

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๑/๒๕๖๒



Technical Paper No. 1/2019

ผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม
ต่อคุณภาพน้ำในอ่าวคุ้งกระเบน และประเมินต้นทุน-ผลตอบแทนของการจัดการ
ระบบชลประทานน้ำเค็มอ่าวคุ้งกระเบน
ระหว่างปี 2555-2557

Effect of aquaculture discharge water in a seawater irrigation system on
water quality in Kung Krabaen Bay: estimated cost-benefit of
a managed seawater irrigation system 2012 to 2014

เพ็ญแข คุณาวงค์เดช

Phenkae Kunawongdet

ประจวบ ลีรักษาเกียรติ

Prachuab Leeruksakiat

กัญญารัตน์ สุนทรา

Kunyarut Suntara

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

Kung Krabaen Bay
Royal Development Study Centre

ได้รับสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงาน
โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

พ.ศ. ๒๕๕๕ - ๒๕๕๗



ผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม
ต่อคุณภาพน้ำในอ่าวคุ้งกระเบน และประเมินต้นทุน-ผลตอบแทนของการจัดการ
ระบบชลประทานน้ำเค็มอ่าวคุ้งกระเบน
ระหว่างปี 2555-2557

Effect of aquaculture discharge water in a seawater irrigation system on
water quality in Kung Krabaen Bay: estimated cost-benefit of
a managed seawater irrigation system 2012 to 2014

เพ็ญแข คุณาวงค์เดช

Phenkae Kunawongdet

ประจวบ ลีรักษาเกียรติ

Prachuab Leeruksakiat

กัญญารัตน์ สุนทรธา

Kunyarut Suntara

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน

Kung Krabaen Bay

อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

Royal Development Study Centre

ตำบลคลองขุด อำเภอท่าใหม่

Klongkud Subdistrict, Thamai District

จังหวัดจันทบุรี 22120

Chanthaburi Province 22120

โทร.0 3943 3216-8 โทรสาร 0 3943 3209

Tel. 0 3943 3216-8 Fax 0 3943 3209

ได้รับสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงาน

โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

พ.ศ. ๒๕๕๕ - ๒๕๕๗

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
ความนำ	5
วัตถุประสงค์	7
วิธีดำเนินการ	7
1. พื้นที่และระยะเวลาการศึกษา	7
2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	8
3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	10
4. รวบรวมข้อมูลรายรับ รายจ่าย การดำเนินการระบบชลประทานน้ำเค็ม และการเลี้ยงสัตว์น้ำ ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557	10
5. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน	10
ผลการวิจัย	12
1. ศึกษาผลกระทบของการจัดการโครงการชลประทานน้ำเค็มต่อสิ่งแวดล้อมในอำเภอกิ่งกระเบนโดย ใช้คุณภาพน้ำเป็นตัวชี้วัด	12
1.1 คุณภาพน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม และอำเภอกิ่งกระเบนเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำ ชายฝั่งหาดแหลมเสด็จ	12
1.2 ความสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำกับระยะห่างจากแหล่งปล่อยน้ำทิ้ง	25
1.3 ประเมินประสิทธิภาพของอำเภอกิ่งกระเบนจากค่าความสัมพันธ์การลดลงของธาตุอาหารตาม ระยะห่างที่เพิ่มขึ้นจากคลองรับน้ำทิ้งถึงปากอ่าว	27
1.3.1 การลดลงของ TN จากการบำบัดน้ำในอำเภอกิ่งกระเบน	35
1.3.2 การลดลงของ NH ₃ -N จากการบำบัดน้ำในอำเภอกิ่งกระเบน	35
1.3.3 การลดลงของ TP จากการบำบัดน้ำในอำเภอกิ่งกระเบน	36
1.3.4 การลดลงของ PO ₄ ³⁻ จากการบำบัดน้ำในอำเภอกิ่งกระเบน	37
2. ศึกษาสถานะทางเศรษฐกิจของการดำเนินการของโครงการชลประทานน้ำเค็ม โดยใช้การ ประเมินต้นทุน-ผลตอบแทน ของโครงการฯ เป็นตัวชี้วัด	37
2.1 ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนการใช้ไฟฟ้าในการสูบน้ำ และบำบัดน้ำ	37
2.2 ประเมินค่าทางเศรษฐกิจการเลี้ยงสัตว์น้ำของสมาชิกในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557	38
2.2.1 สถานะภาพทางเศรษฐกิจการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	39
2.2.2 สถานะภาพทางเศรษฐกิจการเลี้ยงปลาเก๋า	40
2.2.3 สถานะภาพทางเศรษฐกิจการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	40
2.2.4 สถานะภาพทางเศรษฐกิจการเลี้ยงปลากะพงขาว	41
2.3 การจัดการคลองน้ำทิ้งในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
วิจารณ์ผล	42
1. ศึกษาผลกระทบของการจัดการโครงการชลประทานน้ำเค็มต่อสิ่งแวดล้อมในอ่าวคุ้งกระเบนโดยใช้คุณภาพน้ำเป็นตัวชี้วัด	42
1.1 คุณภาพน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม และอ่าวคุ้งกระเบนเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำชายฝั่งหาดแหลมเสด็จ	42
1.2 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำบริเวณคลองน้ำทิ้งในช่วงปีก่อนขุดลอกเลน ระหว่างขุดลอกเลน และหลังขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้ง และช่วงปีที่มีเครื่องเติมอากาศ และช่วงปีที่ไม่มีเครื่องเติมอากาศในคลองน้ำทิ้ง พ.ศ. 2555-2557	47
1.3 ประมาณค่าการบำบัดน้ำของอ่าวคุ้งกระเบนจากค่าความสัมพันธ์ของการลดลงของธาตุอาหารตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น	48
2. ศึกษาสถานะทางเศรษฐกิจของการดำเนินการของโครงการชลประทานน้ำเค็ม โดยใช้การประเมินต้นทุน-ผลตอบแทน ของโครงการฯ เป็นตัวชี้วัด	49
2.1 ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนการใช้ไฟฟ้าในการสูบน้ำ และบำบัดน้ำ	49
2.2 ประเมินค่าทางเศรษฐกิจการเลี้ยงสัตว์น้ำของสมาชิกในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557	49
สรุปผล	50
คำขอบคุณ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ประวัติและผลงานวิจัยที่สำคัญของนักวิจัยและคณะ	56
1. นางสาวเพ็ญแข คุณาวงค์เดช (Miss Phenkae Kunawongdet)	56
2. นายประจวบ ลีรักษาเกียรติ (Mr.Prachuab Leeruksakiat)	58
3. นางกัญญารัตน์ สุนทรธา (Mrs.Kunyarut Suntara)	60

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความเค็ม (ppt) น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	12
2	อุณหภูมิ (°C) น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	13
3	DO (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	14
4	SS (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	14
5	ความขุ่น (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	15
6	คลอโรฟิลล์-เอ (มก./ตัน) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลม-เสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	16
7	กรด-ด่าง ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	17
8	ความเป็นต่าง (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ พ.ศ. 2555-2557	17
9	NH ₃ -N (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	18
10	NO ₂ ⁻ (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มฯ อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	19
11	NO ₃ ⁻ (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มฯ อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	20
12	TN (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มฯ อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	20
13	PO ₄ ³⁻ (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มฯ อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	21
14	TP (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มฯ อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	22
15	BOD (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มฯ อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	23
16	TOC (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มฯ อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	24
17	C/N ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มฯ อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557	24
18	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำตั้งแต่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำถึงปากอ่าวคุ้งกระเบน ในปี พ.ศ. 2555-2557 โดยวิธี Pearson	26

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	ประมาณค่าการลดธาตุอาหารของอ่าวคู้งกระเบนแต่ละบริเวณตามระยะทางที่ห่างจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557	34
20	ปริมาณการลดลงของ TN จากการบำบัดน้ำในอ่าวคู้งกระเบนจากการประมาณค่าสมการ	35
21	ปริมาณการลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ จากการบำบัดน้ำในอ่าวคู้งกระเบนจากการประมาณค่าสมการ	36
22	ปริมาณการลดลงของ TP จากการบำบัดน้ำในอ่าวคู้งกระเบนจากการประมาณค่าสมการ	36
23	ปริมาณการลดลงของ PO_4^{3-} จากการบำบัดน้ำในอ่าวคู้งกระเบนจากการประมาณค่าสมการ	37
24	ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนการจัดการระบบชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557	38
25	ร้อยละชนิดสัตว์น้ำที่นิยมเลี้ยงในพื้นที่โครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557	39
26	การเลี้ยงกุ้งแวนนาไมในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557	39
27	การเลี้ยงปลาเก๋าในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557	40
28	การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557	40
29	การเลี้ยงปลากะพงในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557	41
30	การจัดการคลองน้ำทิ้ง และการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำ พ.ศ. 2555-2557	42

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระบบน้ำโครงการชลประทานน้ำเค็ม และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	9
2	สรุปการลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำของอ่าวคู้งกระเบน	50

ผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มต่อคุณภาพน้ำในอ่าวคังกระเบน และ
ประเมินต้นทุน-ผลตอบแทนของการจัดการระบบชลประทานน้ำเค็มอ่าวคังกระเบน

ระหว่างปี 2555 – 2557

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคังกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
เพ็ญแข คุณาวงค์เดช* ประจวบ ลีรักษาเกียรติ และ กัญญารัตน์ สุนทรธา

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกศึกษาผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มต่อคุณภาพน้ำในอ่าวคังกระเบน โดยตรวจคุณภาพน้ำบริเวณคลองส่งน้ำดี ป่อเลี้ยงสัตว์น้ำ คลองน้ำทิ้ง ชายฝั่งป่าชายเลนที่ระยะ 0 ม., 500 ม., 1,000 ม., ฟาร์มทะเล, ปากอ่าวคังกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ได้ดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 32 สถานี ตั้งแต่ มกราคม 2555 ถึง ธันวาคม 2557 เพื่อศึกษาผลกระทบของการจัดการโครงการฯ ต่อสิ่งแวดล้อมในอ่าวคังกระเบนโดยใช้คุณภาพน้ำเป็นตัวชี้วัด และส่วนที่สองศึกษาการประเมินต้นทุน-ผลตอบแทนของการจัดการระบบชลประทานน้ำเค็มช่วงปีที่ทำการศึกษา เพื่อศึกษาสถานะทางเศรษฐกิจของการดำเนินการของโครงการฯ โดยใช้การประเมินต้นทุน-ผลตอบแทน ของโครงการฯ เป็นตัวชี้วัด ผลการศึกษาส่วนแรกพบว่าน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ปล่อยลงสู่คลองน้ำทิ้งได้รับการบำบัดให้มีคุณภาพดีขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นจนถึงปากอ่าวคังกระเบน และมีค่าใกล้เคียงกับน้ำทะเลธรรมชาติที่บริเวณหาดแหลมเสด็จ รวมทั้งน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำช่วงก่อนจุด ระหว่างจุด และหลังจุดลอกเลนบริเวณคลองน้ำทิ้ง พบว่าช่วงการขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่าวคังกระเบน ยกเว้นปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำในคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลงมีค่าสูงเกินมาตรฐาน แต่หลังช่วงขุดลอกเลน พบว่าของแข็งแขวนลอยในน้ำมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน และคุณภาพน้ำในคลองน้ำทิ้งช่วงหลังขุดลอกเลนมีแนวโน้มคุณภาพดีขึ้น และจากการเปรียบเทียบ DO และ BOD บริเวณคลองน้ำทิ้ง พบว่า ช่วงปีที่มีเครื่องเติมอากาศ และปีที่ไม่มีเครื่องเติมอากาศ ปริมาณ DO และ BOD ของน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แสดงให้เห็นว่า การบำบัดน้ำบริเวณคลองน้ำทิ้งไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศ และจากการประมาณค่าการบำบัดน้ำของอ่าวคังกระเบน พบว่าอ่าวคังกระเบนสามารถลด TN ได้ 87.5 ± 2.1 % (R^2 0.978-0.984), ลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 89.7 ± 6.8 % (R^2 0.953-0.989), ลด TP ได้ 96.0 ± 1.3 % (R^2 0.992-0.996) และลด PO_4^{3-} ได้ 98.4 ± 0.8 % (R^2 0.993-0.996) ผลการศึกษาส่วนที่สองพบว่าต้นทุน-ผลตอบแทนการจัดการระบบชลประทานน้ำเค็ม ในด้านต้นทุนการจัดการระบบส่งน้ำ-บำบัด น้ำมีค่าเฉลี่ย 4,903 บาท/ไร่ เมื่อพิจารณาความเต็มใจจ่ายค่าน้ำที่ราคา 2,500 บาท/ไร่/รุ่นของสมาชิกฯ เฉลี่ยเท่ากับ 12.0 เปอร์เซ็นต์/ปี เมื่อพิจารณาสถานะของโครงการจากค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนการดำเนินการเมื่อรวมค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.90 และถ้าไม่รวมค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลตอบแทนของโครงการที่ได้รับมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป เมื่อพิจารณาสถานะการเลี้ยงสัตว์น้ำของสมาชิกในโครงการฯ พบว่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนการเลี้ยงกุ้ง

ขาววนนาไมเฉลี่ย 1.2 ที่ระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 91 วัน การเลี้ยงกุ้งกุลาดำเฉลี่ย 1.4 ที่ระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 106 วัน การเลี้ยงปลาเก๋าเฉลี่ย 1.2 ที่ระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 318 วัน การเลี้ยงปลากะพงเฉลี่ย 1.1 ที่ระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 172 วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลตอบแทนจากการเลี้ยงสัตว์น้ำของสมาชิกมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป

คำสำคัญ: น้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ คุณภาพน้ำ ระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน ต้นทุนผลตอบแทน

*ผู้รับผิดชอบ: งานประมง, ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ หมู่ 4 ต.คลองขุด อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี 22120 โทร 039-433216-8 โทรสาร 039-433209 E-mail: k_phenkae@yahoo.com

Effect of aquaculture discharge water in a seawater irrigation system on water quality in
Kung Krabaen Bay: estimated cost-benefit of a managed seawater irrigation system 2012 to 2014

Kung Krabaen Bay Royal Development Study Centre
Phenkae Kunawongdet* Prachuab Leeruksakiat and Kunyarut Suntara

Abstract

This study was divided into 2 parts. The first part studied the effect of discharged water from aquaculture in the seawater irrigation system on water quality changes in Kung Krabaen Bay in the area of the sea water irrigation system; inlet canal, aquaculture ponds, discharge canal, 0 m., 500 m. and 1000 m. from the seaward edge of the mangrove forest, sea farm, bay gate and Lamsadej Beach. The water was sampled once a month of 32 stations from January 2012 to December 2014 in order to study the effect of the project management on the bay environment by using indicators of water quality in the system. The second part used indicators to estimate costs and benefits of managing the seawater irrigation system during the study period. The result of the first part showed that water quality improved with distance from the discharge canal to the mouth of the bay where it was close to the quality of the seawater at Lamsadej beach. It met the standard criteria of brackish aquaculture drainage water. The water quality of the discharge canal indicated that the activity of sediment digging did not impact the water quality of the bay except total suspended solid levels at low tide during the digging which was higher than the standard criteria. The water quality after digging was completed was better than water quality before digging. The concentrations of DO and BOD in the discharge canal with aerator operation were not significantly different ($p>0.05$) from the water quality in the discharge canal without aerator and both met the standard criteria. These may suggest that treatment of water in discharge canal can be done without aerator. The efficiency of Kung Krabaen Bay in removal of nutrients from the discharge water was TN 87.5 ± 2.1 % (R^2 0.978-0.984), $\text{NH}_3\text{-N}$ 89.7 ± 6.8 % (R^2 0.953-0.989), TP 96.0 ± 1.3 % (R^2 0.992-0.996) and PO_4^{3-} 98.4 ± 0.8 % (R^2 0.993-0.996). The result of the second part showed that managing the seawater irrigation system had an average cost for water supply and water treatment of 4,903 baht/rai, the average willingness to pay the water usage fee of 2,500 baht/rai/crop was 12 %, average benefits/cost ratio of managing the seawater irrigation system, including the cost of electricity for water treatment was 0.90, and 0.94 when the cost of electricity for water treatment was not included. These findings indicated that the project benefit was less than the operation cost. Estimated average benefits/cost ration and payback period for the participating farmers in the project were culturing Pacific white Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with a ratio of 1.2 at payback period of 91 days, culturing Tiger prawn (*Penaeus monodon*) with a ratio of 1.4 at payback period of 106 days, culturing Orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) with a ratio of 1.2 at payback period of 318 days, culturing

White perch (*Lates calcarifer*) with a ratio of 1.1 at payback period of 172 days. These results indicate that culturing marine animals had greater benefits than costs.

