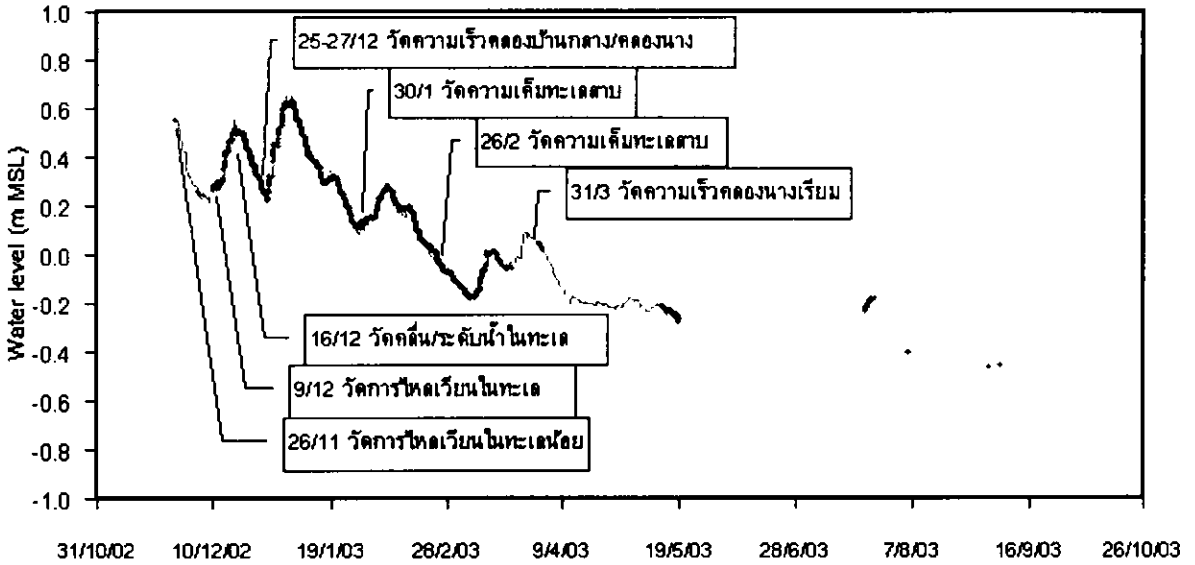


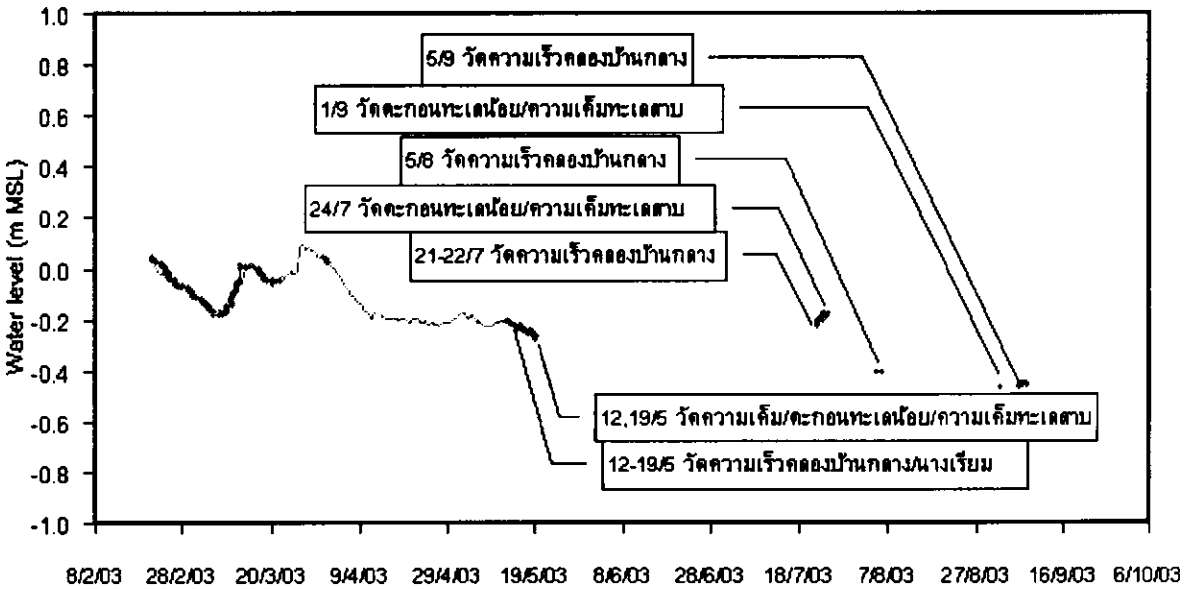
6. ผลการศึกษา

6.1. การสำรวจภาคสนามข้อมูลสมุทรศาสตร์กายภาพของระบบทะเลสาบสงขลาและทะเลน้อย

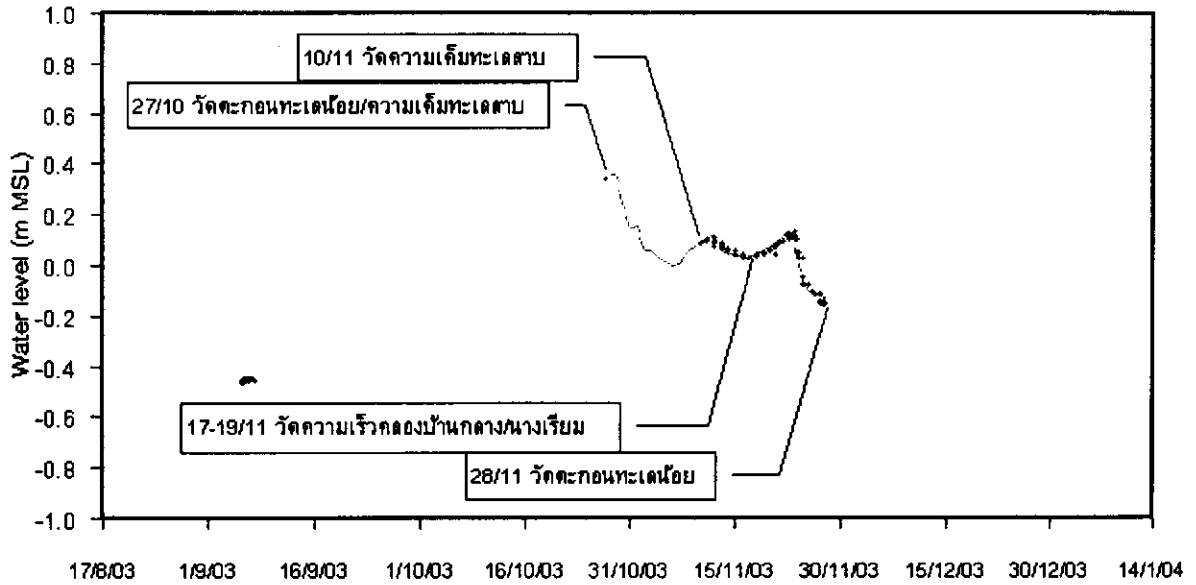
รูปที่ 3 แสดงแผนการสำรวจสมุทรศาสตร์ทะเลน้อย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ในฤดูฝนปี 2545 (พฤศจิกายน 2545-มีนาคม 2546) ฤดูแล้งปี 2546 (พฤษภาคม-กันยายน 2546) และฤดูฝนปี 2546 (ตุลาคม-พฤศจิกายน 2546) (ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนและการระเหยรายเดือนของจังหวัดพัทลุง และสงขลาแสดงไว้ในภาคผนวก ข) รายละเอียดของการสำรวจมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3ก แผนงานสำรวจสมุทรศาสตร์ในฤดูฝนระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2545-มีนาคม 2546



รูปที่ 3ข แผนงานสำรวจสมุทรศาสตร์ในฤดูแล้งระหว่างเดือนพฤษภาคม 2546-กันยายน 2546



รูปที่ 3ค แผนงานสำรวจสมุทรศาสตร์ในฤดูฝนระหว่างเดือนตุลาคม 2546-พฤศจิกายน 2546

6.1.1 ความลึกทะเลน้อยและเส้นทางคมนาคมทางน้ำ

รูปทรงสันฐานของทะเลน้อยและหน้าตัดคลองคลองนางเรียมและคลองบ้านกลาง ได้รับการสำรวจ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

6.1.1.1 คลองนางเรียม เป็นคลองธรรมชาติที่มีความคดโค้งตามลักษณะของพื้นที่ราบลุ่มดินตะกอน(alluvium plain) ลำน้ำมีความยาว 2.8 กม กว้างประมาณ 17 ม ที่ปากคลองทั้งสองด้านมีความลึกประมาณ 2.2 ม ส่วนในคลองลึกเฉลี่ยประมาณ 3.2 ม (พื้นที่หน้าตัดประมาณ 29-40 ตร.ม) ตลิ่งถูกปกคลุมด้วยไม้ล้มลุก เช่น แห้วทรงกระเทียม จูดหนู บัวบา และเสม็ดขึ้นอยู่กระจายประปราย ปากคลองที่ออกสู่ทะเลน้อยถูกปกคลุมด้วยพืชน้ำหนาแน่น เช่น บัวหลวง ขณะที่ปากคลองที่ออกสู่ทะเลหลวงไม่มีวัชพืชปกคลุมและสองฝั่งเป็นทุ่งหญ้าที่ตลิ่งยังไม่มีการกักเซาะขณะทำการสำรวจพบว่ากรมเจ้าท่าได้ทำการขุดลอกในส่วนนี้เพื่อให้สามารถเดินเรือได้

6.1.1.2 คลองบ้านกลาง เป็นคลองที่ขุดขึ้นมาใหม่ประมาณปี 2536 มีลักษณะตรงผ่านตัดพื้นที่ลุ่มทุ่งหญ้าทางทิศใต้ของทะเลน้อย มีความยาวประมาณ 1.1 กม กว้าง 16 ม และความลึกเฉลี่ยประมาณ 2.1 ม (พื้นที่หน้าตัดประมาณ 24-26 ตร.ม) ลำน้ำถูกใช้เป็นเส้นทางคมนาคมหลักและไม่มีพืชน้ำขึ้นปกคลุม จากการสำรวจพบว่า

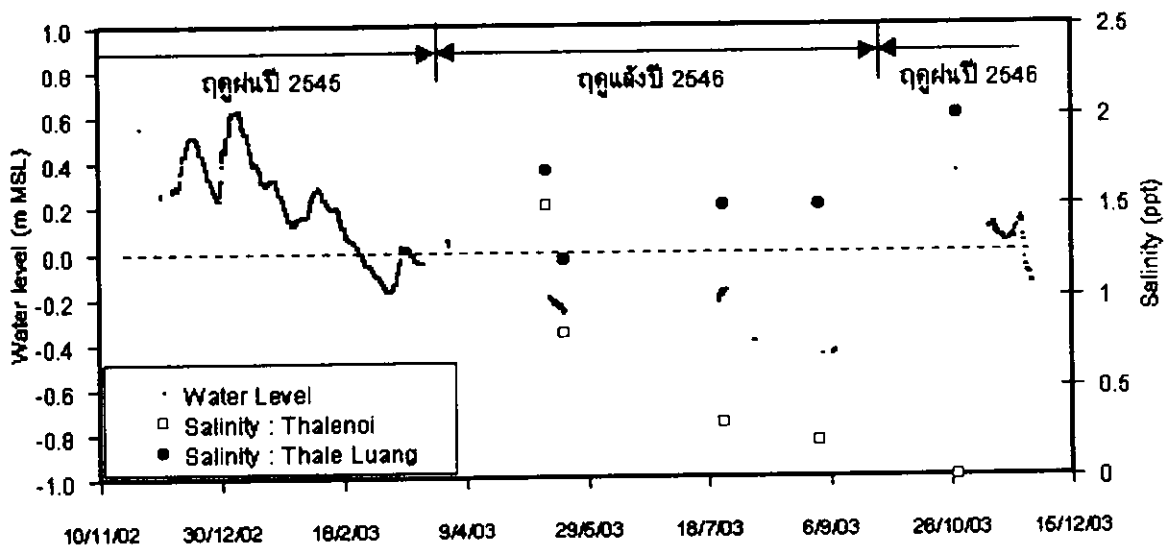
ชายฝั่งบริเวณปากคลองที่ออกสู่ทะเลหลวงมีสภาพถูกกัดเซาะจากคลื่นอย่างรุนแรง

- 6.1.1.3 ทะเลน้อย ความลึกที่วัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.2-1.5 ม จากผิวน้ำ โดยบริเวณชายฝั่งทิศเหนือและทิศตะวันออกตื้นเขินมากกว่าทางทิศตะวันตกและทิศใต้ มีพีชน้ำที่ขึ้นหนาแน่น ได้แก่ สาหร่ายจืดร บัวหลวง ผักตบชวา บัวสาย จูดหนู กง บัวบา บัวเฟื่อน และไม่พบการกัดเซาะบริเวณชายฝั่ง

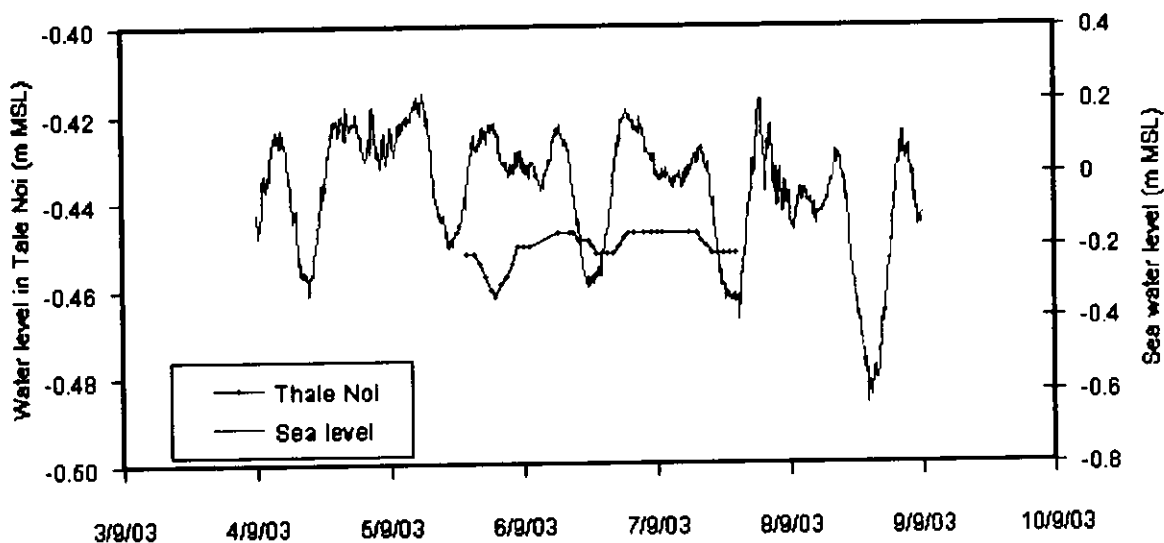
6.1.2 ระดับน้ำในทะเลน้อย

ระดับน้ำในทะเลน้อย (รูปที่ 4ก) ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย (เดือนพฤศจิกายน 2545-พฤศจิกายน 2546) ได้รับการบันทึกด้วยเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบลูกลอยซึ่งติดตั้งไว้ที่บริเวณที่ทำการ อดต.ทะเลน้อย เพื่อใช้อ้างอิงทางสมุทรศาสตร์สำหรับการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ พบว่า ในฤดูฝนระดับน้ำในทะเลน้อยมีอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณ 14.4 ซม/วัน ซึ่งมากกว่าอัตราการลดลง (~4.3 ซม/วัน) ทั้งนี้เส้นทางสายพท 3037 (บ้านไสกลิ่ง-บ้านหัวป่า) ที่เปิดใช้งานประมาณปี 2545 ซึ่งกีดขวางการระบายน้ำพื้นที่ชุ่มน้ำทางทิศใต้ของทะเลน้อย (ภาพในภาคผนวก ก6) เป็นสาเหตุประการหนึ่งที่ลดความสามารถในการระบายน้ำของทะเลน้อย รายละเอียดการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำแสดงในภาคผนวก ก

