช่วยนักวิจัยร่วมดำเนินการ การมีส่วนร่วมในการสำรวจทำให้ชุมชนมีความเชื่อถือในข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่น



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



บทที่ 11

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลจากการดำเนินโครงการ

จากต้นแบบเสาสามเหลี่ยมปักเป็นแนวเรียงซ้อนกันแบบสลับห่างจำนวน 3 แถว ที่ชื่อว่า “ขุนสมุทรจีน 49A2” ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ชายฝั่งบ้านขุนสมุทรจีน อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ และได้รับการประเมินประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่นเป็นเวลา 2 ปี พบว่าเขื่อนสลายกำลังคลื่นช่วยลดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง มีการเพิ่มขึ้นของตะกอนท้องน้ำ และเกิดความอุดมสมบูรณ์ทางชีวภาพของพืชและสัตว์น้ำหลายชนิดมาแล้วนั้น ในโครงการวิจัยนี้ได้ติดตามและประเมินประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่น “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 จากการวิเคราะห์คลื่นหลังเขื่อนพบว่ากระแสน้ำหมุนวนเนื่องจากคลื่นสามารถทำให้อนุภาคตะกอนท้องน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่าทรายแบ่งย่อยเกิดการฟุ้งกระจายขึ้นมาได้ แต่พลังงานคลื่นไม่เพียงพอที่จะทำให้อนุภาคตะกอนดินเหนียวหรือทรายแบ่งย่อยฟุ้งกระจายขึ้นมาได้

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

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

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

ชุมชนจีน พบว่ามีการกัดเซาะพื้นที่ท้องทะเลเพียงเล็กน้อยบริเวณพื้นที่ท้องทะเลบริเวณแนวสำรวจที่กิโลเมตรที่ 5-12 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ท้องทะเลเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ประกอบกับไม่เกิดพายุจรพัดเข้ามาในพื้นที่ซึ่งจะทำให้พื้นที่ท้องทะเลเปลี่ยนแปลงได้อย่างฉับพลัน ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาข้อมูลอุทกนิยมนิเวศวิทยา ระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2553 ที่พบการเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทางลมตามฤดูกาล แต่ความเร็วลมไม่รุนแรงเกินสภาพที่เป็นอยู่และไม่มีพายุจรเคลื่อนเข้ามาในพื้นที่ จึงไม่พบการกัดเซาะชายฝั่งและท้องน้ำที่รุนแรงอันเนื่องจากลมหรือพายุ ดังนั้นเรายังไม่ทราบประสิทธิภาพของเขื่อนสลายกำลังคลื่นภายใต้สภาวะลมฟ้าอากาศที่รุนแรง

5) การตรวจการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำและตะกอนแขวนลอยตามฤดูกาลพบความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างมากซึ่งสาเหตุหนึ่งน่าจะมาจากกิจกรรมมหาสมุทรทะเลด้วยวิธีการต่างๆ ใกล้เคียง กับจุดวางเครื่องดักตะกอนทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนที่ไม่ได้เป็นไปตามอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำ อย่างไรก็ตามทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนยังคงสอดคล้องกับทิศทางคลื่นตามฤดูกาล ขนาดอนุภาคตะกอนในกระบอกดักตะกอนก็สอดคล้องกับความรุนแรงของคลื่นในแต่ละฤดูกาลโดยช่วงคลื่นแรงจะพบสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวมากที่สุด ในกระบอกดักตะกอน ส่วนฤดูคลื่นไม่รุนแรงจะพบอนุภาทรายแบ่งเป็นองค์ประกอบหลัก

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

ข้อเสนอแนะ

หลังจากดำเนินโครงการเสร็จสิ้นตามวัตถุประสงค์แล้วก็ยังมีประเด็นบางประการที่การศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้ให้คำตอบที่ชัดเจนหรือควรศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นดังต่อไปนี้

1) ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อการทดลองเติมตะกอนให้ชายฝั่งทะเลบ้านชุมชนสมุทรจีนเนื่องจากตะกอนเคลื่อนที่เข้าสู่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาแล้วถูกขุดลอกไปทิ้งทะเลทำให้ไม่มีตะกอนกลับมาทดแทน ดังนั้นนอกจากจะมีโครงสร้างที่ช่วยลดพลังงานคลื่นให้น้อยลงแล้วควรมีการทดลองเติมตะกอนให้ชายฝั่งโดยการสูบน้ำตะกอนบางส่วนจากนอกชายฝั่งให้กลับเข้าสู่ระบบอีกครั้ง 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) หรือถ่ายข้อมูลจากเครื่องบันทึกระดับน้ำแบบดิจิทัล ทำการพล็อตกราฟผิวน้ำเพื่อหากระแสน้ำนิ่ง (still water level) หรือค่าระดับน้ำเฉลี่ยซึ่งแต่เดิมจะสังเกตด้วยสายตา ปัจจุบันสามารถหาค่าเฉลี่ยได้ง่ายเมื่อใช้แผ่นงาน EXEL หรือโปรแกรมอื่นที่ทำงานคล้ายกัน เมื่อได้ระดับน้ำนิ่งแล้วจึงอ่านความสูงคลื่นทุกคาบเวลาที่ต้องการ (เดิมเมื่อใช้กระดาษกราฟจะอ่านค่าทุกคาบเวลา 5 วินาที ได้ข้อมูลคลื่น 120 ค่า เมื่อใช้เครื่องวัดระดับน้ำดิจิทัลจะอ่านค่าทุกๆ 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

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

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

ค่าเฉลี่ย arm ได้จากการเฉลี่ยค่าของ a_{rms} , $H_1 a_{rms}$ และ $H_2 a_{rms}$

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 ที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีถ้อยค่า (interpolation) จากค่าสัดส่วนในแต่ละช่วง แล้วแทนค่า a_{rms} เผลี่ยก็จะได้ค่า $H_{1/3}$ และ $H_{1/10}$

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

ค่าคาบเฉลี่ยของลูกคลื่นที่ผ่านเส้นระดับน้ำนิ่งจากข้อมูลภายใน 10 นาที คำนวณได้จาก

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

และค่าคาบคลื่นที่มากที่สุดที่เกิดขึ้นได้คือ

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

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

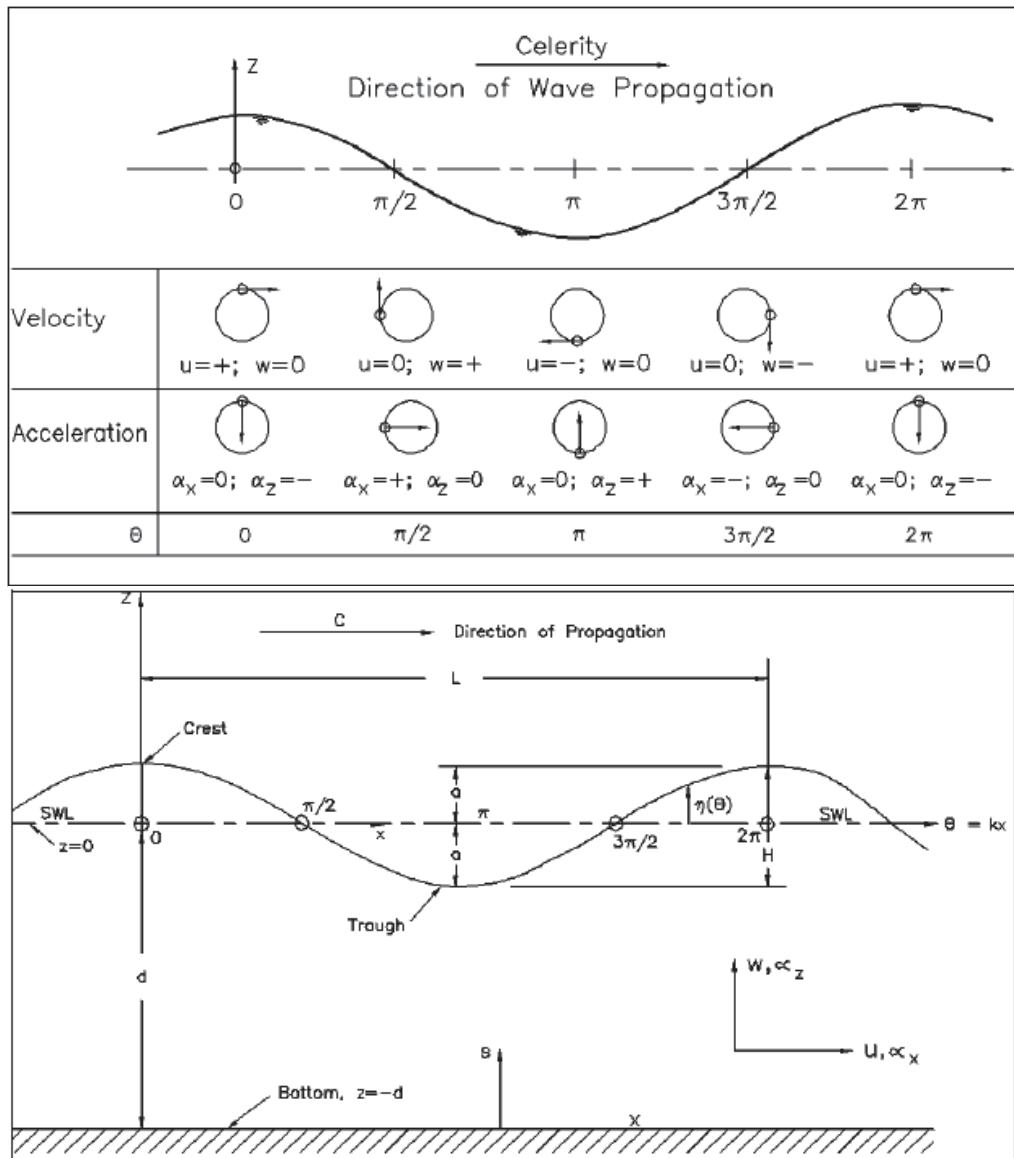
$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)$$