Key words: aquaculture discharge water, water qualities, seawater irrigation system, Kung Krabaen Bay, cost-benefits

***Corresponding author:** Fisheries unit, Kung Krabaen Bay Royal Development Study Centre Moo 4, Klong Kud Subdistrict, Thamai District, Chanthaburi Province 22120
Tel 039-433216-8 Fax 039-433209 E-mail: k_phenkae@yahoo.com

ความนำ

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ ได้น้อมนำแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มหาจักรีบรมราชูปถัมภ์ จักรีนฤพดินทร สยามินทรราชิราช บรมนาถบพิตร มาเป็นแนวทาง โดยการ ส่งเสริมพัฒนาอาชีพด้านการประมงและการเกษตร เพื่อให้ราษฎรพึ่งตนเองได้และมีฐานะความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ตลอดจนอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรชายฝั่งอย่างยั่งยืน รวมทั้งพัฒนาสู่การท่องเที่ยวเชิงพัฒนา เนื่องจากพื้นที่ชายฝั่งอ่าวคุ้งกระเบนเป็นพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรมที่ไม่สามารถพัฒนาเป็นพื้นที่การเกษตรอื่นได้นอกจากใช้เป็นพื้นที่พัฒนาอาชีพการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งเป็นอาชีพที่ได้รับความสนใจจากราษฎรในพื้นที่ การพัฒนาอาชีพนี้จะช่วยให้ราษฎรในพื้นที่สามารถหารายได้พึ่งตนเองและมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น รวมทั้งมีส่วนช่วยในการอนุรักษ์และปลูกป่าชายเลนบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน ดังนั้นศูนย์ฯจึงได้ขออนุญาตใช้พื้นที่ป่าสงวนเสื่อมโทรมรอบอ่าวคุ้งกระเบนประมาณ 1,650 ไร่ โดยแบ่งพื้นที่เป็น (1) พื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง 104 แปลง จำนวน 728 ไร่ เพื่อให้ราษฎร 113 ครอบครัว ประกอบอาชีพเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (2) พื้นที่อนุรักษ์ป่าชายเลนรอบอ่าวประมาณ 610 ไร่ และ (3) พื้นที่บ่อสาธิต พื้นที่ปลูกป่าชายเลนเพื่อการฟื้นฟู และพื้นที่ด้านสาธารณูปโภคต่างๆ อีก 312 ไร่ (สำนักงาน กปร., 2542)

การเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งบริเวณรอบอ่าวคุ้งกระเบน เดิมมีระบบส่งน้ำดี และระบบระบายน้ำทิ้งไหลลงอ่าวคุ้งกระเบนในทีเดียวกัน ทำให้การจัดการเรื่องโรคสัตว์น้ำมีแนวโน้มเป็นไปได้ยาก และมีการใช้พื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำในอ่าวคุ้งกระเบนเพิ่มขึ้น รวมทั้งระบบการเลี้ยงเป็นแบบเลี้ยงหนาแน่น (intensive culture) ไปจนถึงเลี้ยงแบบหนาแน่นสูง (super-intensive culture) ซึ่งอาจอยู่ในระดับเกินความสามารถในการรองรับของธรรมชาติ (Tookwinas, 1999) ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์โดยกรมประมง ได้จัดตั้งโครงการนำร่องระบบชลประทานน้ำเค็มเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งขึ้นในปี พ.ศ. 2539 (บริษัท เทสโก้ จำกัด, 2540) และเริ่มดำเนินการตั้งแต่ประมาณกลาง ปี พ.ศ. 2542 ซึ่งระบบชลประทานนี้ประกอบด้วยระบบส่งน้ำดีจากทะเลเปิด (บริเวณห่างจากชายฝั่งแหลมเสด็จประมาณ 350 เมตร) เข้าสู่โรงสูบน้ำซึ่งสามารถรับน้ำทะเลได้ประมาณ 4,650.00 ลบ.ม. และระบายน้ำส่งต่อไปด้วยเครื่องสูบน้ำกำลังสูงขนาด 200 แรงม้า จำนวน 8 เครื่อง แต่ละเครื่องระบายน้ำได้ 1.25 ลบ.ม./วินาที โดยไหลผ่านไปตามแนวท่อส่งน้ำ HPDE เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1.00 เมตร จำนวน 2 ท่อ ไปยังบ่อพักน้ำขนาด 3,000 ลบ.ม. เชื่อมต่อกับคลองส่งน้ำทะเลซึ่งเป็นคลองคอนกรีตที่มีความยาวประมาณ 8,820 เมตร เข้าสู่พื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำรอบอ่าวคุ้งกระเบน โดยแรงโน้มถ่วงของโลก คลองส่งน้ำนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ (1) คลองส่งน้ำสายหลัก (สาย M) มีความกว้าง 12 เมตร ยาวประมาณ 6,620 เมตร สำหรับรับน้ำ และจ่ายน้ำทะเลให้เกษตรกรในพื้นที่ส่วนบนของโครงการ (ด้านทิศเหนือ) (2) คลองส่งน้ำสายกลาง (สาย IR) มีความกว้าง 8 เมตร ยาวประมาณ 1,620 เมตร สำหรับรับและจ่ายน้ำทะเลให้เกษตรกรในพื้นที่ส่วนกลางของโครงการทั้งหมด (ตอนกลางของทิศใต้) (3) คลองส่งน้ำสายย่อย (สาย IR-IR) มีความกว้าง 5 เมตร ยาวประมาณ 580 เมตร สำหรับรับและจ่ายน้ำทะเลให้เกษตรกรในพื้นที่ตอนล่าง (ด้านทิศใต้) และ (4) คลองส่งน้ำสายขอยแยกออกจากคลองส่งน้ำสายใหญ่ซึ่งเกษตรกรแต่ละรายจะดำเนินการเอง ในส่วนของระบบบำบัดน้ำทิ้งของโครงการเป็นการใช้ศักยภาพของธรรมชาติที่มีอยู่ เพื่อบำบัดคุณภาพน้ำ ประกอบด้วย (1) บ่อกักเก็บเลนของเกษตรกร เพื่อตกตะกอนสารแขวนลอย ก่อนปล่อยเข้าสู่คลองรับน้ำทิ้งโครงการฯ (2) คลองรับน้ำทิ้งอยู่บริเวณหลังป่าชายเลนซึ่งมีความยาวประมาณ 6 กิโลเมตร ขนานไปตามแนวป่าชายเลนในคลองมีการบำบัดทางชีวภาพโดยการส่งเสริมการเลี้ยงหอยนางรมแบบแขวนเพื่อลดปริมาณแพลงก์ตอนและเพื่อให้ตะกอนในน้ำมีการตกตะกอน มีระบบเติมอากาศโดยเครื่องเติมอากาศ ขนาด 2 แรงม้า จำนวน 24 ชุด หลังจากนั้นน้ำจะไหลผ่านป่าชายเลนฟื้นฟู 690 ไร่ และป่าชายเลนอนุรักษ์ 610 ไร่ และไหลลงสู่กลางอ่าว

คังกระเบนซึ่งมีพื้นที่หญ้าทะเล 690 ไร่ ต่อจากนั้นจึงไหลออกไปจากปากอ่าวคังกระเบน (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคังกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2545) และในปี พ.ศ. 2542 ได้มีการจดทะเบียนจัดตั้ง “กลุ่มเกษตรกรเลี้ยงสัตว์น้ำอ่าวคังกระเบน ด้วยระบบชลประทานน้ำเค็ม” กับเกษตรและสหกรณ์จังหวัดจันทบุรี นายทะเบียนกลุ่มเกษตรกรประจำจังหวัดจันทบุรี

จากสถานการณ์ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2544 อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลของไทยประสบปัญหาด้านการผลิต เช่น พื้นที่ไม่เหมาะสม ปัญหาการเลี้ยง การจัดการฟาร์มไม่เหมาะสม พันธุ์กุ้งมีคุณภาพไม่ดี เกิดปัญหาโรคระบาดกุ้ง และต้นทุนการผลิตสูง รวมทั้งปัญหาด้านการตลาดผลผลิตส่วนใหญ่ถึง 95 % ส่งออกไปยังต่างประเทศประสบปัญหาการตลาดชะลอตัว อันเนื่องมาจากพบสารปฏิชีวนะตกค้างในตัวกุ้งเกินกว่ามาตรฐานกำหนด กรมประมงจึงมีมาตรการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ด้วยการพัฒนากระบวนการเลี้ยงกุ้งคุณภาพตามแนวทางของ Good Aquaculture Practice (GAP) คือ มีผลผลิตกุ้งที่ได้มาจากการเลี้ยงที่มาจากระบบและการจัดการสุขอนามัยของฟาร์มที่ดี เพื่อให้การรับรองฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลให้กับเกษตรกรรายย่อย โดยจุดประสงค์หลักของมาตรฐาน คือ ให้ทุกฟาร์มสามารถเข้าสู่มาตรฐานได้ และเป็นฟาร์มที่มีการเลี้ยงที่ถูกสุขลักษณะไม่มีสารเคมีหรือสารปฏิชีวนะตกค้างในผลผลิตกุ้ง นอกจากนี้ยังเป็นพื้นฐานไปสู่การพัฒนาฟาร์มที่มีศักยภาพให้เข้าสู่ระบบการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลคุณภาพอย่างยั่งยืน หรือ Code of Conduct (CoC) คือ มีผลผลิตกุ้งที่ได้มาจากการเลี้ยงที่มีการจัดการระบบที่มีมาตรฐานสูงจนได้ผลผลิตกุ้งที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ตลอดจนมาจากกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกษตรกรสามารถผลิตกุ้งที่ไม่มีสารตกค้างของยาปฏิชีวนะในกลุ่มดังกล่าว (สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล, 2546ก, ข) ซึ่งศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคังกระเบนฯ ได้รับนโยบายจากกรมประมงมาส่งเสริมให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งประมาณกลางปี พ.ศ. 2545 หลังจากนั้นกลางปี พ.ศ. 2548 กรมประมงได้กำหนดมาตรฐาน GAP สัตว์น้ำอื่นๆ ได้แก่ หอยแครง หอยแมลงภู่ หอยเป่าฮื้อ หอยนางรม ปลาทะเล ปูน้ำ และปูทะเล เพื่อให้เกษตรกรสามารถเลี้ยงสัตว์น้ำข้างต้นให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพถูกสุขอนามัย (ศูนย์ประสานงานโครงการ Sea Food Bank, 2548; สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล, 2548) นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ชลประทานน้ำเค็มได้รับการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงสัตว์น้ำตามมาตรฐาน GAP

นอกจากนี้ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ได้น้อมนำหลัก “ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” ต่อเนื่องจากแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9-11 บนพื้นฐานของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) พัฒนาสู่ประเทศไทย 4.0 ในรูปแบบ “ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” เป็นการเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รักษาความหลากหลายทางชีวภาพ (ราชกิจจานุเบกษา, 2559)

คุณภาพน้ำเป็นตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญบอกถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่มีการหมุนเวียนของแร่ธาตุเป็น วัฏจักรจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่สิ่งมีชีวิต (ซึ่งประกอบด้วยผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย) และจากสิ่งมีชีวิตถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมอีกซึ่งต้องอาศัยกระบวนการทางชีวภาพและกายภาพเป็นวัฏจักรของห่วงโซ่อาหารและการถ่ายทอดพลังงาน (Tait, 1981; Clarke, 1967; Lalli and Parsons, 1997; Tchobanoglous and Stensel, 2003) ดังนั้นหากมีการนำเข้าของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ (น้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ) เข้าสู่ ระบบนิเวศ (อ่าวคังกระเบน) ก็จะส่งผลต่อการรักษาสมดุลของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศนั้น

การศึกษาครั้งนี้ในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ทราบถึงผลของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำภายใต้การจัดการระบบชลประทานน้ำเค็ม ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่าวคังกระเบน โดยนำผลการ

วิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์จากงานวิจัยนี้มาประมาณค่าศักยภาพในการบำบัดน้ำของอ่าวคู้กระเบน รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลในการจัดการคลองรับน้ำที่อย่างคุ้มค่า เพื่อกำหนดการใช้ทรัพยากรน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และในด้านการลงทุนดำเนินการโครงการชลประทานน้ำเค็มใช้วิธีการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการฯ เพื่อประเมินความคุ้มค่าการดำเนินโครงการฯ และสถานภาพทางเศรษฐกิจการเลี้ยงสัตว์น้ำของสมาชิกในโครงการชลประทานน้ำเค็ม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของการจัดการโครงการชลประทานน้ำเค็มต่อสิ่งแวดล้อมในอ่าวคู้กระเบนโดยใช้คุณภาพน้ำเป็นตัวชี้วัด
2. เพื่อศึกษาสถานะทางเศรษฐกิจของการดำเนินการของโครงการชลประทานน้ำเค็ม โดยใช้การประเมินต้นทุน-ผลตอบแทน ของโครงการฯ เป็นตัวชี้วัด

วิธีดำเนินการ

1. พื้นที่และระยะเวลาการศึกษา

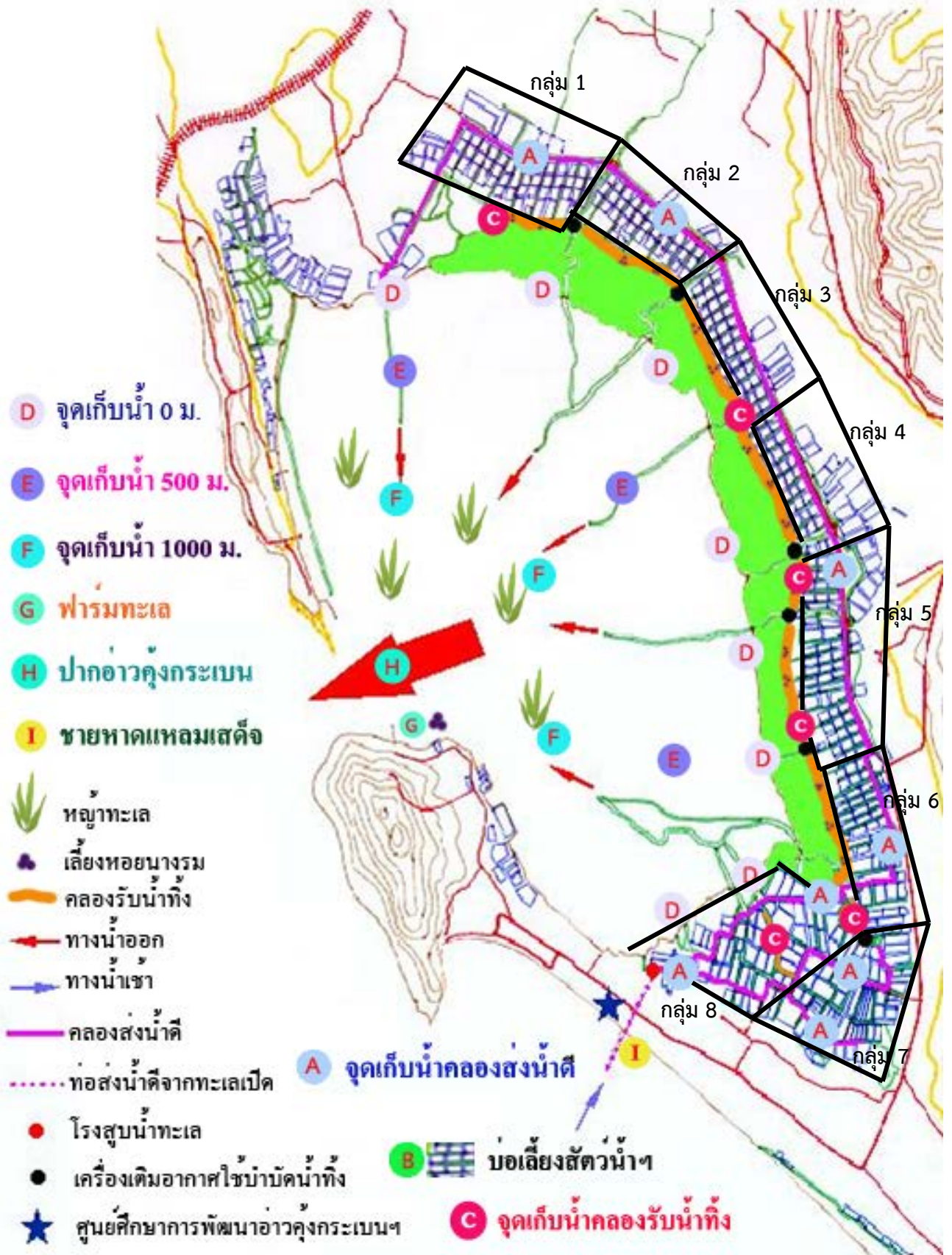
การสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำเริ่มตั้งแต่คลองส่งน้ำดี บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ บริเวณอ่าวคู้กระเบน (คลองรับน้ำทิ้ง บริเวณชายฝั่งป่าชายเลนที่มีระยะห่างจากฝั่งประมาณ 0 ม. 500 ม. และ 1,000 ม. บริเวณฟาร์มทะเลตัวอย่าง ไปจนถึงปากอ่าวคู้กระเบน ตามลำดับ) และบริเวณทะเลเปิดชายหาดแหลมเสด็จ โดยดำเนินการศึกษาระหว่างเดือน มกราคม 2555 – ธันวาคม 2557 ดังนี้

- 1.1 บริเวณคลองส่งน้ำดี (จุด A ภาพที่ 1) เก็บตัวอย่างน้ำตั้งแต่โรงสูบน้ำไปจนถึงปลายคลองส่งน้ำจำนวน 8 จุด (ประกอบด้วยพิกัด 47P 0815620 UTM 1391478, 47P 0816631 UTM 1392351, 47P 0816631 UTM 1392351, 47P 0816034 UTM 1394276, 47P 0814797 UTM 1395533, 47P 0816002 UTM 1391397, 47P 0816244 UTM 1391212 และ 47P 0815256 UTM 1391206) โดยเก็บสัปดาห์ละครั้ง
- 1.2 บริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (จุด B ภาพที่ 1) เก็บตัวอย่างน้ำทุกบ่อที่เลี้ยงสัตว์น้ำเดือนละครั้ง ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 รวมทั้งหมด 10,850 บ่อ
- 1.3 บริเวณอ่าวคู้กระเบนและชายหาดแหลมเสด็จ เก็บตัวอย่างน้ำเดือนละครั้งในช่วงน้ำขึ้นสูงสุด และ น้ำลงต่ำสุด มีจุดเก็บน้ำ 23 จุด ได้แก่
 - คลองน้ำทิ้ง มี 6 จุด (จุด C ภาพที่ 1 ประกอบด้วย คลองทิ้งน้ำแปลง 6 พิกัด 47P 0814460 UTM 1395301, คลองทิ้งน้ำแปลง 36 พิกัด 47P 0815809 UTM 1394272, คลองทิ้งน้ำแปลง 64 พิกัด 47P 0816346 UTM 1392077, คลองทิ้งน้ำแปลง 77 พิกัด 47P 0816118 UTM 1393258, คลองทิ้งน้ำแปลง 81 พิกัด 47P 0816343 UTM 1391932 และ คลองทิ้งน้ำแปลง 94 พิกัด 47P 0816228UTM 1392606)
 - บริเวณห่างจากฝั่งป่าชายเลน 0 ม. มี 8 จุด (จุด D ภาพที่ 1 ประกอบด้วย คลองปลาช่อน 47P 0815568 UTM1391851, คลองสลุด+คลองแบ่ง 47P 0816162 UTM 1392125, ระหว่างคลองแบ่ง+คลองหอมสุข 47P 0815891 UTM 1392550, คลองหอมสุข 47P 0815897 UTM 1393291,

- คลองตาก้วย 47P 0815864 UTM 1393464, คลองตาอู๋ 47P 0815190 UTM 1394668, คลองหิน 47P 0814801 UTM 1395049 และ อ่าวทิศเหนือ 47P 0814055 UTM 1395105)
- บริเวณห่างจากฝั่งป่าชายเลน 500 ม. มี 3 จุด (จุด E ภาพที่ 1 ประกอบด้วยพิกัด 47P 0813935 UTM 1394468, 47P 0815629 UTM 1392726 และ 47P 0814891 UTM 1394274)
 - บริเวณห่างจากฝั่งป่าชายเลน 1,000 ม. มี 3 จุด (จุด F ภาพที่ 1 ประกอบด้วยพิกัด 47P 0814904 UTM 1393291, 47P 0814721 UTM 1392873 และ 47P 0814111 UTM 1393743)
 - บริเวณฟาร์มทะเลตัวอย่าง (แหล่งเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์หอยนางรม) มี 1 จุด (จุด G ภาพที่ 1 ประกอบด้วยพิกัด 47 P 0814121 UTM 1392881)
 - บริเวณปากอ่าว มี 1 จุด (จุด H ภาพที่ 1 ประกอบด้วยพิกัด 47 P 0813720 UTM 1393016)
 - บริเวณทะเลเปิดชายหาดแหลมเสด็จ มี 1 จุด (จุด H ภาพที่ 1 ประกอบด้วยพิกัด 47 P 0815119 UTM 1391256)