เพื่อติดตามอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทยต่อการเปลี่ยนแปลงทางสมุทรศาสตร์ของทะเลน้อยในฤดูแล้ง จึงติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบความดัน(WAVELOG) (ภาพแสดงในภาคผนวก ก3) ซึ่งสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำได้ละเอียดถึง 5 มม ไว้ที่ท่าเทียบเรือชายฝั่งของสถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (NICA) ระหว่างวันที่ 5-7 กันยายน 2546 (รูปที่ 4ข) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทยกับในทะเลน้อย พบว่า น้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทยขณะที่ทำการวัดมีพิสัย 40 ซม ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในทะเลน้อยประมาณ 0.8 ซม. แม้กระนั้นก็ยังคงมีผลต่อการไหลเวียนและการรุกของน้ำเค็มในฤดูแล้ง



รูปที่ 4ก ระดับน้ำและความเค็มในทะเลน้อยระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2545-2546



รูปที่ 4ข ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทยกับในทะเลน้อย
วันที่ 5-7 กันยายน 2546

6.1.3 การไหลเวียนในทะเลน้อย

การไหลเวียนในทะเลน้อยในฤดูฝน ได้รับการสำรวจในเดือนพฤศจิกายน 2545 เพื่อหารูปแบบการเคลื่อนที่ของมวลน้ำเนื่องจากอิทธิพลของน้ำหลาก โดยวัดความเร็วที่ความลึก 0.5 ม.จากผิวน้ำด้วยเครื่องวัดความเร็วน้ำแบบอัตโนมัติ (การติดตั้งเครื่องวัดความเร็วแสดงในภาคผนวก ค2) ที่สามารถบันทึกความเร็วและทิศทางได้ทุก 5 วินาทีต่อเนื่อง 5 นาทีจำนวน 10 จุดโดยรอบทะเลน้อย

ผลการวัดชี้ว่าการไหลเวียนมีทิศทางไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับคลื่นและลม โดยความเร็วมีค่าอยู่ระหว่าง 3.7-8.0 ซม./วินาที

การถ่ายเทมวลน้ำระหว่างทะเลน้อยกับทะเลหลวง ได้รับการตรวจวัดโดยทำการวัดกระแส น้ำ จำนวน 2 แห่ง คือ ที่กึ่งกลางคลองบ้านกลางและคลองนางเรียงทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ความเร็วถูก วัดที่ความลึกประมาณ 1 ม.จากผิวน้ำ และบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาทีต่อเนื่องกัน 24 ชั่วโมง ซึ่งสรุป สาระสำคัญได้ดังนี้

- ในฤดูฝน น้ำท่าปริมาณมากไหลผ่านคลองบ้านกลางทำให้มีสภาพเป็นน้ำขุ่น ความเร็วกระแส น้ำในคลองบ้านกลางได้รับการสำรวจ 2 ครั้ง (รูปที่ 5) คือ ระหว่างวันที่ 25-26 ธันวาคม 2545 และ 17-19 พฤศจิกายน 2546 ความเร็วกระแส น้ำสูงสุดวัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.56-0.65 ม/วินาที

สำหรับการไหลผ่านคลองนางเรียงในฤดูฝนได้รับการวัดระหว่างวันที่ 26-27 ธันวาคม 2545 และช่วงปลายฤดูฝนในวันที่ 31 มีนาคม-1 เมษายน 2546 ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6 ซึ่งพบว่า กระแส น้ำในคลองนางเรียงอ่อนกว่าในคลองบ้านกลางค่อนข้างมาก ความเร็วสูงสุดวัดได้ ประมาณ 0.35-0.41 ม/วินาทีซึ่งอยู่ในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม น้ำมีสภาพใส จากนั้นความเร็ว ค่อยๆลดลงเป็น 0.18-0.20 ม/วินาทีในเดือนมีนาคม-เมษายน

อัตราการไหลผ่านคลองบ้านกลางและคลองนางเรียงได้รับการประมาณไว้ในตารางที่ 1 เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง พบว่าปริมาณน้ำที่ระบายออกจากทะเลน้อยในช่วงที่ทำการ วัดมีค่าประมาณ 27 ลบ.ม/วินาที และมีสัดส่วนการไหลผ่านคลองบ้านกลางต่อคลองนางเรียง ประมาณ 1.4

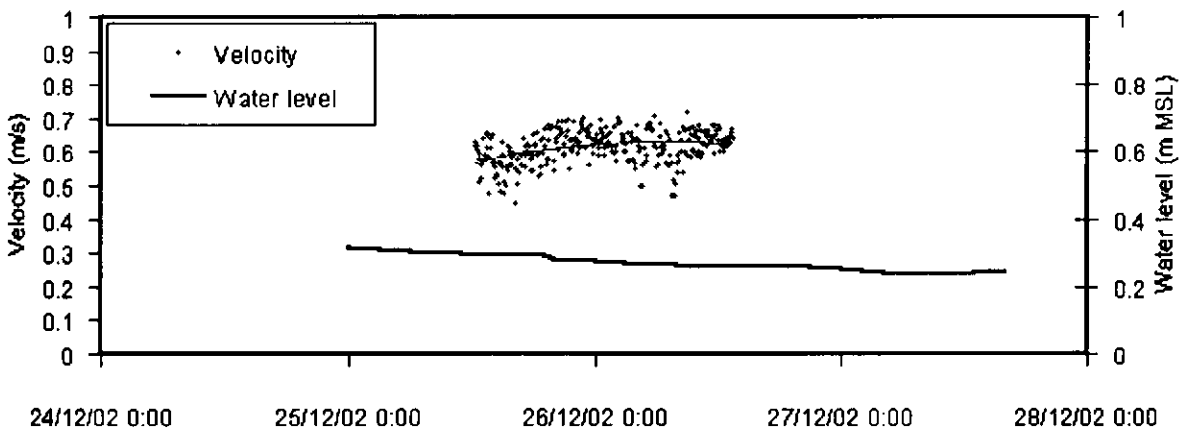
ตารางที่ 1 ประมาณการไหลผ่านคลองบ้านกลางและคลองนางเรียงในฤดูฝน

	คลองบ้านกลาง	คลองนางเรียง
Observed velocity (m/s) : Dec 02	0.59-0.64	0.37-0.40
Observed velocity (m/s) : Nov 03	0.59-0.62	0.39-0.39
Estimated cross-sectional area (m ²)	25.80	28.80
Estimated flow rate (m ³ /s) : Dec 02	15.25-16.49	10.63-11.58
Estimated flow rate (m ³ /s) : Nov 03	15.25-16.05	11.26-11.32

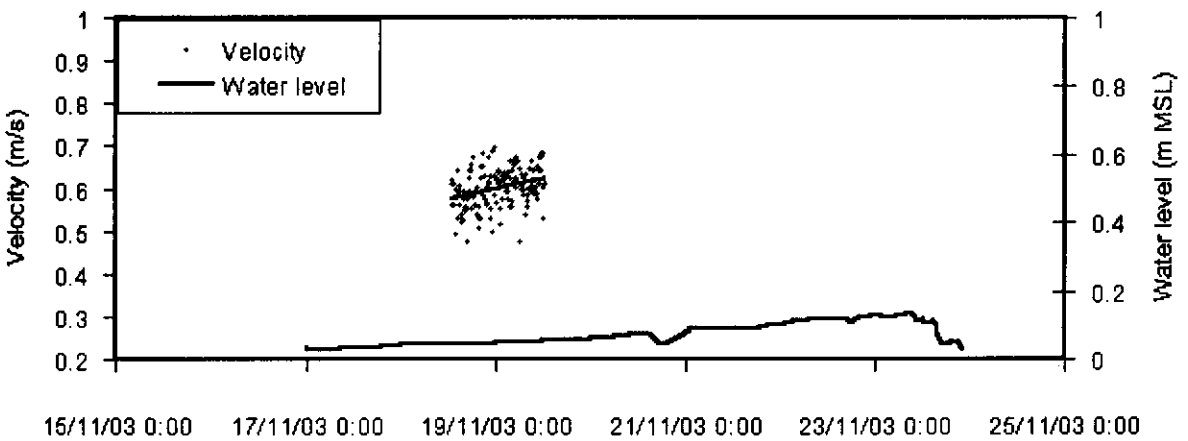
- ในฤดูแล้ง จากการวัดกระแส น้ำในคลองบ้านกลางและคลองนางเรียง พบว่าการไหลมีความซับซ้อนมาก เนื่องจากได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทย รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับน้ำชายฝั่งทะเลจังหวัดสงขลา (ที่ NICA) กับความเร็วกระแส น้ำในคลองบ้านกลางที่ได้จากการวัด 3 ครั้งระหว่างวันที่ 12-18 พฤษภาคม 2546, 21-22 กรกฎาคม 2546, 4 สิงหาคม 2546 และ 5-7 กันยายน 2546 จะเห็นว่า กระแส น้ำอ่อนลงอย่างมาก โดยที่ในเดือนพฤษภาคมยังคงมี น้ำท่าระบายผ่านคลองบ้านกลางออกสู่ทะเลหลวง วัดความเร็วได้ระหว่าง 0.05-0.13 ม/วินาที

ขณะที่ในเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2546 อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงทำให้ทิศทางการไหลในคลองทั้งสองเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ความเร็วสูงสุดขณะน้ำขึ้นและน้ำลงวัดได้ประมาณ 0.22 ม/วินาที และ 0.21 ม/วินาทีตามลำดับ สังเกตว่า การไหลในทะเลน้อยที่ระยะ 200 ม จากปากคลองบ้านกลางมีรูปแบบของการไหลคล้ายกับในคลองบ้านกลาง (รูปที่ 7ก)

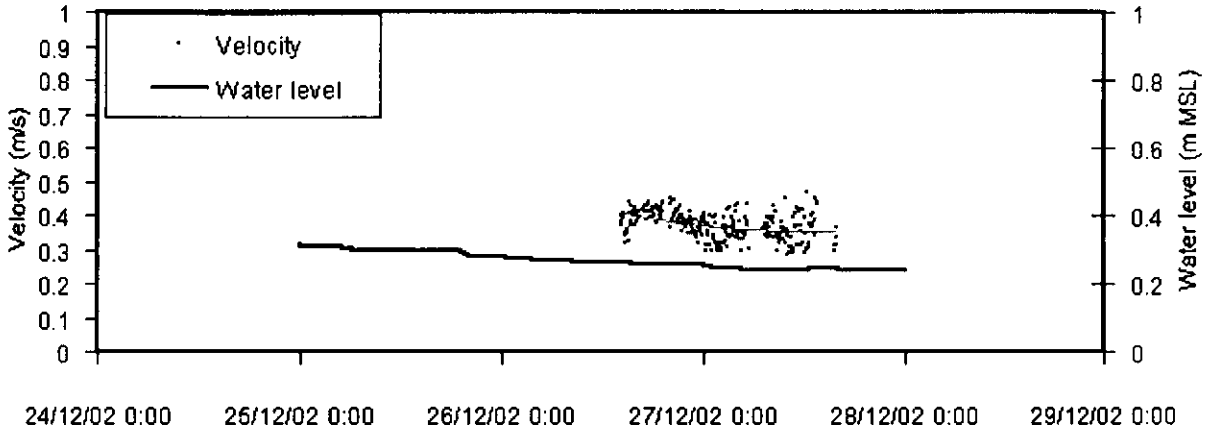
การไหลในคลองนางเรียมในฤดูแล้งได้รับการสำรวจเมื่อวันที่ 16-18 พฤษภาคม 2546 (รูปที่ 8) พบว่า น้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทยทำให้ทิศทางการไหลในคลองนางเรียมเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและค่อนข้างซับซ้อน ความเร็วการไหลขึ้นและไหลลงวัดได้ประมาณ 0.08 ม/วินาที และ 0.05-0.18 ม/วินาที ตามลำดับ



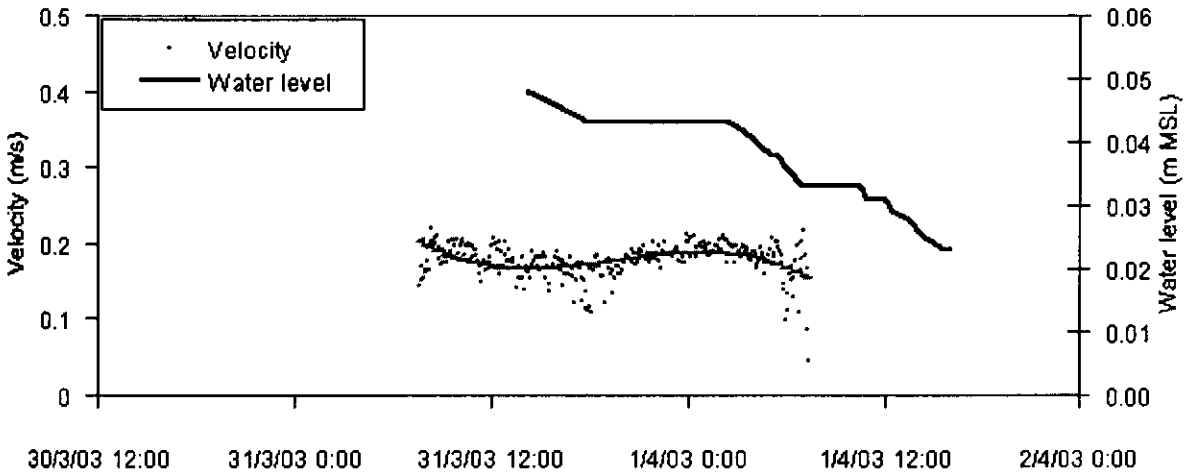
รูปที่ 5ก ความเร็วและระดับน้ำในคลองบ้านกลางวันที่ 25-26 ธันวาคม 2545



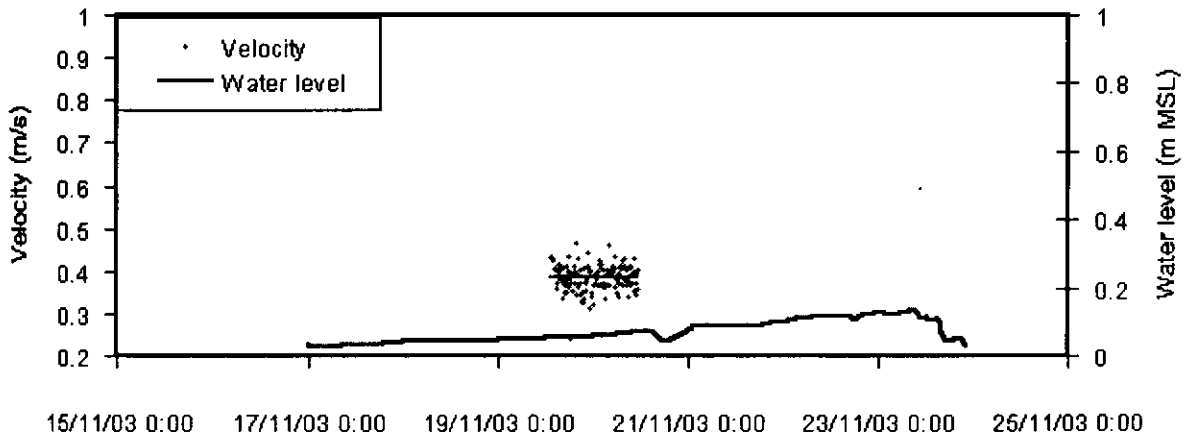
รูปที่ 5ข ความเร็วกระแสน้ำที่กึ่งกลางคลองบ้านกลางวันที่ 18-19 พฤศจิกายน 2546