โดย	T	คือ	คาบคลื่น
	L	คือ	ความยาวคลื่น
	h	คือ	ความลึกน้ำ
	g	คือ	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ความเร็วกระแสน้ำหมุนวนสูงสุดใกล้ท้องน้ำ (U_s) คือ ความเร็วกระแสน้ำสูงสุดในแนวระนาบ (horizontal) ซึ่งเกิดจากคลื่น

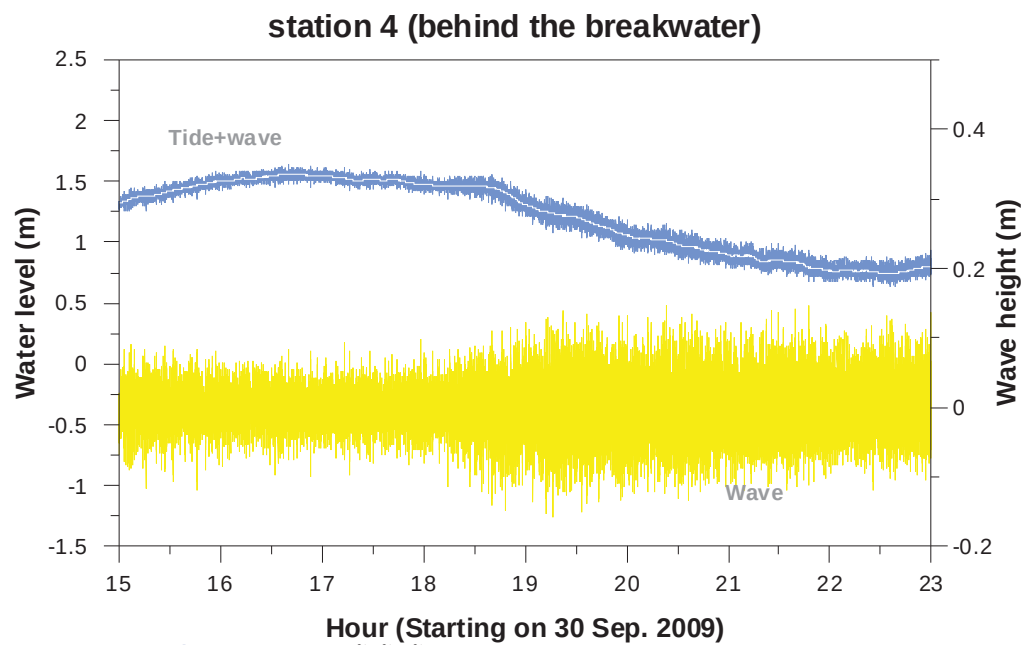
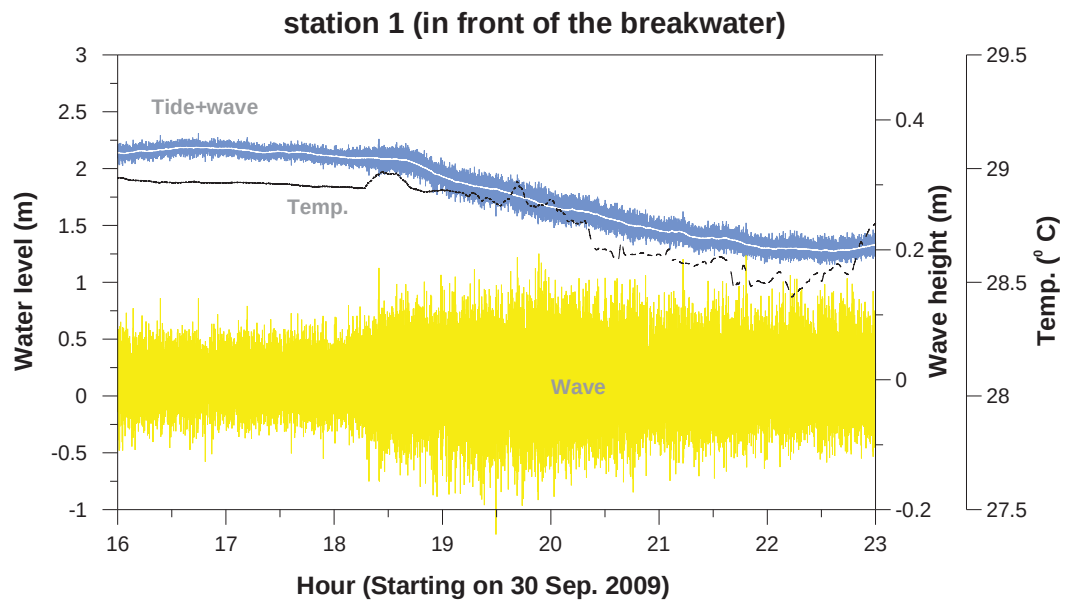
$$U_s = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos \theta$$

โดย T คือ คาบคลื่น
 L คือ ความยาวคลื่น
 H คือ ความสูงคลื่น



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

รูปกราฟและตารางการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่น

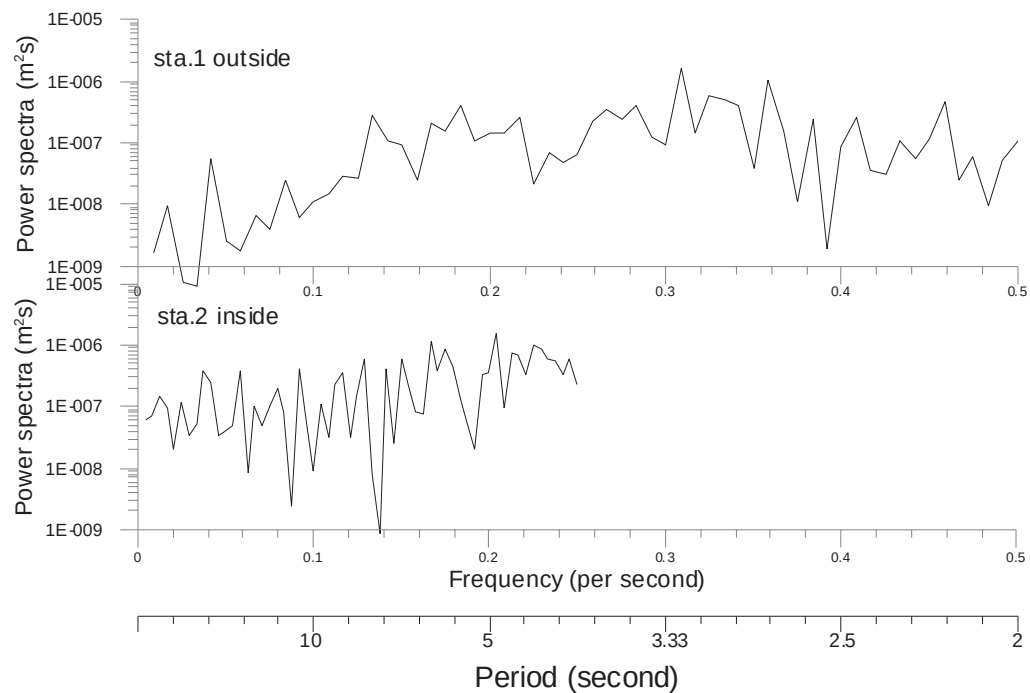


รูปที่ ก-2 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2552

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	
	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น		คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น
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