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

- ความเค็ม วิเคราะห์โดยใช้ Salino Refractometer (Atago S/Mill)
- อุณหภูมิ และ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen; DO) วิเคราะห์ในภาคสนามโดยใช้ Oxygen Meter ยี่ห้อ YSI รุ่น Model 550 A
- สารแขวนลอยในน้ำ (Suspended Solid; SS) วิเคราะห์โดยวิธี Drying Oven (APHA-AWWA-WPCF, 1980) วิธีที่ 209 D มก./ล.
- ความขุ่นน้ำ (turbidity) วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Portable Turbidimeter ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100P
- คลอโรฟิลล์ เอ วิเคราะห์โดยวิธี Trichromatic method (APHA-AWWA-WPCF, 1980)
- pH (พีเอช หรือ ความเป็นกรด-ด่าง) วิเคราะห์โดยวิธี electrometric method ด้วยเครื่องมือ pH meter (HORIBA รุ่น F-22)
- ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) วิเคราะห์โดยวิธี Trirate (APHA-AWWA-WPCF, 1980)
- ไนโตรท์ (NO_2) วิเคราะห์โดยวิธี Diazotization method (Strickland J.D. and T.R. Persons, 1972)
- ไนเตรท (NO_3) วิเคราะห์โดยวิธี Cadmium Reduction method (Strickland J.D. and T.R. Persons, 1972)
- แอมโมเนียรวม ($\text{NH}_3\text{-N}$) วิเคราะห์โดยวิธี Phenolhypochlorite Method (Grasshoff K, 1976)
- ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen, TN) วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ TN-NPOC ยี่ห้อ analytikjena รุ่น multi N/C 2100
- ไนโตรเจนรวม (total nitrogen; TN) และ อินทรีย์คาร์บอนรวม (Total Organic Carbon; TOC) วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ TN-NPOC ยี่ห้อ analytikjena รุ่น multi N/C 2100
- ฟอสเฟตในรูป Orthophosphate (PO_4^{3-}) วิเคราะห์โดยวิธี Ascorbic Acid Method (Strickland and Persons, 1972)
- ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) วิเคราะห์โดยวิธีเปอร์ซิลเฟตออกซิเดชัน (Grasshoff et al, 1983)
- BOD (Biological oxygen demand) วิเคราะห์โดยวิธี 5 Day BOD Test at 20 °C และใช้ Oxygen Meter ยี่ห้อ YSI รุ่น Model 5100



ภาพที่ 1 ระบบน้ำโครงการชลประทานน้ำเค็ม และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของคุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์ของแต่ละสถานที่ศึกษา (แต่ละปี และแต่ละสถานี) ด้วยวิธีหาค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficients) โดยวิธี Pearson's Correlation Coefficients และประมาณค่าพารามิเตอร์จากค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์โดยสมการเส้นตรง (linear regression) (กมล, 2553)

4. รวบรวมข้อมูลรายรับ รายจ่าย การดำเนินการระบบชลประทานน้ำเค็ม และการเลี้ยงสัตว์น้ำในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในการสูบน้ำและบำบัดน้ำ ค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบชลประทานน้ำเค็ม (ค่าตอบแทนใช้สอยวัสดุ) รายได้ค่าใช้น้ำ พื้นที่ที่จ่ายค่าน้ำ พื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมด ชนิดสัตว์น้ำที่เลี้ยง อัตราปล่อยเลี้ยง ระยะเวลาเลี้ยง ผลผลิตเฉลี่ย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) รายได้จากผลผลิตสัตว์น้ำ ต้นทุนรวม และกำไรจากการเลี้ยง เพื่อนำไปประเมินอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน

5. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนตามทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ (ประสิทธิ์, 2538; ณิชานันท์, 2540; นราทิพย์, 2560; มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 2560) ซึ่งประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ต้นทุน (cost analysis) และ ผลตอบแทนจากการผลิต (benefit of production)

5.1 การวิเคราะห์ต้นทุน (cost analysis)

ต้นทุนรวม (total cost: TC) เป็นต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการใช้ปัจจัยการผลิตชนิดต่างๆ ในการผลิตสินค้าและบริการจำนวนหนึ่ง ประกอบด้วยต้นทุนคงที่รวมและต้นทุนผันแปรรวม สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$TC = TFC + TVC$$

ต้นทุนคงที่รวม (total fixed cost: TFC) เป็นต้นทุนที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิต หรือเป็นต้นทุน ที่จ่ายสำหรับปัจจัยคงที่ทุกชนิดของธุรกิจในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ณ ระดับอัตราการผลิตหนึ่ง เช่น ดอกเบี้ย ค่าเช่าที่ดิน ค่าเครื่องมือ-อุปกรณ์ ค่าเช่าโรงเรือน ค่าเสื่อมราคา เป็นต้น เหล่านี้เป็นต้นทุนที่กิจการไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ไม่ว่ากิจการจะทำการผลิตสินค้าหรือไม่ก็ตาม

ต้นทุนผันแปรรวม (total variable cost: TVC) เป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิต หรือเป็นต้นทุนที่จ่ายสำหรับการใช้ปัจจัยผันแปรจำนวนต่างๆ กัน ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าวัตถุดิบ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวนแรงงาน หรือชั่วโมงทำงาน ค่าอาหาร และค่าพาหนะ เป็นต้น

ค่าเสียโอกาส (opportunity cost) ในการใช้ปัจจัยการผลิต เช่น ค่าเสียโอกาสในการใช้แรงงาน ค่าเสียโอกาสที่ดิน ค่าเสียโอกาสสำหรับเงินทุนของผู้ผลิตเองที่ใช้ในการซื้อเครื่องจักรและเครื่องมือ ค่าเสียโอกาสสำหรับเงินทุนหมุนเวียน

5.2 ผลตอบแทนจากการผลิต (benefit of production)

ผลตอบแทนจากการผลิตทางการเกษตร ในที่นี้ หมายถึงรายได้ (income) รายรับรวม (total revenue: TR) คือ จำนวนเงินที่เกษตรกรได้จากการขายผลผลิตที่ผลิตได้จากฟาร์มซึ่งเท่ากับ ราคาผลผลิต (P) คูณด้วยจำนวนผลผลิต (Q)

$$TR = P \times Q$$

รายรับเฉลี่ย (average revenue) คือ รายรับเฉลี่ยต่อปริมาณสินค้าทั้งหมดที่จำหน่ายได้ ซึ่งหาได้จากรายรับทั้งหมดหารด้วยจำนวนผลผลิตรวม

$$AR = TR/Q$$

กำไรทางธุรกิจ = รายรับทั้งหมด (TR) - ต้นทุนทางบัญชี (accounting cost)

กำไรทางเศรษฐศาสตร์ = รายรับทั้งหมด (TR) - ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (economic profits)

กำไรทางธุรกิจ (รายได้เหนือต้นทุนเงินสด) คือรายได้ลบด้วยต้นทุนที่เป็นตัวเงิน

รายได้เหนือต้นทุนเงินสด = รายได้ - ต้นทุนที่เป็นตัวเงิน

กำไรสุทธิ คือรายได้ส่วนที่มากกว่าค่าใช้จ่าย ถ้าค่าใช้จ่ายมากกว่ารายได้ส่วนที่มากกว่าดังกล่าว เรียกว่าขาดทุนสุทธิ

$$\text{กำไรสุทธิ} = \text{รายได้} - \text{ต้นทุนทั้งหมด}$$

5.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefits/Cost ratio)

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินสดที่ได้รับตลอดอายุโครงการกับเงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการนั้น เป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลตอบแทนในรูปของกระแสรายได้ที่เกิดขึ้นในอนาคตตลอดอายุโครงการที่มีการปรับค่าให้เป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วกับเงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2560) ในที่นี้หมายถึง รายได้รวมหารด้วยต้นทุนการผลิต

$$\text{อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน} = \text{รายได้/ต้นทุน}$$

$$\text{อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน} = \text{รายได้ค่าใช้น้ำ/รายจ่ายการจัดการระบบสูบน้ำและบำบัดน้ำ}$$

การประเมินผล อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน ต้องมากกว่า หรืออย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 1 จึงสมควรลงทุน ทั้งนี้เนื่องจากถ้าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมากกว่า 1 หมายความว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไปหรือถ้าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1 ก็ หมายความว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไปพอดี แต่ถ้าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนน้อยกว่า 1 หมายความว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไปจึงไม่สมควรลงทุน

5.4 ความเต็มใจจ่าย (Willingness to pay)

ความเต็มใจจ่ายค่าน้ำที่ราคา 2,500 บาท/ไร่/รุ่น ของสมาชิกในโครงการชลประทานน้ำเค็มเท่ากับ พื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำที่จ่ายค่าน้ำ หารด้วยพื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมด คูณด้วย หนึ่งร้อย

ผลการวิจัย

1. ศึกษาผลกระทบของการจัดการโครงการชลประทานน้ำเค็มต่อสิ่งแวดล้อมในอ่าวคุ้งกระเบนโดยใช้คุณภาพน้ำเป็นตัวชี้วัด

1.1 คุณภาพน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม และอ่าวคุ้งกระเบนเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำชายฝั่งหาดแหลมเสด็จ

คุณภาพน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2557 ในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน (ภาพที่ 1) ตั้งแต่ คลองส่งน้ำดี บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ คลองน้ำทิ้ง บริเวณห่างจากแนวป่าชายเลน 0 ม. บริเวณห่างจากแนวป่าชายเลน 500 ม. บริเวณห่างจากแนวป่าชายเลน 1,000 ม. บริเวณฟาร์มทะเล ไปจนถึงบริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบน เปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณชายหาดแหลมเสด็จ (ซึ่งเป็นแหล่งน้ำทะเลธรรมชาติที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำรอบอ่าวคุ้งกระเบน) สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงแต่ละดัชนีคุณภาพน้ำดังนี้

ตารางที่ 1 ความเค็ม (ppt) น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	31.3 ^{b n}	31.5 ^{d n}	32.4 ^{d ข}	31.8 ^d
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	27.9 ^{ab ข}	26.3 ^{abc n}	28.4 ^{abcd ค}	27.6 ^{ab}
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	28.3 ^{ab}	26.1 ^{ab}	26.6 ^{ab}	27.0 ^{ab}
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	26.6 ^a	23.7 ^a	26.1 ^a	25.5 ^a
0 ม. (น้ำขึ้น)	29.1 ^{ab}	27.8 ^{abcd}	27.6 ^{abc}	28.2 ^{bc}
500 ม. (น้ำขึ้น)	30.6 ^{ab}	30.4 ^{bcd}	29.3 ^{abcd}	30.1 ^{cd}
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	30.9 ^b	31.1 ^{cd}	30.8 ^{bcd}	30.9 ^d
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	31.2 ^b	31.3 ^{cd}	31.0 ^{cd}	31.1 ^d
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	31.0 ^b	30.1 ^{bcd}	29.7 ^{abcd}	30.3 ^{cd}
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	31.0 ^b	31.3 ^d	31.2 ^{cd}	31.2 ^d
ปากอ่าว (น้ำลง)	31.0 ^b	30.1 ^{bcd}	29.6 ^{abcd}	30.2 ^{cd}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	30.2 ^{ab}	29.9 ^{bcd}	29.9 ^{abcd}	30.0 ^{cd}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	30.5 ^{ab}	30.8 ^{bcd}	29.4 ^{abcd}	30.3 ^{cd}
เฉลี่ย	28.4 ^ข	27.2 ^ก	29.1 ^ข	28.3

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่ามาตรฐาน ความเค็มมีค่าสูงกว่าความเค็มของแหล่งรองรับน้ำทิ้งในขณะนั้นได้ไม่เกินร้อยละ 50 (ราชกิจจานุเบกษา, 2550)

ความเค็มน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 1) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าความเค็มน้ำบริเวณคลองส่งน้ำดีมีค่าความเค็มสูงสุด เฉลี่ย 31.8 ppt และบริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลงมีค่าความเค็มต่ำสุด เฉลี่ย 25.5 ppt และเมื่อเปรียบเทียบความเค็มน้ำเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ความเค็มในปี พ.ศ. 2555 และ 2557 เฉลี่ย 28.4 ppt และ 29.1 ppt

ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าปี พ.ศ. 2556 เฉลี่ย 27.2 ppt และเมื่อเปรียบเทียบความเค็มน้ำบริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

อุณหภูมิน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคู้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 2) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าอุณหภูมิน้ำบริเวณตั้งแต่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำไปจนถึงปากอ่าวคู้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จมีอุณหภูมิสูงที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนคลองส่งน้ำตีมีค่าอุณหภูมิน้ำต่ำสุด เฉลี่ย 28.4 °C และเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า อุณหภูมิน้ำในปี พ.ศ. 2555 มีค่าสูงสุด เฉลี่ย 29.8 °C รองลงมาในปี พ.ศ. 2556 เฉลี่ย 29.6 °C และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 29.3 °C และเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำบริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 2 อุณหภูมิ (°C) น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคู้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำตี	28.8 ^a	28.3 ^u	28.0 ⁿ	28.4 ^a
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	30.0 ^b	29.8 ^u	29.7 ⁿ	29.9 ^b
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	29.1 ^{ab}	29.0 ^u	28.1 ⁿ	28.8 ^{ab}
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	29.7 ^{ab}	30.0	29.3	29.7 ^b
0 ม. (น้ำขึ้น)	29.4 ^{ab}	29.3 ^u	28.4 ⁿ	29.0 ^{ab}
500 ม. (น้ำขึ้น)	29.5 ^{ab}	29.7 ^u	28.8 ⁿ	29.3 ^{ab}
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	29.6 ^{ab}	29.5	29.1	29.4 ^{ab}
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	29.7 ^{ab}	29.7	29.0	29.4 ^{ab}
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	29.7 ^{ab}	29.6	29.2	29.5 ^{ab}
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	29.8 ^{ab}	29.8	29.2	29.6 ^b
ปากอ่าว (น้ำลง)	29.7 ^{ab}	29.6	29.2	29.5 ^{ab}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	29.7 ^{ab}	29.7	29.4	29.6 ^b
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	29.8 ^{ab}	29.7	29.2	29.5 ^b
เฉลี่ย	29.8 ^a	29.6 ^u	29.3 ⁿ	29.6

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าเฉลี่ยแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่ามาตรฐานอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 28-32 °C (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2556)

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคู้งกระเบนและชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 3) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่า DO บริเวณคลองส่งน้ำตีมีค่าต่ำสุด เฉลี่ย 5.6 มก./ล. แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับบริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น ส่วนบริเวณตั้งแต่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำไปจนถึงปากอ่าวพบว่ามีค่า DO สูงกว่าอย่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบ DO เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า DO ในปี พ.ศ. 2555 และ 2556 มีค่าสูงสุด เฉลี่ย 6.2 มก./ล. และ 6.1 มก./ล. ตามลำดับ และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 5.9 มก./ล. และเมื่อเปรียบเทียบ DO บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 3 DO (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	5.8 ^a	5.2 ^{a n}	5.7 ^{a ข}	5.6 ^a
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	6.4 ^ข	6.4 ^{c ข}	6.1 ^{bc n}	6.3 ^{cd}
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	5.7	5.2 ^{ab}	5.3 ^a	5.4 ^{ab}
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	6.1	6.4 ^c	6.0 ^{bc}	6.2 ^{cd}
0 ม. (น้ำขึ้น)	6.0 ^ข	5.6 ^{b n}	5.5 ^{ab n}	5.7 ^{bc}
500 ม. (น้ำขึ้น)	6.3	6.5 ^b	6.4 ^c	6.4 ^d
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	6.2 ⁿ	6.7 ^{b ข}	6.2 ^{c n}	6.3 ^d
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	6.1 ⁿ	6.7 ^{b ข}	6.0 ^{bc n}	6.3 ^{cd}
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	6.2	6.5 ^b	6.2 ^c	6.3 ^{cd}
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	6.2 ⁿ	6.7 ^{b ข}	6.1 ^{bc n}	6.4 ^d
ปากอ่าว (น้ำลง)	6.1	6.5 ^b	6.3 ^c	6.3 ^{cd}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	6.0 ⁿ	6.4 ^{b ข}	6.1 ^{bc n ข}	6.1 ^{cd}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	6.3	6.5 ^b	6.3 ^c	6.4 ^d
เฉลี่ย	6.2 ^ข	6.1 ^ข	5.9 ⁿ	6.2

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
 ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
 ค่ามาตรฐาน DO ควรมีความมากกว่าหรือเท่ากับ 5 มก.อ/ล. (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2556)

ตารางที่ 4 SS (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	26.1 ^{ab n}	38.1 ^ข	38.8 ^{ab ข}	34.3 ^{ab}
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	70.1 ^{d n ข}	107.4 ^{b ข}	56.5 ^{ab n}	78.0 ^c
0 ม. (น้ำขึ้น)	25.3 ^{ab n}	28.3 ^{n ข}	37.6 ^{ab ข}	30.4 ^{ab}
500 ม. (น้ำขึ้น)	29.3 ^{abc n}	45.4 ^{n ข}	62.7 ^{b ข}	45.8 ^b
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	25.6 ^{ab n}	38.3 ⁿ	50.4 ^{ab ข}	38.1 ^{ab}
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	20.7 ^{ab}	32.5	43.6 ^{ab}	32.3 ^{ab}
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	58.7 ^{cd}	42.9 ^a	38.3 ^{ab}	46.6 ^b
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	14.4 ^a	28.2	33.6 ^{ab}	25.4 ^a
ปากอ่าว (น้ำลง)	52.5 ^{bcd}	42.1 ^a	41.7 ^{ab}	45.4 ^b
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	12.9 ^a	36.7	21.8 ^a	23.7 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	37.5 ^{abc}	57.3 ^a	42.5 ^{ab}	45.7 ^b
เฉลี่ย	30.1 ⁿ	41.3 ^ข	42.6 ^ข	38.0