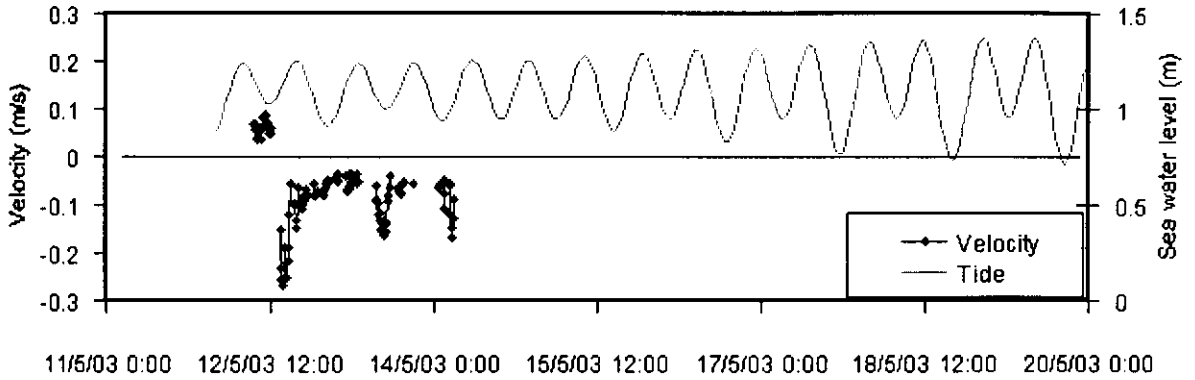
รูปที่ 6ก ความเร็วและระดับน้ำในคลองนางเรียงวันที่ 26-27 ธันวาคม 2545



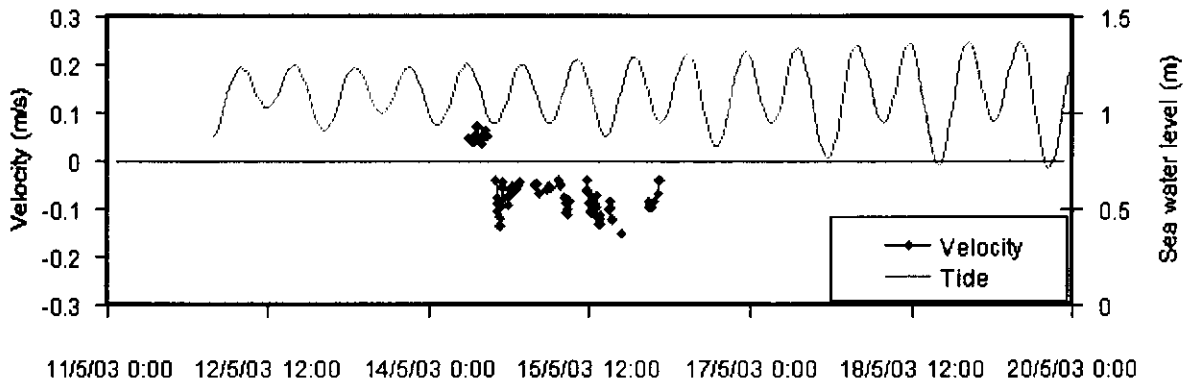
รูปที่ 6ข ความเร็วและระดับน้ำในคลองนางเรียงวันที่ 31 มีนาคม - 1 เมษายน 2546



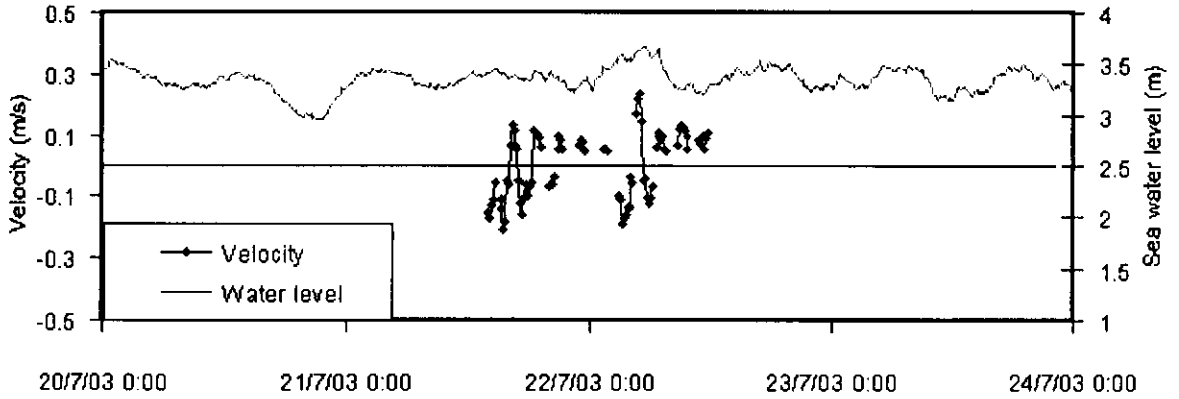
รูปที่ 6ค ความเร็วกระแสน้ำที่กึ่งกลางคลองนางเรียงวันที่ 19-20 พฤศจิกายน 2546



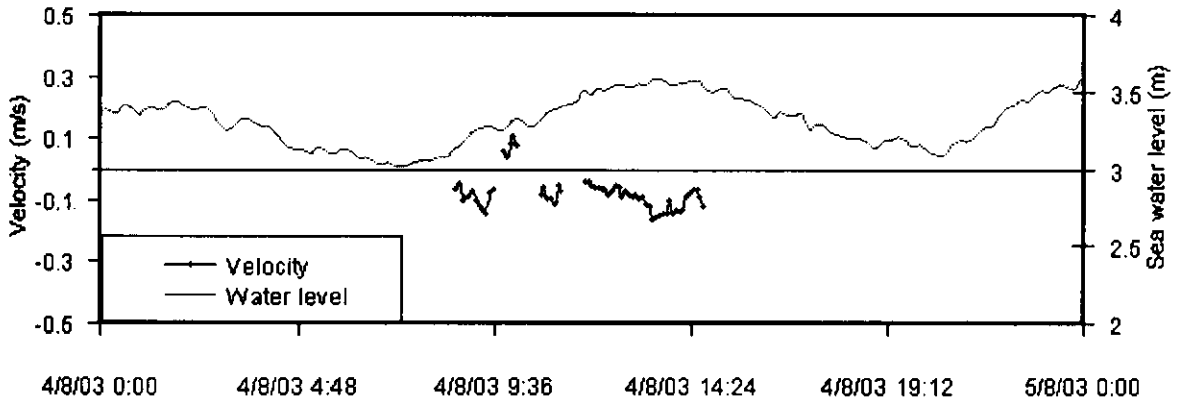
รูปที่ 7ก ความเร็วกระแสน้ำในทะเลน้อยที่ปากคลองบ้านกลางวันที่ 12-14 พฤษภาคม 2546



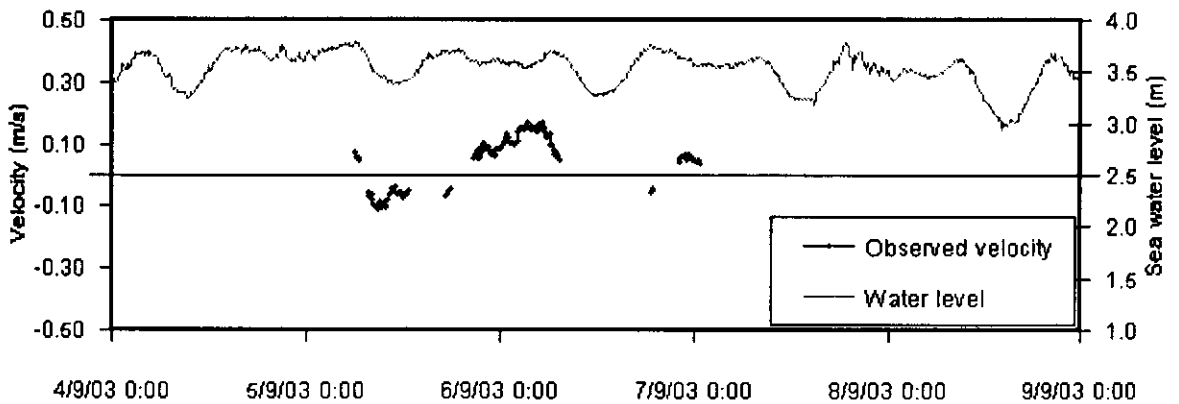
รูปที่ 7ข ความเร็วกระแสน้ำในทะเลน้อยที่กิ่งกลางคลองบ้านกลางวันที่ 14-16 พฤษภาคม 2546



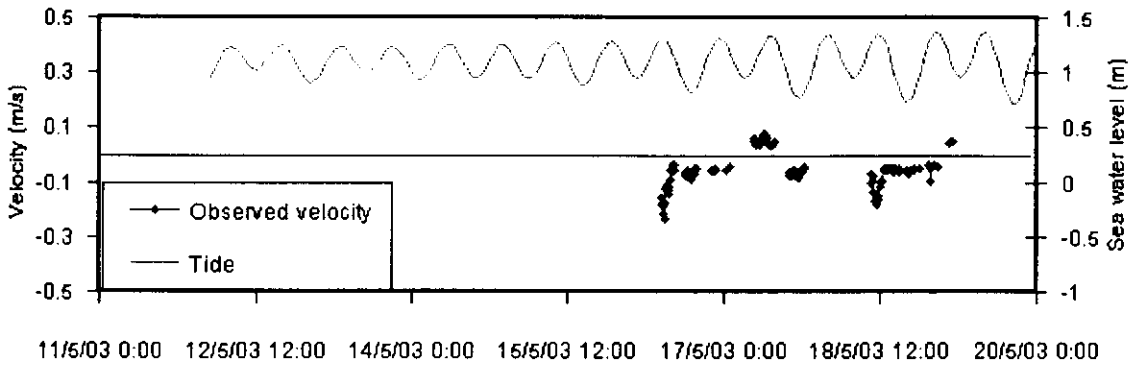
รูปที่ 7ค ความเร็วกระแสน้ำที่กิ่งกลางคลองบ้านกลางวันที่ 21-22 กรกฎาคม 2546



รูปที่ 7ง ความเร็วกระแสน้ำที่กิ่งกลางคลองบ้านกลางวันที่ 4 สิงหาคม 2546



รูปที่ 7จ ความเร็วกระแสน้ำที่กิ่งกลางคลองบ้านกลางวันที่ 5-7 กันยายน 2546



รูปที่ 8 ความเร็วกระแสน้ำในทะเลน้อยที่กึ่งกลางคลองนางเรียงวันที่ 16-18 พฤษภาคม 2546

6.1.4 การสำรวจคลื่นในทะเลน้อย

จากการสังเกตคลื่นในทะเลน้อย พบว่าลักษณะภูมิประเทศโดยรอบทะเลน้อยมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะของคลื่น โดยลมที่พัดมาทางทิศตะวันตกจะถูกบังโดยเนินเขา ทำให้ไม่สามารถก่อให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ในทะเลน้อย ขณะที่ถ้าเป็นลมตะวันตกเฉียงเหนือจะสามารถก่อให้เกิดคลื่นสูง 0.15 ม ที่ชายฝั่งทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทะเลน้อยได้ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนท้องน้ำเนื่องจากเป็นแหล่งน้ำ ดังจะสังเกตได้จากสีของน้ำที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล อันเกิดจากการฟุ้งกระจายของตะกอน และพบว่าพีชน้ำเช่น กงและบัว ช่วยลดความรุนแรงของคลื่นลงอย่างมาก

ความเร็วลมและความถี่ในทิศทางต่างๆที่ก่อให้เกิดคลื่นในทะเลน้อย ได้รับการวิเคราะห์จากผังลม (wind rose diagram) ในรอบ 10 ปี (2524-33) ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสงขลา พบว่าความเร็วลมส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 4-16 นอต เป็นลมทิศตะวันออก และรองลงมาเป็นลมทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวนวันที่ลมพัดเฉลี่ยต่อปีในรอบ 10 ปี ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสงขลา

ความเร็ว (นอต)	ทิศทาง								รวม (วัน)
	N	NE	E	NW	W	S	SE	SW	
ลมสงบ									69
1-3	6.4	27.2	25.1	8.4	7.8	8.4	12.6	30.0	126
4-16	4.0	34.4	60.5	6.3	32.3	1.1	16.6	14.4	169
17-27	0.0	0.4	0.3	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	1
รวม	10.4	62.0	85.8	14.8	40.3	9.5	29.3	44.4	365

หมายเหตุ : 1 นอต = 0.52 ม/วินาที

6.1.5 ความเค็มในระบบทะเลสาบสงขลาและทะเลน้อย

เพื่อติดตามการรุกของน้ำเค็มเข้าสู่ทะเลน้อยและทะเลหลวง จึงทำการวัดความเค็มรายเดือนในระบบทะเลสาบสงขลาตลอดปี 2546 (ตารางที่ 3 และรูปที่ 9) พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์ 2546 ทะเลหลวงและทะเลน้อยมีสภาพเป็นน้ำจืดและกลายเป็นน้ำกร่อยในเดือนมีนาคม จากรูปที่ 9 สังเกตว่าการรุกของความเค็มลดลงอย่างรวดเร็วจากปากทะเลสาบสงขลาถึงปากอ่าว จากนั้นความเค็มจะแพร่ไปสู่ทะเลสาบตอนกลางอย่างช้าๆจนเข้าสู่ทะเลหลวง นั่นคือช่องแคบปากอ่าวเป็นจุดควบคุมความเค็มที่สำคัญของระบบทะเลสาบ โดยเมื่อความเค็มที่ปากอ่าวมีค่าเกินกว่า 10 ppt จะมีแนวโน้มว่าความเค็มจะรุกถึงคลองบ้านกลางและคลองนางเรียงได้

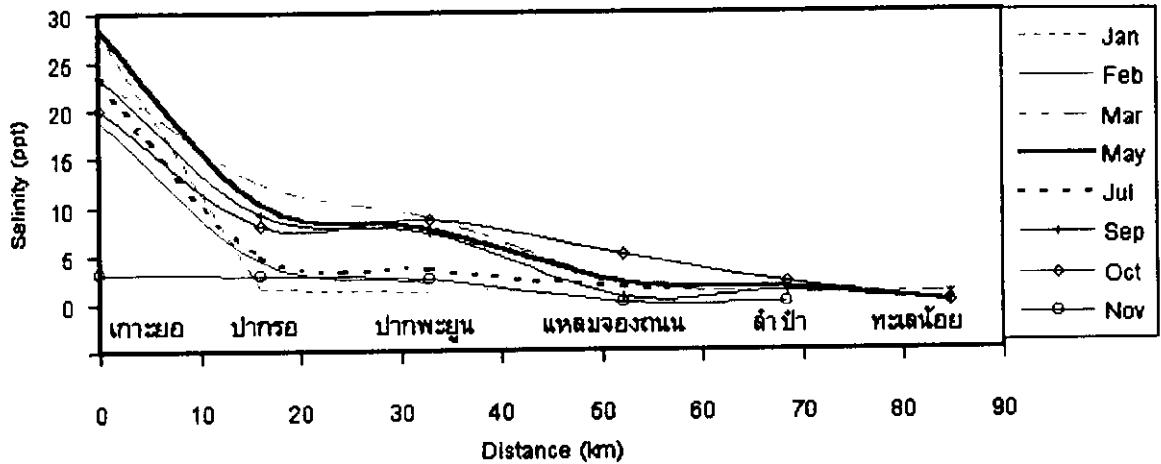
ความเค็มในทะเลน้อยปี 2546 ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4 จะเห็นว่าความเค็มในคลองบ้านกลางและคลองนางเรียงในเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคมมีค่าสูงสุดประมาณ 1.7 ppt และ 1.4 ppt ตามลำดับ การชะล้างความเค็มในฤดูฝนระหว่างเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน 2546 พบว่า น้ำท่าปริมาณมากสามารถชะล้างความเค็มออกจากระบบทะเลสาบได้ในระยะเวลาน้อยกว่า 2 สัปดาห์