Fourier Transform on measured waves on 30 September 2009

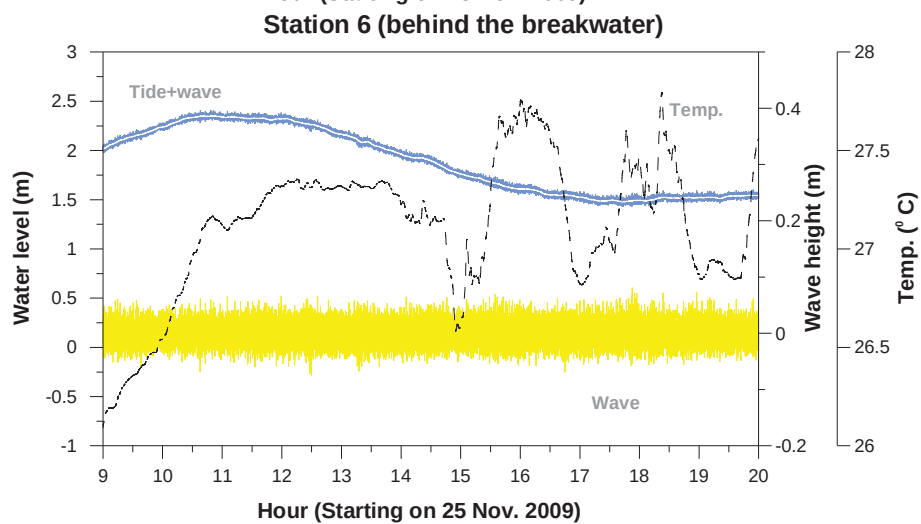
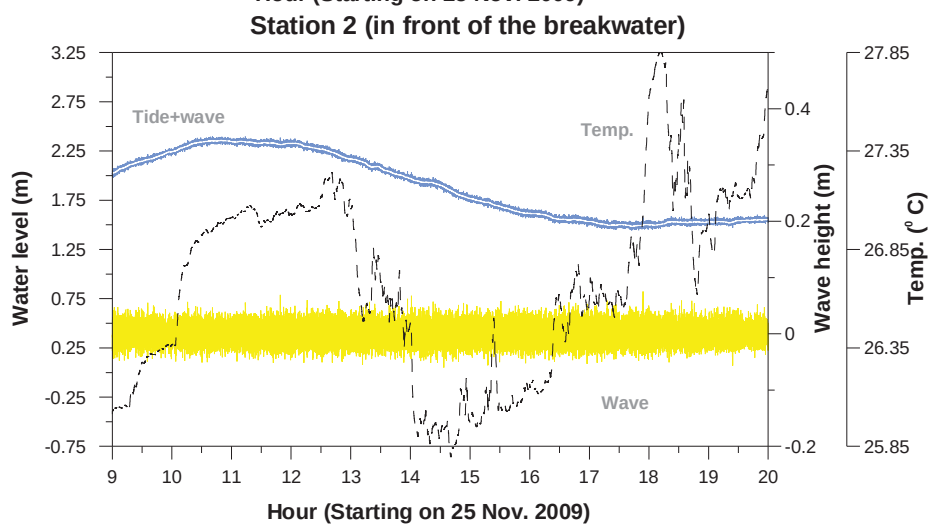
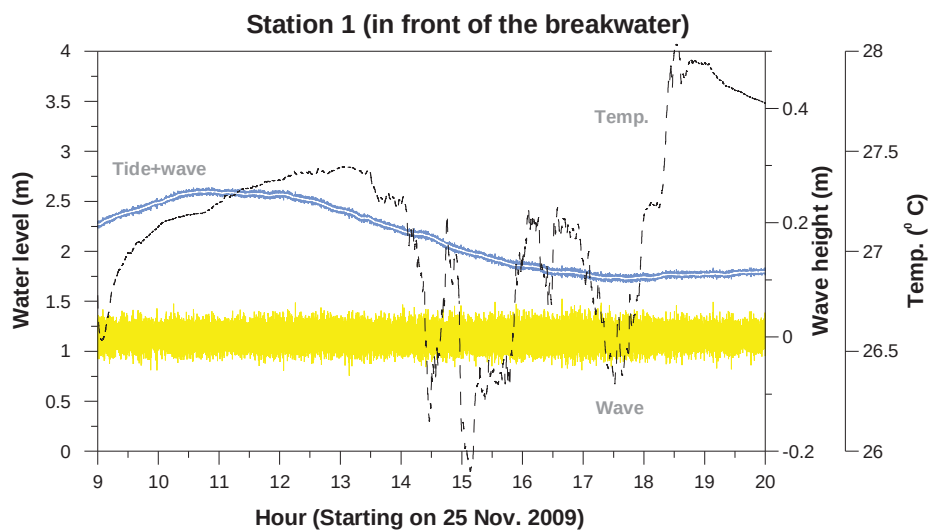


รูปที่ ก-3 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2552

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

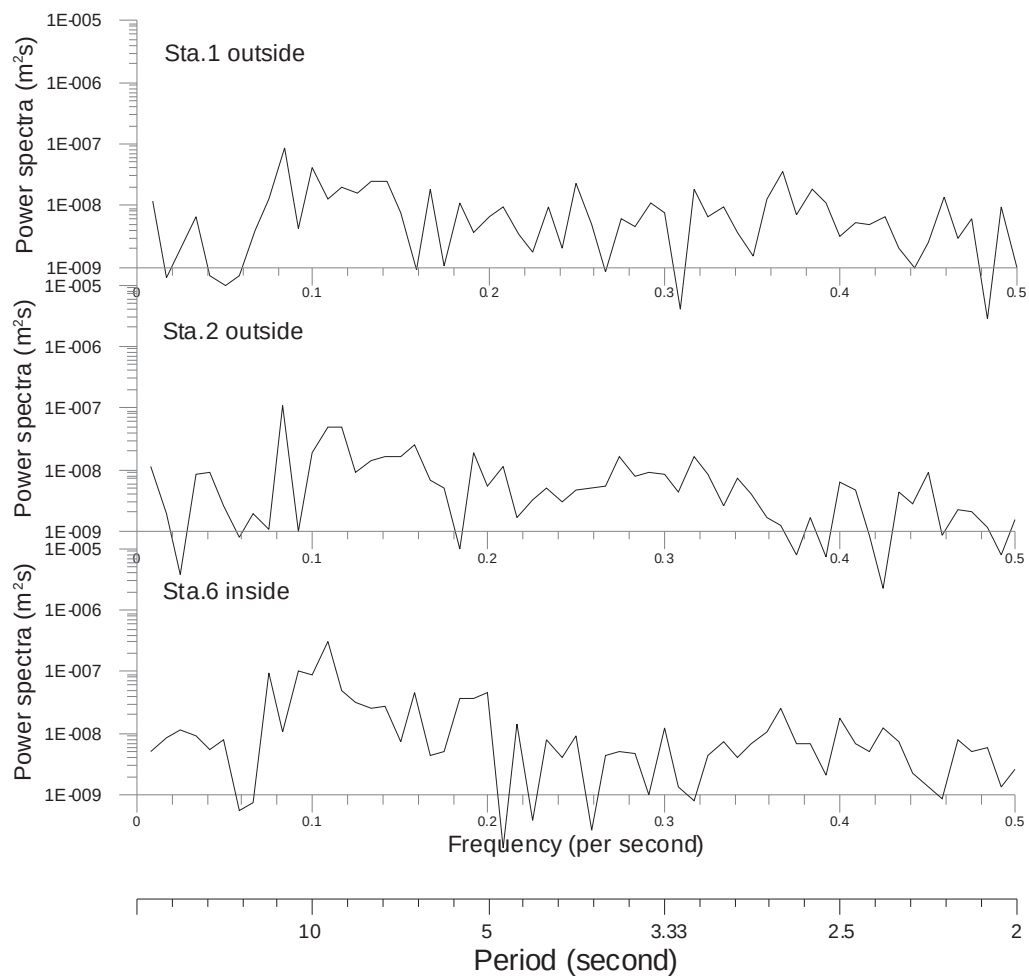
หน้าเชื่อน 1			หลังเชื่อน 4		
คาบคลื่น(s)	ความถี่(s ⁻¹)	พลังงาน(m ² s)	คาบคลื่น(s)	ความถี่(s ⁻¹)	พลังงาน(m ² s)
120.00	0.0083	1.68E-09	240.00	0.0042	6.01E-08
60.00	0.0167	9.60E-09	120.00	0.0083	7.21E-08
40.00	0.0250	5.58E-10	80.00	0.0125	1.48E-07
30.00	0.0333	4.52E-10	60.00	0.0167	9.26E-08
24.00	0.0417	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

หน้าเงื่อนไข 1			หลังเงื่อนไข 4		
คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน($m^2 s$)	คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน($m^2 s$)
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

Fourier Transform on measured waves on 25 November 2009



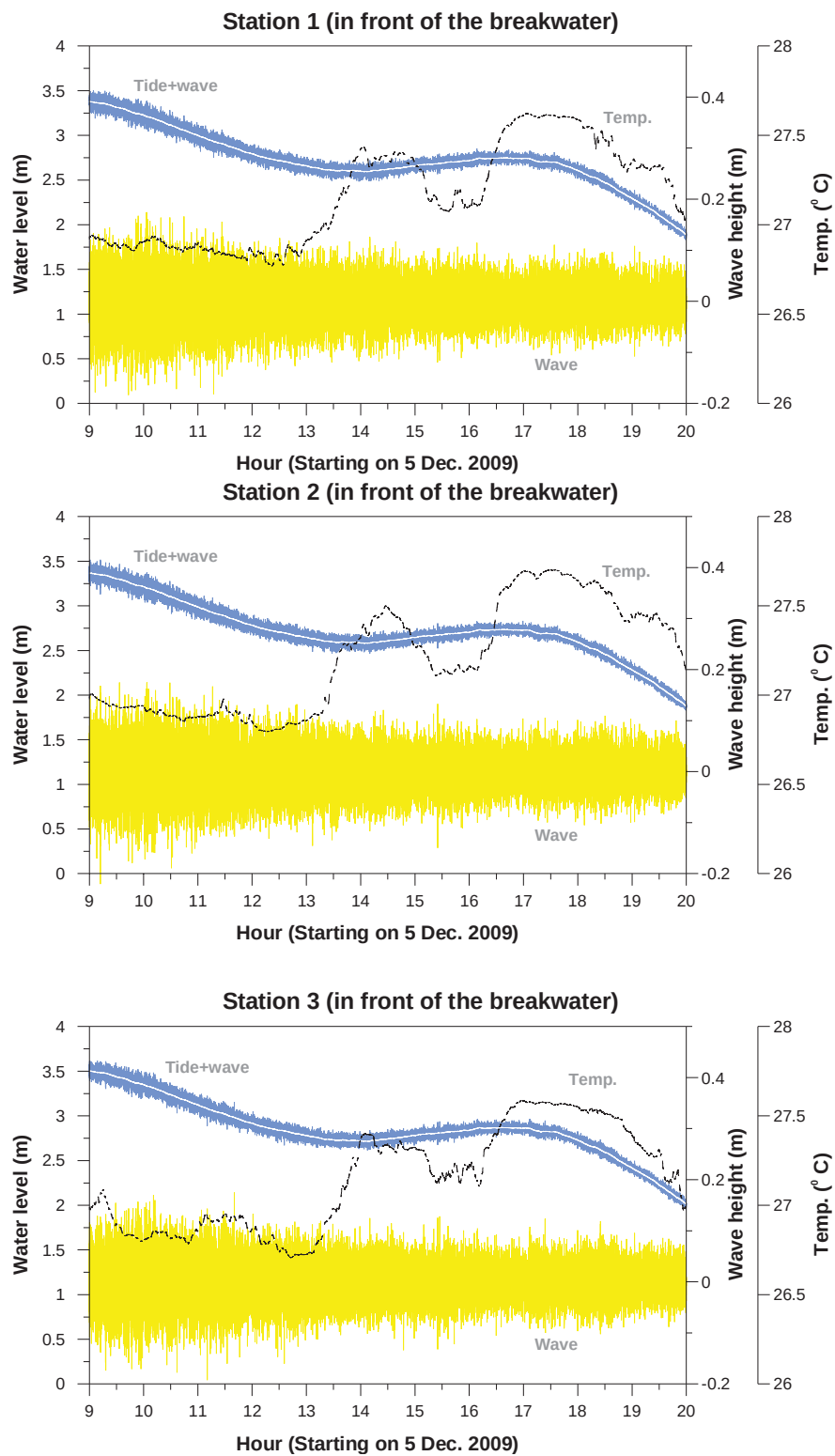
รูปที่ ก-5 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552