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
 ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
 ค่ามาตรฐาน SS ไม่เกิน 70 มก./ล. (ราชกิจจานุเบกษา, 2550)

ของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Suspended Solid; SS) ในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 4) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่า SS บริเวณคลองคลองน้ำทั้ง ช่วงน้ำลงมีค่า SS สูงสุด เฉลี่ย 78.0 มก./ล. และมีค่า SS ต่ำสุด บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นและหาด แหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้น เฉลี่ย 25.4 มก./ล. และ 23.7 มก./ล. ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับบริเวณคลองน้ำทั้งช่วงน้ำขึ้น บริเวณห่างชายฝั่ง 0 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณห่างชายฝั่ง 1,000 ม. ช่วงน้ำขึ้น และบริเวณฟาร์มทะเลช่วงน้ำขึ้น เมื่อเปรียบเทียบ SS เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า SS ในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 มีค่าสูงสุด เฉลี่ย 41.3 มก./ล. และ 42.6 มก./ล. ตามลำดับ และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2555 เฉลี่ย 30.1 มก./ล. และเมื่อเปรียบเทียบ SS บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วง น้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 5 ความขุ่น (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	12.0 ^{abcde} κ	7.3 ^{abc} η	3.8 ^a η	7.6 ^{ab}
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	15.9 ^{cde} κ	14.4 ^d η	11.5 ^{bcd} η	14.5 ^e
คลองน้ำทั้ง (น้ำขึ้น)	11.1 ^{abcd}	13.0 ^{cd}	13.0 ^{cd}	12.4 ^{de}
คลองน้ำทั้ง (น้ำลง)	18.7 ^e η	25.6 ^e η	13.5 ^{cd} η	19.2 ^f
0 ม. (น้ำขึ้น)	10.2 ^{abcd} η	10.9 ^{bcd} η	14.6 ^d η	11.9 ^{cde}
500 ม. (น้ำขึ้น)	10.2 ^{abcd}	9.4 ^{abcd}	13.3 ^{cd}	11.0 ^{bcde}
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	8.5 ^{abc}	5.4 ^{ab}	8.7 ^{abcd}	7.5 ^{ab}
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	7.8 ^{ab}	4.7 ^{ab}	12.0 ^{bcd}	8.2 ^{abc}
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	15.8 ^{cde}	8.9 ^{abcd}	9.3 ^{abcd}	11.3 ^{bcde}
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	4.8 ^a	3.7 ^a	8.4 ^{abc}	5.6 ^a
ปากอ่าว (น้ำลง)	16.9 ^{de}	8.5 ^{abcd}	9.5 ^{abcd}	11.6 ^{bc}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	4.6 ^a	7.7 ^{abcd}	5.1 ^a	5.8 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	14.0 ^{bcde}	8.0 ^{abcd}	6.9 ^{ab}	9.6 ^{abcd}
เฉลี่ย	14.9 ^κ	12.8 ^η	10.1 ^η	12.9

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (κ-η) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

น้ำใสจะมีค่าความขุ่นไม่เกิน 25 NTU (เกรียงศักดิ์, 2560)

ความขุ่นของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 5) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าบริเวณคลองน้ำทั้งช่วงน้ำลงมีค่าความขุ่นสูงสุด เฉลี่ย 19.2 NTU และมีค่าความขุ่นต่ำสุดบริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นและหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้น เฉลี่ย 5.6 NTU และ 5.8 NTU ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับบริเวณคลองส่งน้ำดี บริเวณห่างชายฝั่ง 1,000 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณฟาร์มทะเลช่วงน้ำขึ้น และบริเวณหาดแหลมเสด็จช่วงน้ำลง เมื่อเปรียบเทียบความ ขุ่นของน้ำเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ความขุ่นของน้ำในปี พ.ศ. 2555 มีค่าสูงสุด เฉลี่ย 14.9 NTU และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 10.1 NTU และเมื่อเปรียบเทียบความขุ่นของน้ำบริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำ ทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

คลอโรฟิลล์-เอของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 6) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าบริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ สูงสุดเฉลี่ย 140.4 มก./ตัน และมีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ต่ำสุดบริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น บริเวณห่างชายฝั่ง 0 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณห่างชายฝั่ง 500 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณห่างชายฝั่ง 1,000 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณฟาร์มทะเล ช่วงน้ำขึ้น และลง บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นและลง และหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและลง เฉลี่ย 23.1 มก./ตัน 13.5 มก./ตัน 9.7 มก./ตัน 5.0 มก./ตัน 4.2 มก./ตัน 6.2 มก./ตัน 3.5 มก./ตัน 5.7 มก./ตัน 2.8 มก./ตัน และ 4.6 มก./ตัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์-เอของน้ำเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอสูงสุด เฉลี่ย 84.1 มก./ตัน และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 14.6 มก./ตัน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์-เอของน้ำบริเวณปากอ่าว คุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 6 คลอโรฟิลล์-เอ (มก./ตัน) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลม-เสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	144.5 ^b	115.8 ^c	ไม่มีข้อมูล	140.4 ^c
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	22.2 ^a	23.8 ^b	23.3 ^b	23.1 ^a
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	66.4 ^{a ฆ}	52.2 ^{ab กฆ}	41.7 ^{c ก}	53.4 ^b
0 ม. (น้ำขึ้น)	12.5 ^a	13.9 ^a	14.1 ^{ab}	13.5 ^a
500 ม. (น้ำขึ้น)	8.0 ^{a ก}	7.1 ^{a ก}	13.9 ^{ab ฆ}	9.7 ^a
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	4.8 ^a	4.1 ^a	6.0 ^a	5.0 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	4.5 ^a	3.8 ^a	4.2 ^a	4.2 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	7.6 ^a	6.4 ^a	4.5 ^a	6.2 ^a
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	3.5 ^a	3.3 ^a	3.8 ^a	3.5 ^a
ปากอ่าว (น้ำลง)	6.7 ^{a ฆ}	6.2 ^{a กฆ}	4.2 ^{a ก}	5.7 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	2.0 ^{a ก}	3.7 ^{a ฆ}	2.6 ^{a กฆ}	2.8 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	7.0 ^a	3.1 ^a	3.8 ^a	4.6 ^a
เฉลี่ย	84.1 ^ก	30.8 ^ฆ	14.6 ^ก	53.5

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 7) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าแต่ละบริเวณบ่อมีค่า pH ไม่แตกต่างกันมากนัก บริเวณที่มีค่า pH สูงเฉลี่ย 8.2 ได้แก่บริเวณ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ บริเวณห่างชายฝั่ง 500 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณห่างชายฝั่ง 1,000 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณฟาร์มทะเลช่วงน้ำขึ้น และลง บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นและลง และหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและลง ส่วนบริเวณที่มีค่า pH ต่ำเฉลี่ย 8.1 ได้แก่บริเวณคลองส่งน้ำตี บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้นและลง บริเวณห่างชายฝั่ง 0 ม. ช่วงน้ำขึ้น เมื่อเปรียบเทียบ pH เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2557 มี pH สูงสุด เฉลี่ย 8.3 และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2556 เฉลี่ย 8.1 และเมื่อเปรียบเทียบ pH บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 7 กรด-ต่าง ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	8.1 ^ข	8.0 ^ก	8.2 ^ค	8.1 ^{ab}
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	8.2 ^ข	8.1 ^ก	8.3 ^ค	8.2 ^{ab}
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	8.2 ^ข	8.0 ^ก	8.1 ^ข	8.1 ^a
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	8.1 ^ก	8.0 ^ก	8.3 ^ข	8.1 ^{ab}
0 ม. (น้ำขึ้น)	8.2 ^ข	8.0 ^ก	8.1 ^ข	8.1 ^a
500 ม. (น้ำขึ้น)	8.3 ^ข	8.1 ^ก	8.3 ^ข	8.2 ^b
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	8.3 ^ข	8.1 ^ก	8.3 ^ข	8.2 ^b
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	8.3 ^ข	8.1 ^ก	8.3 ^ข	8.2 ^b
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	8.2 ^{กข}	8.1 ^ก	8.3 ^ข	8.2 ^{ab}
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	8.3 ^ข	8.1 ^ก	8.3 ^ข	8.2 ^b
ปากอ่าว (น้ำลง)	8.2 ^ข	8.1 ^ก	8.3 ^ข	8.2 ^{ab}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	8.3 ^ข	8.1 ^ก	8.3 ^ข	8.2 ^b
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	8.2 ^{กข}	8.1 ^ก	8.3 ^ข	8.2 ^b
เฉลี่ย	8.2 ^ข	8.1 ^ก	8.3 ^ค	8.2

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกัน แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่ามาตรฐานความเป็นกรด-ต่างน้ำชายฝั่งควรอยู่ในช่วง 6.5-8.5 (ราชกิจจานุเบกษา, 2550)

ตารางที่ 8 ความเป็นต่าง (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	109 ^ก	108 ^ก	113 ^ข	110
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	118 ^ข	113 ^ก	113 ^ก	115
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	113 ^{กข}	108 ^ก	115 ^ข	112
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	123	111	122	119
0 ม. (น้ำขึ้น)	110	107	111	109
500 ม. (น้ำขึ้น)	109	106	110	108
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	108 ^ก	107 ^ก	112 ^ข	109
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	109	108	113	110
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	112	107	111	110
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	108	107	112	109
ปากอ่าว (น้ำลง)	110	106	111	109
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	109 ^{กข}	107 ^ก	112 ^ข	109
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	108	109	111	109
เฉลี่ย	116 ^ก	111 ^ก	113 ^ข	114

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกัน แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่ามาตรฐานความเป็นต่างควรมากกว่าหรือเท่ากับ 100 มก./ล.(สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2556)

ความเป็นต่างของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 8) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าแต่ละบริเวณบ่อมีค่าความเป็นต่างของน้ำ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) บริเวณที่มีค่าความเป็นต่างสูงเฉลี่ย 119 มก./ล. ได้แก่บริเวณคลองน้ำทั้งช่วงน้ำลง บริเวณที่มีค่าความเป็นต่างต่ำเฉลี่ย 108 มก./ล. ได้แก่บริเวณห่างชายฝั่ง 500 ม. ช่วงน้ำขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นต่างเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีค่าความเป็นต่างสูงสุด เฉลี่ย 116 มก./ล. และต่ำสุดในปี พ.ศ. 2556 เฉลี่ย 111 มก./ล. และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นต่างบริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

แอมโมเนียรวม ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 9) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าแต่ละบริเวณมีค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ ของน้ำ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) บริเวณที่มีค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ สูงเฉลี่ย 0.315 มก./ล. ได้แก่บริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ บริเวณที่มีค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ ต่ำเฉลี่ย 0.023 มก./ล. ได้แก่บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น เมื่อเปรียบเทียบ $\text{NH}_3\text{-N}$ เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ สูงสุด เฉลี่ย 0.333 มก./ล. และต่ำสุดในปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 0.150 มก./ล. และเมื่อเปรียบเทียบ $\text{NH}_3\text{-N}$ บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 9 $\text{NH}_3\text{-N}$ (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	0.056 ^ข	0.096 ^ก	0.034 ^ก	0.058
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	0.399 ^ก	0.287 ^ข	0.197 ^ก	0.315
คลองน้ำทั้ง (น้ำขึ้น)	0.150	0.136	0.112	0.133
คลองน้ำทั้ง (น้ำลง)	0.320 ^ข	0.260 ^{กข}	0.131 ^ก	0.237
0 ม. (น้ำขึ้น)	0.075 ^{กข}	0.091 ^ข	0.058 ^ก	0.075
500 ม. (น้ำขึ้น)	0.039 ^{กข}	0.050 ^ข	0.014 ^ก	0.034
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	0.028 ^{กข}	0.042 ^ข	0.013 ^ก	0.028
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	0.040	0.053	0.008	0.034
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	0.058	0.057	0.021	0.046
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	0.022	0.037	0.010	0.023
ปากอ่าว (น้ำลง)	0.078 ^ข	0.049 ^{กข}	0.029 ^ก	0.052
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	0.046 ^{กข}	0.055 ^ข	0.016 ^ก	0.040
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	0.050	0.051	0.024	0.042
เฉลี่ย	0.333 ^ก	0.235 ^ข	0.150 ^ก	0.253

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีค่าไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกัน แสดงว่าแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่ามาตรฐานน้ำชายฝั่งมี $\text{NH}_3\text{-N}$ ไม่เกิน 1.1 มก./ล. (ราชกิจจานุเบกษา, 2550)

ไนโตรท์ (NO_2^-) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 10) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าแต่ละบริเวณมีค่า NO_2^- ของน้ำ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) บริเวณที่มีค่า NO_2^- สูงสุด เฉลี่ย 0.235 มก./ล. ได้แก่บริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ บริเวณที่มีค่า NO_2^- ต่ำสุด เฉลี่ย 0.000 มก./ล. ได้แก่ บริเวณห่างชายฝั่ง 1,000 ม. ช่วงน้ำขึ้น และบริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น เมื่อเปรียบเทียบ NO_2^- เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีค่า NO_2^- สูงสุด เฉลี่ย 0.297

มก./ล. และต่ำสุดในปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 0.059 มก./ล. และเมื่อเปรียบเทียบกับ NO_2^- บริเวณปากอ่าวคัง กระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาค่าเฉลี่ยในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 10 NO_2^- (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคังกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	0.006 ^ก	0.004 ^ข	0.001 ^ก	0.004
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	0.369 ^ก	0.155 ^ข	0.082 ^ก	0.235
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	0.039 ^ข	0.027 ^{กข}	0.019 ^ก	0.028
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	0.092	0.032	0.056	0.060
0 ม. (น้ำขึ้น)	0.020	0.010	0.010	0.013
500 ม. (น้ำขึ้น)	0.003 ^ข	0.000 ^ก	0.000 ^ก	0.001
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	0.001	0.000	0.000	0.000
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	0.003	0.000	0.000	0.001
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	0.001	0.001	0.000	0.001
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	0.001	0.000	0.001	0.000
ปากอ่าว (น้ำลง)	0.001	0.001	0.000	0.001
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	0.001	0.002	0.002	0.001
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	0.001	0.001	0.000	0.001
เฉลี่ย	0.297 ^ก	0.116 ^ข	0.059 ^ก	0.178

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ไนเตรท (NO_3^-) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคังกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 11) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่า บริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่า NO_3^- สูงสุด เฉลี่ย 0.089 มก./ล. แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ที่บริเวณ คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น และลง บริเวณห่างชายฝั่ง 0 ม. และบริเวณหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำลง บริเวณที่มีค่า NO_3^- ต่ำสุด คือ บริเวณห่างชายฝั่ง 500 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณห่างชายฝั่ง 1,000 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณฟาร์มทะเลช่วงน้ำขึ้นและลง บริเวณปากอ่าวคังกระเบนช่วงน้ำขึ้นและลง และหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้น โดยมีค่า โดยมีค่าเฉลี่ย 0.004 มก./ล. 0.003 มก./ล. 0.006 มก./ล. 0.008 มก./ล. 0.003 มก./ล. 0.020 มก./ล. ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ที่บริเวณ คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้นและลง บริเวณห่างชายฝั่ง 0 ม. และบริเวณหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับ NO_3^- เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีค่า NO_3^- สูงสุด เฉลี่ย 0.101 มก./ล. และต่ำสุดในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 0.036 มก./ล. และ 0.031 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ NO_3^- บริเวณปากอ่าวคังกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาค่าเฉลี่ยในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 11 NO₃⁻ (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	0.129 ^u	0.054 ⁿ	0.042 ⁿ	0.089 ^b
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	0.033 ^u	0.025 ^{กข}	0.024 ⁿ	0.027 ^{ab}
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	0.043 ^{b ข}	0.027 ^{b ก}	0.024 ^{ab ก}	0.031 ^{ab}
0 ม. (น้ำขึ้น)	0.033	0.016	0.018	0.022 ^{ab}
500 ม. (น้ำขึ้น)	0.008 ^u	0.001 ⁿ	0.003 ⁿ	0.004 ^a
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	0.007 ^u	0.001 ⁿ	0.002 ⁿ	0.003 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	0.009 ^u	0.003 ⁿ	0.005 ^{กข}	0.006 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	0.013	0.006	0.004	0.008 ^a
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	0.005	0.001	0.003	0.003 ^a
ปากอ่าว (น้ำลง)	0.011	0.004	0.004	0.006 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	0.022	0.022	0.015	0.020 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	0.036	0.030	0.034	0.033 ^{ab}
เฉลี่ย	0.101 ^u	0.036 ⁿ	0.031 ⁿ	0.063

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกัน แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 12 TN (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	0.39 ^{a ข}	0.24 ^{a ก}	0.28 ^{a ก}	0.33 ^a
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	2.75 ^{b ค}	1.67 ^{c ก}	1.97 ^{d ข}	2.18 ^d
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	0.81 ^{a ข}	0.60 ^{a ก}	0.89 ^{bค ข}	0.77 ^b
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	1.67 ^{b ข}	1.06 ^{b ก}	1.26 ^{c กข}	1.33 ^c
0 ม. (น้ำขึ้น)	0.66 ^{a ข}	0.43 ^{a ก}	0.57 ^{ab ข}	0.55 ^{ab}
500 ม. (น้ำขึ้น)	0.33 ^{a กข}	0.28 ^{a ก}	0.39 ^{ab ข}	0.33 ^a
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	0.24 ^{a ข}	0.18 ^{a ก}	0.27 ^{a ข}	0.23 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	0.27 ^a	0.17 ^a	0.22 ^a	0.22 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	0.39 ^{a ข}	0.25 ^{a ก}	0.32 ^{ab กข}	0.32 ^a
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	0.29 ^{a ข}	0.18 ^{a ก}	0.23 ^{a กข}	0.23 ^a
ปากอ่าว (น้ำลง)	0.37 ^{a ข}	0.24 ^{a ก}	0.30 ^{ab กข}	0.30 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	0.33 ^{a ข}	0.23 ^{ab ก}	0.28 ^{a กข}	0.28 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	0.37 ^{a ข}	0.18 ^{a ก}	0.31 ^{ab กข}	0.29 ^a
เฉลี่ย	1.36 ^ข	0.89 ⁿ	0.98 ⁿ	1.09

หมายเหตุ ในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่ามาตรฐานน้ำทะเลชายฝั่ง TN ไม่เกิน 4 มก./ล. (ราชกิจจานุเบกษา, 2550)