การสำรวจผลกระทบของคลองระโนดและประตูน้ำป่ากระวะ (ภาพ ค8 ในภาคผนวก) ต่อปัญหาความขัดแย้งในด้านการจัดการน้ำ คลองระโนดเป็นลำน้ำสายเล็ก ๆ มีความกว้างประมาณ 10-20 ม บางแห่งลึกน้อยกว่า 1 ม ความยาวคลองประมาณ 24 กม ซึ่งคดเคี้ยวและเชื่อมโยงกับคลองสายต่างๆทั่วพื้นที่ลุ่มทุ่งระโนดจนไปออกสู่อ่าวไทยที่ประตูน้ำป่ากระวะ ในฤดูแล้งจะมีตะกอนทรายจำนวนมากทับถมปากคลองทุกปี สองฝากคลองระโนดเป็นที่ราบลุ่มทำนาและประชาชนประสบปัญหาทั้งด้านคุณภาพน้ำและความเค็มทำให้ผลผลิตข้าวต่ำลง จากข้อมูลเบื้องต้นนี้อาจกล่าวได้ว่าคลองระโนดทำหน้าที่หลักในการระบายน้ำท่าจากทะเลหลวงออกสู่อ่าวไทยในฤดูฝน และรับน้ำที่ระบายจากพื้นที่ตอนบนลงสู่ทะเลสาบสงขลาในฤดูแล้ง

ตารางที่ 3 ความเค็ม (ppt) ในระบบทะเลสาบสงขลาปี 2546

วันเวลา	เกาะยอ	ปากอ่าว	ปากพะยูน	แหลมจองถนน	ลำปำ	ทะเลน้อย
30 ม.ค. 2546	28	1.5	1.2	-	-	0
26 ก.พ. 2546	18.9	4.3	2.1	-	-	0
31 มี.ค. 2546	26.1	12.4	8.8	2.0	1.1	0.9
12 พ.ค. 2546	28.4	10.3	7.6	2.0	1.5	0
19 พ.ค. 2546	-	-	-	-	-	0.8
24 ก.ค. 2546	23	5	3.5	1.5	1.5	0
1 ก.ย. 2546	23.5	9.2	7.2	0.5	1.2	0.2
28 ต.ค. 2546	20	8	8.5	5	2	0
10 พ.ย. 2546	3.1	2.8	2.5	0	0	-

หมายเหตุ : ความเค็มที่ปากทะเลสาบวันที่ 26 ก.พ. 2546 มีค่า 25.9 ppt



รูปที่ 9 การรุกของความเค็มในระบบทะเลสาบสงขลาปี 2546

6.1.6 ตะกอนแขวนลอยในทะเลน้อย

สีของน้ำและความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในทะเลน้อยและทะเลหลวงได้รับการติดตามอย่างต่อเนื่องดังแสดงในตารางที่ 3 สังเกตว่าสีของทะเลน้อยเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งมีสาเหตุมาจากอินทรียสารและตะกอนแขวนลอยในน้ำ จากการสำรวจการแพร่ของตะกอนแขวนลอยชี้ว่า ในช่วงฤดูฝนสีของน้ำในทะเลน้อยแต่ละจุดมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงถึงการผสมผสานของน้ำที่เป็นไปอย่างช้าๆ โดยตั้งแต่กึ่งกลางทะเลน้อยไปถึงชายฝั่งทิศใต้และตะวันตกจะเป็นน้ำขุ่นสีน้ำตาล (ภาพในภาคผนวก ค1) และไหลออกสู่ทะเลหลวงผ่านทางคลองบ้านกลาง ขณะที่บริเวณตอนบนน้ำที่ระบายออกมาจากพื้นที่พรุควนเคร็งซึ่งมีการชะล้างน้อยกว่าและตกตะกอนตั้งแต่ต้นน้ำก่อนเข้าสู่ทะเลน้อย ทำให้เป็นน้ำใสระบายสู่คลองนางเรียม

ช่วงปลายฤดูฝนทางตอนใต้ของทะเลน้อยมีสภาพขุ่นขาว ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยวัดได้ 4-18 มก/ล ถูกพัดพาออกทางคลองบ้านกลาง ส่วนทางตอนบนของทะเลน้อยน้ำค่อนข้างใส โดยเฉพาะในคลองนางเรียมน้ำใสมาก ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยวัดได้น้อยกว่า 2 มก/ล

สำหรับในช่วงฤดูแล้ง น้ำในคลองนางเรียมจะเปลี่ยนเป็นขุ่นขาวมีความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยประมาณ 2-30 มก/ล เนื่องจากการแพร่เข้ามาของตะกอนในทะเลหลวงที่มีความเข้มข้น 5-40 มก/ล การสำรวจยังพบว่าตะกอนแขวนลอยจากทะเลหลวงจะแพร่เข้ามาในทะเลน้อยเป็นระยะทางประมาณ 1 กม จากนั้นน้ำจะเริ่มใสขึ้น และโดยเฉพาะบริเวณที่มีสาหร่ายหางกระรอกขึ้นหนาแน่นน้ำมีความใสมาก

ตารางที่ 4 สีของน้ำ ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย และความเค็มในทะเลน้อยปี 2546

วันเวลา	กลางทะเล น้อย	ปากคลอง บ้านกลาง (ทะเลน้อย)	กลาง คลองบ้าน กลาง	ปากคลอง บ้านกลาง (ทะเลหลวง)	ปากคลอง นางเรียม (ทะเลน้อย)	กลาง คลองนาง เรียม	ปากคลอง นางเรียม (ทะเลหลวง)
8 ม.ค. 46	เหลือง	--	เหลือง ชุ่น	-	-	ใส	-
30 ม.ค. 46	เหลือง	-	เหลือง ชุ่น	-	-	ใส	-
26 ก.พ. 46	น้ำตาล ชุ่น	-	น้ำตาล ชุ่น	ชุ่นขาว	-	น้ำตาล ใส	-
ตะกอน	-	-	-	-	-	-	-
ความเค็ม	0	0	0	0	0	0	0
12 พ.ค. 46	-	-	-	-	-	-	-
ตะกอน	-	-	-	-	-	-	-
ความเค็ม	0	1.7	1.7	1.7	-	-	-
19 พ.ค. 46	ใส	ใส	ชุ่นขาว	ชุ่นขาว	ใส	เหลืองใส	ชุ่นขาว
ตะกอน	5.8	2	12.6	13.04	1.6	6	18.84
ความเค็ม	0.8	0.9	1.0	1.2	0.2	0.2	1.0
21 ก.ค. 46	-	-	-	-	-	-	-
ตะกอน	-	-	-	-	-	-	-
ความเค็ม	-	-	1.1	-	-	0.5	-
24 ก.ค. 46	ใส	ชุ่นน้อย	ชุ่นขาว	ชุ่นขาว	ใส	ชุ่นขาว	ชุ่นขาว
ตะกอน	3.9	6.4	28.5	18	28	33	40.3
ความเค็ม	0.3	1.1	1.2	1.5	0.5	1.4	1.7
1 ก.ย. 46	ใส	เหลืองใส	ชุ่นเหลือง	ชุ่นเหลือง	เหลืองใส	ชุ่นขาว	ชุ่นเหลือง
ตะกอน	6.4	18.8	38.9	27.8	15.8	29.6	41.6
ความเค็ม	-	-	-	-	-	-	-
28 ต.ค. 46	ใส	ชุ่นน้อย	ชุ่นน้อย	ชุ่นเหลือง	ชุ่นน้อย	ชุ่นน้อย	ชุ่นเหลือง
ตะกอน	10.2	25.6	22.7	29.7	22.3	22.5	28.3
ความเค็ม	0	1.5	1.5	2.0	1.3	1.2	1.3
10 พ.ย. 46	ใส	ชุ่นน้อย	ชุ่นน้อย	ชุ่นเหลือง	ชุ่นน้อย	ชุ่นน้อย	ชุ่นเหลือง
28 พ.ย. 46	ใสน้ำตาล	เหลืองใส	เหลืองใส	เหลืองใส	ใส	ใส	เหลืองใส
ตะกอน	17.6	14.6	9.4	17.8	1.0	1.9	5.4
ความเค็ม	0	0	0	0	0	0	0

6.2 การวิเคราะห์สภาพอุทกพลศาสตร์ในทะเลน้อยและการเคลื่อนที่ของความเค็มด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

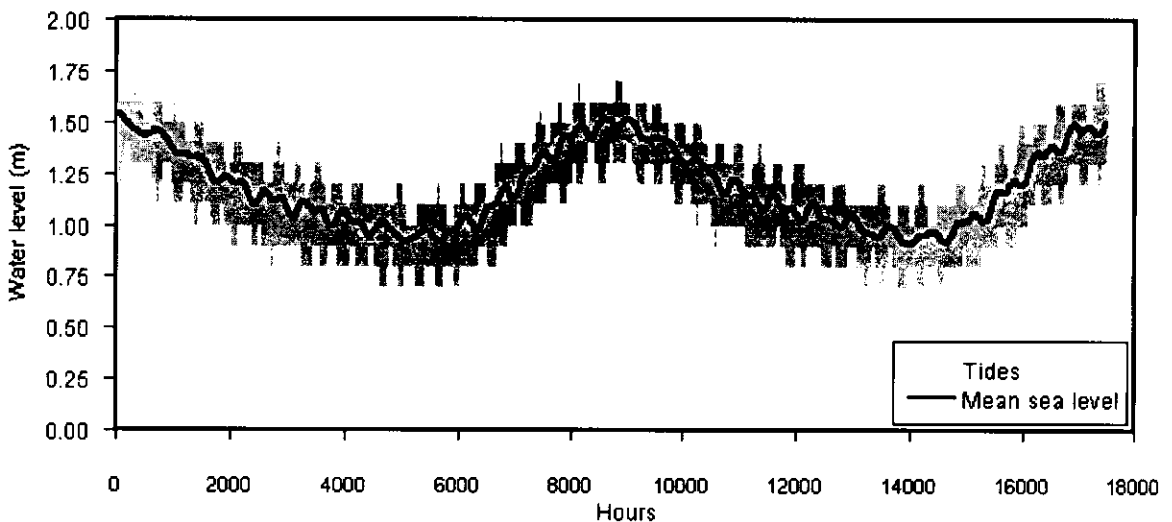
เพื่อความเข้าใจการไหลเวียนและกลไกการแพร่ของความเค็มในทะเลน้อย แบบจำลองคณิตศาสตร์ทางอุทกพลศาสตร์และการเคลื่อนที่ของความเค็มแบบ 2 มิติ ถูกนำมาประยุกต์กับทะเลน้อย ขั้นตอนการศึกษามีดังนี้

6.2.1 วิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำขึ้นน้ำลงชายฝั่งจังหวัดสงขลา

น้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทยเป็นแรงขับเคลื่อนมวลน้ำของระบบทะเลสาบสงขลาซึ่งมีอิทธิพลต่อการไหลเวียนในทะเลน้อย มาตรฐานน้ำที่เกาะหนูในปี 2546 ที่พยากรณ์โดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (รูปที่ 10) ได้รับการวิเคราะห์เพื่อหาค่าประกอบเชิงฮาร์มอนิกที่สำคัญซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5 (H = Amplitude เป็นเมตร, G = Phase เป็นองศา) พบว่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงในช่วงน้ำเกิดและน้ำตายมีค่าประมาณ 0.60 และ 0.30 ม ตามลำดับ และระดับน้ำทะเลเฉลี่ยมีการแกว่งประมาณ 0.59 ม

ตารางที่ 5 Amplitude และ Phase ที่เกาะหนู

	K1		M2		O1		S2		P1	
	H (ม)	G (o)	H (ม)	G (o)	H (ม)	G (o)	H (ม)	G (o)	H (ม)	G (o)
เกาะหนู	0.049	288.7	0.117	264.4	0.044	149.0	0.042	353.6	0.022	291.8



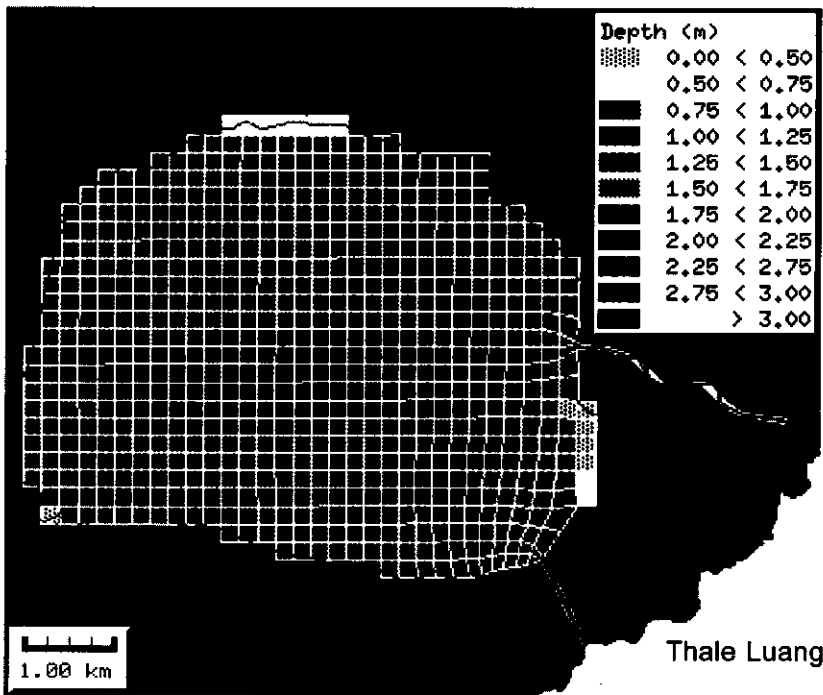
รูปที่ 10 คุณลักษณะของน้ำขึ้นน้ำลงที่เกาะหนู จ.สงขลา ปี 2545-46

6.2.2 คุณสมบัติของแบบจำลองคณิตศาสตร์

แบบจำลองคณิตศาสตร์ทางอุทกพลศาสตร์แบบ 2 มิติ (2D Mathematical Model of Hydrodynamics) ที่นำมาประยุกต์กับระบบทะเลสาบสงขลามีชื่อเชิงพาณิชย์ว่า Water Quality Mapping (WQMAP) ปัจจุบันเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัท Applied Sciences Associates, Inc. (ASA) ประเทศสหรัฐอเมริกา (Spaulding, 1984 & Swanson, 1986) ลักษณะเด่นของแบบจำลองฯนี้ คือ เป็นระบบกริดแบบโค้งที่ลัดเลาะไปตามแนวชายฝั่ง (Boundary fitted coordinate) ผลการคำนวณถูกแสดงในรูปของ GIS ทำให้ได้คำตอบที่แม่นยำ รายละเอียดศึกษาได้ที่ <http://www.appsci.com/>

6.2.3 ขอบเขตของแบบจำลองฯ

แบบจำลองฯครอบคลุมพื้นที่ผิวน้ำของระบบทะเลสาบสงขลา ตั้งแต่ปากทะเลสาบถึงทะเลน้อย ความลึกน้ำถูกกำหนดไว้ที่กึ่งกลางของแต่ละกริด รูปที่ 11 แสดงระบบกริดของแบบจำลองฯในส่วนของทะเลน้อย



รูปที่ 11 แบบจำลองฯ ระบบกริด และความลึกที่ใช้ในการคำนวณ (ความลึกแสดงด้วยแถบสี)