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

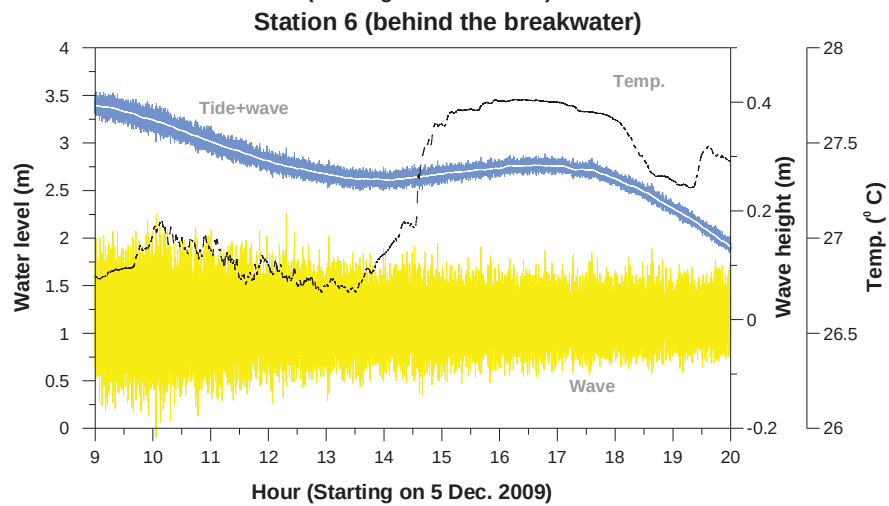
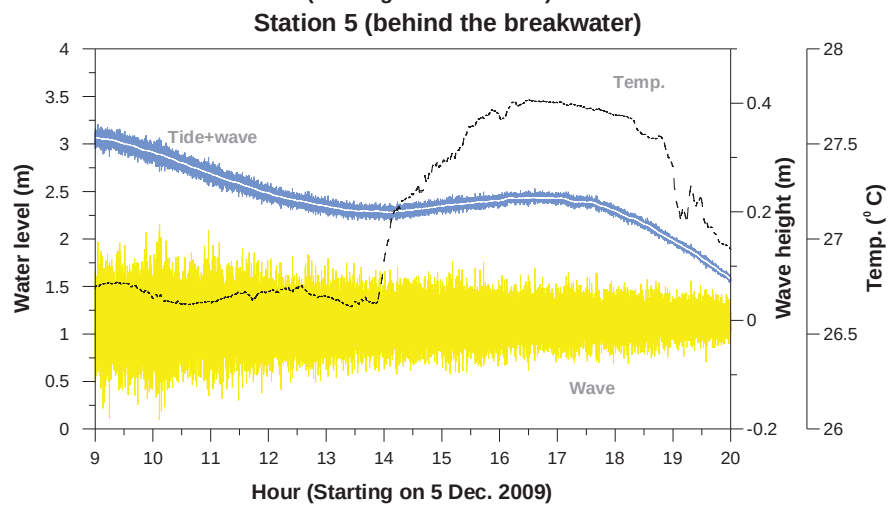
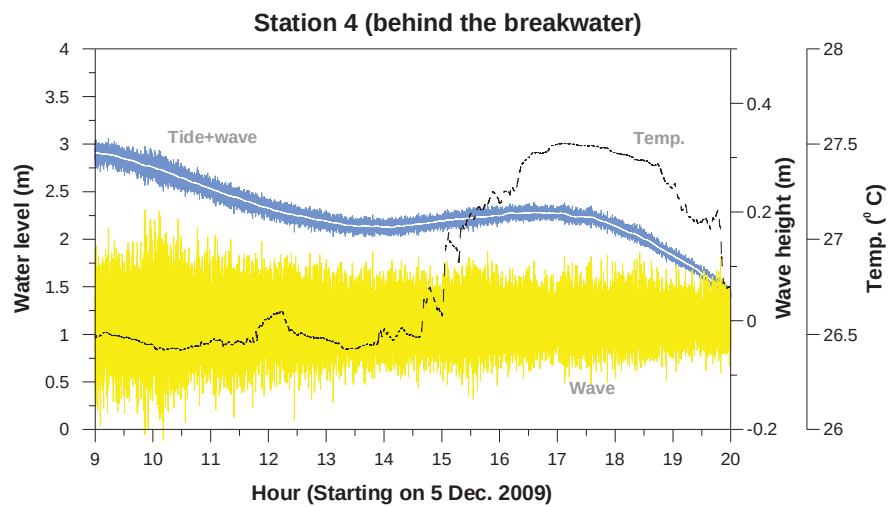
2552

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน($m^2 s$)		
		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 ² s)		
		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

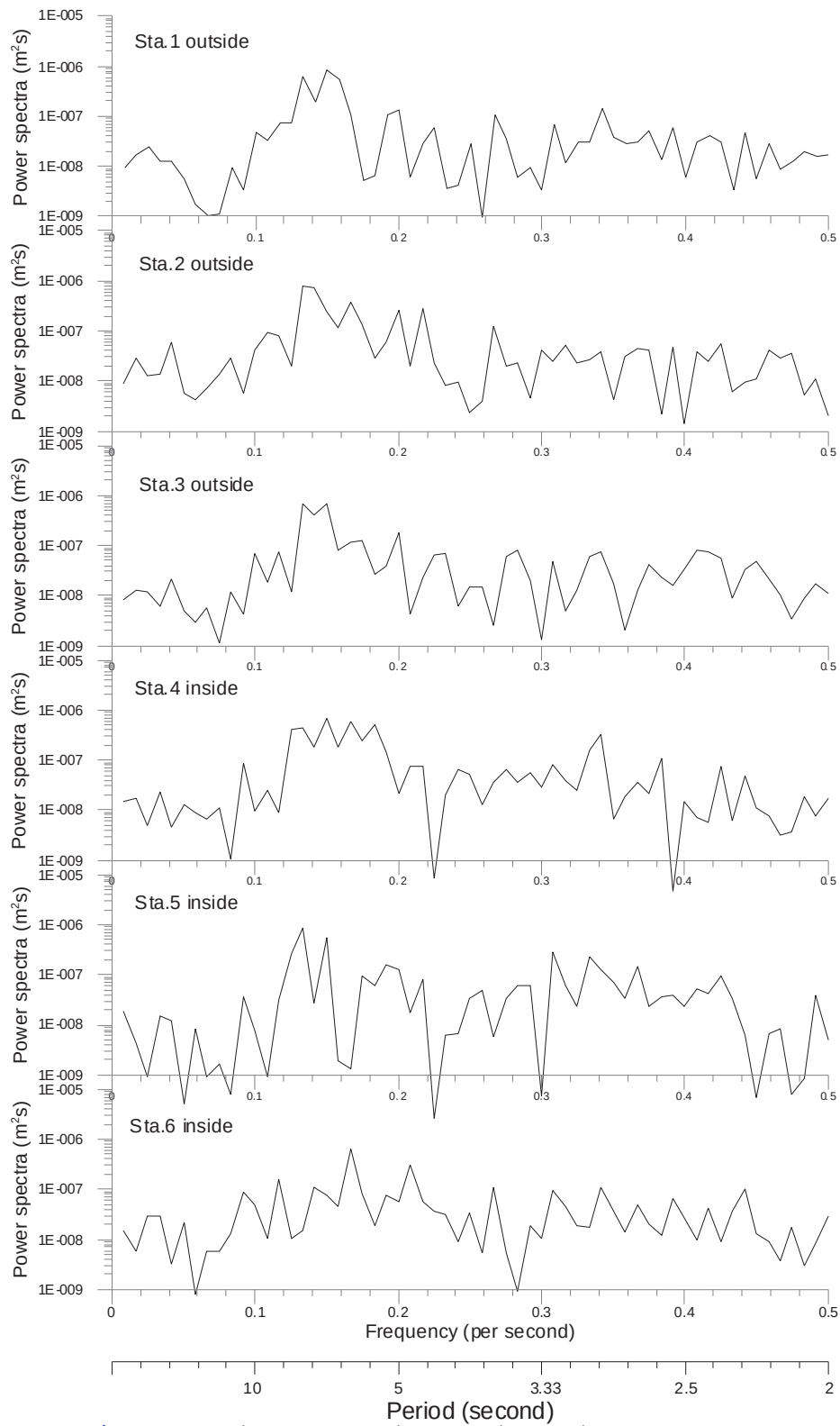


รูปที่ ก-7 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2552

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	
	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	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
25 ธันวาคม 2552												
เวลา	หน้าเขื่อน 1		หน้าเขื่อน 2		หน้าเขื่อน 3		หลังเขื่อน 4		หลังเขื่อน 5		หลังเขื่อน 6	
	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	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