ไนโตรเจนรวม (TN) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 12) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่า บริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่า TN สูงสุด เฉลี่ย 2.18 มก./ล. ส่วนบริเวณที่มีค่า TN ต่ำสุด คือ บริเวณคลองส่งน้ำดี บริเวณห่างชายฝั่ง 500 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณห่างชายฝั่ง 1,000 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณฟาร์มทะเลช่วงน้ำขึ้นและลง บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นและลง และหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้น โดยมีค่า โดยมีค่าเฉลี่ย 0.33 มก./ล. 0.33 มก./ล. 0.23 มก./ล. 0.22 มก./ล. 0.32 มก./ล. 0.23 มก./ล. 0.30 มก./ล. 0.28 มก./ล. และ 0.29 มก./ล. ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับบริเวณห่างชายฝั่ง 0 ม. เมื่อเปรียบเทียบ TN เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีค่า TN สูงสุด เฉลี่ย 1.36 มก./ล. และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 0.89 มก./ล. และ 0.98 มก./ล. ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบ TN บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 13 PO_4^{3-} (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	0.018 ^a ^ข	0.018 ^a ^ข	0.005 ^a ^ก	0.013 ^a
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	0.142 ^b ^ข	0.136 ^b ^ข	0.101 ^b ^ก	0.129 ^b
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	0.021 ^a ^ข	0.019 ^a ^ข	0.013 ^a ^ก	0.018 ^a
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	0.109 ^{ab} ^ข	0.049 ^{ab} ^{กข}	0.022 ^a ^ก	0.060 ^a
0 ม. (น้ำขึ้น)	0.012 ^a ^ข	0.012 ^a ^ข	0.005 ^a ^ก	0.009 ^a
500 ม. (น้ำขึ้น)	0.003 ^a ^ข	0.003 ^a ^ข	0.001 ^a ^ก	0.003 ^a
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	0.001 ^a ^{กข}	0.002 ^a ^ข	0.001 ^a ^ก	0.002 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	0.005 ^a	0.003 ^a	0.001 ^a	0.003 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	0.008 ^a	0.003 ^a	0.002 ^a	0.004 ^a
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	0.002 ^a	0.002 ^a	0.000 ^a	0.001 ^a
ปากอ่าว (น้ำลง)	0.015 ^a	0.003 ^a	0.006 ^a	0.008 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	0.005 ^a	0.005 ^a	0.003 ^a	0.004 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	0.006 ^a	0.003 ^a	0.004 ^a	0.004 ^a
เฉลี่ย	0.116 ^ก	0.104 ^ข	0.072 ^ก	0.100

หมายเหตุ ในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ฟอสเฟตที่ละลายในน้ำ (PO_4^{3-}) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 13) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่า บริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่า PO_4^{3-} สูงสุด เฉลี่ย 0.129 มก./ล. ส่วนบริเวณอื่นๆมีค่า PO_4^{3-} ต่ำกว่าบริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบ PO_4^{3-} เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีค่า PO_4^{3-} สูงสุด เฉลี่ย 0.116 มก./ล. และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 0.072 มก./ล. และเมื่อเปรียบเทียบ PO_4^{3-} บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 14 TP (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	0.029 ^a	0.108 ^a	0.015 ^a	0.080 ^a
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	0.370 ^{c n}	0.999 ^{b ข}	0.431 ^{b n}	0.814 ^c
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	0.105 ^{a n}	0.152 ^{a ข}	0.170 ^{a ข}	0.142 ^a
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	0.239 ^b	0.286 ^a	0.316 ^b	0.280 ^b
0 ม. (น้ำขึ้น)	0.073 ^a	0.096 ^a	0.094 ^a	0.088 ^a
500 ม. (น้ำขึ้น)	0.044 ^a	0.046 ^a	0.046 ^a	0.045 ^a
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	0.034 ^a	0.029 ^a	0.034 ^a	0.032 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	0.038 ^a	0.029 ^a	0.029 ^a	0.032 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	0.042 ^a	0.044 ^a	0.053 ^a	0.046 ^a
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	0.029 ^a	0.027 ^a	0.028 ^a	0.028 ^a
ปากอ่าว (น้ำลง)	0.043 ^a	0.043 ^a	0.053 ^a	0.047 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	0.031 ^a	0.034 ^a	0.034 ^a	0.033 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	0.040 ^a	0.041 ^a	0.065 ^a	0.049 ^a
เฉลี่ย	0.117 ⁿ	0.448 ^ข	0.146 ⁿ	0.279

หมายเหตุ ในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (n-c) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่ามาตรฐานน้ำทะเลชายฝั่ง TP ไม่เกิน 0.4 มก./ล. (ราชกิจจานุเบกษา, 2550)

ฟอสฟอรัสรวม (TP) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 14) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าบริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมี TP สูงสุด เฉลี่ย 0.814 มก./ล. ส่วนบริเวณอื่นๆ ยกเว้นคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลงมีค่า TP ต่ำสุด อย่างแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบ TP ของน้ำเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณ TP สูงสุด เฉลี่ย 0.448 มก./ล. และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2555 และ พ.ศ.2557 เฉลี่ย 0.117 มก./ล. และ 0.146 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบ TP บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 15) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่าบริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่า BOD สูงสุด เฉลี่ย 7.55 มก./ล. ส่วนบริเวณคลองส่งน้ำดีมีค่า BOD ต่ำสุด เฉลี่ย 0.55 มก./ล. แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับบริเวณห่างชายฝั่ง 500 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณห่างชายฝั่ง 1,000 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณฟาร์มทะเลช่วงน้ำขึ้น และลง บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นและลง และหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและลง เมื่อเปรียบเทียบ BOD เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2556 มีค่า BOD สูงสุด เฉลี่ย 3.22 มก./ล. และ 3.09 มก./ล. ตามลำดับ และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2557 เฉลี่ย 2.45 มก./ล. และเมื่อเปรียบเทียบ BOD บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 15 BOD (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	0.50 ^{a n}	0.58 ^{a ข}	0.59 ^{a ข}	0.55 ^a
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	8.42 ^{cb ข}	7.67 ^{c ข}	6.33 ^{d n}	7.55 ^e
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	2.23 ^a	2.37 ^a	2.53 ^b	2.38 ^c
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	5.25 ^b	4.53 ^b	4.33 ^c	4.70 ^d
0 ม. (น้ำขึ้น)	1.65 ^a	1.63 ^a	1.79 ^{ab}	1.69 ^{bc}
500 ม. (น้ำขึ้น)	1.10 ^a	1.29 ^a	1.37 ^a	1.26 ^{ab}
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	0.72 ^{a n}	0.82 ^{a nข}	0.94 ^{a ข}	0.83 ^{ab}
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	0.68 ^a	0.67 ^a	0.96 ^a	0.77 ^{ab}
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	1.13 ^a	1.08 ^a	1.06 ^a	1.09 ^{ab}
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	0.59 ^a	0.71 ^a	0.83 ^a	0.71 ^{ab}
ปากอ่าว (น้ำลง)	1.14 ^a	1.15 ^a	0.96 ^a	1.09 ^{ab}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	0.74 ^a	0.74 ^a	0.80 ^a	0.76 ^{ab}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	1.10 ^a	0.64 ^a	0.98 ^a	0.90 ^{ab}
เฉลี่ย	3.22 ^ข	3.09 ^ข	2.45 ⁿ	2.92

หมายเหตุ ในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่ามาตรฐานน้ำทะเลชายฝั่ง BOD ไม่เกิน 20 มก./ล. (ราชกิจจานุเบกษา, 2550)

อินทรีย์คาร์บอนรวม (TOC) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 16) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และน้ำลง พบว่า บริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่า TOC สูงสุด เฉลี่ย 13.42 มก./ล. ส่วนบริเวณคลองส่งน้ำดี บริเวณทางชายฝั่ง 1,000 ม. ช่วงน้ำขึ้น บริเวณฟาร์มทะเลช่วงน้ำขึ้น และลง บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นและลง และหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและลง มีค่า TOC ต่ำสุด เฉลี่ย 2.90 มก./ล. 2.49 มก./ล. 2.37 มก./ล. 3.07 มก./ล. 2.34 มก./ล. 2.90 มก./ล. 2.41 มก./ล. และ 2.74 มก./ล. ตามลำดับ แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับบริเวณทางชายฝั่ง 500 ม. ช่วงน้ำขึ้น เมื่อเปรียบเทียบ TOC เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีค่า TOC สูงสุด เฉลี่ย 8.06 มก./ล. และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2556 เฉลี่ย 4.09 มก./ล. และเมื่อเปรียบเทียบ TOC บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

อัตราส่วนอินทรีย์คาร์บอนรวมต่อไนโตรเจนรวม (C/N) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ (ตารางที่ 17) ตามระยะทางช่วงน้ำขึ้น และ น้ำลง พบว่า บริเวณฟาร์มทะเลช่วงน้ำขึ้น มีค่า C/N สูงสุด เฉลี่ย 15.76 มก./ล. ส่วนบริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่า C/N ต่ำสุด เฉลี่ย 6.70 มก./ล. แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับบริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น และลง เมื่อเปรียบเทียบ C/N เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า ในปี พ.ศ. 2556 มีค่า C/N สูงสุด เฉลี่ย 10.72 มก./ล. และ ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2555 เฉลี่ย 8.46 มก./ล. และเมื่อเปรียบเทียบ C/N บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบนกับน้ำทะเลธรรมชาติหาดแหลมเสด็จในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 16 TOC (มก./ล.) ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	3.20 ^a	.	2.47 ^a	2.90 ^a
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	14.78 ^d	.	11.25 ^e	13.42 ^e
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	6.21 ^b	5.63 ^c	6.05 ^c	5.97 ^c
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	10.17 ^c	9.19 ^d	8.22 ^d	9.20 ^d
0 ม. (น้ำขึ้น)	5.11 ^{ab ข}	4.28 ^{bc ก}	4.62 ^{bc กข}	4.67 ^b
500 ม. (น้ำขึ้น)	3.46 ^{ab}	3.13 ^{ab}	3.63 ^{ab}	3.41 ^{ab}
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	2.70 ^a	2.30 ^a	2.48 ^a	2.49 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	2.56 ^a	2.22 ^a	2.33 ^a	2.37 ^a
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	3.63 ^{ab ข}	2.85 ^{ab ก}	2.69 ^{ab ก}	3.07 ^a
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	2.73 ^{a ข}	1.98 ^{a ก}	2.32 ^{a กข}	2.34 ^a
ปากอ่าว (น้ำลง)	3.38 ^{ab ข}	2.79 ^{ab กข}	2.48 ^{a ก}	2.90 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	2.61 ^a	2.09 ^a	2.53 ^a	2.41 ^a
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	3.11 ^a	1.72 ^a	3.40 ^{ab}	2.74 ^a
เฉลี่ย	8.06 ^ก	4.09 ^ก	6.01 ^ข	6.55

หมายเหตุ ในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
ในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 17 C/N ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	2555	2556	2557	เฉลี่ย
คลองส่งน้ำดี	9.16 ^{cdf}		8.34 ^{ab}	8.83 ^{bc}
บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	6.98 ^{ab}		6.23 ^a	6.70 ^a
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	8.36 ^{bc ก}	9.38 ^{a ข}	7.69 ^{ab ก}	8.48 ^{ab}
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	6.52 ^a	9.23 ^a	9.44 ^{abc}	8.40 ^{ab}
0 ม. (น้ำขึ้น)	8.82 ^{bcd ก}	10.43 ^{ab ข}	9.84 ^{abc กข}	9.70 ^{bcd}
500 ม. (น้ำขึ้น)	11.62 ^ง	11.51 ^{ab}	11.34 ^{abc}	11.49 ^{def}
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	12.12 ^ง	13.23 ^b	13.07 ^{bcd}	12.80 ^f
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	10.89 ^{fg}	13.19 ^b	23.20 ^e	15.76 ^ง
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	9.58 ^{cdf}	11.91 ^{ab}	11.84 ^{bcd}	11.09 ^{def}
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	10.41 ^{dfg}	11.47 ^{ab}	14.66 ^{cd}	12.18 ^{ef}
ปากอ่าว (น้ำลง)	9.42 ^{cdf}	12.31 ^{ab}	9.97 ^{abc}	10.58 ^{cde}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำขึ้น)	8.57 ^{bcd ก}	9.13 ^{a ก}	12.59 ^{bcd ข}	10.00 ^{bcd}
หาดแหลมเสด็จ (น้ำลง)	9.10 ^{cdf}	11.10 ^{ab}	16.68 ^{bcd}	12.29 ^{ef}
เฉลี่ย	8.46 ^ก	10.72 ^ก	9.17 ^ข	9.16

หมายเหตุ ในคอลัมน์เดียวกัน (ตามระยะทาง) มีตัวอักษร (a-e) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
ในแถวเดียวกัน (ตามแต่ละปี) มีตัวอักษร (ก-ค) ต่างกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.2 ความสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำกับระยะห่างจากแหล่งปล่อยน้ำทิ้ง

จากการนำข้อมูลคุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์ของน้ำแต่ละสถานที่ตั้งแต่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (แหล่งปล่อยน้ำทิ้ง) คลองน้ำทิ้ง (จุดบำบัด 1 ที่มีการเลี้ยงหอยนางรมเพื่อลดปริมาณแพลงก์ตอน และตกตะกอน) บริเวณห่างจากแนวป่าชายเลน 0 ม. (จุดบำบัด 2 ที่น้ำมีการผ่านแนวไม้ป่าชายเลน) บริเวณห่างจากแนวป่าชายเลน 500 ม. (จุดบำบัด 3 ที่น้ำมีการผ่านบริเวณหาดทรายปนโคลน ซึ่งมีประชากรหอยทากทะเลชะเงาฝอย *Halodule* sp. และบริเวณนี้จะแห้งพื้นน้ำในช่วงน้ำลง) บริเวณห่างจากแนวป่าชายเลน 1,000 ม. (จุดบำบัด 4 ที่น้ำมีการผ่านบริเวณที่มีประชากรหอยทากทะเลชะเงาใบยาว *Enhalus* sp. และเป็นบริเวณที่มีน้ำทะเลท่วมถึงตลอดเวลาในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง) บริเวณฟาร์มทะเล (จุดบำบัด 4.1 เป็นบริเวณที่มีการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์หอยนางรม และใช้เป็นจุดอ้างอิงคุณภาพน้ำกลางอ่าวคู้กระเบน) ไปจนถึงบริเวณปากอ่าวคู้กระเบน (ภาพที่ 1) เพื่อให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีคุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์เมื่อผ่านจุดบำบัดต่างๆว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อระยะทางห่างจากบริเวณปล่อยน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 18 พบว่า

ความเค็ม (Salt) และ อัตราส่วนอินทรีย์คาร์บอนรวมต่อไนโตรเจนรวม (C/N) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับระยะทาง คือ เมื่อระยะทางห่างจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมากขึ้น ความเค็มน้ำ และ C/N มีค่ามากขึ้น โดย ความเค็มมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ 0.084 ส่วน C/N มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ 0.335 (ตารางที่ 18)

อุณหภูมิ (Tem), DO, ความขุ่นของน้ำ (turbid), คลอโรฟิลล์ เอ (Chl^a), ความเป็นต่างของน้ำ (Alk), NH_3-N , NO_2^- , NO_3^- , TN, PO_4^{3-} , TP, BOD และ TOC มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงลบ หรือผกผันกับระยะทาง คือ เมื่อระยะทางห่างจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมากขึ้น อุณหภูมิ, DO, ความขุ่นของน้ำ, คลอโรฟิลล์ เอ, ความเป็นต่างของน้ำ, NH_3-N , NO_2^- , NO_3^- , TN, PO_4^{3-} , TP, BOD และ TOC มีค่าลดลง โดย อุณหภูมิมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.053, DO มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.05$) กับระยะทางที่ระดับ -0.027, ความขุ่นของน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.095, ความเป็นต่างของน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.061, NH_3-N มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.080, NO_2^- มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.086, NO_3^- มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.169, PO_4^{3-} มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.199, และพบว่าดัชนีคุณภาพน้ำที่แสดงค่าระดับสัมพันธ์สูงกับระยะทางได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.469, TN มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.479, TP มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.474, BOD มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.556 และ TOC มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทางที่ระดับ -0.607 (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำตั้งแต่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำถึงปากอ่าวคุ้งกระเบน ในปี พ.ศ. 2555-2557 โดยวิธี Pearson

	สถานที่	Salt	Tem	DO	SS	turbid	Chl ^a	pH	Alk	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	TN	PO ₄ ³⁻	TP	BOD	TOC	C/N
สถานที่	1	0.084**	-0.053**	-0.027*	-0.008	-0.095**	-0.469**	-0.011	-0.061**	-0.080**	-0.086**	-0.169**	-0.479**	-0.199**	-0.474**	-0.556**	-0.607**	0.335**
Salt	0.084**	1	0.050**	-0.076**	-0.202**	-0.091**	-0.060*	-0.125**	0.267**	-0.103**	-0.034**	-0.049**	-0.099**	-0.022	-0.084**	-0.090**	-0.137**	0.116**
Tem	-0.053**	0.050**	1	0.055**	0.067*	0.028*	0.231**	0.059**	-0.043**	0.003	-0.004	0.005	0.138**	0.003	0.114**	0.175**	0.234**	0.016
DO	-0.027*	-0.076**	0.055**	1	0.192**	0.213**	0.465**	0.241**	0.010	-0.059**	0.013	-0.019	0.170**	0.044**	0.283**	0.385**	0.294**	-0.010
SS	-0.008	-0.202**	0.067*	0.192**	1	0.762**	0.390**	0.260**	-0.102**	0.143**	0.149**	0.209**	0.330**	0.098**	0.353**	0.359**	0.365**	-0.065*
turbid	-0.095**	-0.091**	0.028*	0.213**	0.762**	1	0.497**	-0.048*	0.201**	0.141**	0.236**	0.209**	0.393**	0.138**	0.352**	0.455**	0.479**	-0.139**
Chl ^a	-0.469**	-0.060*	0.231**	0.465**	0.390**	0.497**	1	0.146**	0.231**	0.067*	0.186**	0.295**	0.636**	0.565**	0.612**	0.858**	0.837**	-0.212**
pH	-0.011	-0.125**	0.059**	0.241**	0.260**	-0.048**	0.146**	1	-0.113**	-0.200**	-0.218**	-0.173**	-0.061*	-0.142**	-0.071**	0.078**	0.126**	0.056*
Alk	-0.061**	0.267**	-0.043**	0.010	-0.102**	0.201**	0.231**	-0.113**	1	0.088**	0.216**	0.134**	0.297**	0.007	0.096**	0.218**	0.277**	-0.077**
NH ₃	-0.080**	-0.103**	0.003	-0.059**	0.143**	0.141**	0.067*	-0.200**	0.088**	1	0.172**	0.174**	0.383**	0.165**	0.073**	0.089**	0.211**	-0.106**
NO ₂ ⁻	-0.086**	-0.034**	-0.004	0.013	0.149**	0.236**	0.186**	-0.218**	0.216**	0.172**	1	0.662**	0.510**	0.181**	0.186**	0.240**	0.360**	-0.143**
NO ₃ ⁻	-0.169**	-0.049**	0.005	-0.019	0.209**	0.209**	0.295**	-0.173**	0.134**	0.174**	0.662**	1	0.508**	0.203**	0.425**	0.345**	0.464**	-0.168**
TN	-0.479**	-0.099**	0.138**	0.170**	0.330**	0.393**	0.636**	-0.061*	0.297**	0.383**	0.510**	0.508**	1	0.425**	0.521**	0.728**	0.829**	-0.390**
PO ₄ ³⁻	-0.199**	-0.022	0.003	0.044**	0.098**	0.138**	0.565**	-0.142**	0.007	0.165**	0.181**	0.203**	0.425**	1	0.834**	0.512**	0.489**	-0.211**
TP	-0.474**	-0.084**	0.114**	0.283**	0.353**	0.352**	0.612**	-0.071**	0.096**	0.073**	0.186**	0.425**	0.521**	0.834**	1	0.738**	0.841**	-0.227**
BOD	-0.556**	-0.090**	0.175**	0.385**	0.359**	0.455**	0.858**	0.078**	0.218**	0.089**	0.240**	0.345**	0.728**	0.512**	0.738**	1	0.876**	-0.308**
TOC	-0.607**	-0.137**	0.234**	0.294**	0.365**	0.479**	0.837**	0.126**	0.277**	0.211**	0.360**	0.464**	0.829**	0.489**	0.841**	0.876**	1	-0.283**
C/N	0.335**	0.116**	0.016	-0.010	-0.065*	-0.139**	-0.212**	0.056*	-0.077**	-0.106**	-0.143**	-0.168**	-0.390**	-0.211**	-0.227**	-0.308**	-0.283**	1

* = ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

สถานที่ = ระยะทางจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำถึงปากอ่าวคุ้งกระเบน, Salt=ความเค็ม, Tem=อุณหภูมิ, DO=ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ, SS=สารแขวนลอยในน้ำ, turbid=ความขุ่นของน้ำ, Chl^a= คลอโรฟิลล์ เอ, pH=ความเป็นกรดต่าง, Alk=ความเป็นด่างของน้ำ, NH₃-N=แอมโมเนียรวม, NO₂⁻=ไนไตรท์, NO₃⁻= ไนเตรท, TN= ไนโตรเจนรวม, PO₄³⁻=ฟอสเฟต, TP= ฟอสฟอรัสรวม, BOD= Biochemical Oxygen Demand, TOC= อินทรีย์คาร์บอนรวม, C/N= อัตราส่วนอินทรีย์คาร์บอนรวมต่อไนโตรเจนรวม

สารแขวนลอยในน้ำ (SS) และ ความเป็นกรดต่าง (pH) มีปริมาณลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น แต่ระดับของความสัมพันธ์ต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 18)

และจากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำตั้งแต่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำถึงปากอ่าวคุ้งกระเบน ในปี พ.ศ. 2555-2557 โดยวิธี Pearson (ตารางที่ 18) พบว่า ดัชนีคุณภาพน้ำบางพารามิเตอร์แสดงค่าระดับสัมพันธ์สูงและมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ได้แก่

- ความขุ่นของน้ำ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับสารแขวนลอยในน้ำที่ระดับ 0.762, ความขุ่นของน้ำ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับคลอโรฟิลล์-เอ ที่ระดับ 0.497, ความขุ่นของน้ำ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ TOC ที่ระดับ 0.479, และความขุ่นของน้ำ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ BOD ที่ระดับ 0.455
- คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ BOD ที่ระดับ 0.858, คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ TOC ที่ระดับ 0.837, คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ TN ที่ระดับ 0.636, คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ TP ที่ระดับ 0.612, คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ PO_4^{3-} ที่ระดับ 0.565 และ คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ DO ที่ระดับ 0.465
- ไนไตรท์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ NO_3^- ที่ระดับ 0.662
- TN มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ TOC ที่ระดับ 0.829, TN มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ BOD ที่ระดับ 0.728, TN มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ TP ที่ระดับ 0.521, TN มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ NO_2^- ที่ระดับ 0.510 และ TN มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ NO_3^- ที่ระดับ 0.508
- TP มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ TOC ที่ระดับ 0.841, TP มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ PO_4^{3-} ที่ระดับ 0.834 และ TP มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ BOD ที่ระดับ 0.738
- BOD มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ TOC ที่ระดับ 0.876 และ BOD มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ PO_4^{3-} ที่ระดับ 0.512
- TOC มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ PO_4^{3-} ที่ระดับ 0.489 และ TOC มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ NO_3^- ที่ระดับ 0.464

1.3 ประเมินประสิทธิภาพของอ่าวคุ้งกระเบนจากค่าความสัมพันธ์การลดลงของธาตุอาหารตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้นจากคลองรับน้ำถึงถึงปากอ่าว

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำกับระยะทางจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (แหล่งปล่อยน้ำทิ้ง) พบว่าเมื่อระยะทางห่างจากบริเวณปล่อยน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นปริมาณดัชนีคุณภาพน้ำด้านเคมี ในรูปธาตุอาหารมีปริมาณลดลง และมีระดับของความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นในการประมาณค่าพารามิเตอร์ดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อใช้พยากรณ์การบำบัดน้ำในอ่าวคุ้งกระเบน จึงใช้พารามิเตอร์คุณภาพน้ำเฉพาะที่สำคัญ ได้แก่ TN, NH_3-N , TP และ PO_4^{3-} ในการชี้วัดการบำบัดน้ำในอ่าวคุ้งกระเบนใน แต่ละบริเวณตามระยะห่างจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้สมการ linear regression ดังนี้

สมการที่ A1 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TN บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น

$$y_{A1} = 0.671x_{A1} \text{ -----(A1)}$$

เมื่อ y_{A1} = TN ที่ลดลง (มก./ล.) ณ คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น
 x_{A1} = TN บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.842$

สมการที่ A2 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TN บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลง

$$y_{A2} = 0.440x_{A2} \text{ -----(A2)}$$

เมื่อ y_{A2} = TN ที่ลดลง (มก./ล.) ณ คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลง
 x_{A2} = TN บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.545$

สมการที่ A3 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TN บริเวณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{A3} = 0.752x_{A3} \text{ -----(A3)}$$

เมื่อ y_{A3} = TN ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น
 x_{A3} = TN บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.857$

สมการที่ A4 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TN บริเวณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{A4} = 0.848x_{A4} \text{ -----(A4)}$$

เมื่อ y_{A4} = TN ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น
 x_{A4} = TN บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.941$

สมการที่ A5 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TN บริเวณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{A5} = 0.894x_{A5} \text{ -----(A5)}$$

เมื่อ y_{A5} = TN ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น
 x_{A5} = TN บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.975$

สมการที่ A6 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TN บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{A6} = 0.896x_{A6} \text{ -----(A6)}$$

เมื่อ y_{A6} = TN ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น
 x_{A6} = TN บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.981$

สมการที่ A7 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TN บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง

$$y_{A7} = 0.853x_{A7} \text{ -----(A7)}$$

เมื่อ y_{A7} = TN ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง
 x_{A7} = TN บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.959$

สมการที่ A8 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TN บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{A8} = 0.890x_{A8} \text{ -----(A8)}$$

เมื่อ y_{A8} = TN ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น
 x_{A8} = TN บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.984$

สมการที่ A9 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TN บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง

$$y_{A9} = 0.860x_{A9} \text{ -----(A9)}$$

เมื่อ y_{A9} = TN ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง
 x_{A9} = TN บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.978$

จากสมการที่ A1-A9 สามารถประเมินการลดลงของ TN ในน้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำรอบอ่าวคู้งกระเบน ช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 ไปสู่บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TN ได้ 67.1% บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลงสามารถลด TN ได้ 44.0% บริเวณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TN ได้ 75.2% บริเวณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TN ได้ 84.8% บริเวณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TN ได้ 89.4% บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TN ได้ 89.6% บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลงสามารถลด TN ได้ 85.3% บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TN 89.0% และ บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลงสามารถลด TN ได้ 86.0% ดังนั้นโดยเฉลี่ยอ่าวคู้งกระเบนมีศักยภาพในการลด TN จากน้ำทิ้งการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งรอบอ่าวคู้งกระเบนได้ 87.5 % (ตารางที่ 19)

สมการที่ B1 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น

$$y_{B1} = 0.707x_{B1} \text{ -----(B1)}$$

เมื่อ y_{B1} = $\text{NH}_3\text{-N}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น
 x_{B1} = $\text{NH}_3\text{-N}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.828$

สมการที่ B2 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลง

$$y_{B2} = 0.554x_{B2} \text{ -----(B2)}$$

เมื่อ y_{B2} = $\text{NH}_3\text{-N}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลง

$$x_{B2} = \text{NH}_3\text{-N บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)}$$

$$R^2 = 0.811$$

สมการที่ B3 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ บริเวณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{B3} = 0.805x_{B3} \text{ -----(B3)}$$

เมื่อ $y_{B3} = \text{NH}_3\text{-N ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น}$
 $x_{B3} = \text{NH}_3\text{-N บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)}$
 $R^2 = 0.919$

สมการที่ B4 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ บริเวณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{B4} = 0.906x_{B4} \text{ -----(B4)}$$

เมื่อ $y_{B4} = \text{NH}_3\text{-N ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น}$
 $x_{B4} = \text{NH}_3\text{-N บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)}$
 $R^2 = 0.974$

สมการที่ B5 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ บริเวณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{B5} = 0.939x_{B5} \text{ -----(B5)}$$

เมื่อ $y_{B5} = \text{NH}_3\text{-N ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น}$
 $x_{B5} = \text{NH}_3\text{-N บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)}$
 $R^2 = 0.990$

สมการที่ B6 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{B6} = 0.940x_{B6} \text{ -----(B6)}$$

เมื่อ $y_{B6} = \text{NH}_3\text{-N ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น}$
 $x_{B6} = \text{NH}_3\text{-N บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)}$
 $R^2 = 0.984$

สมการที่ B7 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง

$$y_{B7} = 0.878x_{B7} \text{ -----(B7)}$$

เมื่อ $y_{B7} = \text{NH}_3\text{-N ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง}$
 $x_{B7} = \text{NH}_3\text{-N บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)}$
 $R^2 = 0.980$

สมการที่ B8 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{B8} = 0.945x_{B8} \text{ -----(B8)}$$

เมื่อ $y_{B8} = \text{NH}_3\text{-N ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น}$
 $x_{B8} = \text{NH}_3\text{-N บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)}$
 $R^2 = 0.989$

สมการที่ B9 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง

$$y_{B9} = 0.849x_{B9} \text{ -----(B9)}$$

เมื่อ $y_{B9} = \text{NH}_3\text{-N}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง
 $x_{B9} = \text{NH}_3\text{-N}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.953$

จากสมการที่ B1- B9 สามารถประเมินการลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในน้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำรอบอ่าวคู้งกระเบน ช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 ไปสู่บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้นสามารถลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 70.7% บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลงสามารถลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 55.4% บริเวณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 80.5% บริเวณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 90.6% บริเวณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 93.9% บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 94.0% บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลงสามารถลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 87.8% บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด $\text{NH}_3\text{-N}$ 89.0% และ บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลงสามารถลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 94.5% ดังนั้นโดยเฉลี่ยอ่าวคู้งกระเบนมีศักยภาพในการลด $\text{NH}_3\text{-N}$ จากน้ำทิ้งการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งรอบอ่าวคู้งกระเบนได้ 84.9 % (ตารางที่ 19)

สมการที่ C1 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TP บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น

$$y_{C1} = 0.838x_{C1} \text{ -----(C1)}$$

เมื่อ $y_{C1} = \text{TP}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น
 $x_{C1} = \text{TP}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.937$

สมการที่ C2 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TP บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลง

$$y_{C2} = 0.682x_{C2} \text{ -----(C2)}$$

เมื่อ $y_{C2} = \text{TP}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลง
 $x_{C2} = \text{TP}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.854$

สมการที่ C3 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TP บริเวณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{C3} = 0.897x_{C3} \text{ -----(C3)}$$

เมื่อ $y_{C3} = \text{TP}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น
 $x_{C3} = \text{TP}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.961$

สมการที่ C4 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TP บริเวณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{C4} = 0.950x_{C4} \text{ -----(C4)}$$

เมื่อ y_{C4} = TP ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น
 x_{C4} = TP บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.990$

สมการที่ C5 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TP บริเวณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{C5} = 0.967x_{C5} \text{ -----(C5)}$$

เมื่อ y_{C5} = TP ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น
 x_{C5} = TP บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.993$

สมการที่ C6 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TP บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{C6} = 0.967x_{C6} \text{ -----(C6)}$$

เมื่อ y_{C6} = TP ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น
 x_{C6} = TP บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.995$

สมการที่ C7 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TP บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง

$$y_{C7} = 0.952x_{C7} \text{ -----(C7)}$$

เมื่อ y_{C7} = TP ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง
 x_{C7} = TP บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.991$

สมการที่ C8 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TP บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{C8} = 0.969x_{C8} \text{ -----(C8)}$$

เมื่อ y_{C8} = TP ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น
 x_{C8} = TP บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.996$

สมการที่ C9 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ TP บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง

$$y_{C9} = 0.951x_{C9} \text{ -----(C9)}$$

เมื่อ y_{C9} = TP ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง
 x_{C9} = TP บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.992$

จากสมการที่ C1- C9 สามารถประเมินการลดลงของ TP ในน้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำรอบอ่าวคู้งกระเบน ช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 ไปสู่บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TP ได้ 83.8% บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลงสามารถลด TP ได้ 68.2% บริเวณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TP ได้ 89.7%

บริเวณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TP ได้ 95.0% บริเวณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TP ได้ 96.7% บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TP ได้ 96.7% บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลงสามารถลด TP ได้ 95.2% บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด TP 96.9% และ บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลงสามารถลด TP ได้ 95.1% ดังนั้นโดยเฉลี่ยอ่าวคู้งกระเบนมีศักยภาพในการลด TP จากน้ำทิ้งการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งรอบอ่าวคู้งกระเบนได้ 96.0 % (ตารางที่ 19)

สมการที่ D1 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ PO_4^{3-} บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น

$$y_{D1} = 0.869x_{D1} \text{ -----(D1)}$$

เมื่อ $y_{D1} = \text{PO}_4^{3-}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น
 $x_{D1} = \text{PO}_4^{3-}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.937$

สมการที่ D2 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ PO_4^{3-} บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลง

$$y_{D2} = 0.814x_{D2} \text{ -----(D2)}$$

เมื่อ $y_{D2} = \text{PO}_4^{3-}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลง
 $x_{D2} = \text{PO}_4^{3-}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.907$

สมการที่ D3 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ PO_4^{3-} บริเวณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{D3} = 0.930x_{D3} \text{ -----(D3)}$$

เมื่อ $y_{D3} = \text{PO}_4^{3-}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น
 $x_{D3} = \text{PO}_4^{3-}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.966$

สมการที่ D4 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ PO_4^{3-} บริเวณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{D4} = 0.982x_{D4} \text{ -----(D4)}$$

เมื่อ $y_{D4} = \text{PO}_4^{3-}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น
 $x_{D4} = \text{PO}_4^{3-}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.994$

สมการที่ D5 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ PO_4^{3-} บริเวณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{D5} = 0.988x_{D5} \text{ -----(D5)}$$

เมื่อ $y_{D5} = \text{PO}_4^{3-}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้น
 $x_{D5} = \text{PO}_4^{3-}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก./ล.)
 $R^2 = 0.997$

สมการที่ D6 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ PO_4^{3-} บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{D6} = 0.985x_{D6} \text{ -----(D6)}$$

เมื่อ $y_{D6} = \text{PO}_4^{3-}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น
 $x_{D6} = \text{PO}_4^{3-}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.995$

สมการที่ D7 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ PO_4^{3-} บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง

$$y_{D7} = 0.978x_{D7} \text{ -----(D7)}$$

เมื่อ $y_{D7} = \text{PO}_4^{3-}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ฟาร์มทะเลอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง
 $x_{D7} = \text{PO}_4^{3-}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.990$

สมการที่ D8 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ PO_4^{3-} บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น

$$y_{D8} = 0.989x_{D8} \text{ -----(D8)}$$

เมื่อ $y_{D8} = \text{PO}_4^{3-}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำขึ้น
 $x_{D8} = \text{PO}_4^{3-}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.996$

สมการที่ D9 ประเมินค่าความเข้มข้นที่ลดลงของ PO_4^{3-} บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง

$$y_{D9} = 0.978x_{D9} \text{ -----(D9)}$$

เมื่อ $y_{D9} = \text{PO}_4^{3-}$ ที่ลดลง (มก./ล.) ณ ปากอ่าวคู้งกระเบนช่วงน้ำลง
 $x_{D9} = \text{PO}_4^{3-}$ บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (มก/ล.)
 $R^2 = 0.993$

ตารางที่ 19 ประมาณค่าการลดของธาตุอาหารในน้ำอ่าวคู้งกระเบนแต่ละบริเวณตามระยะทางที่ห่างจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557

สถานที่	เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการลดธาตุอาหาร			
	TN	NH ₃ -N	TP	PO ₄ ³⁻
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	67.1	70.7	83.8	86.9
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	44.0	55.4	68.2	81.4
0 ม. (น้ำขึ้น)	75.2	80.5	89.7	93.0
500 ม. (น้ำขึ้น)	84.8	90.6	95.0	98.2
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	89.4	93.9	96.7	98.8
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	89.6	94.0	96.7	98.5
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	85.3	87.8	95.2	97.8
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	89.0	94.5	96.9	98.9
ปากอ่าว (น้ำลง)	86.0	84.9	95.1	97.8
เฉลี่ย	87.5	89.7	96.0	98.4

