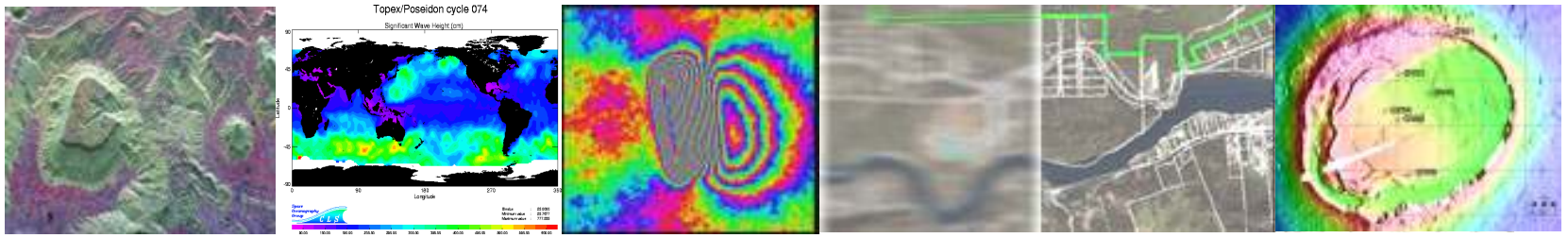
การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย

อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประชุมวิชาการ สวทช.
รู้ สู้ พิบัติภัยไปกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
27 มีนาคม 2555
อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย จ.ปทุมธานี



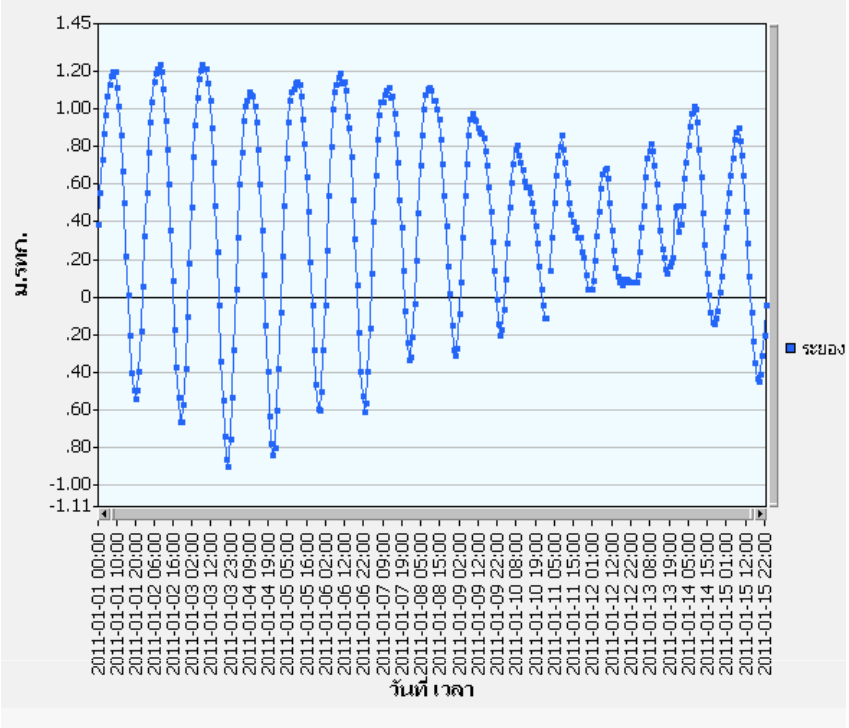
ภาพรวมของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล

- การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเฉลี่ยในอ่าวไทยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก
  - การเปลี่ยนแปลงในระยะยาว ใช้ข้อมูลประมาณ 65 ปี (1940-2004) จากสถานีวัดระดับน้ำกรมอุทกศาสตร์
  - การเปลี่ยนแปลงในระยะสั้น ใช้ข้อมูล 17 ปี (1993-2009) จากดาวเทียมอัลติเมตรี (Satellite Altimetry)
- สรุปผลการศึกษา
  - การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเฉลี่ยในบริเวณต่าง ๆ ของอ่าวไทยมีอัตราเพิ่มขึ้นในระดับ 3-5 mm/yr เร็วกว่าค่าเฉลี่ยของโลก (1.8 mm/yr)
  - อ่าวไทยตอนในและชายฝั่งกัมพูชาเป็นบริเวณมี่มีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ
  - ไม่สามารถยืนยันได้ว่าการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยในอ่าวไทยมีอัตราเร่งดังเช่นที่ตรวจพบในการศึกษาที่ครอบคลุมทั้งโลกในระยะหลัง (ประมาณ 0.013 mm/yr^2 (Church and White, 2006 และ Jevrejeva et al, 2008)
  - ไม่พบบริเวณใดในอ่าวไทยที่มีอัตราการลดระดับของน้ำทะเลเฉลี่ย

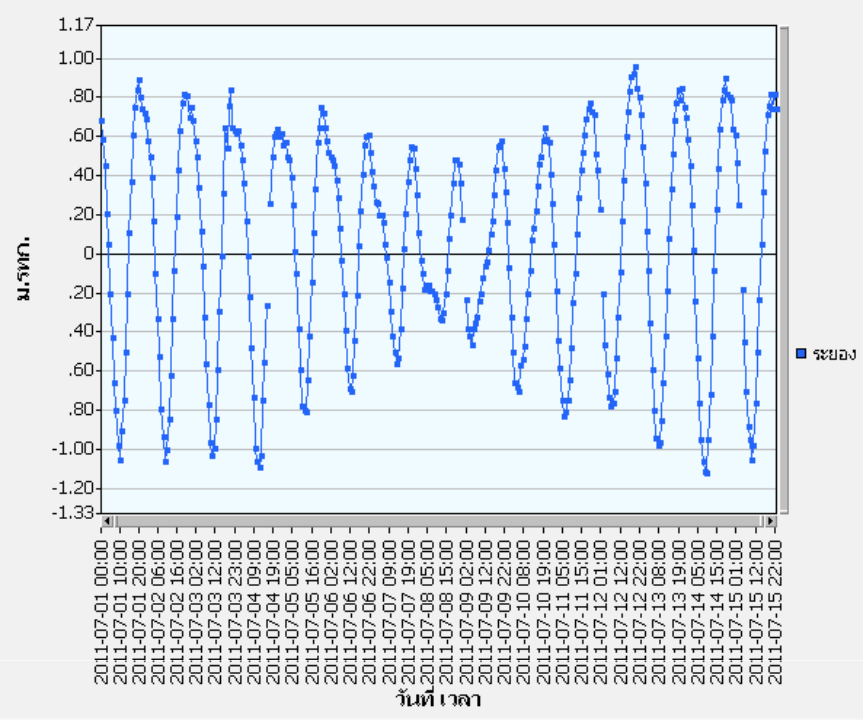
การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล

- ระดับน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ตามอิทธิพลที่มาจาก
  - แรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์
  - ลม สภาพอากาศ
  - กระแสน้ำ
  - การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ
- สถานีวัดระดับน้ำต่าง ๆ ทำหน้าที่วัดระดับน้ำทะเลอย่างต่อเนื่อง แล้วเฉลี่ยค่าออกมาเป็น
  - รายชั่วโมง
  - รายวัน
  - รายเดือน
  - รายปี