6.2.4 ขั้นตอนการศึกษาด้วยแบบจำลองฯ

การศึกษาด้วยแบบจำลองการไหลเวียนของน้ำในทะเลน้อยมีลำดับการคำนวณดังต่อไปนี้

นี้

6.2.4.1 การปรับเทียบแบบจำลอง (model calibration)

- ใส่ค่าระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่ได้จากการวิเคราะห์ข้างต้นไว้ที่ปากทะเลสาบ (open boundary)
- จากการวัดอัตราการไหลของน้ำท่าในทะเลน้อยสำหรับฤดูฝน พบว่า มีค่าประมาณ 27 ลบ.ม/วินาที
- คำนวณระดับน้ำและกระแสน้ำรายชั่วโมงในคลองบ้านกลางและคลองนางเรียง
- เปรียบเทียบผลการคำนวณความเร็วและระดับน้ำกับข้อมูลที่ได้จากการวัด
- ปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองฯเพื่อให้ได้คำตอบที่สอดคล้องกับสภาพจริง
- ทำซ้ำในกรณีของฤดูแล้งที่มีค่าอัตราการระเหยสูง 5.6 มม/วัน (0.15 ล้าน ลบ.ม/วัน)
- ปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองฯเพื่อให้ได้คำตอบที่สอดคล้องกับสภาพจริง

6.2.4.2 การพยากรณ์การไหลเวียนในทะเลน้อย

- ใช้คุณสมบัติของแบบจำลองฯที่ได้ข้างต้นมาคำนวณรูปแบบการไหลในลักษณะต่างๆ
- จำลองการไหลเวียนในสภาพที่มีการใช้น้ำในเขตพื้นที่ทะเลน้อยที่มีค่าระหว่าง 0.15-0.45 ล้าน ลบ.ม/วัน (mcm/day)
- จำลองการไหลเวียนในฤดูฝนที่อัตราการไหลของน้ำท่าจากพื้นที่โดยรอบทะเลน้อยมีค่าระหว่าง 5-12 ลบ.ม/วินาที

6.2.4.3 การศึกษาการรุกของน้ำเค็มในฤดูแล้งด้วยแบบจำลองฯ

- ที่ปากคลองบ้านกลางและคลองนางเรียงให้ความเค็มมีค่าคงที่เท่ากับ 2 ppt (จากค่าสูงสุดที่วัดได้ในสนาม)
- ความเค็มเริ่มต้น (Initial Condition) ในทะเลน้อยให้มีสภาพเป็นน้ำจืด
- จำลองการรุกของน้ำเค็มในฤดูแล้งที่มีการใช้น้ำในอัตรา 0.15-0.45 ล้าน ลบ.ม/วัน
- จำลองการรุกของน้ำเค็มในฤดูฝนที่มีน้ำหลากในอัตรา 5-12 ลบ.ม/วินาที
- คำนวณความเค็มรายชั่วโมงในทะเลน้อย

6.2.5 การเปรียบเทียบผลการคำนวณสภาพอุทกพลศาสตร์กับข้อมูลสนาม

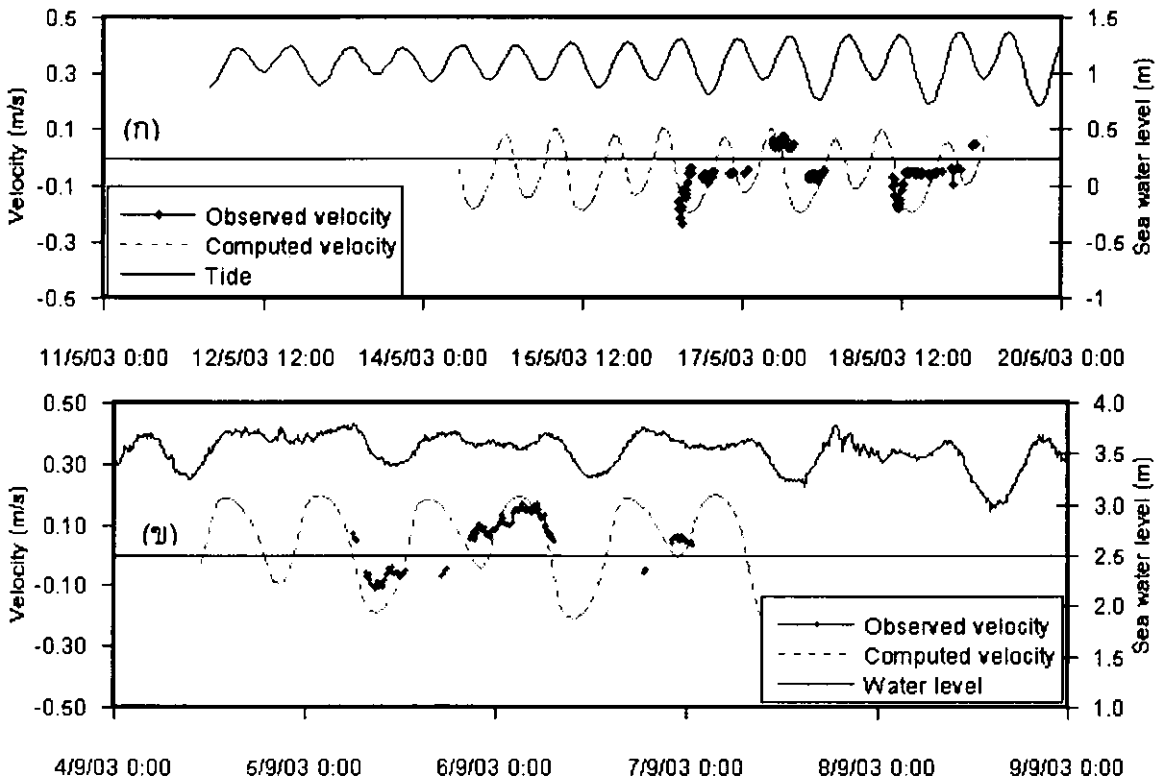
อัตราการไหลผ่านคลองบ้านกลางและคลองนางเรียงในฤดูฝนที่ได้จากการวัดในเดือน

พฤศจิกายน-ธันวาคม 2545 และ 2546 ถูกนำมาเปรียบเทียบกับที่คำนวณด้วยแบบจำลองฯ ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าแบบจำลองพยากรณ์การไหลของน้ำท่าออกสู่ทะเลหลวงผ่านคลองบ้านกลางได้ดีกว่าคลองนางเรียงซึ่งสอดคล้องกับการวัด ทั้งนี้สัดส่วนอัตราการไหลผ่านคลองบ้านกลางต่อคลองนางเรียงจากการคำนวณที่มีค่าประมาณ 1.6 ซึ่งสูงกว่าจากการวัดที่มีค่าประมาณ 1.4

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบการวัดกับการคำนวณอัตราการไหลผ่านคลองบ้านกลางและคลองนางเรียม

	คลองบ้านกลาง	คลองนางเรียม
Computed flow rate (m^3/s)	16.7	10.4
Observed flow rate (m^3/s)	15.6	11.2896

ข้อมูลความเร็วกระแสน้ำจากการวัดในคลองบ้านกลางและคลองนางเรียมในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2546 ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งถูกนำมาเปรียบเทียบกับการคำนวณเพื่อการปรับเทียบแบบจำลองฯ (รูปที่ 12) จากรูปจะเห็นว่า ผลการคำนวณความเร็วในคลองบ้านกลางค่อนข้างสอดคล้องกับค่าที่วัดได้อันแสดงถึงอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามข้อมูลสนามบางส่วนขาดหายไปซึ่งจากการตรวจสอบพบว่าความเร็วแปรปรวนอย่างมาก ดังเช่นที่แสดงในกรณีของคลองนางเรียม ซึ่งจะเห็นว่าข้อมูลสนามค่อนข้างแปรปรวนซึ่งแบบจำลองฯสามารถอธิบายได้เพียงบางส่วนเท่านั้น



รูปที่ 12 เปรียบเทียบการวัดกับการคำนวณความเร็วกระแสน้ำในฤดูแล้ง (ก) คลองนางเรียมเดือนพฤษภาคม 2546 และ (ข) คลองบ้านกลางเดือนกันยายน 2546

6.2.6 ผลการคำนวณด้วยแบบจำลอง

6.2.6.1 การไหลเวียนของน้ำในทะเลน้อย

(ก) การไหลเวียนในฤดูฝน

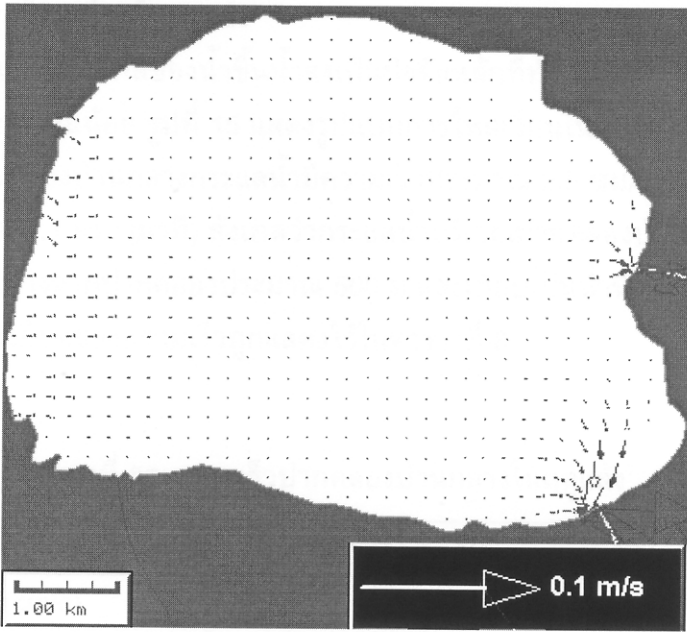
ความเข้าใจการไหลเวียนในทะเลน้อยจะช่วยให้ทราบถึงความสามารถในการ ถ่ายเทของเสียและการแลกเปลี่ยนมวลน้ำกับทะเลหลวง รูปที่ 13 แสดงการไหลช่วงฤดูฝนในทะเลน้อยซึ่งชี้ว่าน้ำทำในปริมาณมากทำให้เกิดการไหลค่อนข้างสม่ำเสมอในทะเลน้อยด้วยความเร็วประมาณ 1-2 ซม/วินาที และเมื่อเข้าใกล้ปากคลองบ้านกลางและคลองนางริ้ว ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สังเกตว่าน้ำจะไหลเลาะจากชายฝั่งทิศตะวันออกเพื่อออกสู่คลองบ้านกลาง รายละเอียดของความเร็วบริเวณปากคลองทั้งสองถูกแสดงไว้ในตารางที่ 7 และรูปที่ 14 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระแสน้ำที่ไหลออกสู่คลองบ้านกลางมีความแรงกว่าที่ไหลออกสู่คลองนางริ้ว โดยในฤดูฝนพบว่าที่ระยะประมาณ 200 ม จากปากคลองบ้านกลางความเร็วเพิ่มขึ้นจากประมาณ 3 ซม/วินาที เป็น 7.7 ซม/วินาที และที่ปากคลองนางริ้วความเร็วเพิ่มขึ้นจากประมาณ 1 ซม/วินาที เป็น 3.2 ซม/วินาที

ตารางที่ 7ก ความเร็วปากคลองบ้านกลางในฤดูฝน

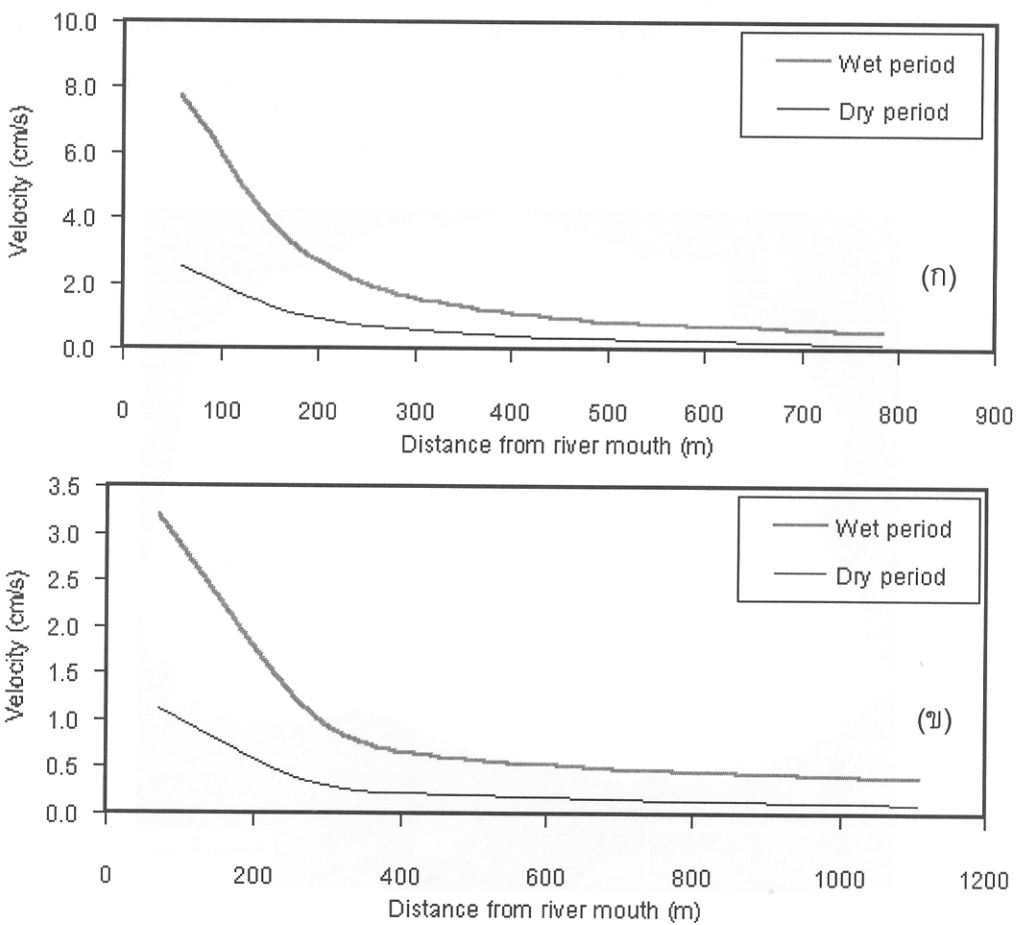
Distance from river mouth (m)	60	190	400	780
Velocity (cm/s)	7.7	2.8	1.1	0.5