จากสมการที่ D1- D9 สามารถประเมินการลดลงของ PO_4^{3-} ในน้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำรอบอ่าวคู้กระเบน ช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 ไปสู่บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้นสามารถลด PO_4^{3-} ได้ 86.9% บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลงสามารถลด PO_4^{3-} ได้ 81.4% บริเวณ 0 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด PO_4^{3-} ได้ 93.0% บริเวณ 500 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด PO_4^{3-} ได้ 98.2% บริเวณ 1,000 ม. จากป่าชายเลนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด PO_4^{3-} ได้ 98.8% บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้กระเบนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด PO_4^{3-} ได้ 98.5% บริเวณฟาร์มทะเลอ่าวคู้กระเบนช่วงน้ำลงสามารถลด PO_4^{3-} ได้ 97.8% บริเวณปากอ่าวคู้กระเบนช่วงน้ำขึ้นสามารถลด PO_4^{3-} 98.9% และ บริเวณปากอ่าวคู้กระเบนช่วงน้ำลงสามารถลด PO_4^{3-} ได้ 97.8% ดังนั้นโดยเฉลี่ยอ่าวคู้กระเบนมีศักยภาพในการลด PO_4^{3-} จากน้ำทิ้งการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งรอบอ่าวคู้กระเบนได้ 98.4% (ตารางที่ 19)

จากข้อมูลปริมาณการสูบน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 นำมาประมาณค่าปริมาณน้ำทิ้ง และจากสมการ A1-D9 ประมาณค่าความสามารถในการลด TN, $\text{NH}_3\text{-N}$, TP และ PO_4^{3-} ในน้ำของอ่าวคู้กระเบน ในปี พ.ศ. 2555-2557 ดังนี้

1.3.1 การลดลงของ TN จากการบำบัดน้ำในอ่าวคู้กระเบน

ช่วงปี 2555-2557 น้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมี TN ปล่อยลงสู่คลองน้ำทิ้ง เฉลี่ย 50.93 ตัน/ปี (78.56 ตัน/ปี, 38.87 ตัน/ปี และ 35.35 ตัน/ปี ตามลำดับ) โดยอ่าวคู้กระเบนสามารถลด TN ได้ 87.5 % เฉลี่ย 44.56 ตัน/ปี (68.74 ตัน/ปี, 34.01 ตัน/ปี และ 30.93 ตัน/ปี ตามลำดับ) (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ปริมาณการลดลงของ TN จากการบำบัดน้ำในอ่าวคู้กระเบนจากการประมาณค่าสมการ

สถานที่	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	เฉลี่ย/ปี
TN ที่ปล่อยจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (ตัน)	78.56	38.87	35.35	50.93
สถานที่	ปริมาณ TN ที่ลดลง (ตัน)			
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	52.72	26.08	23.72	34.17
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	34.57	17.10	15.55	22.41
0 ม. (น้ำขึ้น)	59.08	29.23	26.58	38.30
500 ม. (น้ำขึ้น)	66.62	32.96	29.98	43.19
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	70.24	34.75	31.60	45.53
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	70.39	34.83	31.68	45.63
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	67.01	33.16	30.15	43.44
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	69.92	34.60	31.46	45.33
ปากอ่าว (น้ำลง)	67.56	33.43	30.40	43.80

1.3.2 การลดลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$ จากการบำบัดน้ำในอ่าวคู้กระเบน

ช่วงปี 2555-2557 น้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมี $\text{NH}_3\text{-N}$ ปล่อยลงสู่คลองน้ำทิ้งอ่าวคู้กระเบน เฉลี่ย 7.2 ตัน/ปี (11.4 ตัน/ปี, 6.68 ตัน/ปี และ 3.53 ตัน/ปี ตามลำดับ) โดยอ่าวคู้กระเบนสามารถลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 89.7% เฉลี่ย 6.46 ตัน/ปี (10.23 ตัน/ปี, 5.99 ตัน/ปี และ 3.17 ตัน/ปี ตามลำดับ) (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ปริมาณการลดลงของ NH₃-N จากการบำบัดน้ำในอ่าวคุ้งกระเบนจากการประมาณค่าสมการ

สถานที่	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	เฉลี่ย/ปี
NH ₃ -N ที่ปล่อยจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (ตัน)	11.40	6.68	3.53	7.20
สถานที่	ปริมาณ NH ₃ -N ที่ลดลง (ตัน)			
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	8.06	4.72	2.49	5.09
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	6.32	3.70	1.95	3.99
0 ม. (น้ำขึ้น)	9.18	5.37	2.84	5.80
500 ม. (น้ำขึ้น)	10.33	6.05	3.20	6.53
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	10.71	6.27	3.31	6.76
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	10.72	6.28	3.32	6.77
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	10.01	5.86	3.10	6.32
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	10.78	6.31	3.33	6.81
ปากอ่าว (น้ำลง)	9.68	5.67	3.00	6.12

1.3.3 การลดลงของ TP จากการบำบัดน้ำในอ่าวคุ้งกระเบน

ช่วงปี 2555-2557 น้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมี TP ปล่อยลงสู่คลองน้ำทิ้ง เฉลี่ย 13.86 ตัน/ปี (10.59 ตัน/ปี, 23.27 ตัน/ปี และ 7.73 ตัน/ปี ตามลำดับ) โดยอ่าวคุ้งกระเบนสามารถลด TP ได้ 96.0% เฉลี่ย 13.31 ตัน/ปี (10.17 ตัน/ปี, 22.34 ตัน/ปี และ 7.42 ตัน/ปี ตามลำดับ) (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ปริมาณการลดลงของ TP จากการบำบัดน้ำในอ่าวคุ้งกระเบนจากการประมาณค่าสมการ

สถานที่	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	เฉลี่ย/ปี
TP ที่ปล่อยจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (ตัน)	10.59	23.27	7.73	13.86
สถานที่	ปริมาณ TP ที่ลดลง (ตัน)			
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	8.87	19.50	6.48	11.62
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	7.22	15.87	5.27	9.45
0 ม. (น้ำขึ้น)	9.50	20.87	6.94	12.44
500 ม. (น้ำขึ้น)	10.06	22.11	7.35	13.17
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	10.24	22.50	7.48	13.41
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	10.24	22.50	7.48	13.41
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	10.08	22.15	7.36	13.20
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	10.26	22.55	7.49	13.43
ปากอ่าว (น้ำลง)	10.07	22.13	7.35	13.18

1.3.4 การลดลงของ PO_4^{3-} จากการบำบัดน้ำในอ่าวคุ้งกระเบน

ช่วงปี 2555-2557 น้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมี PO_4^{3-} ปล่อยลงสู่คลองน้ำทิ้ง เฉลี่ย 3.01 ตัน/ปี (4.05 ตัน/ปี, 3.17 ตัน/ปี และ 1.82 ตัน/ปี ตามลำดับ) โดยอ่าวคุ้งกระเบนสามารถลด PO_4^{3-} ได้ 98.4% เฉลี่ย 2.96 ตัน/ปี (3.98 ตัน/ปี, 3.12 ตัน/ปี และ 1.79 ตัน/ปี ตามลำดับ) (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 ปริมาณการลดลงของ PO_4^{3-} จากการบำบัดน้ำในอ่าวคุ้งกระเบนจากการประมาณค่าสมการ

สถานที่	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	เฉลี่ย/ปี
PO_4^{3-} ที่ปล่อยจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (ตัน)	4.05	3.17	1.82	3.01
สถานที่	ปริมาณ PO_4^{3-} ที่ลดลง (ตัน)			
คลองน้ำทิ้ง (น้ำขึ้น)	3.52	2.76	1.58	2.62
คลองน้ำทิ้ง (น้ำลง)	3.29	2.58	1.48	2.45
0 ม. (น้ำขึ้น)	3.76	2.95	1.69	2.80
500 ม. (น้ำขึ้น)	3.97	3.12	1.79	2.96
1,000 ม. (น้ำขึ้น)	4.00	3.14	1.80	2.98
ฟาร์มทะเล (น้ำขึ้น)	3.99	3.13	1.79	2.97
ฟาร์มทะเล (น้ำลง)	3.96	3.10	1.78	2.95
ปากอ่าว (น้ำขึ้น)	4.00	3.14	1.80	2.98
ปากอ่าว (น้ำลง)	3.96	3.10	1.78	2.95

2. ศึกษาสถานะทางเศรษฐกิจของการดำเนินการของโครงการชลประทานน้ำเค็ม โดยการใช้ประเมินต้นทุน-ผลตอบแทน ของโครงการฯ เป็นตัวชี้วัด

2.1 ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนการใช้ไฟฟ้าในการสูบน้ำ และบำบัดน้ำ

จากการเก็บข้อมูลการจัดการระบบชลประทานน้ำเค็มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่า มีการใช้ไฟฟ้าในการสูบน้ำ เฉลี่ย 0.76 ล้านยูนิิต/ปี คิดเป็นค่ากระแสไฟฟ้าสูบน้ำ เฉลี่ย 2.60 ล้านบาท/ปี มีชั่วโมงการทำงานของเครื่องสูบน้ำ เฉลี่ย 5,168 ชั่วโมง/ปี คิดเป็นปริมาตรน้ำที่สูบ เฉลี่ย 23.28 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของการบำบัดน้ำในคลองรับน้ำทิ้งมีการใช้ไฟฟ้าบำบัดน้ำสูงสุดในปี พ.ศ. 2555 (0.06 ล้านยูนิิต/ปี) เนื่องจากในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 มีการหยุดการใช้เครื่องเติมอากาศในคลองรับน้ำทิ้งในช่วงขุดลอกเลน และหลังขุดลอกเลน (รายละเอียดอยู่ใน ข้อ 3 การจัดการคลองน้ำทิ้งในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557) ทำให้ปี พ.ศ. 2556 มีการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำต่ำสุด ดังนั้นทั้ง 3 ปี มีการใช้ไฟฟ้าบำบัดน้ำ เฉลี่ย 0.04 ล้านยูนิิต/ปี คิดเป็นค่ากระแสไฟฟ้าบำบัดน้ำ เฉลี่ย 0.16 ล้านบาท/ปี รวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 0.80 ล้านยูนิิต/ปี คิดเป็นค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด เฉลี่ย 2.76 ล้านบาท/ปี นอกจากนี้ในแต่ละปีมีค่าใช้จ่ายค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ (ซึ่งเป็นค่าจ้างซ่อมบำรุงเครื่องมือและอุปกรณ์สูบน้ำและเครื่องเติมออกซิเจนในคลองรับน้ำทิ้ง และสิ่งก่อสร้าง ค่าทำกรนอกเวลา) เฉลี่ย 1.15 ล้านบาท/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายจริงในการบริหารจัดการระบบฯต่อพื้นที่ 1 ไร่ เฉลี่ย 4,903.43 บาท/ไร่ เมื่อดำเนินการทางการเงิน และทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเต็มใจจ่าย

(Willingness to pay) ค่าน้ำที่ราคา 2,500 บาท/ไร่/รุ่น ของสมาชิกฯ ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 เฉลี่ยเท่ากับ 12.0 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนในการดำเนินการในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 (รวมค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ) เฉลี่ยเท่ากับ 0.90 และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนในการดำเนินการในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 (ไม่รวมค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ) เฉลี่ยเท่ากับ 0.94 (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนการจัดการระบบชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557

รายการ	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	เฉลี่ย/ปี
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูบน้ำ (ล้านยูนิต)	0.88	0.75	0.65	0.76
ค่ากระแสไฟฟ้าสูบน้ำ (ล้านบาท)	2.80	2.61	2.37	2.60
ชั่วโมงทำงานเครื่องสูบน้ำ (ชั่วโมง)	6,347	5,171	3,986	5,168
ปริมาตรน้ำที่สูบ (ล้าน ลบ.ม.)	28.59	23.30	17.95	23.28
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าบำบัดน้ำ (ล้านยูนิต)	0.06	0.02	0.04	0.04
ค่ากระแสไฟฟ้าบำบัดน้ำ (ล้านบาท)	0.23	0.09	0.17	0.16
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด (ล้านยูนิต)	0.94	0.76	0.69	0.80
ค่ากระแสไฟฟ้ารวม (ล้านบาท)	3.03	2.70	2.54	2.76
ค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ (ล้านบาท)	1.40	1.29	0.75	1.15
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินการ (ล้านบาท)	4.4	4.0	3.3	3.9
พื้นที่ที่เลี้ยงกุ้งทั้งหมด (ไร่)	6,223.71	4,942.05	4,501.48	5,222.41
พื้นที่ที่เลี้ยงปลาทั้งหมด (ไร่)	1,782.30	1,749.20	1,338.30	1,623.27
รวมพื้นที่เลี้ยงทั้งหมด (ไร่)	8,006.01	6,691.25	5,839.78	6,845.68
พื้นที่ใช้น้ำชลประทานน้ำเค็ม (ไร่)	904.67	846.83	703.03	818.18
รายได้ค่าใช้น้ำอัตรา 2,500 บ./ไร่ (ล้านบาท)	4.47	3.53	2.53	3.51
ค่าไฟฟ้า/พื้นที่ใช้น้ำ 1 ไร่ (บาท) (รวมค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ)	3,353.25	3,186.23	3,614.87	3,384.78
ค่าไฟฟ้า/พื้นที่ใช้น้ำ 1 ไร่ (บาท) (ไม่รวมค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ)	3,100.42	3,083.87	3,377.41	3,100.42
ค่าจัดการระบบทั้งหมด/พื้นที่ใช้น้ำ 1 ไร่ (บาท)	4,903.43	4,706.33	4,687.42	4,903.43
เปอร์เซ็นต์ความเต็มใจจ่ายค่าน้ำที่ราคา 2,500 บาท/ไร่/รุ่น ของสมาชิกฯ	11.3	12.7	12.0	12.0
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (รวมค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ)	1.01	0.88	0.77	0.90
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (ไม่รวมค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ)	1.06	0.91	0.81	0.94

2.2 ประเมินค่าทางเศรษฐกิจการเลี้ยงสัตว์น้ำของสมาชิกในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557

จากการเก็บข้อมูลการเลี้ยงสัตว์น้ำของสมาชิกฯ ในพื้นที่โครงการชลประทานน้ำเค็ม ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่ามีการเลี้ยงสัตว์น้ำ 4 ชนิด โดยอันดับแรกที่นิยมเลี้ยงมากที่สุดถึง 67 เปอร์เซ็นต์ คือ กุ้งขาว หรือ กุ้งแวนนาไม หรือ กุ้งขาวแวนนาไม (ชื่อสามัญ: Pacific white Shrimp, White Leg's Shrimp; ชื่อ

วิทยาศาสตร์: *Litopenaeus vannamei*) อันดับบรอกลงมาคือ ปลากระรังดอกแดง หรือ ปลาเก๋าดอกแดง หรือ ปลาเก๋าคุดน้ำตาล หรือ ปลากระรังปากแม่น้ำ (ชื่อสามัญ: Orange-spotted grouper, Estuary cod; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Epinephelus coioides*) และปลากระรังปากแม่น้ำ (ชื่อสามัญ: Arabian grouper, Greasy grouper; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Epinephelus tauvina*) มีการเลี้ยงโดยเฉลี่ย 27 เพอร์เซ็นต์ และ กุ้งกุลาดำ (ชื่อสามัญ: Tiger prawn; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Penaeus monodon*) มีการเลี้ยงโดยเฉลี่ย 4 เพอร์เซ็นต์ และที่นิยมเลี้ยงน้อยที่สุด คือ ปลากระพงขาว (ชื่อสามัญ: barramundi, silver perch, white perch; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Lates calcarifer*) มีการเลี้ยงโดยเฉลี่ย 2 เพอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 25 ร้อยละชนิดสัตว์น้ำที่นิยมเลี้ยงในพื้นที่โครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557

ชนิดสัตว์น้ำ	(ราย)			เฉลี่ย/ปี
	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	
กุ้งแวนนาไม	69	64	69	67
ปลาเก๋า	27	29	26	27
กุ้งกุลาดำ	2	6	4	4
ปลากระพงขาว	2	2	1	2

2.2.1 สถานะภาพทางเศรษฐกิจการเลี้ยงกุ้งแวนนาไม

การเลี้ยงกุ้งแวนนาไม มีอัตราการปล่อยเลี้ยงเฉลี่ย 120 ตัว/ตารางเมตร ระยะเวลาเลี้ยงเฉลี่ย 91 วัน ได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,046 กิโลกรัม/ไร่ FCR (อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ) 1.6 อัตรารอดตาย 58 เพอร์เซ็นต์ รายได้จากการเลี้ยงเฉลี่ย 151,142 บาท/ไร่ ต้นทุนรวมเฉลี่ย 125,982 บาท/ไร่ คิดเป็นกำไรเฉลี่ย 25,160 บาท/ไร่ เมื่อกำหนดค่าความเสี่ยงในการลงทุน พบว่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเฉลี่ย 1.2 ร้อยละจำนวนรายที่เลี้ยงได้ผลผลิต 95 ราย ในรายที่เลี้ยงไม่ได้ผลผลิตต้องสูญเสียเงินลงทุนเฉลี่ย 41,468 บาท/ไร่ (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 การเลี้ยงกุ้งแวนนาไมในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557

การเลี้ยงกุ้งแวนนาไม	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	เฉลี่ย/ปี
อัตราการปล่อย (ตัว/ตารางเมตร)	124	116	120	120
ผลผลิตเฉลี่ย (ก.ก./ไร่)	1,467	973	698	1,046
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.5	1.6	1.8	1.6
รายได้ (บาท/ไร่)	172,989	151,168	129,270	151,142
ต้นทุนรวม (บาท/ไร่)	139,876	127,305	110,767	125,982
กำไร (บาท/ไร่)	33,114	23,863	18,503	25,160
ผลตอบแทนต่อต้นทุน (รายได้/ทุน)	1.2	1.2	1.2	1.2
ร้อยละจำนวนรายที่เลี้ยงได้ผลผลิต	96	94	93	95
มูลค่าความเสี่ยงการลงทุน (บาท/ไร่)	41,971	42,038	40,393	41,468

2.2.2 สถานะภาพทางเศรษฐกิจการเลี้ยงปลาเก๋า

การเลี้ยงปลาเก๋า มีอัตราการปล่อยเลี้ยงเฉลี่ย 5 ตัว/ตารางเมตร ระยะเวลาเลี้ยงเฉลี่ย 318 วัน ได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,269 กิโลกรัม/ไร่ FCR 7.4 รายได้จากการเลี้ยงเฉลี่ย 265,431 บาท/ไร่ ต้นทุนรวมเฉลี่ย 216,702 บาท/ไร่ คิดเป็นกำไรเฉลี่ย 48,729 บาท/ไร่ เมื่อคำนวณค่าความเสี่ยงในการลงทุน พบว่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเฉลี่ย 1.2 ร้อยละจำนวนรายที่เลี้ยงได้ผลผลิต 99 ราย ในรายที่เลี้ยงไม่ได้ผลผลิตต้องสูญเสียเงินลงทุนเฉลี่ย 73,667 บาท/ไร่ (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 27 การเลี้ยงปลาเก๋าในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557