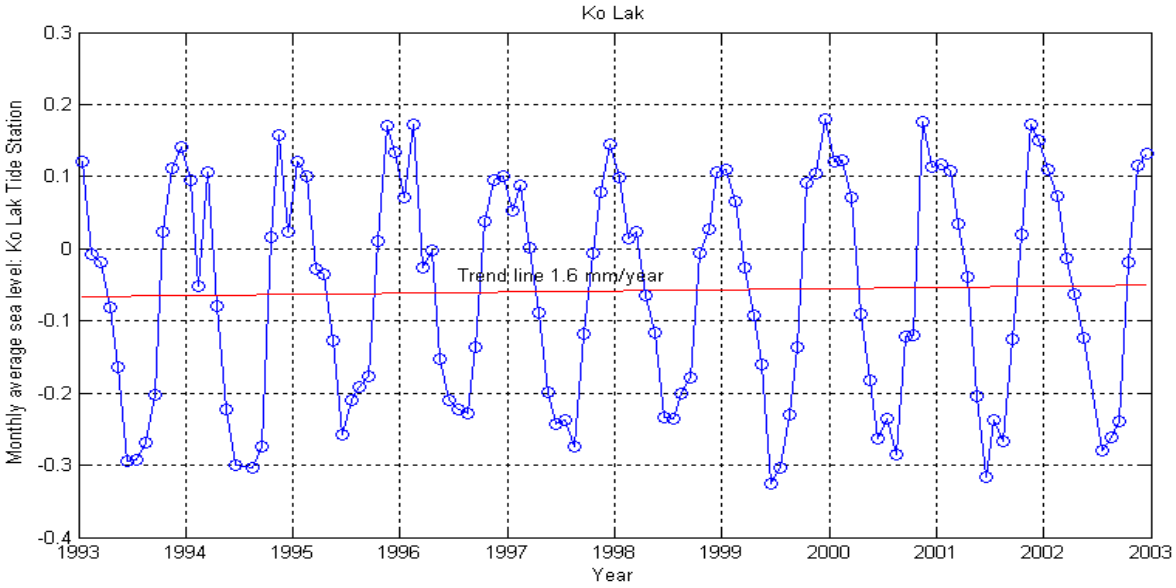
Source: กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชย์นาวี



1 มกราคม 2011 – 15 มกราคม 2011



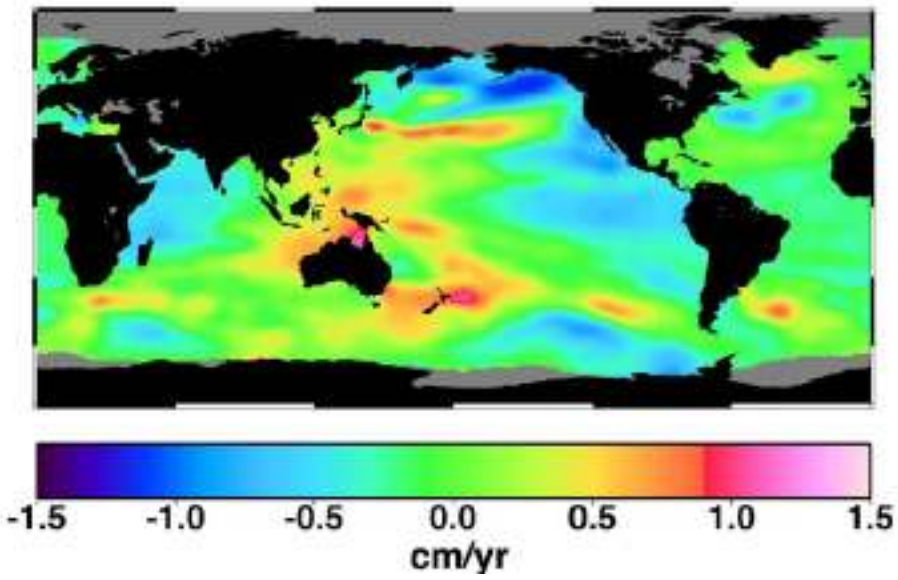
1 กรกฎาคม 2011 – 15 กรกฎาคม 2011



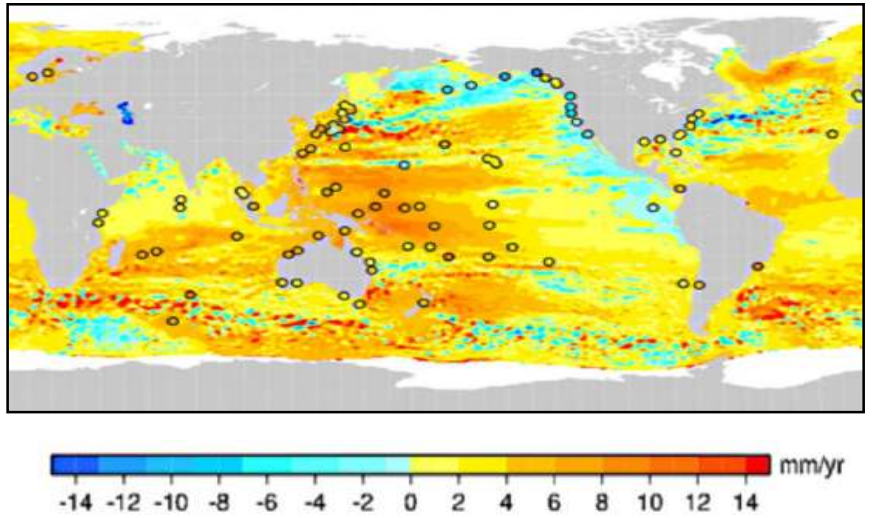
การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล

- หัวข้อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลมุ่งเน้นไปที่การเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศของโลก
- 2/3 ของพื้นที่ผิวโลกเป็นน้ำทะเล
- เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศของโลกสูงขึ้น ปริมาณความร้อนถ่ายเทสู่น้ำทะเลมากขึ้น
  - การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรน้ำทะเล
- อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่สูงขึ้น ทำให้ธารน้ำแข็ง และแผ่นน้ำแข็งขนาดใหญ่ละลายและในที่สุดไหลลงสู่ทะเล/มหาสมุทร
  - การเปลี่ยนแปลงของมวลน้ำทะเล
- การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระยะยาวของโลกเป็นผลรวมของ
  - การเปลี่ยนแปลงปริมาตร
  - การเปลี่ยนแปลงมวล
- การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกอยู่ที่ประมาณ 1.8 +/- 0.2 มม/ปี

การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลก



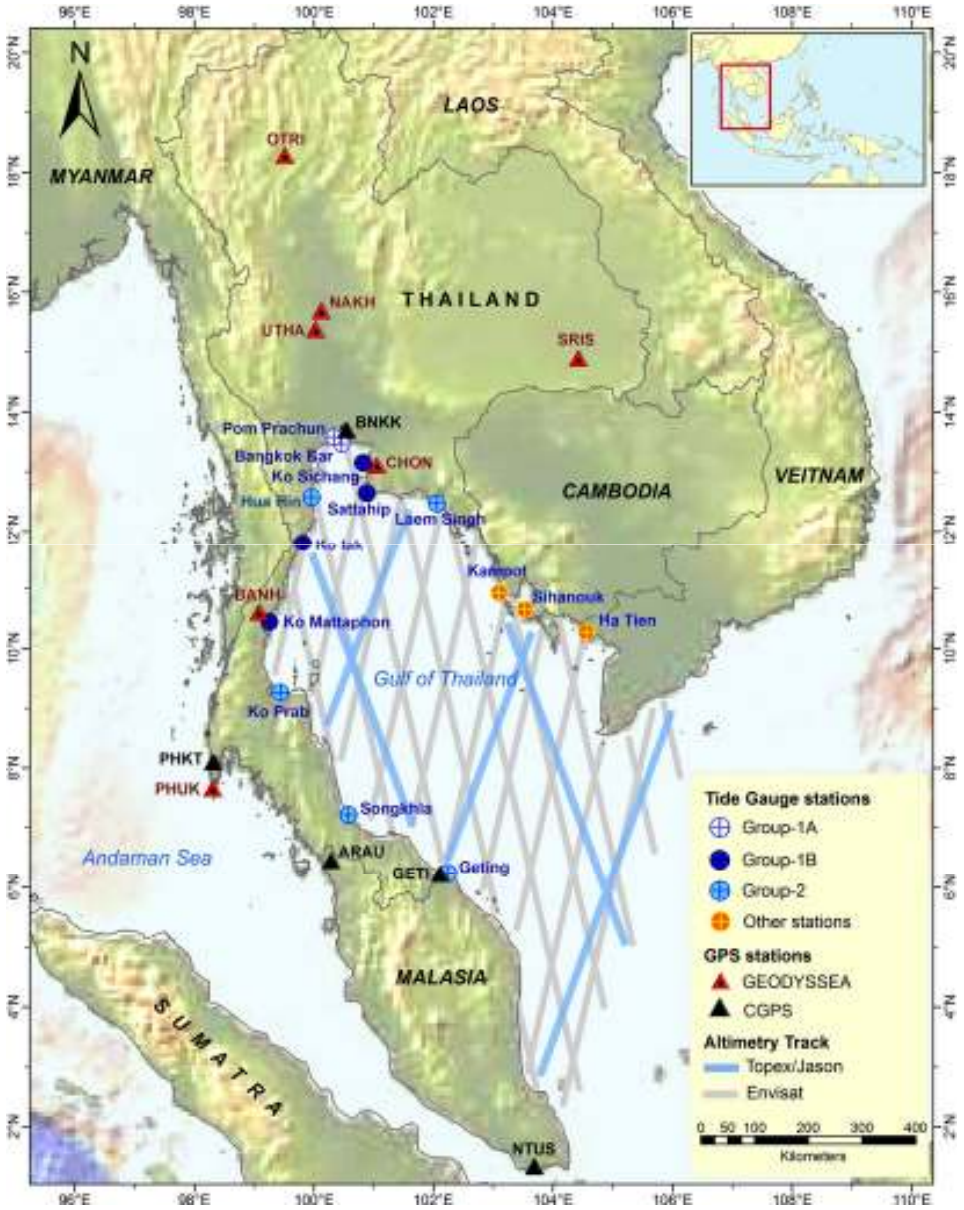
Cazenave and Nerem, 2003



Prandi et al, 2009

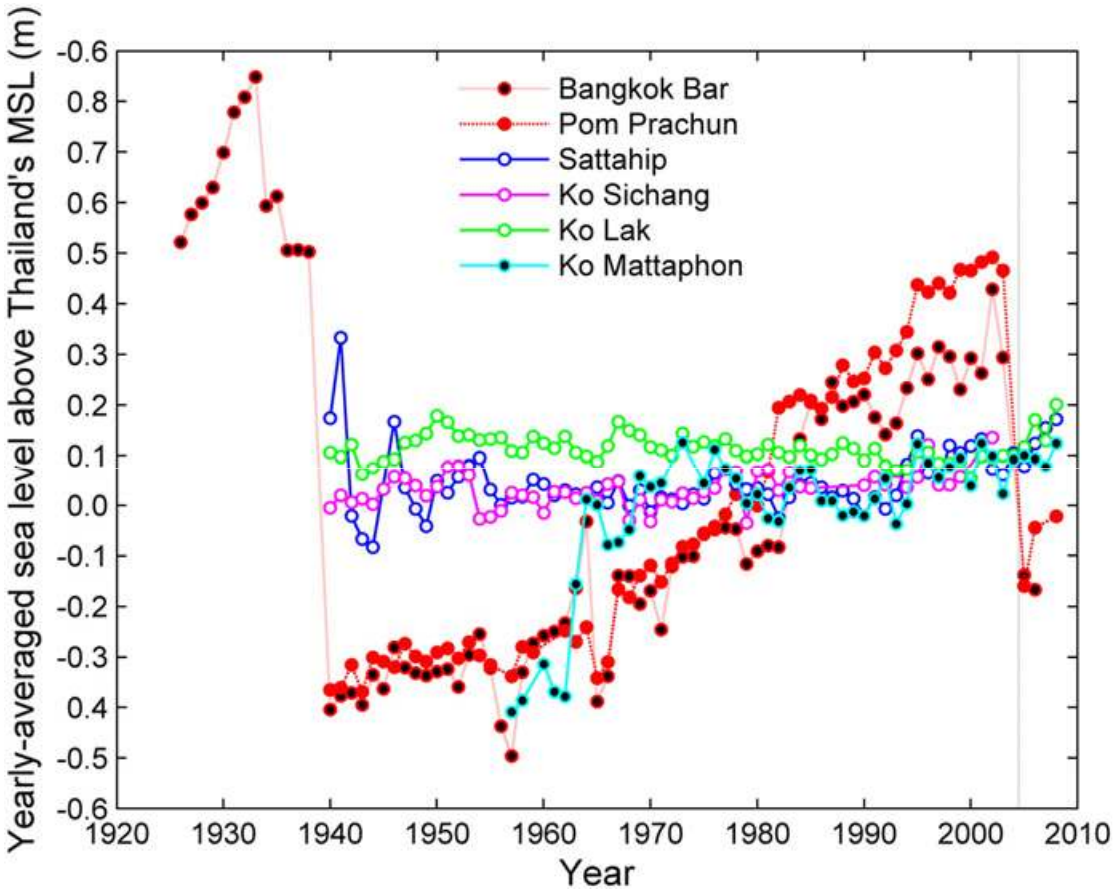
การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย

- ใช้ข้อมูลจาก 2 แหล่ง
  - ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำ
  - ข้อมูลจากดาวเทียมอัลติเมตรี (Altimetry Satellite)
- สำหรับข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำ แบ่งสถานีวัดระดับน้ำทะเลทางฝั่งอ่าวไทยของกรมอุทกศาสตร์ตามระยะเวลาที่มีข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม
  - **Group-1** ประมาณตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ได้แก่ ป้อมพระจุลจอมเกล้า (1940-2004), สันดอนปากแม่น้ำเจ้าพระยา (1940-2004), สัตหีบ (1940-2004), เกาะสีชัง (1940-2002), เกาะหลัก (1940-2004), และเกาะมัตโพน (1957-2004 เกาะมัตโพนเป็นข้อยกเว้น เพื่อให้มีตำแหน่งสถานีในภาคใต้ตอนกลาง)
  - **Group-2** มีข้อมูลประมาณ 15 – 35 ปี ได้แก่ แหลมสิงห์ หัวหิน เกาะปราบ สงขลา



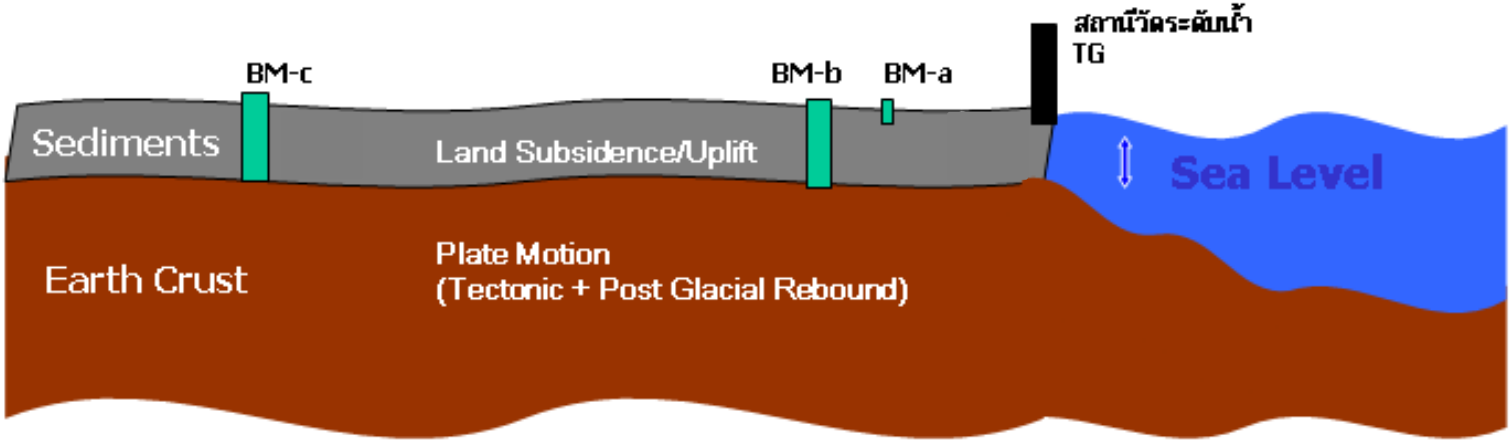
การจำแนกสถานีวัดระดับน้ำ

- เลือกเฉพาะสถานีใน Group-1 มาใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเฉลี่ย
  - การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยเป็น Weak signal ที่มีคาบยาว การศึกษาจำเป็นต้องใช้ข้อมูลระยะยาวเพื่อเฉลี่ยทิ้ง (Average out) ความแปรปรวนที่มีคาบยาวในทะเล (เช่น ENSO, Nodal tide, Interdecadal variations)
  - เกณฑ์ที่ใช้กันในงานศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระยะยาวคือประมาณ 50-60 ปีขึ้นไป (Douglas, 1997; Peltier, 2001)