ตารางที่ 7ข ความเร็วปากคลองนางริ้วในฤดูฝน

Distance from river mouth (m)	70	280	490	1110
Velocity (cm/s)	3.2	1.0	0.6	0.4



รูปที่ 13 การไหลเวียนช่วงฤดูฝนในทะเลน้อย



รูปที่ 14 ความเร็วในทะเลน้อยบริเวณ (ก) ปากคลองบ้านกลาง และ (ข) ปากคลองนางเรียง

(ข) การไหลเวียนในฤดูแล้ง

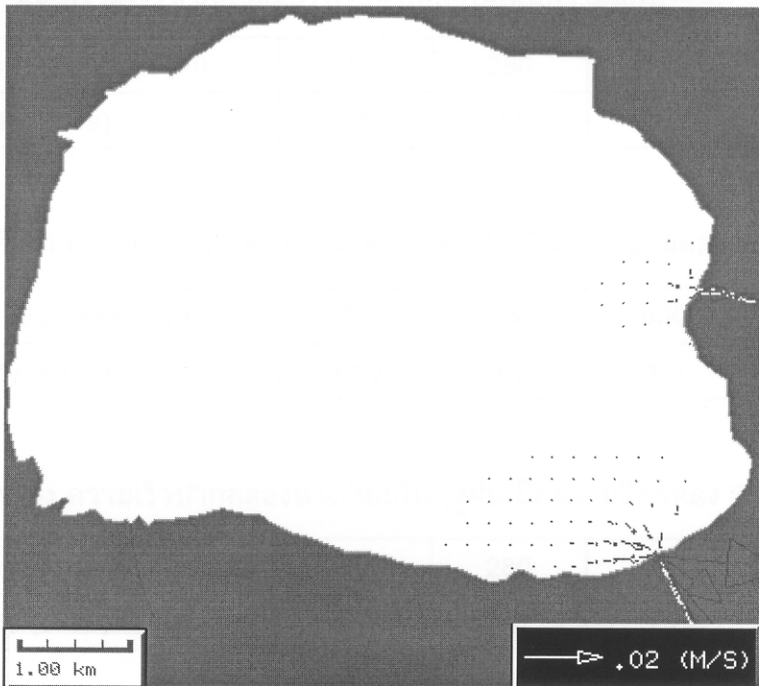
ในฤดูแล้ง อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการไหลของน้ำจากทะเลหลวงเข้าสู่ทะเลน้อย รูปที่ 15 แสดงรูปแบบการไหลเวียนในทะเลน้อยจากการคำนวณโดยที่รอบปากคลองบ้านกลางกระแสน้ำมีความเร็วประมาณ 2.5 ซม/วินาที ซึ่งมากกว่าที่คลองนางเรียม (1.1 ซม/วินาที) สังเกตว่ากระแสน้ำบริเวณปากคลองบ้านกลางอ่อนลงอย่างรวดเร็วที่ระยะห่างจากปากคลองประมาณ 500 ม และเกือบเป็นน้ำนิ่งที่ระยะทางประมาณ 1500 ม รายละเอียดของความเร็วถูกแสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8ก ความเร็วปากคลองบ้านกลางในฤดูแล้ง

Distance from river mouth (m)	60	190	400	780
Velocity (cm/s)	2.5	1.0	0.4	0.2

ตารางที่ 8ข ความเร็วปากคลองนางเรียมในฤดูแล้ง

Distance from river mouth (m)	70	280	490	1110
Velocity (cm/s)	1.1	0.3	0.2	0.1



รูปที่ 15 การไหลเวียนช่วงฤดูแล้งในทะเลน้อย

(ค) ผลกระทบเนื่องจากการขุดลอกและการตื้นเขินในทะเลน้อย

การขุดลอกและการตื้นเขินของทะเลน้อย จะส่งผลต่อการไหลเวียนของน้ำอย่างไรนั้น ได้รับการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองฯ ใน 2 กรณี คือ เมื่อมีการขุดลอกให้ความลึกในทะเลน้อยเพิ่มขึ้นจากสภาพปัจจุบัน 50% และเมื่อเกิดการตื้นเขินทำให้ความลึกลดลงจากสภาพปัจจุบัน 50% ตารางที่ 9 และรูปที่ 16 แสดงรายละเอียดของความเร็วที่แต่ละจุดในทะเลน้อย จากทั้ง 2 กรณี จากรูปจะเห็นว่าเมื่อความลึกเพิ่มขึ้นกระแสน้ำทั่วทั้งทะเลน้อยจะอ่อนตัวลง ขณะที่เมื่อเกิดการตื้นเขินความเร็วจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สังเกตว่าอิทธิพลของคลองทั้งสองต่อการไหลเวียนจะอยู่ในระยะทางประมาณ 200-300 ม จากปากคลอง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การไหลเวียนในสภาพปัจจุบันพบว่า การตื้นเขินมีผลกระทบอย่างมากต่อสภาพสมุทรศาสตร์ของทะเลน้อย โดยที่การตื้นเขิน 50% จะทำให้ความเร็วในทะเลน้อยเพิ่มขึ้น 82-134% ขณะที่เมื่อความลึกที่เพิ่มขึ้น 50% ความเร็วในทะเลน้อยมีค่าลดลง 27-31%

ตารางที่ 9ก ความเร็วปากคลองบ้านกลางในฤดูฝนเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น 50%

Distance from river mouth (m)	60	190	400	780
Velocity (cm/s)	7.1	2.5	0.9	0.4

ตารางที่ 9ข ความเร็วปากคลองนางเรียงในฤดูฝนเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น 50%

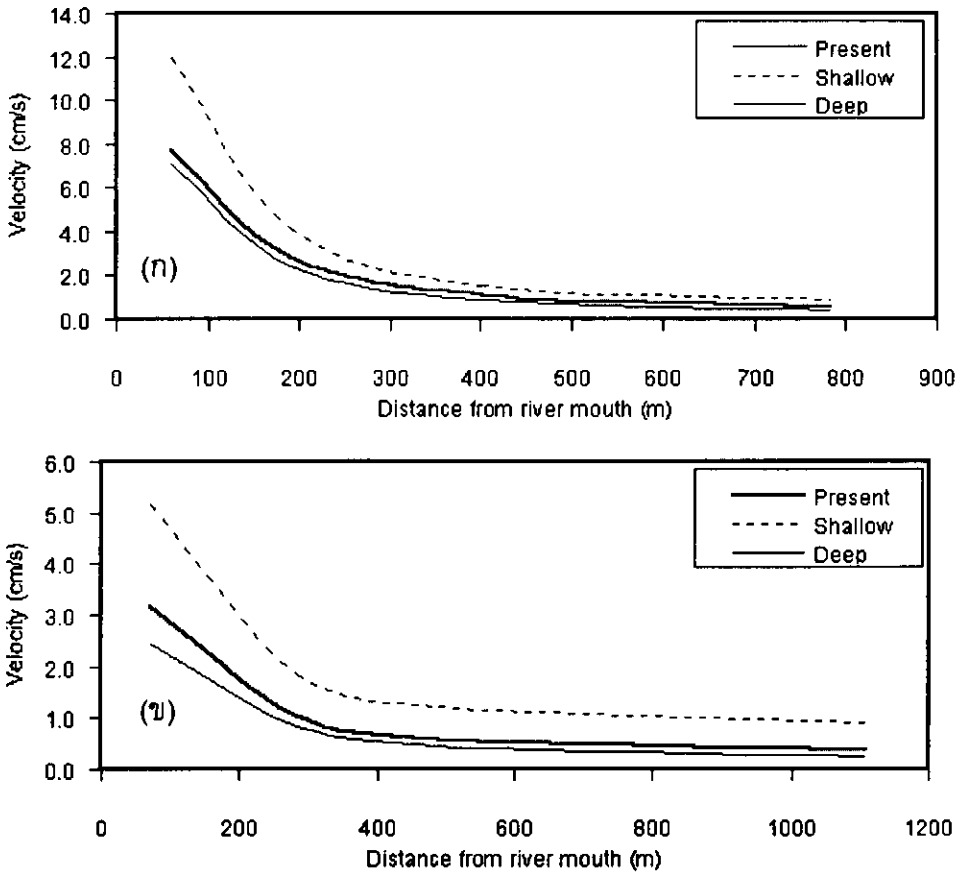
Distance from river mouth (m)	70	280	490	1110
Velocity (cm/s)	2.5	0.8	0.5	0.3

ตารางที่ 9ค ความเร็วปากคลองบ้านกลางในฤดูฝนเมื่อความลึกลดลง 50%

Distance from river mouth (m)	60	190	400	780
Velocity (cm/s)	12.0	4.2	1.5	0.9

ตารางที่ 9ง ความเร็วปากคลองนางเรียงในฤดูฝนเมื่อความลึกลดลง 50%

Distance from river mouth (m)	70	280	490	1110
Velocity (cm/s)	5.2	1.9	1.2	0.9



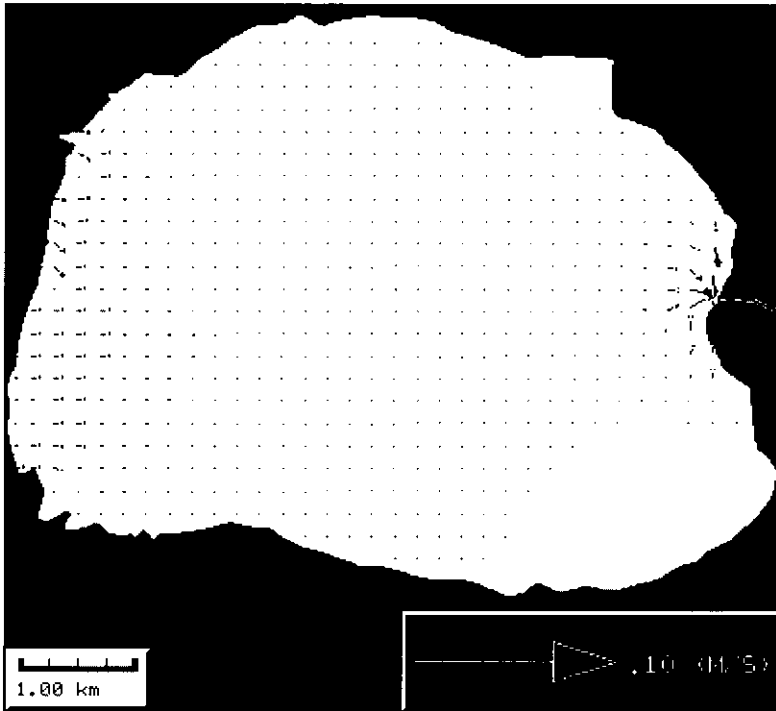
รูปที่ 16 เปรียบเทียบความเร็วในทะเลน้อยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความลึกในทะเลน้อย (ก) ตามแนวคลองบ้านกลาง และ(ข) ตามแนวคลองนางเรียง

(ง) ผลกระทบจากการพัฒนาการคมนาคมทางน้ำ

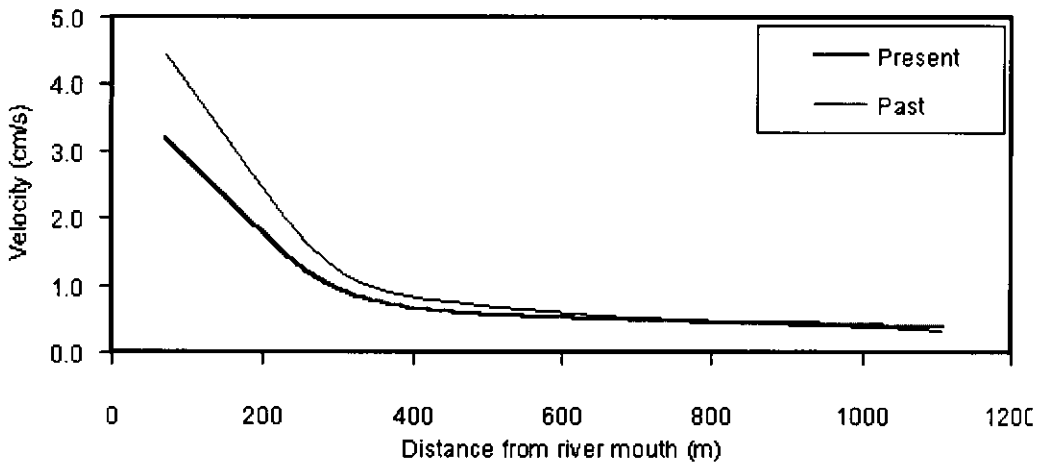
ในอดีตมีเพียงคลองนางเรียงเท่านั้นที่ควบคุมการไหลเวียนของน้ำในทะเลน้อย เนื่องจากความต้องการคมนาคมสู่ทะเลหลวงจึงทำการขุดคลองบ้านกลางขึ้นก่อนปี 2538 โดยไม่มีการศึกษาผลกระทบต่อสภาพสมุทรศาสตร์และนิเวศวิทยาของทะเลน้อย เพื่อความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพอุทกพลศาสตร์ ในที่นี้จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบการไหลเวียนระหว่างในอดีตและปัจจุบัน ผลการคำนวณชี้ว่า กระแสน้ำในทะเลน้อยตามแนวคลองนางเรียงมีกำลังแรงมากกว่าในปัจจุบัน ประมาณ 31% (ตารางที่ 10 และ รูปที่ 17) ความเร็วตอนกลางของทะเลน้อยคำนวณได้ประมาณ 1.4 ซม/วินาที ขณะที่ตอนล่างของทะเลน้อยกระแสน้ำอ่อนมาก และบริเวณที่เป็นจุดอับการไหลจะอยู่ที่ชายฝั่งทิศตะวันออกซึ่งเป็นบริเวณคลองบ้านกลางในปัจจุบัน

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบความเร็วในทะเลน้อยตามแนวคลองนางเรียงช่วงฤดูฝนในอดีตและปัจจุบัน

Distance from river mouth (m)	70	280	490	1110
Computed velocity (cm/s) : Past	4.5	1.4	0.7	0.3
Computed velocity (cm/s) : Present	3.2	1.0	0.6	0.4



รูปที่ 17ก กระแสน้ำในทะเลน้อยในอดีต (ก่อนขุดคลองบ้านกลาง)



รูปที่ 17ข เปรียบเทียบความเร็วในทะเลน้อยในอดีตและปัจจุบัน

6.2.6.2 การรุกของน้ำเค็ม

การแพร่ของน้ำเค็มเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน อันเนื่องมาจากกระบวนการพัดพา(advection)ของกระแสน้ำและการแพร่เนื่องจากความปั่นป่วน (turbulent diffusion) อย่างไรก็ตามแบบจำลองคณิตศาสตร์แบบ 2 มิติ จะช่วยอธิบายให้เห็นถึงกระบวนการเคลื่อนที่ของความเค็มได้โดยภาพรวมดังนี้

(ก) อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

ในฤดูแล้งน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากทะเลสาบเป็นแรงขับเคลื่อนการไหลในทะเลน้อยผ่านทางคลองบ้านกลางและคลองนางริยมเนื่องจากน้ำท่ามีปริมาณน้อย กระแสน้ำขึ้นน้ำลงเป็นปัจจัยแรกที่ทำให้เกิดการพัดพาความเค็มจากทะเลหลวงเข้าสู่ทะเลน้อย และก่อให้เกิดการแพร่กระจายของความเค็มในทะเลน้อยต่อไป (ตารางที่ 11 และรูปที่ 18) ผลการคำนวณพบว่า ในเวลา 1 เดือน กระแสน้ำขึ้นน้ำลงทำให้น้ำเค็มรุกเข้าสู่ทะเลน้อย โดยที่ระยะทาง 1 กม. จากปากคลองบ้านกลาง จะมีความเค็มประมาณ 0.3 ppt

ตารางที่ 11ก การรุกของความเค็มในทะเลน้อยตามแนวคลองบ้านกลางเนื่องจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลง

Distance from river mouth (km)	0.442	1.815	3.433	5.229
Salinity intrusion (ppt) : 30 days	0.619	0.084	0.004	0
Salinity intrusion (ppt) : 60 days	0.753	0.185	0.027	0.001

ตารางที่ 11ข การรุกของความเค็มในทะเลน้อยตามแนวคลองนางริยมเนื่องจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลง

Distance from river mouth (km)	0.452	2.106	4.341
Salinity intrusion (ppt) : 30 days	0.1	0.007	0
Salinity intrusion (ppt) : 60 days	0.173	0.033	0.001

(ข) เนื่องจากการระเหย

แม้ว่าน้ำขึ้นน้ำลงจะก่อให้เกิดการพัดพาความเค็มในเบื้องต้น แต่พบว่าการถ่ายเทมวลน้ำสุทธิเข้าสู่ทะเลน้อยมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การสูญเสียปริมาณน้ำในทะเลน้อยเนื่องจากการระเหย อันก่อให้เกิดการไหลสุทธิเข้าสู่ทะเลน้อยอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความเค็มแพร่เข้าสู่ทะเลน้อยรวดเร็วขึ้น รูปที่ 19 แสดงการแพร่ของน้ำเค็มในทะเลน้อยในฤดูแล้งต่อเนื่องเป็นเวลา 1 เดือนเมื่อความเค็มในทะเลหลวงมีค่าเท่ากับ 2 ppt และอัตราการระเหย 5.6 มม/วัน ซึ่งคิดเป็นการสูญเสีย