Fourier Transform on measured waves on 5 December 2009

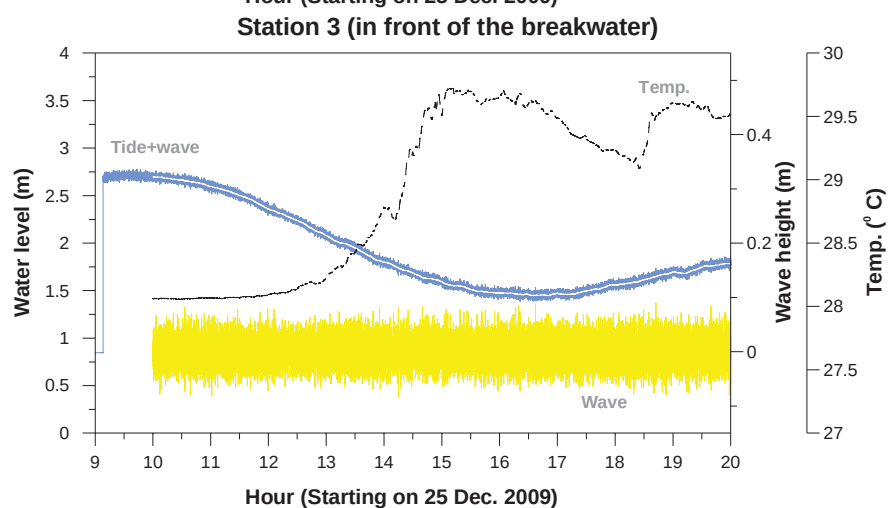
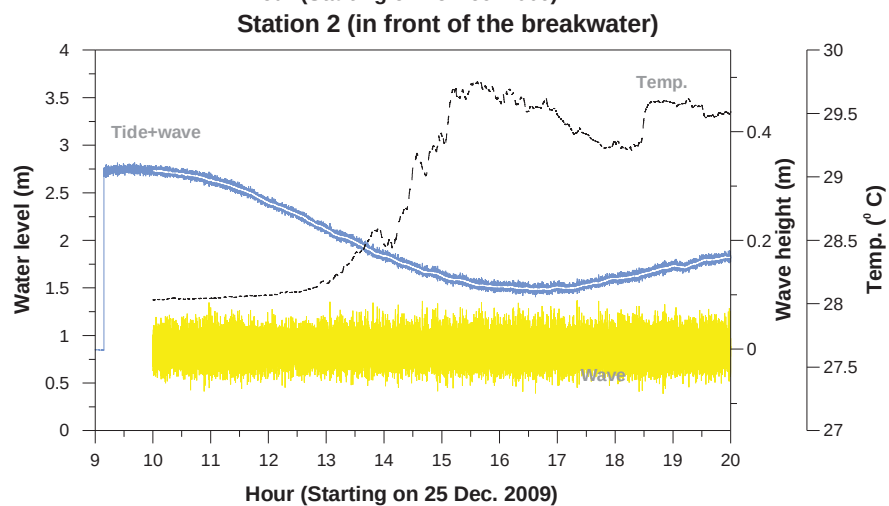
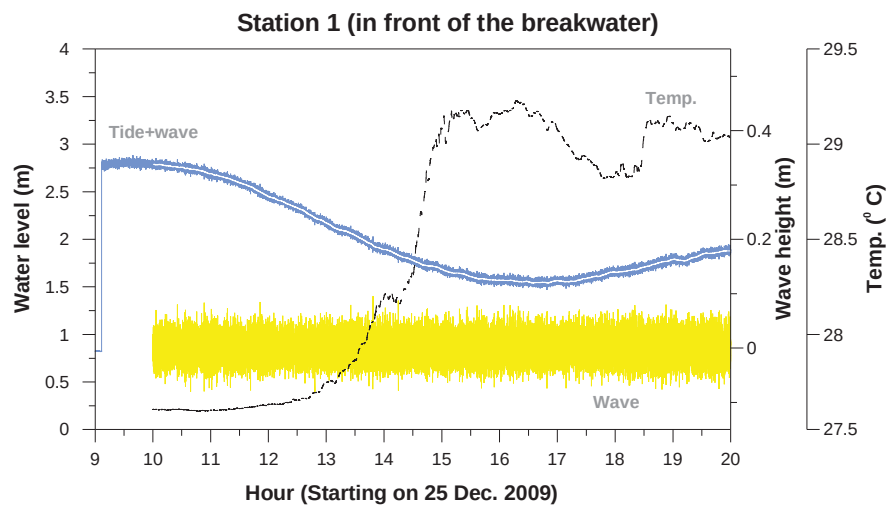


รูปที่ ก-8 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2552

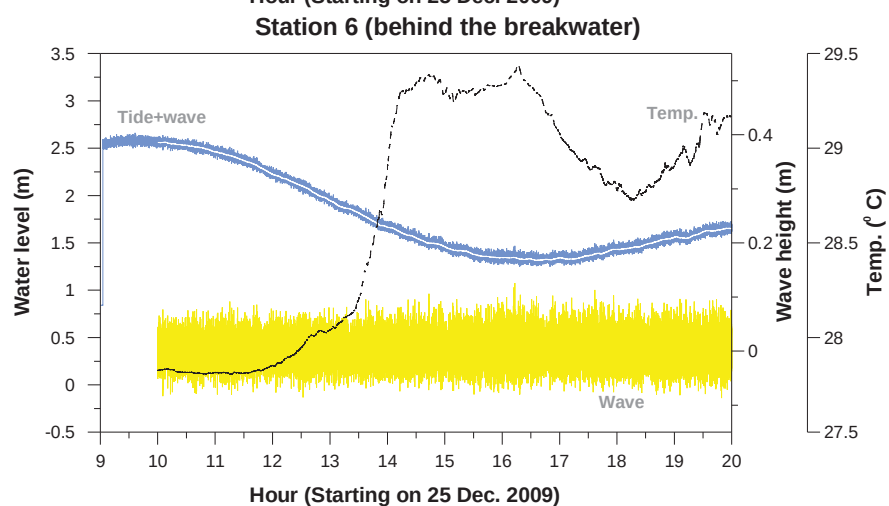
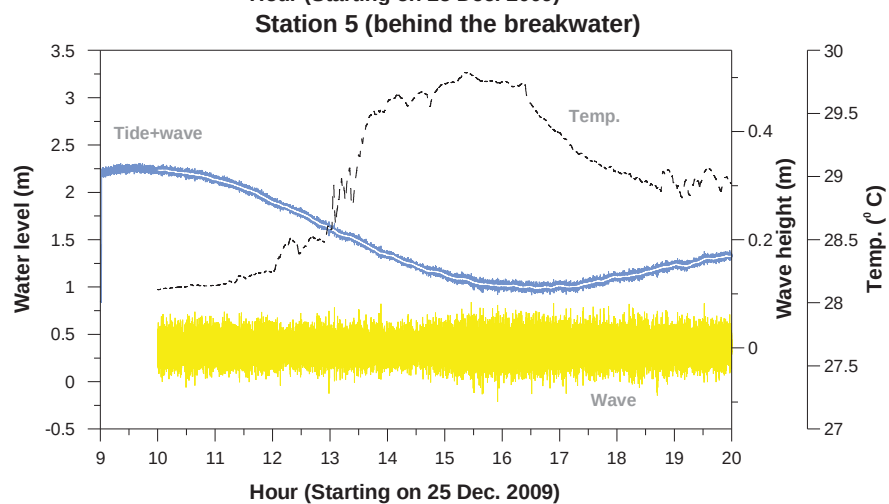
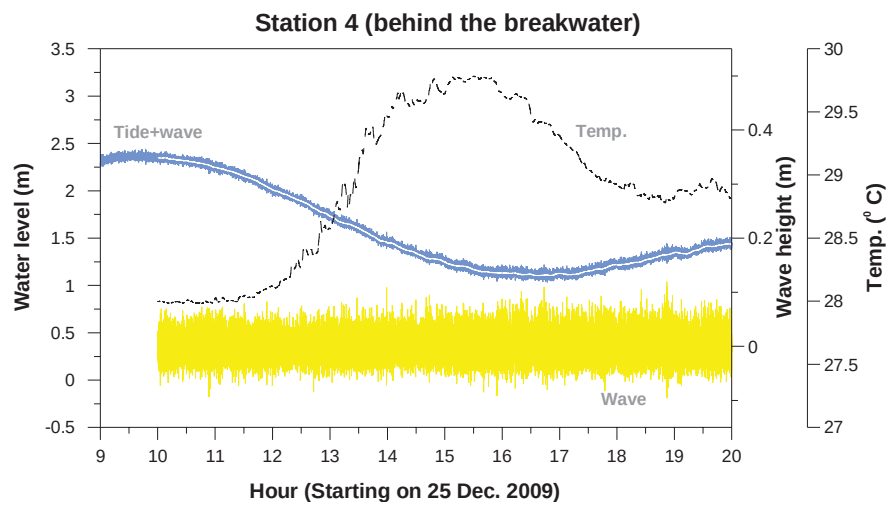
ตารางที่ ก-6 แสดงคาบคลื่น ความถี่คลื่น และพลังงาน จากการตรวจวัดคลื่นในวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ.2552

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน($m^2 s$)					
		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($m^2 s$)					
		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