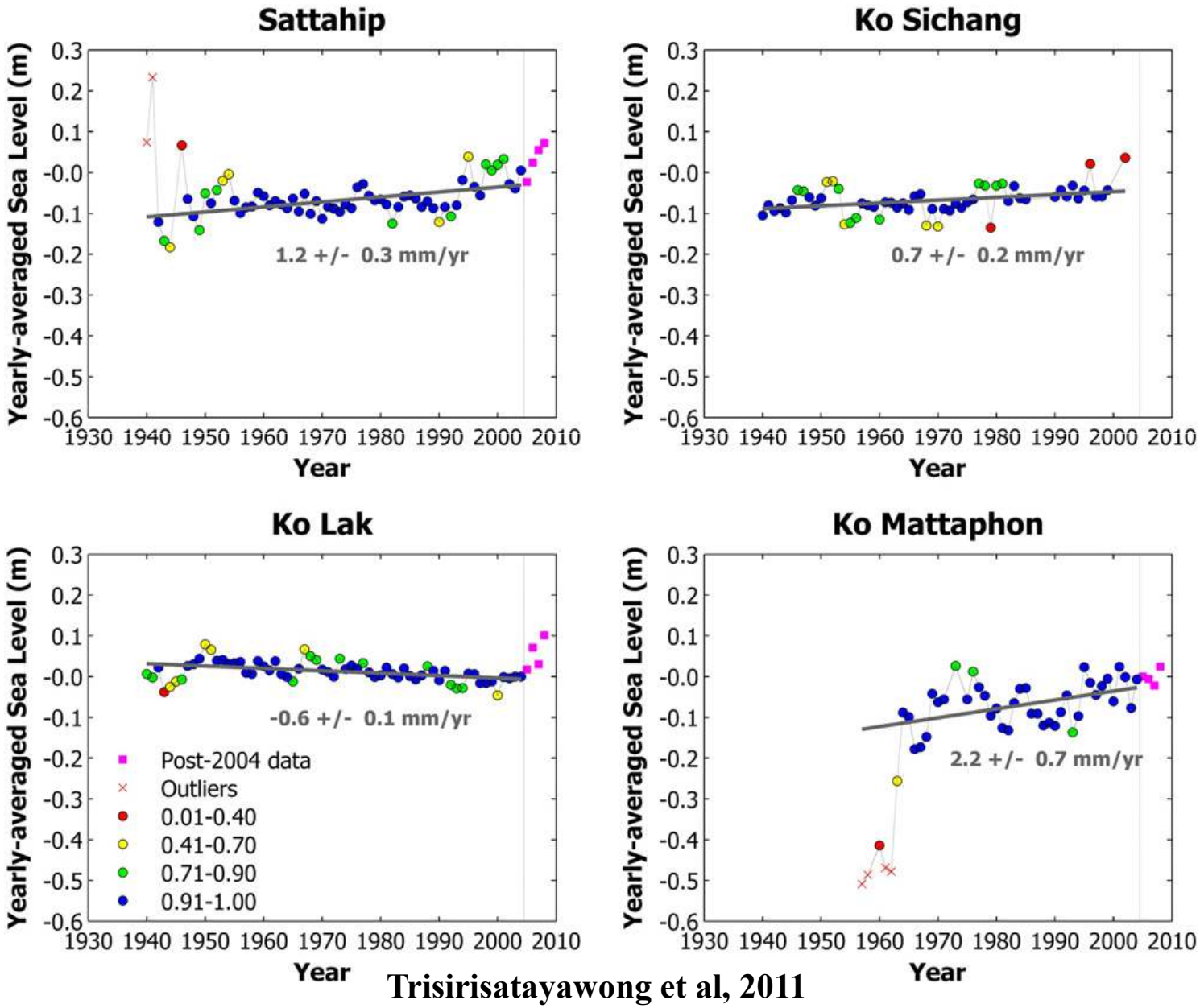


การจำแนกสถานีวัดระดับน้ำ

- ข้อมูลระดับน้ำของสถานีป้อมพระจุลจอมเกล้าและสันดอนปากแม่น้ำเจ้าพระยามีพฤติกรรมที่แตกต่างกับสถานีอื่น ๆ
  - สถานีเกาะสีชัง เกาะหลัก และเกาะมัตโพน ล้วนเป็นสถานีที่อยู่บนเกาะที่เป็นหินโผล่หรือเป็นหิน
  - สถานีสัตหีบอยู่ในอ่าวที่เกือบล้อมรอบด้วยภูเขา ไม่มีแม่น้ำสายใหญ่ที่พัดพาตะกอนมาสะสม และบริเวณใกล้เคียง เช่น พัทยา ชั้นหินอยู่ตื้นมาก เชื่อได้ว่าฐานรากของสถานีอยู่บนชั้นหิน
  - ฐานรากของสถานีป้อมพระจุลจอมเกล้าและสันดอนปากแม่น้ำเจ้าพระยาอยู่บนชั้นทราย เช่นเดียวกับอาคารสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ในบริเวณที่ราบลุ่มปากแม่น้ำเจ้าพระยาได้รับผลกระทบจากการทรุดตัวของแผ่นดิน
- สถานีที่คัดเลือกเพื่อนำข้อมูลระดับน้ำมาวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงมี 4 สถานี ได้แก่ สัตหีบ เกาะสีชัง เกาะหลัก และเกาะมัตโพน (Group-1B)