ปริมาณน้ำในทะเลน้อยในอัตรา 0.15 ล้าน ลบ.ม./วัน (mcm/day) พบว่าความเค็มจะเริ่มแพร่เข้าสู่ทะเลน้อยผ่านทางคลองบ้านกลางและการรุกเข้าทางคลองนางเรียมดำเนินไปอย่างช้าๆ ตารางที่ 12 และรูปที่ 20 แสดงการรุกของน้ำเค็มเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงและการระเหย ซึ่งพบว่าความเค็มในทะเลน้อยจะเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.0013-0.005 ppt ต่อวัน (รูปที่ 19ค) ทำให้ในระยะเวลา 1 เดือนความเค็มในทะเลน้อยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.15-0.66 ppt (ความเค็มวัดได้ระหว่าง 0.3-0.8 ppt)

ตารางที่ 12ก การรุกของความเค็มในทะเลน้อยตามแนวคลองบ้านกลางเนื่องจากการระเหย

Distance from river mouth (m)	0.442	1.815	3.433	5.229
Salinity intrusion (ppt) : 30 days	1.26	0.29	0.0188	0.00018
Salinity intrusion (ppt) : 60 days	1.505	0.662	0.154	0.0151

ตารางที่ 12ข การรุกของความเค็มในทะเลน้อยตามแนวคลองนางเรียมเนื่องจากการระเหย

Distance from river mouth (m)	0.452	2.106	4.341
Salinity intrusion (ppt) : 30 days	0.668	0.0779	0.00046
Salinity intrusion (ppt) : 60 days	1.066	0.34	0.0243

(ค) เนื่องจากการใช้น้ำ

ในกรณีที่มีการใช้น้ำจากทะเลน้อยเพื่อการอุปโภคและการเกษตรกรรม จะทำให้การรุกของน้ำเค็มรุนแรงขึ้น เพื่อความเข้าใจถึงผลกระทบต่อการรุกของน้ำเค็มและเป็นแนวทางในการจัดการการใช้น้ำในทะเลน้อย ในที่นี้ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำใช้กับการรุกของน้ำเค็มในสภาวะที่ความเค็มในทะเลหลวงมีค่าเท่ากับ 2 ppt ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 13 และรูปที่ 21 พบว่าความเค็มในทะเลน้อยเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ย 0.2 ppt ต่อ 0.1 mcm/d

ตารางที่ 13ก การรุกของความเค็มในทะเลน้อยตามแนวคลองบ้านกลางเนื่องจากการใช้น้ำ

Distance from river mouth (m)	0.442	1.815	3.433	5.229
Salinity intrusion (ppt) : 0.30 mcm/day	1.76	0.736	0.0923	0.0024
Salinity intrusion (ppt) : 0.45 mcm/day	1.93	1.219	0.281	0.0171

ตารางที่ 13 การรุกของความเค็มในทะเลน้อยตามแนวคลองนางเรียงเนื่องจากการใช้น้ำ

Distance from river mouth (m)	0.452	2.106	4.341
Salinity intrusion (ppt) : 0.30 mcm/day	1.38	0.339	0.0055
Salinity intrusion (ppt) : 0.45 mcm/day	1.77	0.762	0.0313

(ง) เนื่องจากการพัฒนาการคมนาคมทางน้ำ

ในอดีตการรุกของน้ำเค็มผ่านทางคลองนางเรียงเพราะยังไม่มีคลองบ้านกลาง ผลการคำนวณการรุกของความเค็มในอดีตแสดงในรูปที่ 22 ซึ่งพบว่าน้ำเค็มจากคลองนางเรียงแพร่เข้าสู่ตอนบนของทะเลน้อย และแพร่ครอบคลุมทะเลน้อยอย่างช้าๆซึ่งแตกต่างจากสภาพปัจจุบันอย่างมาก โดยที่ในอดีตตอนบนของทะเลน้อยจะมีความเค็มมากกว่าในปัจจุบัน ส่วนตอนล่างและบริเวณชุมชนทะเลน้อยมีโอกาสเป็นน้ำเค็มน้อยมาก (ตารางที่ 14 และรูปที่ 22)

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบการรุกของความเค็มในทะเลน้อยตามแนวคลองนางเรียงในอดีตและปัจจุบัน

Distance from river mouth (m)	0.452	2.106	4.341
Salinity intrusion (ppt) : present	1.342	0.198	0.001
Salinity intrusion (ppt) : past	0.7	0.075	0

(จ) การรุกของน้ำเค็มเนื่องจากการขุดลอกและการตื้นเขินในทะเลน้อย

จากการคำนวณรูปแบบของกระแสน้ำที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการขุดลอกหรือเกิดการตื้นเขินในทะเลน้อย สามารถนำมาพยากรณ์การแพร่ของความเค็มได้ดังแสดงในตารางที่ 15 และรูปที่ 23 ซึ่งชี้ว่ากระแสน้ำที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความตื้นเขินทำให้ความเค็มถูกพัดพา (advection) ไปไกลขึ้นและการแพร่ (diffusion) ดีขึ้น นอกจากนี้ปริมาณน้ำจืดในทะเลน้อยที่ลดลงเนื่องจากความตื้นเขินมีผลทำให้ความสามารถในการเจือจางความเค็มลดลง พบว่าเมื่อความลึกลดลง 50% ความเค็มจะเพิ่มขึ้นมากกว่าปัจจุบัน 90% ในทางตรงกันข้ามเมื่อขุดลอกทะเลน้อยให้ลึกเพิ่มขึ้น 50% ความเค็มในทะเลน้อยลดลงมากกว่าปัจจุบันประมาณ 30%

ตารางที่ 15ก เปรียบเทียบการรุกของน้ำเค็มในทะเลน้อยตามแนวคลองบ้านกลาง
เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความลึก

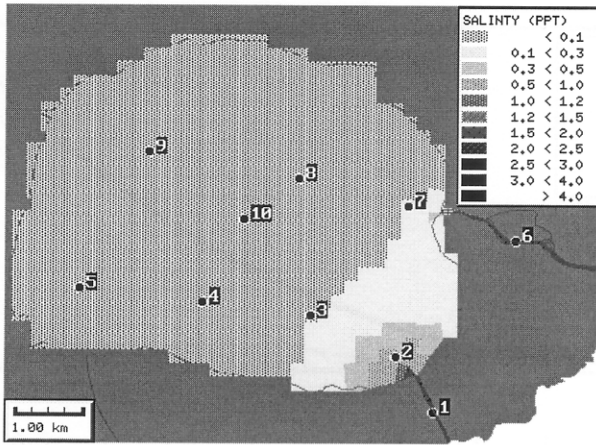
Distance from river mouth (m)	0.442	1.815	3.433	5.229
Salinity intrusion (ppt) : deeper	1.083	0.207	0.011	0
Salinity intrusion (ppt) : shallower	1.62	0.67	0.082	0.002

ตารางที่ 15ข การรุกของความเค็มในทะเลน้อยตามแนวคลองนางเรียม
เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความลึก

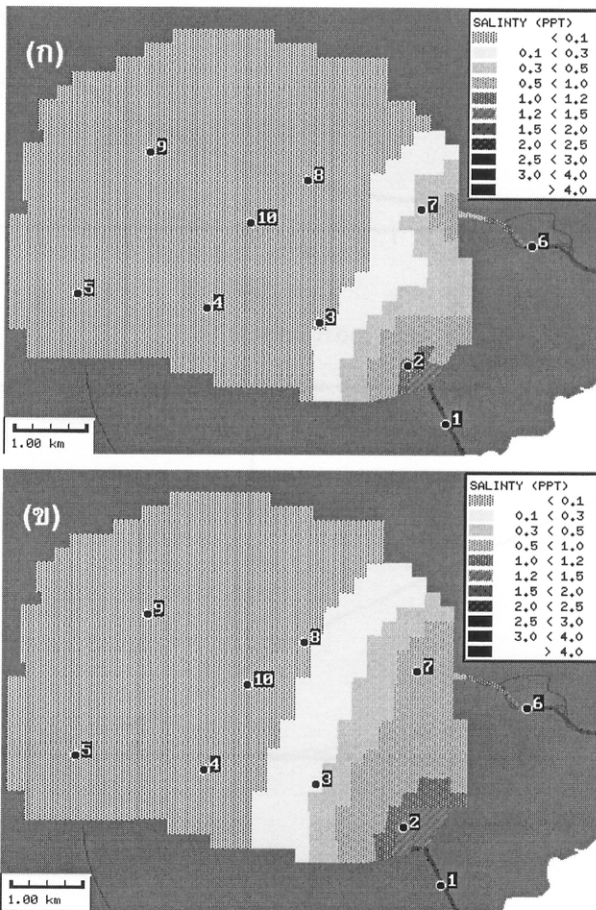
Distance from river mouth (m)	0.452	2.106	4.341
Salinity intrusion (ppt) : deeper	0.514	0.045	2E-04
Salinity intrusion (ppt) : shallower	1.34	0.36	0.007

(ฉ) การชะล้างความเค็มในฤดูฝน

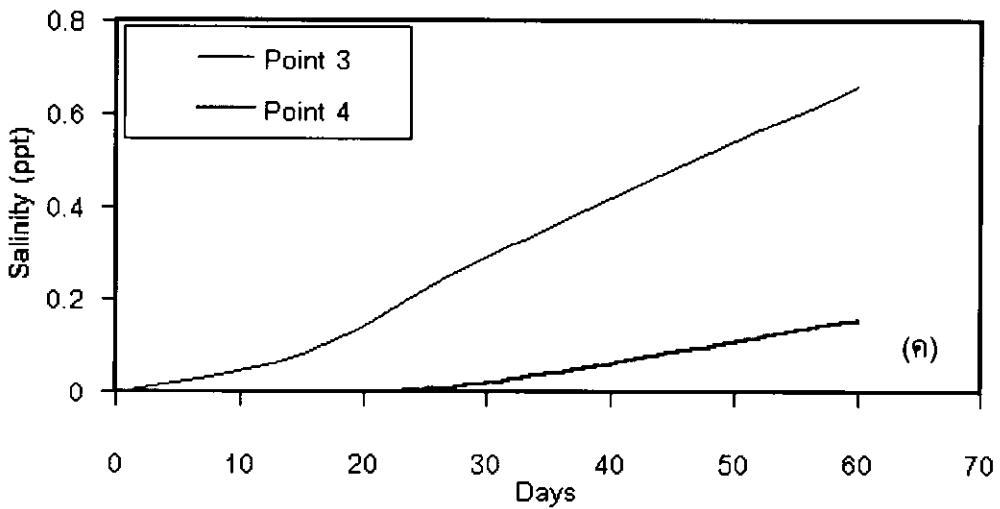
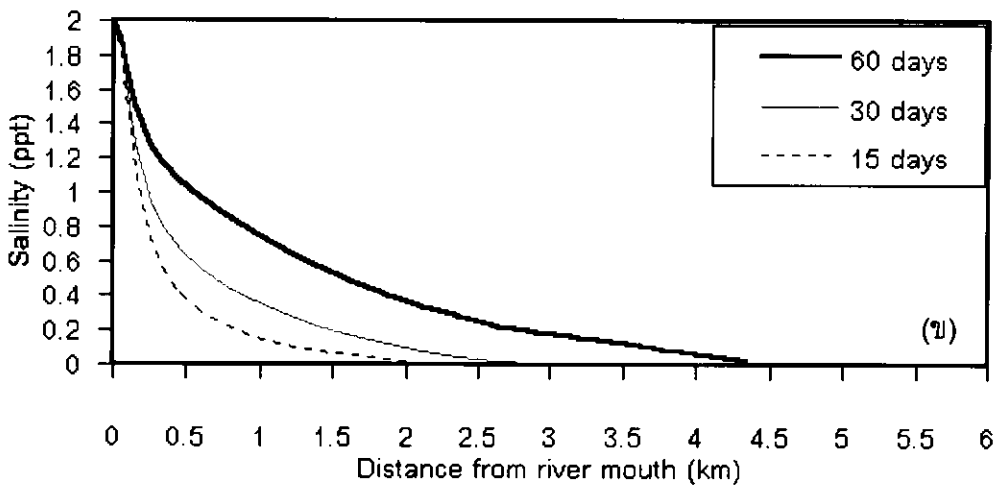
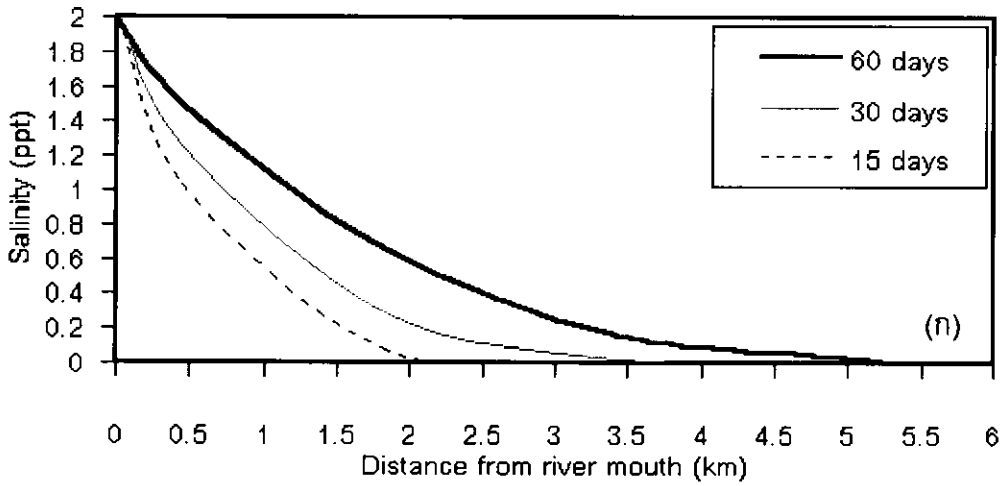
ในฤดูฝนน้ำท่าในปริมาณมากจะพัดพาความเค็มออกไป และระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นช่วยให้ความเค็มเจือจางลงอย่างมาก กระบวนการนี้ได้รับการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหลากของน้ำท่ากับความสามารถในการชะล้างความเค็ม รูปที่ 24 แสดงรูปแบบการชะล้างความเค็มในเวลา 10 และ 20 วันที่อัตราการไหลต่างๆ ซึ่งพบว่าน้ำท่าที่ไหลในอัตรา $12 \text{ m}^3/\text{s}$ สามารถพัดพาให้ความเค็มในทะเลน้อยหมดไปได้ในเวลา 20 วัน สังเกตว่าในช่วง 1-2 วันแรกที่มีน้ำหลากความเค็มจะลดลงค่อนข้างรวดเร็ว ต่อจากนั้นจะค่อยๆลดลงแบบเชิงเส้น โดยที่อัตราการไหล $10 \text{ m}^3/\text{s}$ และ $12 \text{ m}^3/\text{s}$ ความเค็มจะลดลงในอัตรา 0.04 ppt ต่อวัน และ 0.06 ppt ต่อวันตามลำดับ