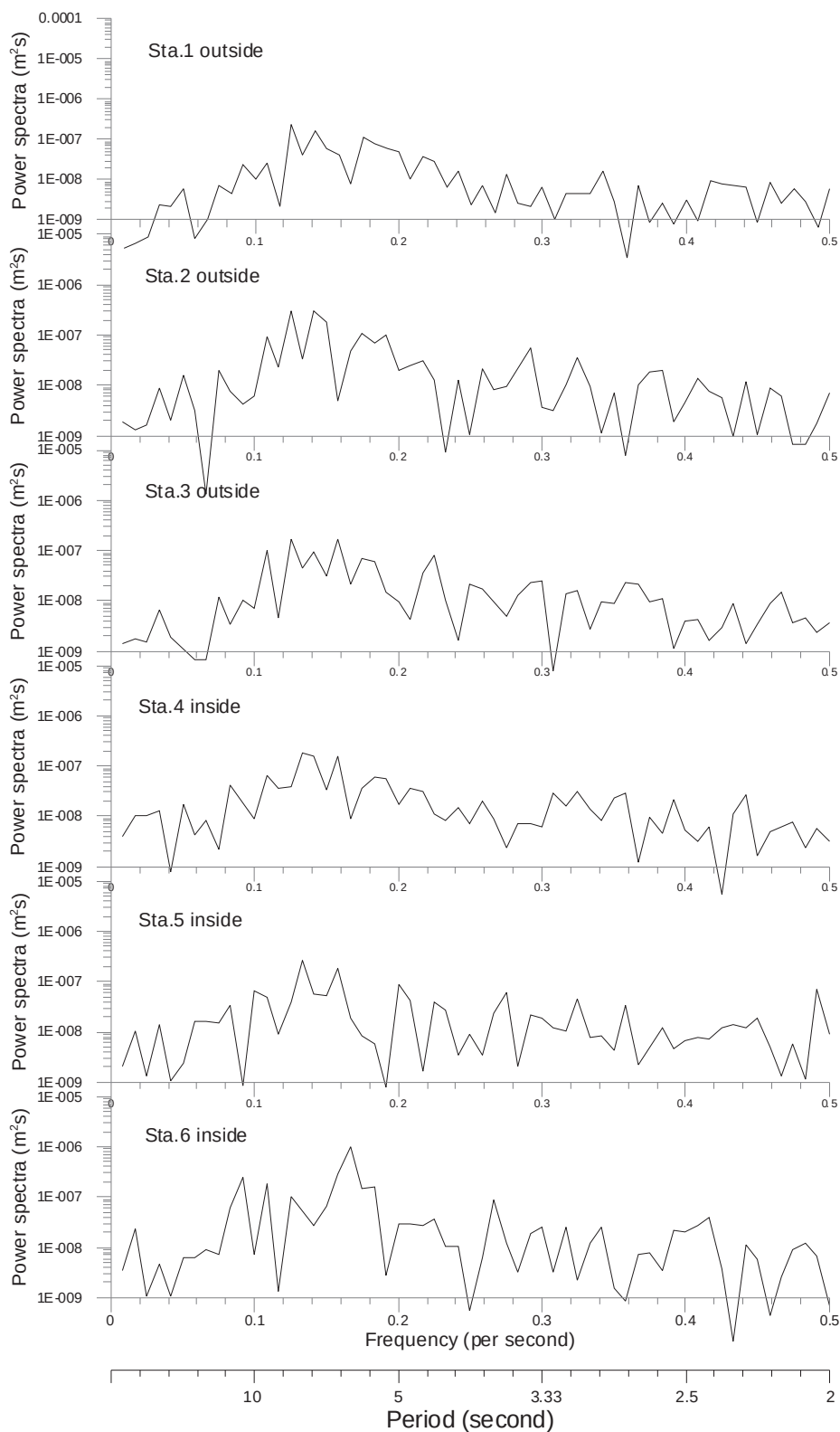


รูปที่ ก-9 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2552



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

Fourier Transform on measured waves on 25 December 2009

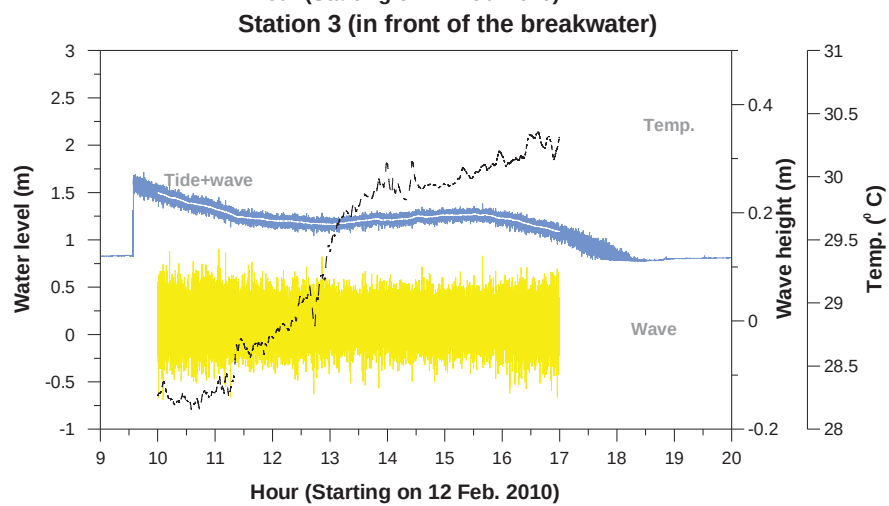
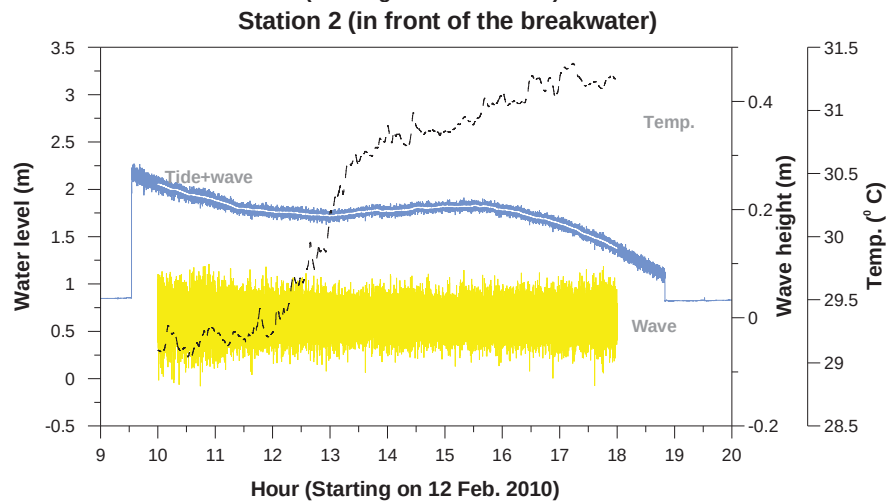
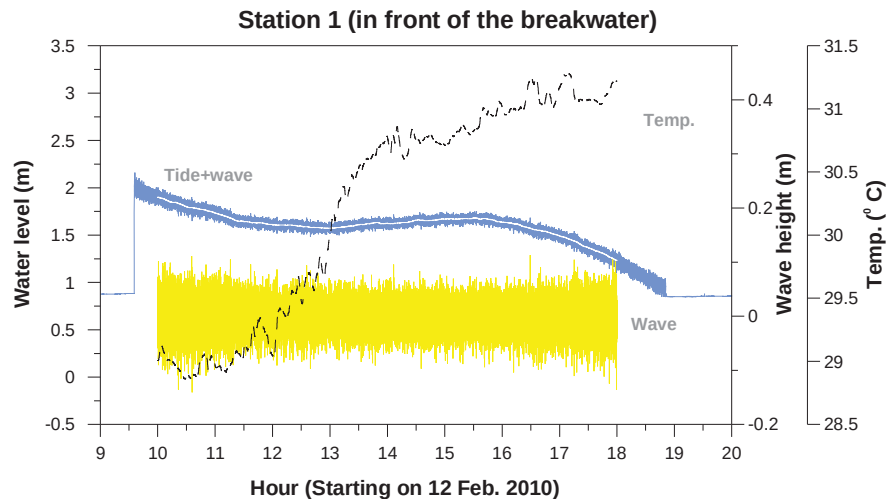