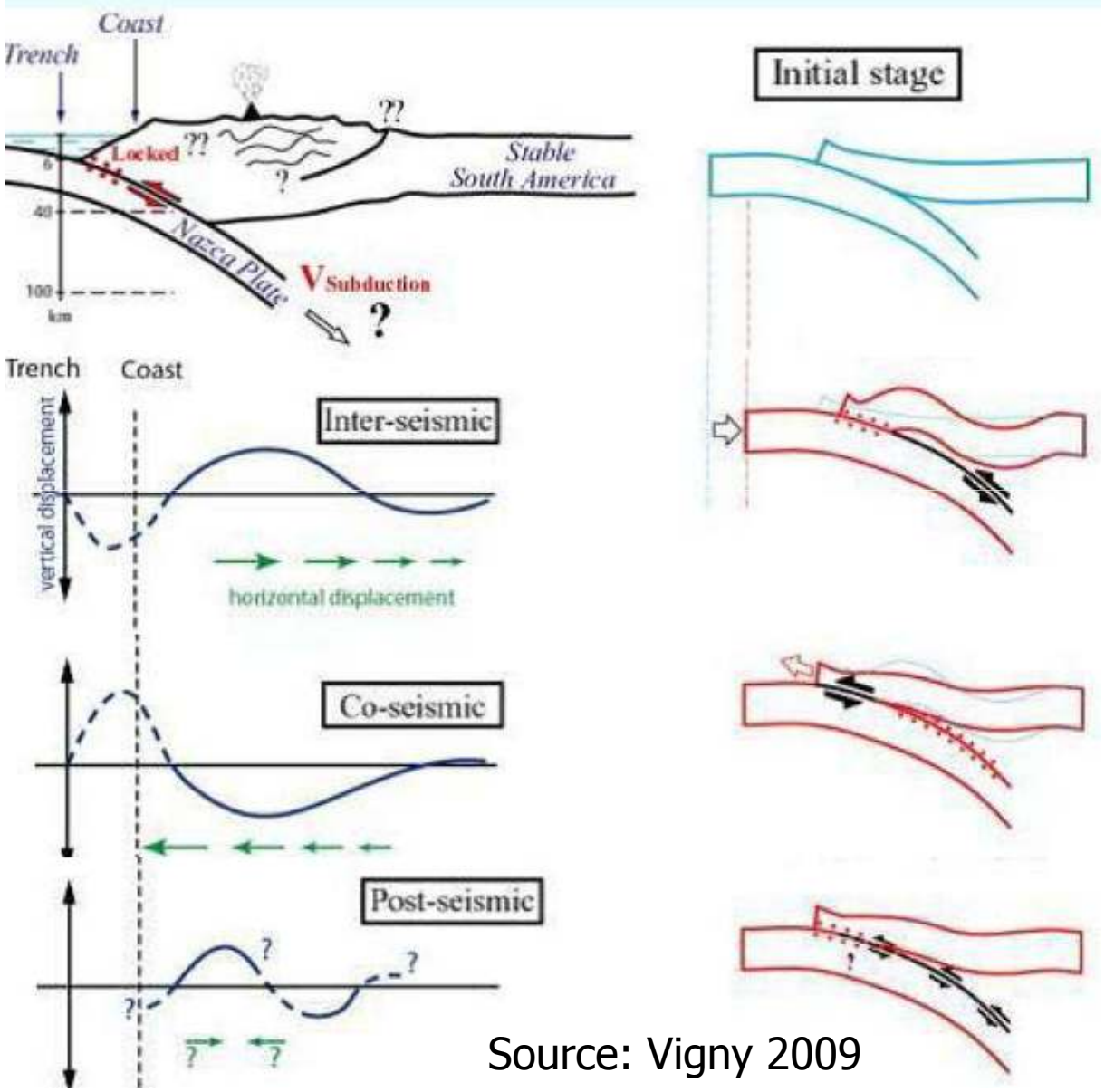


การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลปรากฏ



Trisirisatayawong et al, 2011

วงจรแผ่นดินไหวในบริบทของ Subduction zone



ศตวรรษ

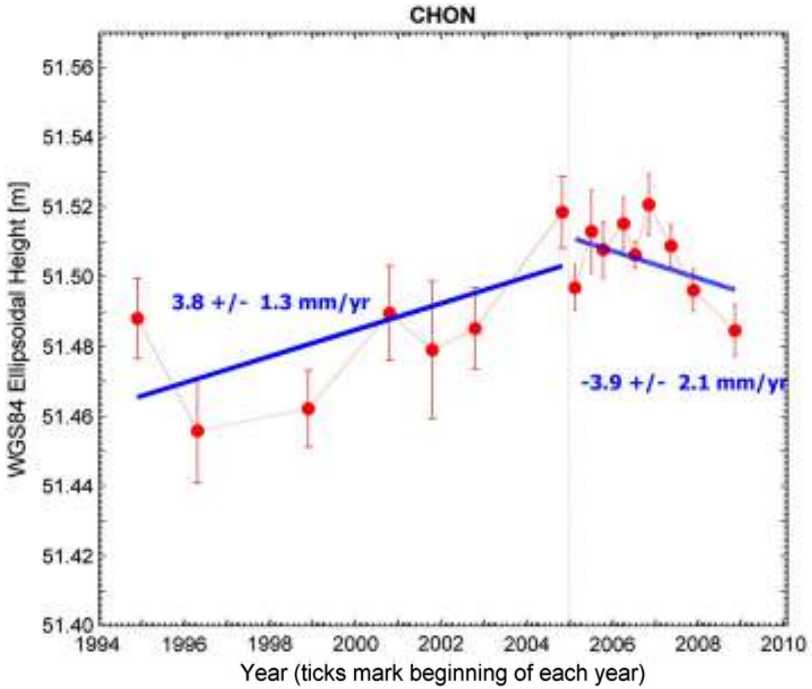
นาที

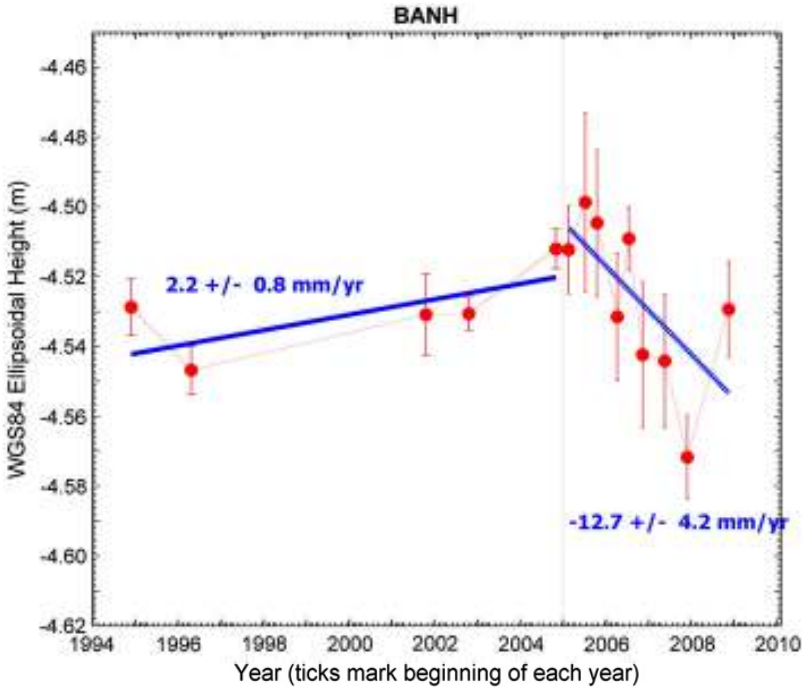
ปี - ทศวรรษ

Source: Vigny 2009

การยกตัวของเปลือกโลกระหว่างแผ่นดินไหว

- ผลลัพธ์ที่แตกต่างระหว่างสถานีเกาะหลักกับสถานีอื่น ๆ ใน Grou-1B ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยการยกตัวของเปลือกโลกที่เกิดจากการดีดตัวกลับหลังยุคน้ำแข็ง (PGR-Post Glacial Rebound)
  - ค่าการยกตัวจาก PGR ทุกบริเวณประเทศไทยจากแบบจำลอง ICE-5G (Peltier, 2004) อยู่ระหว่าง +0.50 ถึง +0.65 mm/yr
- คำอธิบายถึงทิศทางการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่แตกต่างกันตามทฤษฎีแผ่นเปลือกโลกสำหรับ Subduction Zone
  - ก่อนแผ่นดินไหวสุมาตรา-อันดามันปี 2004 แผ่นเปลือกโลกซุนดาโก่งตัวขึ้นจากการที่ถูกดันโดยแผ่นเปลือกโลกอินเดีย-ออสเตรเลีย
- ข้อมูลจากการรังวัดด้วยสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบ PPP (Precise Point Positioning) ในช่วงปี 1993-2004 แสดงให้เห็นการยกตัวของเปลือกโลกในบริเวณต่าง ๆ ของประเทศไทย