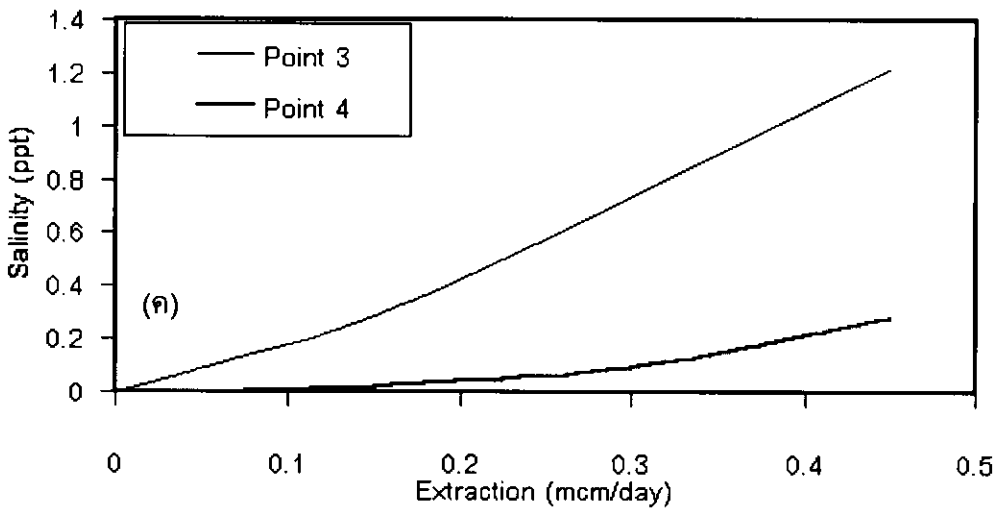
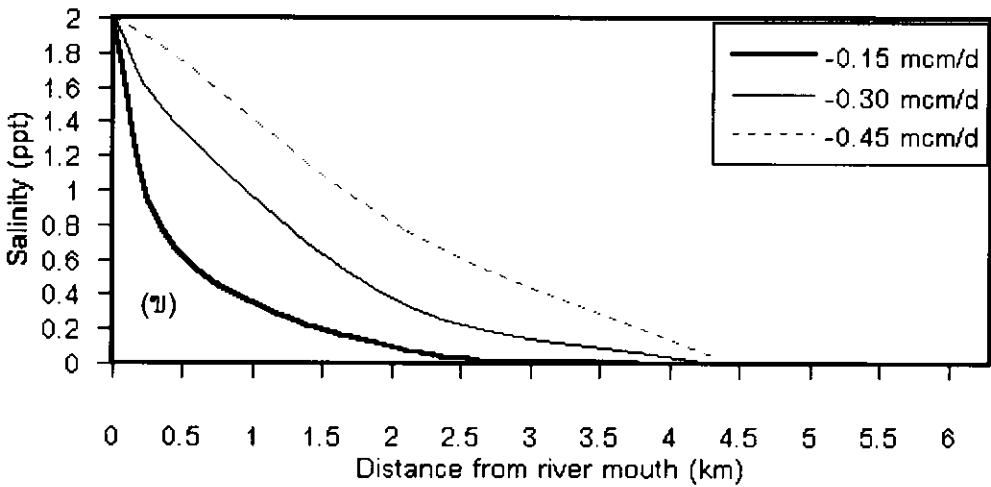
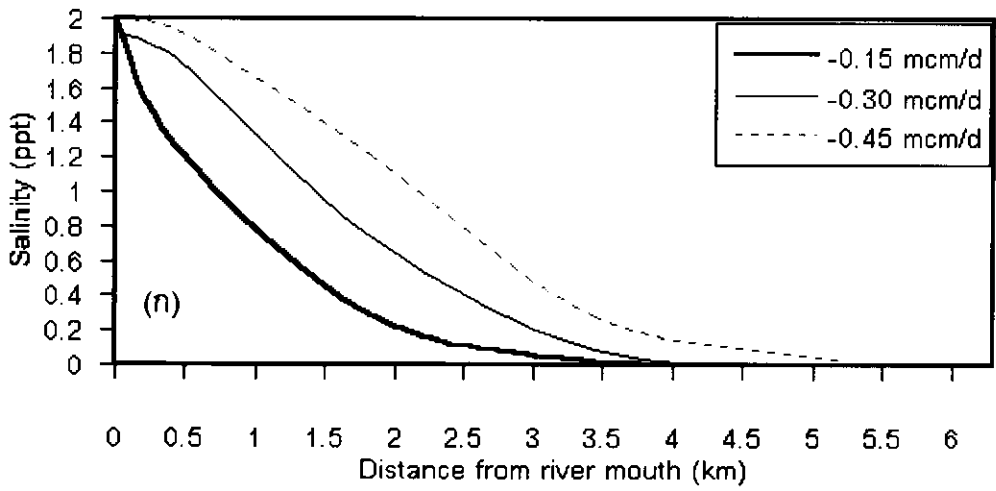
รูปที่ 18 การแพร่ของน้ำเค็มในทะเลน้อยจากอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงในเวลา 30 วัน



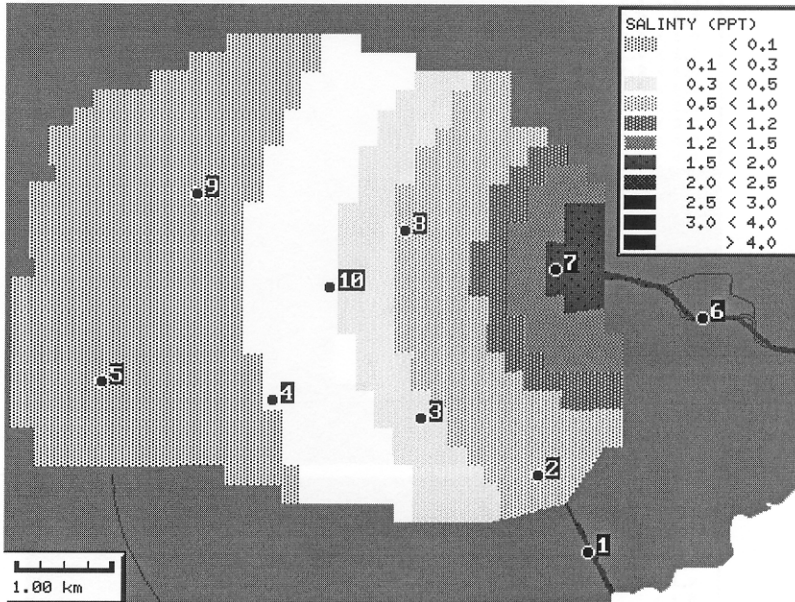
รูปที่ 19 การแพร่ของน้ำเค็มในทะเลน้อยจากอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงและการระเหยในเวลา (ก) 15 วัน และ (ข) 30 วัน



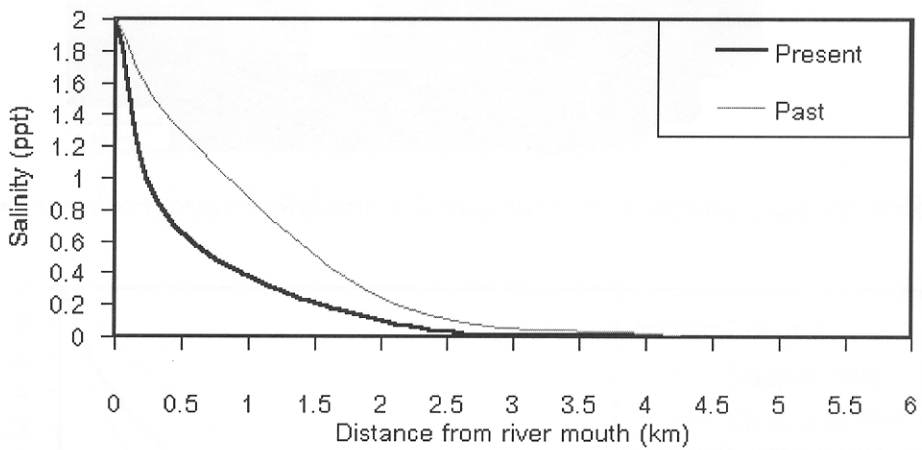
รูปที่ 20 การรุกของความเค็มสู่ทะเลน้อย (ก) ผ่านคลองบ้านกลาง (ข) ผ่านคลองนางเรียม และ (ค) อัตราการเพิ่มขึ้นของความเค็มในทะเลน้อยที่แต่ละตำแหน่ง



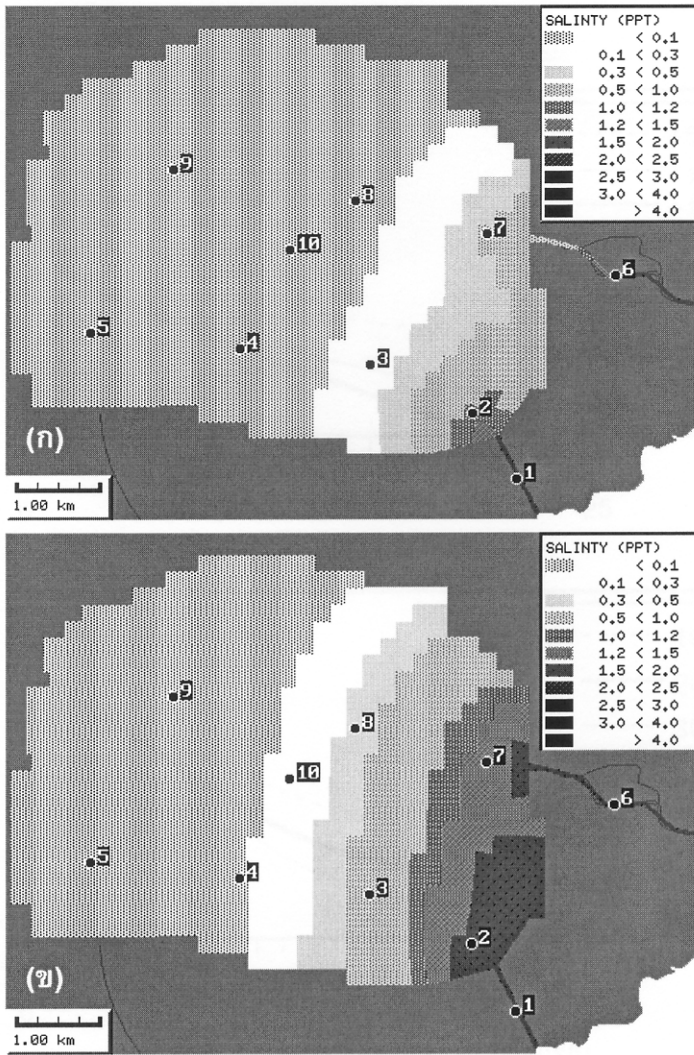
รูปที่ 21 การรุกของความเค็มในทะเลน้อยสำหรับการใช้น้ำในอัตราต่างๆตามแนว (ก) คลองบ้านกลาง (ข) คลองนางเรียม และ (ค) อัตราการเพิ่มขึ้นของความเค็มกับอัตราการใช้น้ำ



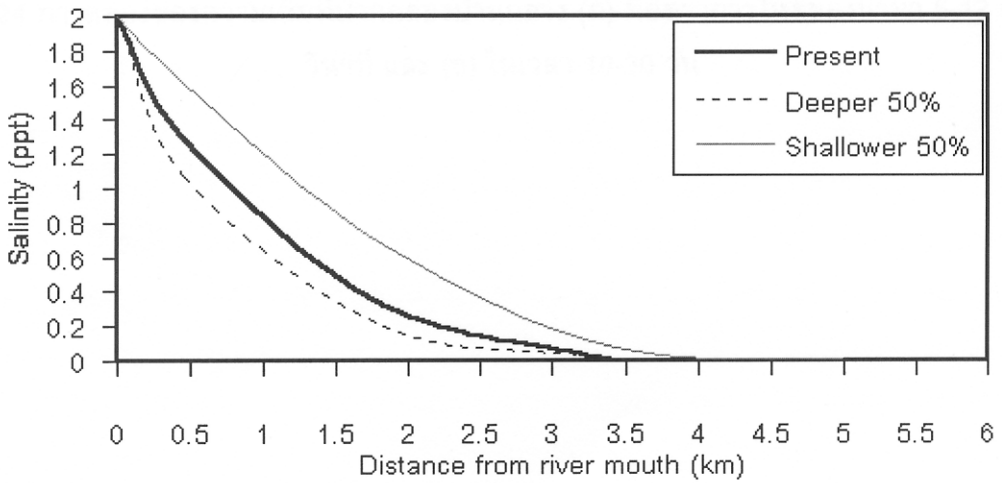
รูปที่ 22ก พยากรณ์รูปแบบการรุกของน้ำเค็มในอดีตในระยะเวลา 30 วัน



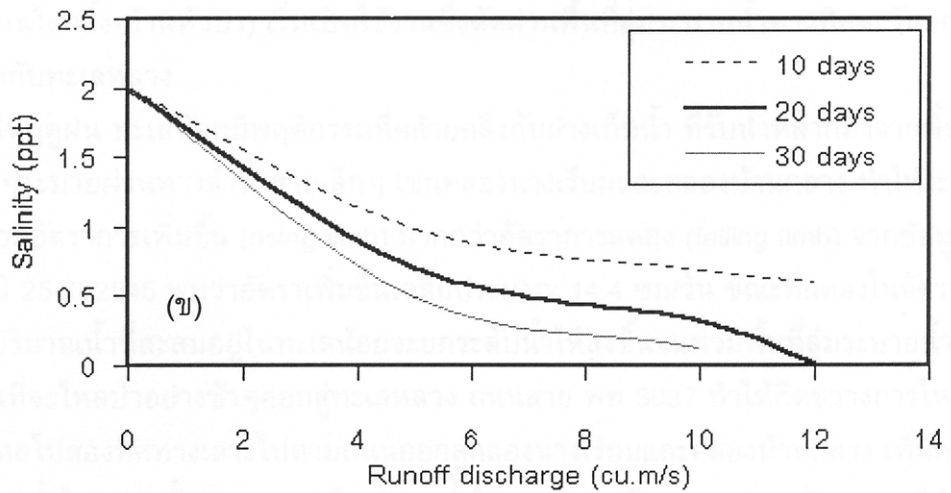
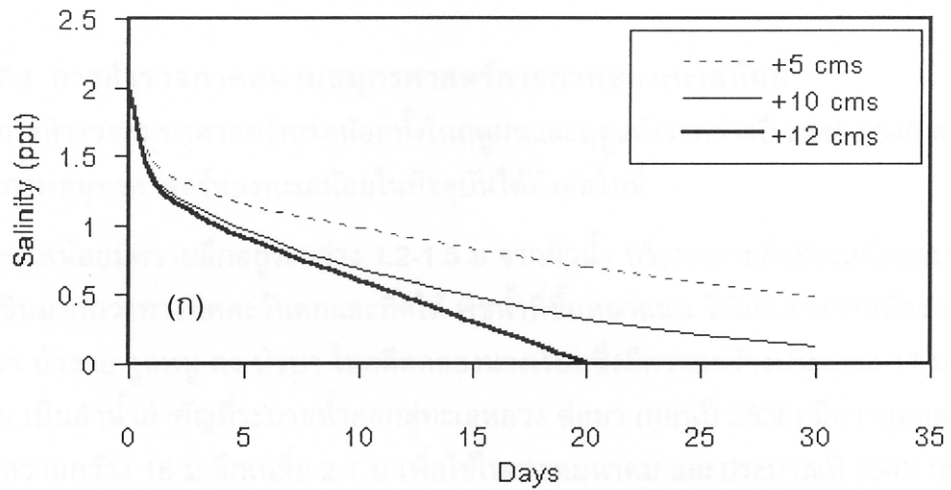
รูปที่ 22ข เปรียบเทียบการรุกของน้ำเค็มในอดีตและปัจจุบันในระยะเวลา 30 วัน



รูปที่ 23 พยากรณ์การรุกของน้ำเค็มในทะเลน้อยเนื่องจาก (ก) การขุดลอก และ (ข) การตื่นเขิน



รูปที่ 23ค เปรียบเทียบการรุกของน้ำเค็มเนื่องจากการขุดลอกและการตื่นเขินกับสภาพปัจจุบัน



รูปที่ 24 การลดลงของความเค็มที่ปากคลองบ้านกลาง (ก) ที่อัตราการไหลของน้ำท่า 5-12 ลบ.ม./วินาที และ (ข) ในเวลา 10-30 วัน