รูปที่ ก-11 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2552

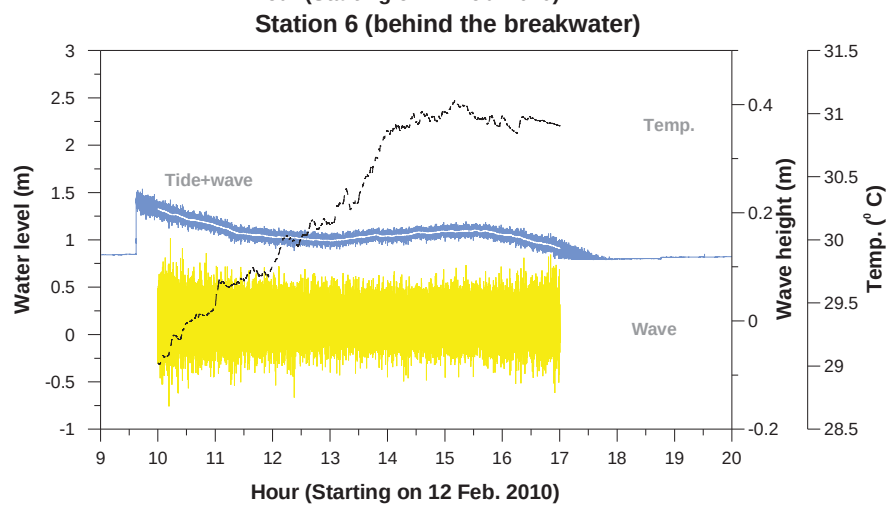
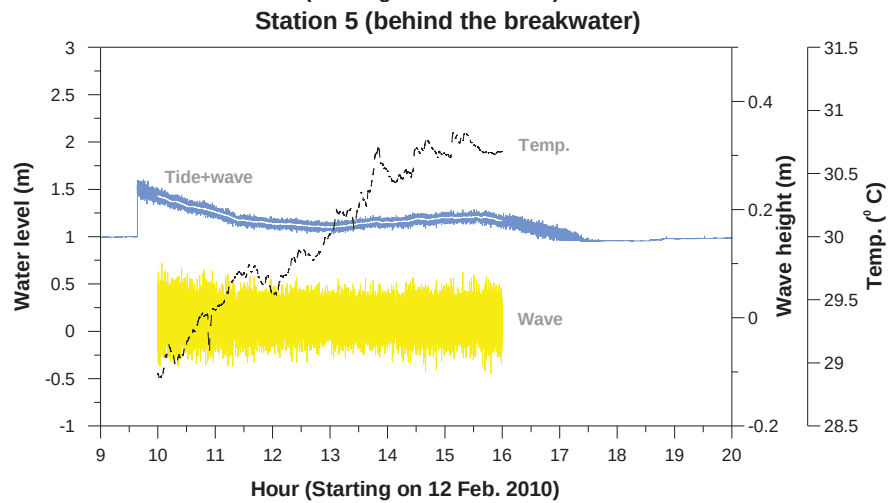
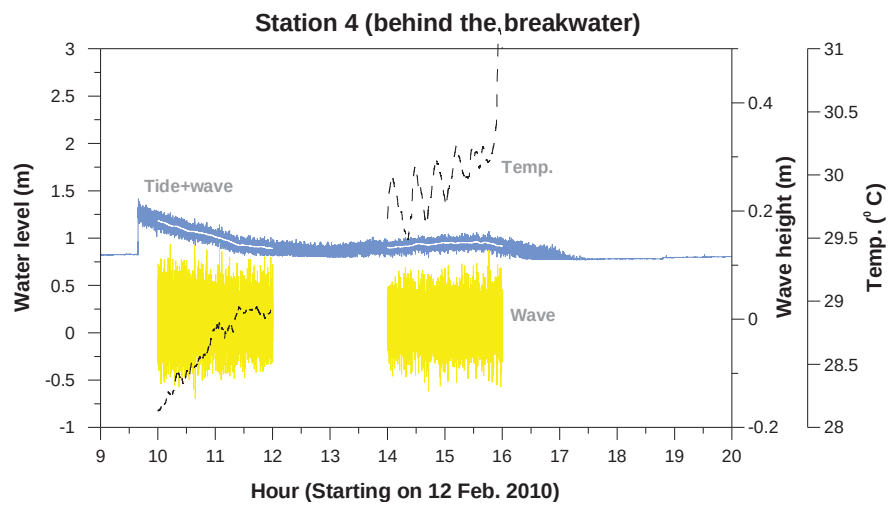
ตารางที่ ก-7 แสดงคาบคลื่น ความถี่คลื่น และพลังงาน จากการตรวจวัดคลื่นในวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ.2552

คาบคลื่น(s)	ความถี่(s^{-1})	พลังงาน($m^2 s$)					
		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($m^2 s$)					
		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

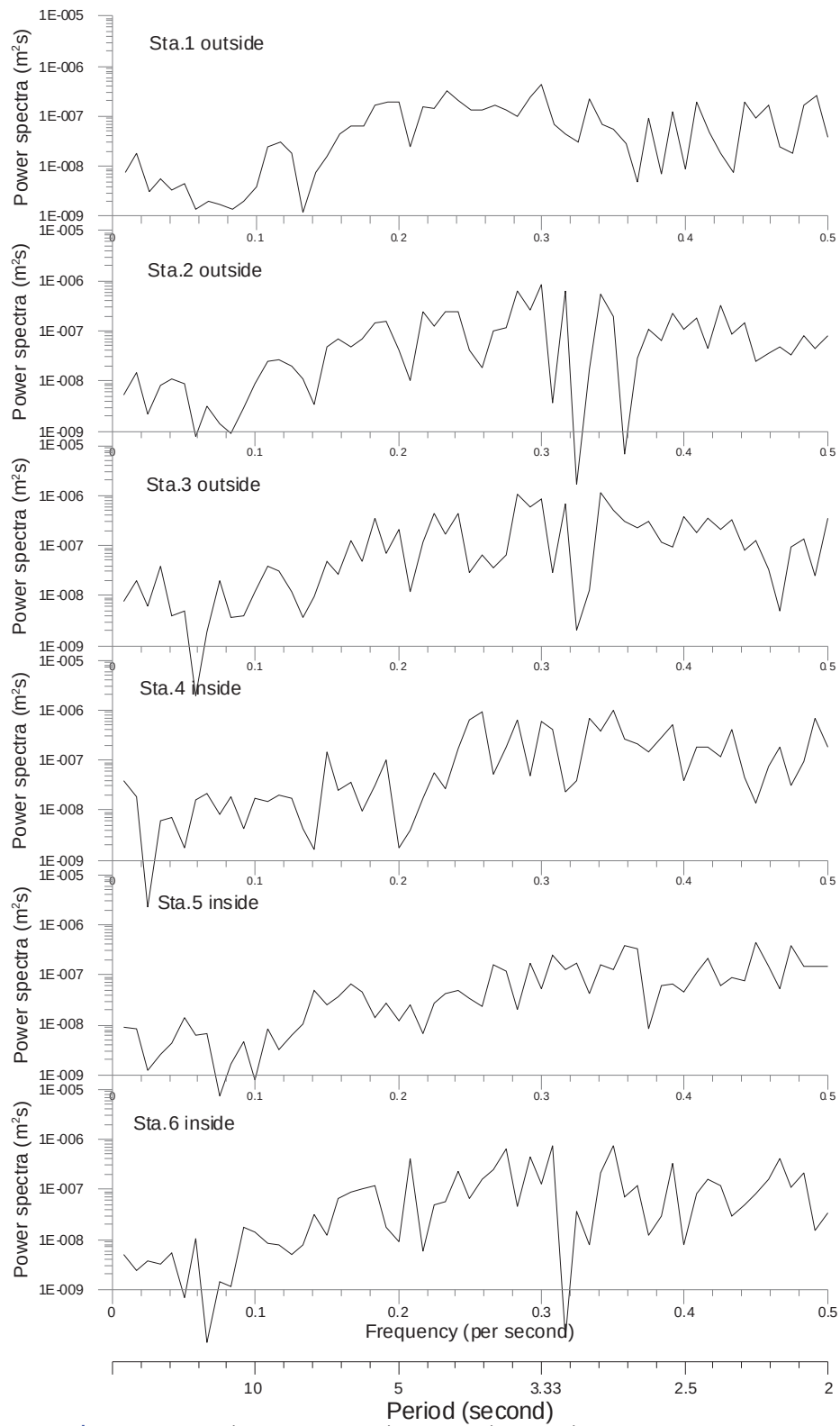


รูปที่ ก-13 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

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	
	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	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	
	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	คาบคลื่น (s)	คลื่น นัยสำคัญ	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

Fourier Transform on measured waves on 12 February 2010



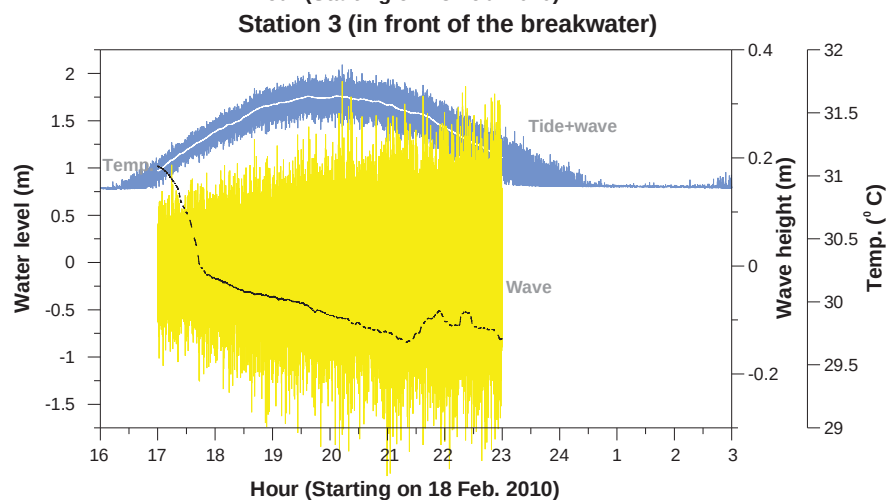
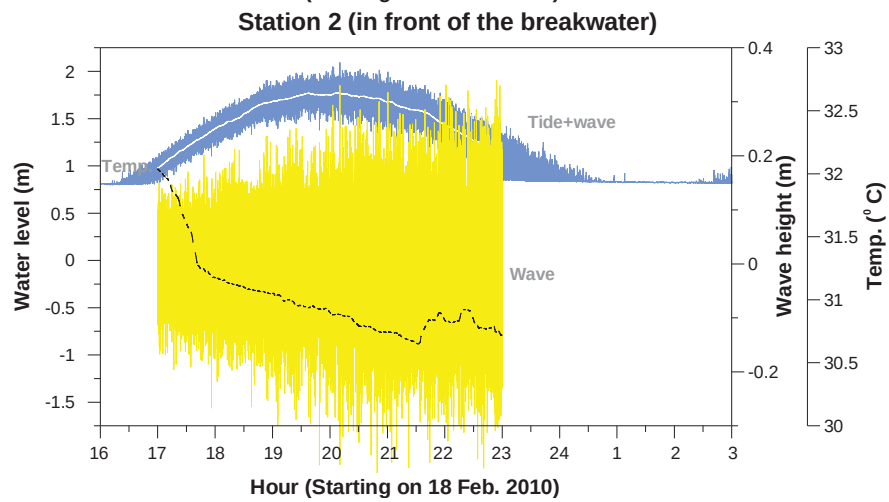
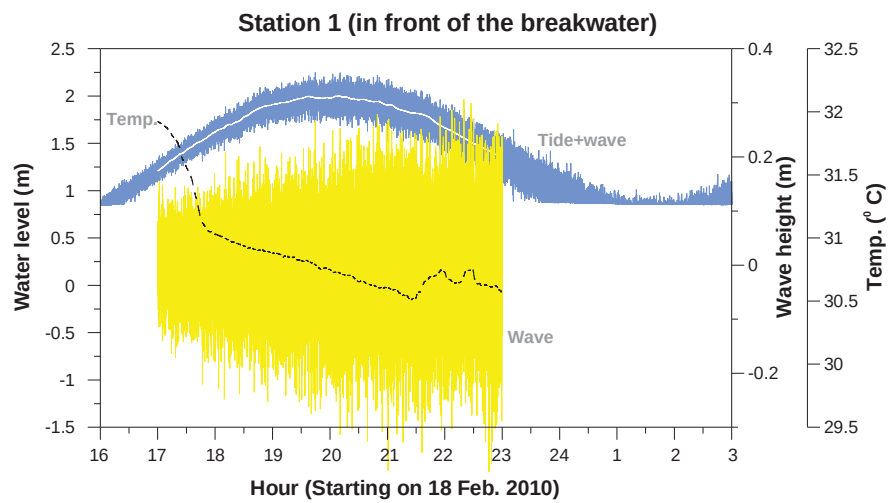
รูปที่ ก-14 พลังงานคลื่น เทียบกับความถี่ และคาบคลื่น ในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