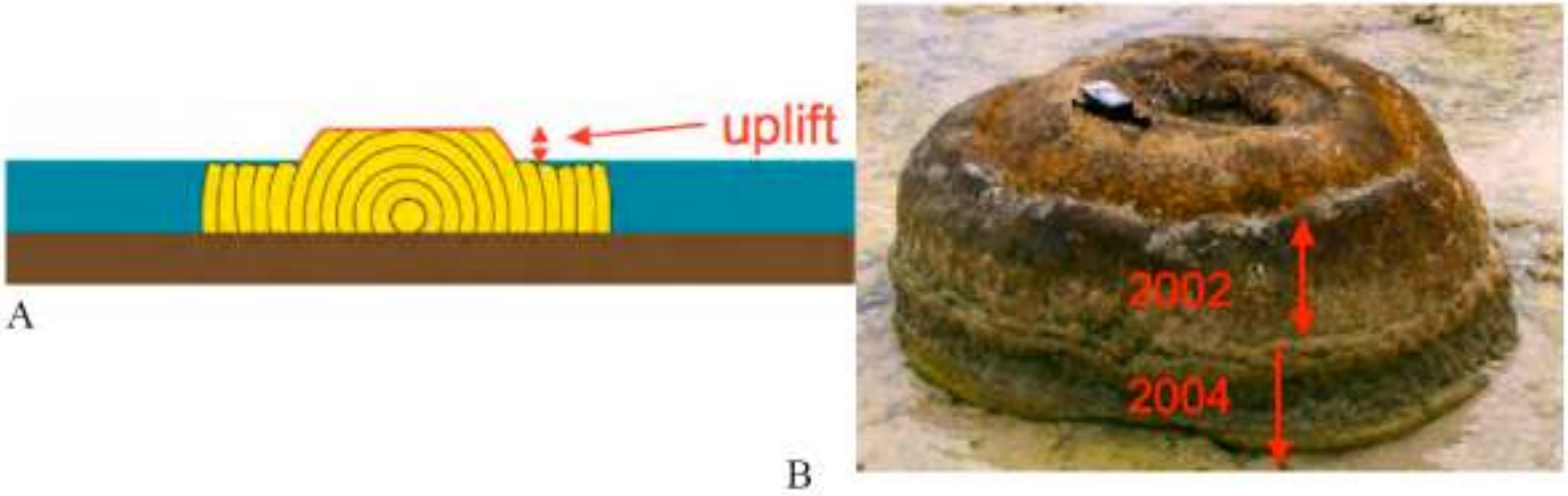




Campaign#	CHON			BANH		
	Fixed GEODYSSEA marker setup			Tripod above zero-order monument		
	# of days	Days	Antenna	# of days	Days	Antenna
1994 (Nov)	5	332–336	TRM14532.00	4	324–327	TRM14532.00
1996 (Apr)	5	109–113	TRM14532.00	5	109–113	TRM22020.00+GP
1998 (Nov)	5	323–327	TRM33429.00+GP	–	–	–
2000 (Oct)	5	284–288	TRM22020.00+GP	–	–	–
2001 (Oct)	5	282–286	TRM22020.00+GP	5	282–286	TRM22020.00+GP
2002 (Oct)	7	279–285	TRM4800	7	279–286	TRM39105.00
2004 (Oct)	7	299–305	LEIAT502	7	299–305	TRM4800
2005.1 (Feb)	5	041–045	LEIAT502	5	041–045	TRM4800
2005.2 (Jul)	3	182–185	LEIAT502	4	185–188	LEIAT502
2005.3 (Oct)	7	282–288	LEIAT502	7	282–288	TRM22020.00+GP
2006.1 (Apr)	5	093–097	LEIAT502	5	093–097	LEIAT502
2006.2 (Jul)	5	191–195	LEIAT502	5	191–195	TRM4800
2006.3 (Nov)	7	307–313	LEIAT502	7	307–313	TRM22020.00+GP
2007.1 (May)	7	131–137	LEIAT502	7	131–137	TRM4800
2007.2 (Nov)	7	324–330	TRM41249.00	7	324–330	TRM4800
2008 (Nov)	7	312–318	LEIAT502	7	312–318	TRM22020.00+GP

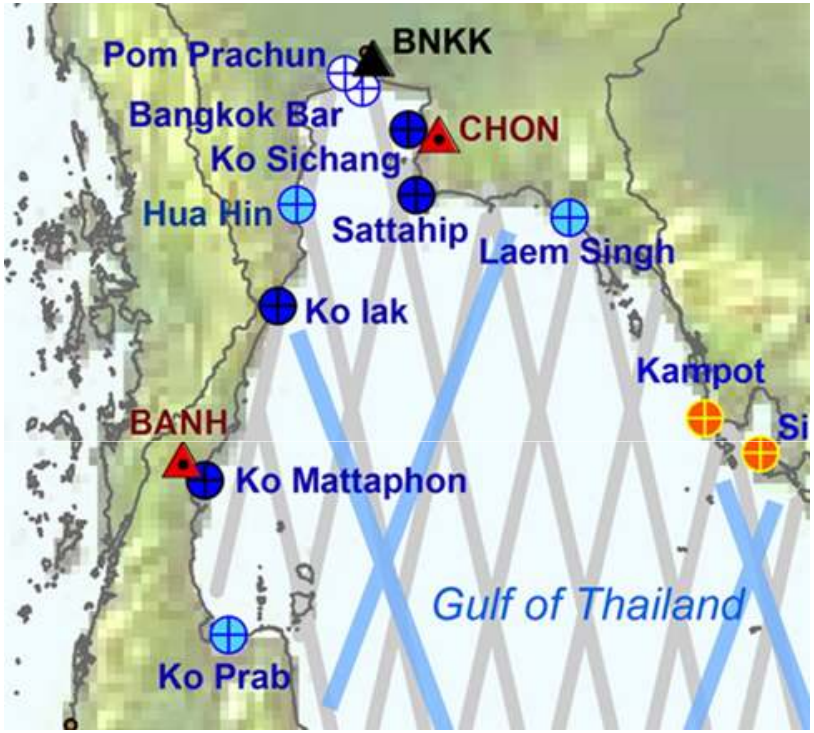
การประมาณค่าการยกตัวระหว่างแผ่นดินไหวจากจีพีเอส

- ข้อมูลจีพีเอสที่ใช้ประมาณค่าการยกตัวระหว่างแผ่นดินไหวมีระยะเวลาเพียง 11 ปี ในขณะที่ข้อมูลระดับน้ำทะเลมีประมาณ 65 ปี
- สมมติฐานที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือการยกตัวระหว่างแผ่นดินไหวมีค่าคงที่ต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาที่มีการวัดระดับน้ำทะเลในประเทศไทย
  - อ้างอิงจากงานวิจัยในอดีตในบริเวณเกาะสุมาตรา (Sieh et al, 1999 – ใช้ข้อมูลจากเกาะปะการังต่าง ๆ ที่ตายแล้วตามชายฝั่งของเกาะสุมาตราเนื่องจากถูกยกตัวขึ้นพ้นระดับน้ำทะเล)
  - งานศึกษาใน Subduction Zone อื่น ได้แก่ Nankai ของประเทศญี่ปุ่น (Savage and Thatcher, 1992 จากข้อมูลงานระดับ และ Tabei et al, 2007 จากข้อมูล GPS) ที่แสดงให้เห็นว่าการยกตัวระหว่างแผ่นดินไหวในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากรอยเลื่อนมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่ห่างออกมา (Far-field) จากแนวร่องลึกบาดาล (Trench)