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

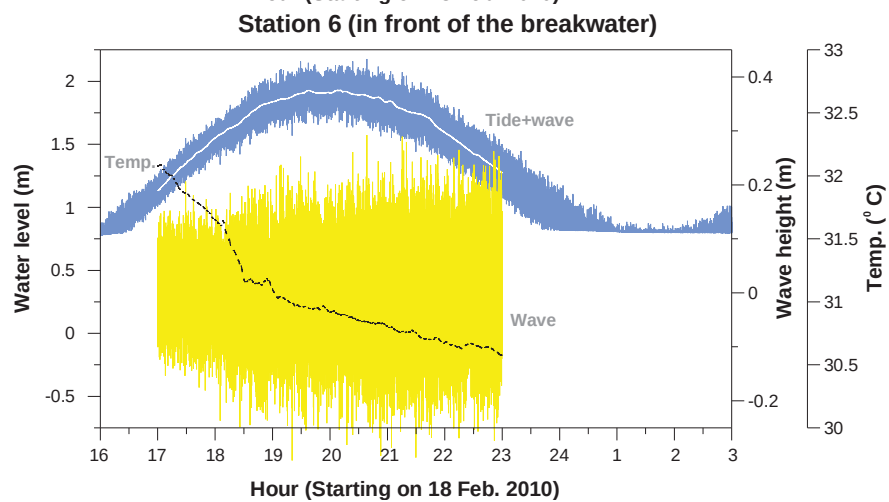
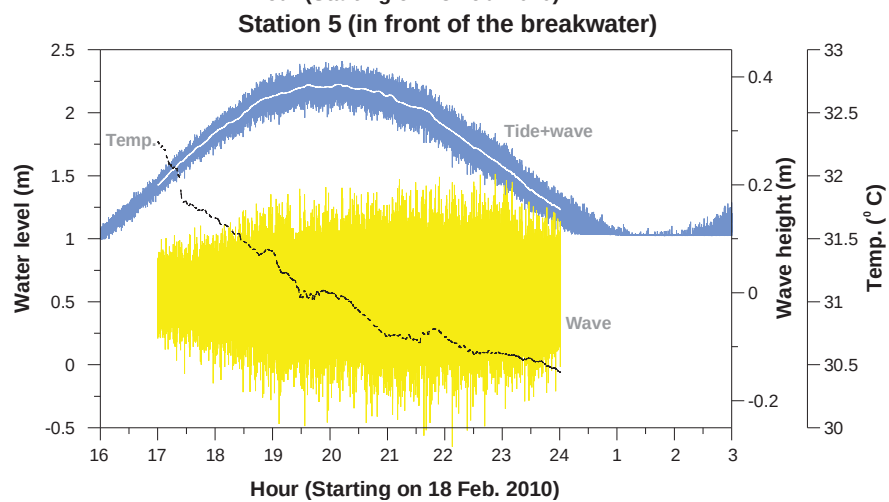
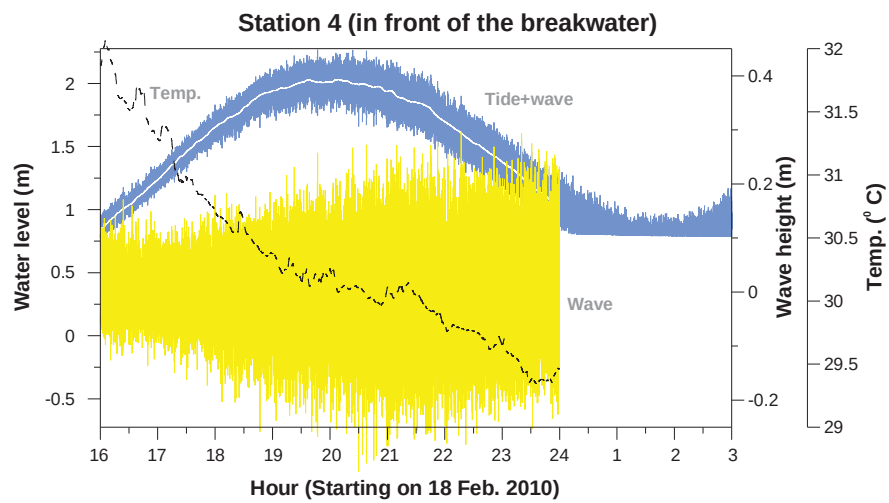
2553

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($m^2 s$)					
		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

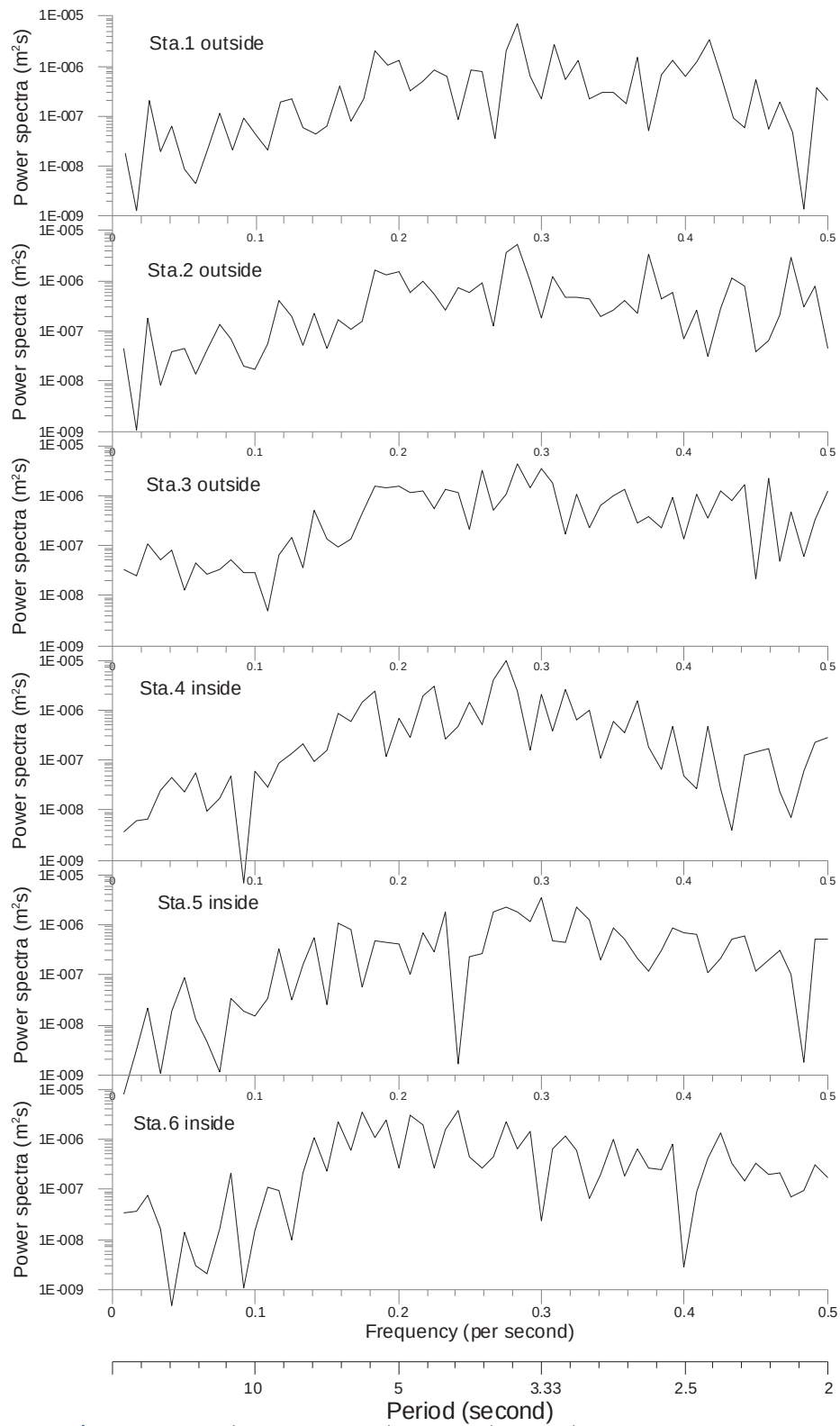


รูปที่ ก-15 ข้อมูล คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และอุณหภูมิ ในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553



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

Fourier Transform on measured waves on 18 February 2010



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 ² s)					
		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