การประมาณค่าการยกตัวระหว่างแผ่นดินไหวจากจีพีเอส

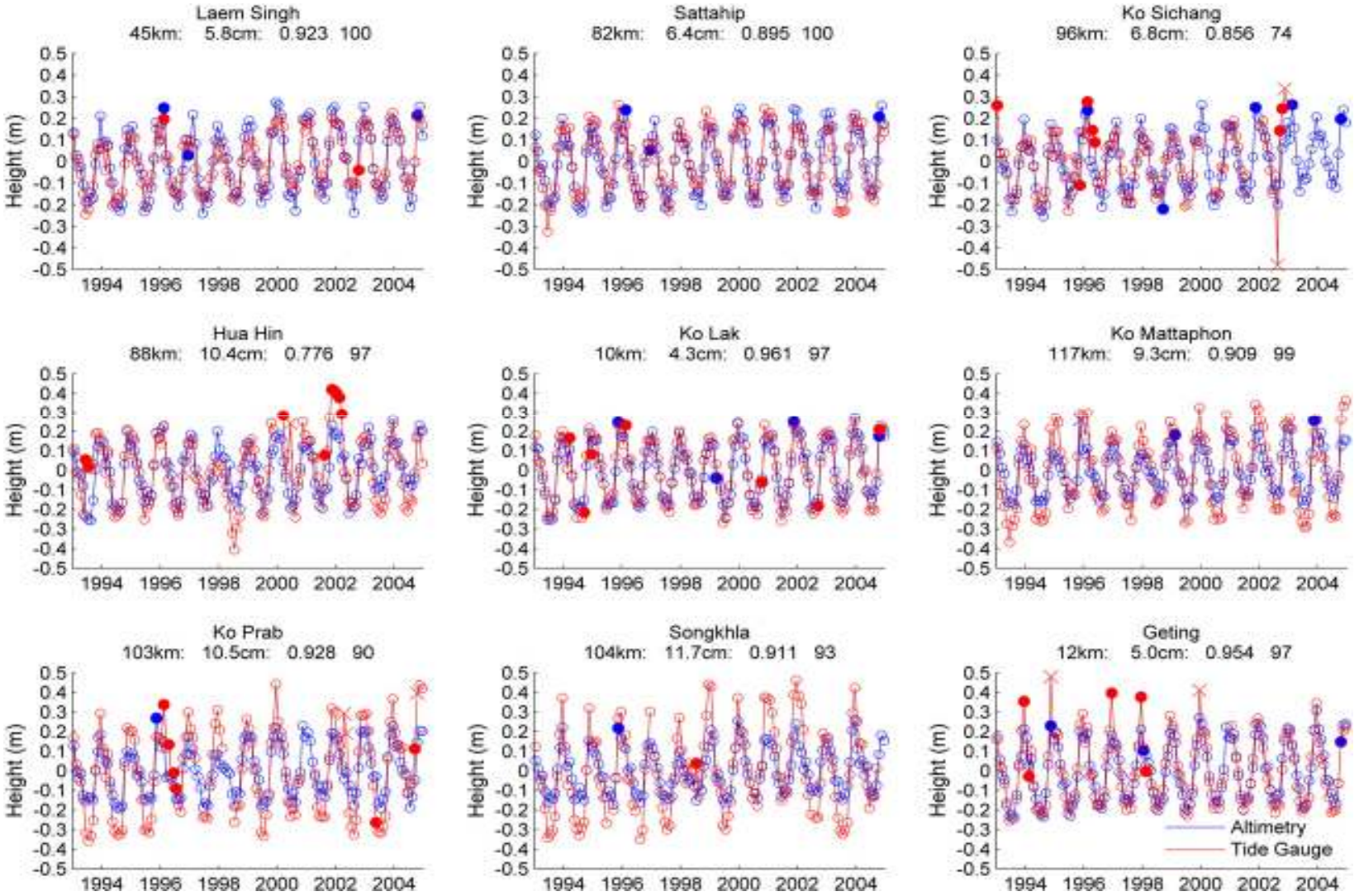
- ใช้ค่าการยกตัวระหว่างแผ่นดินไหวของสถานี CHON ตรวจแก้ค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของระดับน้ำทะเลที่สถานีสัตหีบและสถานีเกาะสีชัง
  - Radial Separation (ความแตกต่างของระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวสุมาตรา-อันดามันไปยังตำแหน่งของสถานี CHON และสถานีเกาะสีชัง) คือ 9.1 km
  - Radial Separation ของ CHON และสถานีสัตหีบคือ 54.7 km
- ใช้ค่าการยกตัวของสถานี BANH ตรวจแก้อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมพัทธ์ของสถานีเกาะมัตโพน
  - Radial separation ระหว่าง BANH กับสถานีเกาะมัตโพนคือ 8.2 km



การประมาณค่าการยกตัวระหว่างแผ่นดินไหวจากจีพีเอส

- ไม่พบข้อมูลจีพีเอสที่สามารถนำมาใช้การประมาณการยกตัวระหว่างแผ่นดินไหวบริเวณเกาะหลัก
- ประมาณค่าการยกตัวของเปลือกโลกบริเวณเกาะหลักใช้ผลต่างระดับน้ำทะเลที่สังเกตโดยสถานีวัดระดับน้ำและอัลติเมตรี
  - การประมาณการยกตัวใช้ผลต่างระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่ตรวจวัดได้จากอัลติเมตรี (อัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์ ไม่มีผลกระทบจากการเคลื่อนตัวของแผ่นดิน) และจากสถานีวัดระดับน้ำทะเล (อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์ + การเคลื่อนตัวของเปลือกโลก)
  - เมื่อนำค่าที่ได้จากทั้ง 2 วิธีมาลบกัน อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์จะหักล้างกันไป (Cancel Out) เหลือเพียงอัตราการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก

การประมาณค่าการยกตัวระหว่างแผ่นดินไหวจากอัลติเมตรีและสถานีวัดระดับน้ำ



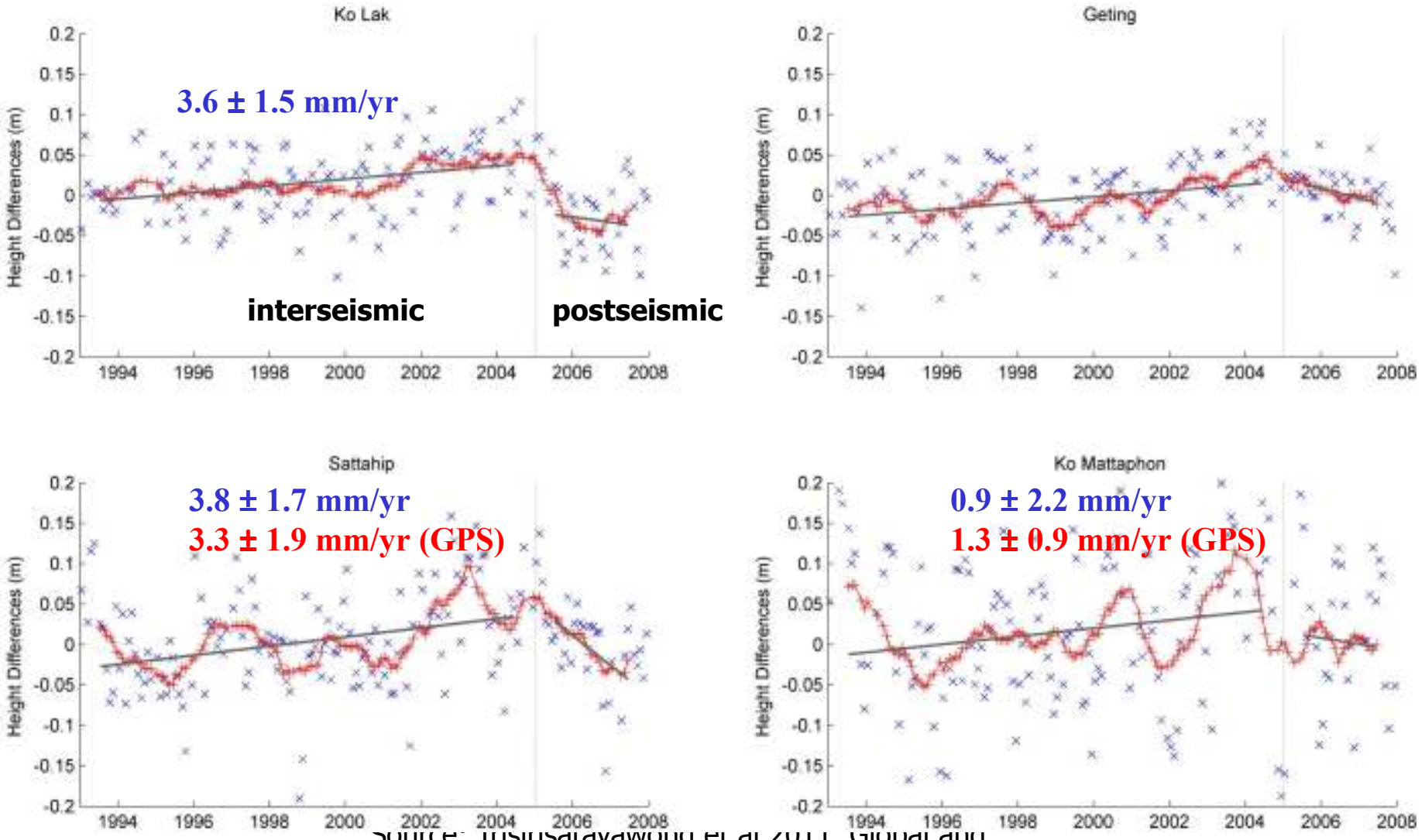
Source: Trisirisatayawong et al 2011, Global and Planetary Change

Comparing altimeter & TG trends

Tidal Station	Altimimetry 1993-2009	Altimetry 1993-2004	Tide gauge 1993-2004	VLM (alt-tg) 1993-2004	VLM (gps) (1994-2004)
Laem Singh	3.6 ± 0.7	6.6 ± 1.2	10.5 ± 1.1	-3.9 ± 1.6	N/A
Sattahip	4.8 ± 0.7	6.9 ± 1.1	3.2 ± 1.6	3.7 ± 1.9	3.8 ± 1.3[a]
Ko Sichang	5.8 ± 0.7	7.8 ± 1.3	7.6 ± 2.0	0.2 ± 2.4	3.8 ± 1.3[a]
Hua Hin	4.8 ± 0.8	6.4 ± 1.2	4.8 ± 2.2	1.6 ± 2.5	N/A
Ko Lak	3.6 ± 0.7	5.5 ± 1.0	1.9 ± 1.1	3.6 ± 1.5	N/A
Ko Mattaphon	3.2 ± 0.7	5.8 ± 0.9	5.8 ± 1.9	0.0 ± 2.1	2.2 ± 0.8[b]
Ko Prab	3.3 ± 0.6	6.0 ± 1.0	9.9 ± 1.9	-3.9 ± 2.1	N/A
Songkhla	3.3 ± 0.6	4.6 ± 1.0	13.0 ± 2.4	-8.4 ± 2.6	N/A
Geting	3.9 ± 0.6	6.1 ± 0.8	2.6 ± 1.2	3.5 ± 1.4	5.1 ± 1.0

Altimeter based sea level trends in the Gulf of Thailand, and tide gauge trends over the same period. We subtract the tide gauge results from the altimeter for the 1993-2004 period (1993-2002 period for Ko Sichang because tide gauge data terminate here at the end of 2002) to derive the vertical land motion (VLM) at individual tide stations (column 5), and compare this GPS based VLM (column 6).

การประมาณค่าการยกตัวระหว่างแผ่นดินไหวจากอัลติเมตรีและสถานีวัดระดับน้ำ



Source: Trisirisatayawong et al 2011, Global and Planetary Change

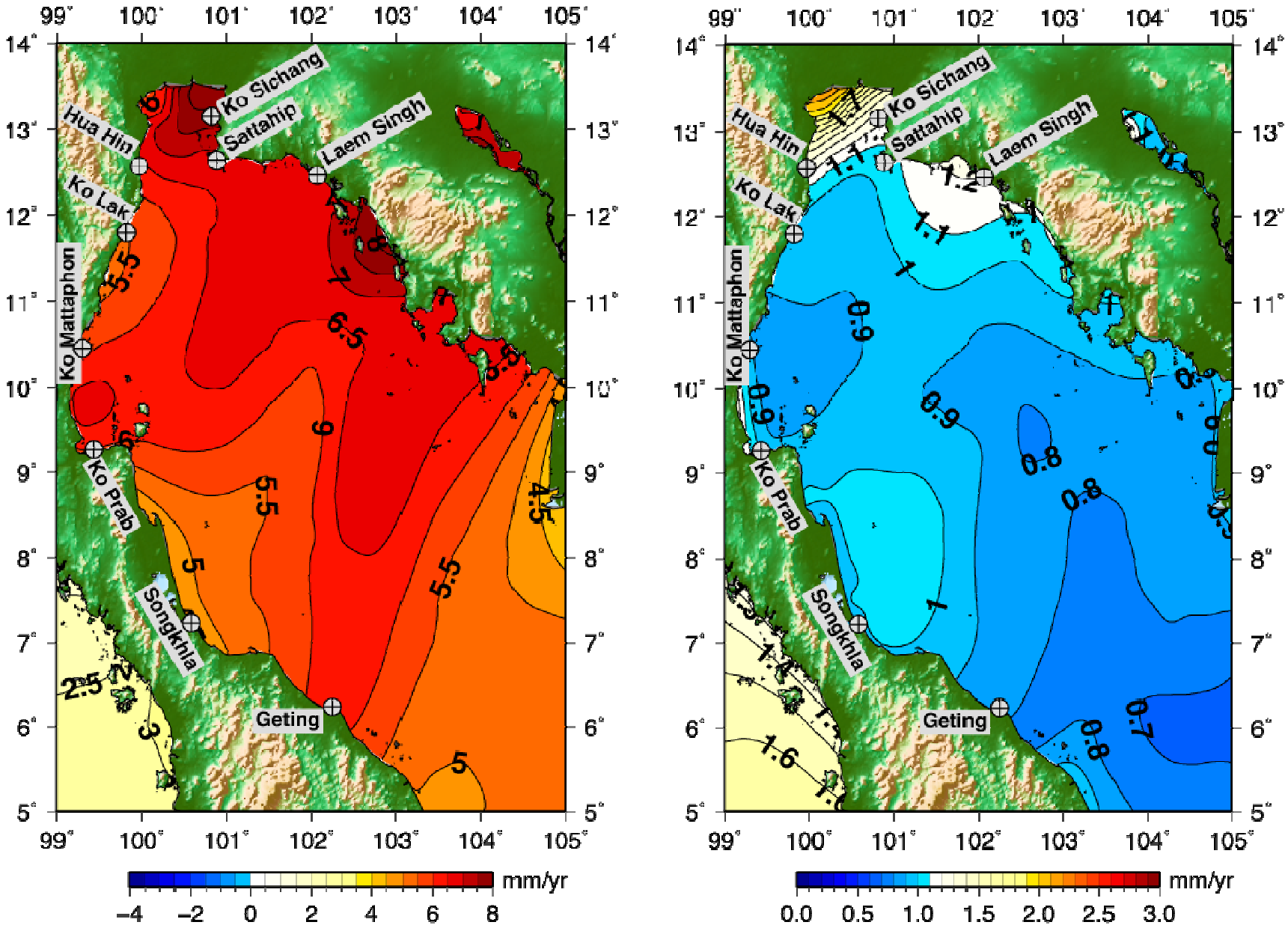
การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์จากสถานีวัดระดับน้ำ

Long-term absolute rates of sea level rise at four tide gauges in the Gulf of Thailand. The vertical land motions at these tidal stations are derived from a) campaign GPS data at CHON, b) campaign GPS data at BANH, and c) difference of sea level change rates detected by satellite altimetry and tidal data (see Section 5.4).

Tidal stations	Apparent SLR rates (mm/yr)	Vertical land motions (mm/yr)	Absolute SLR rates (mm/yr)
Sattahip (1940–2004)	1.2 ± 0.3	3.8 ± 1.3^{a}	5.0 ± 1.3
Ko Sichang (1940–1999)	0.7 ± 0.2	3.8 ± 1.3^{a}	4.5 ± 1.3
Ko Lak (1940–2004)	-0.6 ± 0.1	3.6 ± 1.5^{b}	3.0 ± 1.5
Ko Mattaphon (1964–2004)	2.2 ± 0.7	2.2 ± 0.8^{c}	4.4 ± 1.1

Source: Trisirisatayawong et al 2011, Global and Planetary Change

การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลจากอัลติเมตรี 1993-2004



การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลจากอัลติเมตรี 1993-2009