การเลี้ยงปลาเก๋า	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	เฉลี่ย/ปี
อัตราการปล่อย (ตัว/ตารางเมตร)	5	4	5	5
ผลผลิตเฉลี่ย (ก.ก./ไร่)	1,189	1,428	1,189	1,269
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	6.8	7.5	7.8	7.4
รายได้ (บาท/ไร่)	284,461	259,551	252,281	265,431
ต้นทุนรวม (บาท/ไร่)	211,524	215,782	222,801	216,702
กำไร (บาท/ไร่)	72,937	43,769	29,480	48,729
ผลตอบแทนต่อต้นทุน (รายได้/ทุน)	1.3	1.2	1.1	1.2
ร้อยละจำนวนรายที่เลี้ยงได้ผลผลิต	100	99	99	99
มูลค่าความเสี่ยงการลงทุน (บาท/ไร่)	0.00	79,658	67,676	73,667

2.2.3 สถานะภาพทางเศรษฐกิจการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีอัตราการปล่อยเลี้ยงเฉลี่ย 41 ตัว/ตารางเมตร ระยะเวลาเลี้ยงเฉลี่ย 106 วัน ได้ผลผลิตเฉลี่ย 758 กิโลกรัม/ไร่ FCR 1.5 อัตรารอดตาย 72 เปอร์เซ็นต์ รายได้จากการเลี้ยงเฉลี่ย 137,045 บาท/ไร่ ต้นทุนรวมเฉลี่ย 97,710 บาท/ไร่ คิดเป็นกำไรเฉลี่ย 39,335 บาท/ไร่ เมื่อคำนวณค่าความเสี่ยงในการลงทุน พบว่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเฉลี่ย 1.4 ร้อยละจำนวนรายที่เลี้ยงได้ผลผลิต 92 ราย ในรายที่เลี้ยงไม่ได้ผลผลิตต้องสูญเสียเงินลงทุนเฉลี่ย 41,634 บาท/ไร่ (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 28 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	เฉลี่ย/ปี
อัตราการปล่อย (ตัว/ตารางเมตร)	32	39	53	41
ผลผลิตเฉลี่ย (ก.ก./ไร่)	1,264	591	420	758
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.2	1.5	1.9	1.5
รายได้ (บาท/ไร่)	208,481	108,002	94,651	137,045
ต้นทุนรวม (บาท/ไร่)	129,067	94,281	69,781	97,710
กำไร (บาท/ไร่)	79,414	13,721	24,870	39,335
ผลตอบแทนต่อต้นทุน (รายได้/ทุน)	1.6	1.1	1.4	1.4

ร้อยละจำนวนรายที่เลี้ยงได้ผลผลิต	92	92	93	92
มูลค่าความเสี่ยงการลงทุน (บาท/ไร่)	36,323	49,560	39,020	41,634

2.2.4 สถานะภาพทางเศรษฐกิจการเลี้ยงปลากะพงขาว

การเลี้ยงปลากะพงขาว มีอัตราการปล่อยเลี้ยงเฉลี่ย 3 ตัว/ตารางเมตร ระยะเวลาเลี้ยงเฉลี่ย 172 วัน ได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,037 กิโลกรัม/ไร่ FCR 6.3 รายได้จากการเลี้ยงเฉลี่ย 109,809 บาท/ไร่ ต้นทุนรวมเฉลี่ย 100,304 บาท/ไร่ คิดเป็นกำไรเฉลี่ย 9,505 บาท/ไร่ เมื่อคำนวณค่าความเสี่ยงในการลงทุน พบว่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเฉลี่ย 1.1 ร้อยละจำนวนรายที่เลี้ยงได้ผลผลิต 99 ราย ในรายที่เลี้ยงไม่ได้ผลผลิตต้องสูญเสียเงินลงทุนเฉลี่ย 47,508 บาท/ไร่ (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 การเลี้ยงปลากะพงขาวในโครงการชลประทานน้ำเค็ม พ.ศ. 2555-2557

การเลี้ยงปลากะพงขาว	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	เฉลี่ย/ปี
อัตราการปล่อย (ตัว/ตารางเมตร)	1	3	3	3
ผลผลิตเฉลี่ย (ก.ก./ไร่)	724	888	1,500	1,037
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	6.2	8.2	4.5	6.3
รายได้ (บาท/ไร่)	107,504	101,922	120,000	109,809
ต้นทุนรวม (บาท/ไร่)	82,972	88,395	129,544	100,304
กำไร (บาท/ไร่)	24,532	13,527	-9,544	9,505
ผลตอบแทนต่อต้นทุน (รายได้/ทุน)	1.3	1.2	0.9	1.1
ร้อยละจำนวนรายที่เลี้ยงได้ผลผลิต	100	100	95	99
มูลค่าความเสี่ยงการลงทุน (บาท/ไร่)	0.00	0.00	47,508	47,508

2.3 การจัดการคลองน้ำทิ้งในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557

พื้นที่อ่าวคู้กระเบนจัดเป็นระบบนิเวศชายฝั่งป่าชายเลน มีพื้นที่ป่าชายเลน 1,038 ไร่ (วัดจากแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2557 ที่ระวาง บ้านโชดหอย 53342) การขึ้นลงของน้ำเป็นแบบน้ำเตี้ย (diurnal tide) คือขึ้นลงวันละครั้ง ความลึกของน้ำในอ่าวคู้กระเบน ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 เฉลี่ย 130 ซม. โดยมีค่าความลึกต่ำสุด 30 ซม. และสูงสุด 750 ซม. บริเวณคลองน้ำทิ้งมีพื้นที่ 35.52 ไร่ โดยมี ความยาว (รอบอ่าว) 4.75 ก.ม. ความกว้างเฉลี่ย 16.43 ม. ความลึกของน้ำในคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้นสูงสุดมีค่าเฉลี่ย 101 ซม. โดยมีค่าความลึกต่ำสุด 30 ซม. และสูงสุด 200 ซม. และในช่วงน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ย 27 ซม. โดยมีค่าความลึกต่ำสุด 0 ซม. และสูงสุด 130 ซม. การจัดการคลองน้ำทิ้งในปี พ.ศ. 2555 มีเครื่องเติมอากาศขนาด 2 แรงม้า จำนวน 17 ตัว ใช้เติมอากาศในคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น ตลอดปี พ.ศ. 2555 มีการใช้กระแสไฟฟ้าในการบำบัดน้ำ 62,871.70 ยูนิท/ปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ 228,732.55 บาท/ปี ในปีนี้ไม่มีการเลี้ยงหอยนางรม เนื่องจากพื้นคลองมีตะกอนเลนมากทำให้มีความลึกของน้ำไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยนางรม ในปีพ.ศ. 2556 ชลประทานจังหวัดจันทบุรี ได้ดำเนินการขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งในช่วงฤดูร้อน (น้ำลงช่วงกลางวัน) เดือน

มีนาคม ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2556 รวมทั้งเครื่องเติมอากาศมีสภาพเก่าชำรุดมากใช้งานไม่ได้ จึงได้มีการนำเครื่องเติมอากาศออกจากคลองน้ำทิ้งตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 จนถึงเดือน กันยายน 2557 และในเดือน ตุลาคม 2557 มีการทดลองการเดินเครื่องเติมอากาศตัวใหม่ 2 แรงม้า จำนวน 10 เครื่อง (แต่พบว่าเครื่องเติมอากาศทำงานได้ไม่ตรงตามคุณลักษณะที่ขอจัดซื้อจึงได้มีการหยุดเดินเครื่องเติมอากาศตัวใหม่จำนวน 9 ตัว ในเดือน ธันวาคม 2557 เหลือทดลองเดินเครื่อง จำนวน 1 ตัว ดังนั้นในปี พ.ศ. 2556 มีการใช้กระแสไฟฟ้าในการบำบัดน้ำ 17,346.00 ยูนิท/ปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ 86,682.92 บาท/ปี และ ในปี พ.ศ. 2557 มีการใช้กระแสไฟฟ้าในการบำบัดน้ำ 35,068.10 ยูนิท/ปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ 166,941.90 บาท/ปี นอกจากนี้คลองน้ำทิ้งมีคลองซอยตัดผ่านป่าชายเลน จำนวน 9 คลอง ซึ่งคลองน้ำทิ้งและคลองซอยนี้ชาวบ้าน (ชาวประมง) มีการใช้เป็นเส้นทางสัญจรในการเดินเรือเข้า-ออกในช่วงน้ำขึ้น ซึ่งการเดินเรือเข้า-ออกโดยใช้เรือหางยาวซึ่งใช้ใบพัดในการขับเคลื่อนนี้มีส่วนช่วยตีน้ำในคลองรับน้ำทิ้งสัมผัสอากาศ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ศึกษาความแตกต่างของคุณภาพน้ำในคลองน้ำทิ้งที่มีการจัดการแตกต่างกัน 3 ช่วง คือปี พ.ศ. 2555 เป็นช่วงก่อนขุดลอกเลน และมีเครื่องเติมอากาศ ปี พ.ศ. 2556 ช่วงขุดลอกเลน และไม่มีเครื่องเติมอากาศ และ ปี พ.ศ. 2557 ช่วงหลังขุดลอกเลน และไม่มีเครื่องเติมอากาศ แต่มีการเลี้ยงหอยนางรมในช่วง พฤศจิกายน ถึง ธันวาคม 2557 (ตารางที่ 30)

ตารางที่ 30 การจัดการคลองน้ำทิ้ง และการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำ พ.ศ. 2555-2557

จัดการคลองน้ำทิ้ง	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557
เดินเครื่องเติมอากาศ 2 แรงม้า	ม.ค.-ธ.ค. (เก่า 17 ตัว)	ม.ค.-ก.พ. (เก่า 17 ตัว)	ต.ค.-ธ.ค. (ใหม่ 10 ตัว)
การเลี้ยงหอยนางรม	ไม่มี	ไม่มี	มี (พ.ย.-ธ.ค.)
ขุดลอกตะกอน	ไม่มี	มี.ค.-มิ.ย.	ไม่มี
กระแสไฟฟ้าบำบัดน้ำ (ยูนิท)	62,871.70	17,346.00	35,068.10
กระแสไฟฟ้าบำบัดน้ำ (บาท)	228,732.55	86,682.92	166,941.90

วิจารณ์ผล

1. ศึกษาผลกระทบของการจัดการโครงการชลประทานน้ำเค็มต่อสิ่งแวดล้อมในอ่าวคุ้งกระเบนโดยใช้คุณภาพน้ำเป็นตัวชี้วัด

1.1 คุณภาพน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มและอ่าวคุ้งกระเบนเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำชายฝั่งหาดแหลมเสด็จ

อุณหภูมิ เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างยิ่ง โดยเฉพาะต่อกระบวนการปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์สิ่งมีชีวิตเพื่อคำนวณชีวิต (เมแทบอลิซึม หรือ metabolism) ของสัตว์น้ำ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจะเร่งกระบวนการเมแทบอลิซึมมากขึ้น การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำก็จะมากขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงมากเกินไปก็ทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอและตายได้ (ประมาณ, 2531; ธีระ, 2535; วิกีพีเดีย, 2562) จากการศึกษาอุณหภูมิในระบ

ชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ 28-32 °C (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2556)

ความเค็มของน้ำ หมายถึง ปริมาณของแข็ง (solid) หรือเกลือแร่ต่างๆ โดยเฉพาะโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยมีหน่วยเป็น ppt (parts per thousand หรือเทียบได้เป็น ก./ล.) ค่าความเค็มของน้ำสัมพันธ์กับค่า Chlorinity ซึ่งประกอบด้วยปริมาณ คลอไรด์ โบรไมด์และไอโอดีน และความนำไฟฟ้า (conductivity) ที่มีอยู่ในน้ำหนึ่งกิโลกรัม (ไมตรี, 2526; ไมตรี และจารุวรรณ, 2528) ความเค็มของน้ำทะเลแบ่งได้เป็น 8 ระดับคือ 0-0.5 ppt น้ำจืด (fresh water) 0.6-3.0 ppt น้ำกร่อยเล็กน้อย (Oligohaline brackish water) 4.0-10.0 ppt น้ำกร่อยปานกลาง (Mesohaline brackish water) 11.0-17.0 ppt น้ำกร่อยมาก (Polyhaline brackish water) 18.0-30.0 ppt น้ำเค็มเล็กน้อย (Oligohaline sea water) 31.0-34.0 ppt น้ำเค็มปานกลาง (Mesohaline sea water) 35.0-38.0 ppt น้ำเค็มมาก (Polyhaline sea water) มากกว่า 38.0 ppt น้ำเค็มจัด (Marine water) (Tait, 1981) ความเค็มน้ำมีผลต่อการดำรงชีวิตของพืชน้ำและสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำมีระบบควบคุมสมดุลความเค็ม (เกลือแร่) ในร่างกายด้วยขบวนการ osmosis ในสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลัง และ osmoregulation ในสัตว์น้ำที่มีกระดูกสันหลัง สัตว์น้ำกร่อยที่อาศัยบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มมากจะสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพความเค็มที่เปลี่ยนแปลงได้ แต่ค่อยๆเป็นไปอย่างช้าๆ โดยสัตว์น้ำจืดสามารถทนอยู่ในความเค็ม 7 ppt ได้และปลาขนาดเล็กจะมีความทนทานมากกว่าปลาขนาดใหญ่ ป่าชายเลนประกอบด้วยพรรณไม้ที่ขึ้นอยู่บริเวณน้ำขึ้นลง (intertidal zone) ในเขตร้อนและกึ่งร้อน ซึ่งการขึ้นลงของน้ำนี้มีผลให้อุณหภูมิ ระดับความเค็ม และปัจจัยอื่นๆ ในบริเวณป่าชายเลนเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะปริมาณเกลือในน้ำหรือดิน เนื่องจากในขณะน้ำลงนั้น น้ำจะไหลออกจากพื้นที่ป่าชายเลน แต่ความจริงแล้วน้ำไม่ได้ไหลออกไปจากพื้นที่ป่าทั้งหมด ยังคงมีน้ำบางส่วนที่ไหลออกมาไม่ได้ ยังคงค้างอยู่ตามแอ่งน้ำต่างๆ น้ำที่ตักค้างอยู่นี้จะค่อยๆ ระเหยอย่างช้าๆและเหลือผลึกเกลือไว้แทน ผลึกเกลือเหล่านี้สามารถทำให้ความเค็มของน้ำในระบบนิเวศป่าชายเลนสูงกว่าความเค็มของน้ำทะเลด้านนอกพื้นที่ป่าชายเลนถึงสามเท่า และเมื่อน้ำไหลเข้ามาในป่าชายเลนอีกครั้งในช่วงน้ำขึ้น ผลึกเกลือที่ตักค้างก็จะละลายน้ำอีกครั้ง ในบางช่วงเวลาเมื่อมีฝนตก น้ำจืดจากบนบกจะเจือจางความเค็มของน้ำในป่าชายเลน โดยเฉพาะช่วงที่ฝนตกหนักบริเวณป่าชายเลนจะกลายเป็นน้ำจืด ดังนั้น สัตว์และพืชที่อาศัยบริเวณนี้ต้องสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ดี โดยทั่วไปความเค็มที่เหมาะสมต่อการเติบโตของพรรณไม้ชายเลนอยู่ระหว่าง 10-30 ppt (พิพิธภัณฑสถานธรรมชาติวิทยา 50 พรรษาสยามบรมราชกุมารี, 2560) จากการศึกษาความเค็มน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงน้ำเค็มเล็กน้อย ไปจนถึงน้ำเค็มปานกลาง โดยบริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ คลองน้ำทั้งช่วงน้ำขึ้นและลง และ บริเวณชายฝั่งป่าชายเลน มีค่าความเค็มอยู่ในช่วงความเค็มเล็กน้อย ส่วนบริเวณคลองส่งน้ำดี บริเวณชายฝั่งป่าชายเลน 500 ม. 1,000 ม. บริเวณฟาร์มทะเล ไปจนถึงปากอ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ มีค่าความเค็มอยู่ในช่วงความเค็มปานกลาง และเมื่อเปรียบเทียบกับความเค็มจากแหล่งเลี้ยงสัตว์น้ำ คลองน้ำทั้ง ปากอ่าว และชายหาดแหลมเสด็จมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชายฝั่ง คือความเค็มมีค่าสูงกว่าความเค็มของแหล่งรองรับน้ำทิ้งในขณะนั้นได้ไม่เกินร้อยละ 50 (ราชกิจจานุเบกษา, 2550) และเมื่อ

เปรียบเทียบความเค็มในแต่ละปี พบว่า ทั้ง 3 ปี มีค่าความเค็มอยู่ในช่วงความเค็มเล็กน้อย โดยในปี พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2557 มีค่าเฉลี่ยความเค็มสูงกว่า ปี พ.ศ. 2556

ความขุ่น และ สารแขวนลอยในน้ำ (SS) เป็นพารามิเตอร์ที่ชี้ให้เห็นถึงปริมาณแสงที่สามารถส่องลงไปใต้น้ำซึ่งแสงเป็นต้นกำเนิดให้เกิดพลังงานทำให้เกิดผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ (primary production) (ประมาณ, 2531; ชีระ, 2535) ความขุ่นนิยมแสดงในรูปของหน่วย (ยูนิต) ซึ่งหมายถึงระดับความลึกของน้ำที่สามารถมองเห็นแสงสว่างจากแสงเทียนมาตรฐาน น้ำที่ใสจะมีค่าความขุ่นไม่เกิน 25 หน่วย ส่วนน้ำขุ่นปานกลางจะมีค่าความขุ่นระหว่าง 25-100 หน่วย และน้ำขุ่นมากจะมีค่าความขุ่นเกิน 100 หน่วยขึ้นไป ความขุ่นที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำจนถึงแก่ชีวิตจะต้องมีมากกว่า 20,000 หน่วยขึ้นไป (เกรียงศักดิ์, 2560) จากการศึกษาความขุ่นน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557 พบว่ามีค่าความขุ่นตั้งแต่ใสไปจนถึงขุ่นมาก โดยบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่าความขุ่นในช่วงกว้างที่สุด (0.04-140.0 NTU) ส่วนบริเวณอื่นๆ มีค่าความขุ่นตั้งแต่ใสไปจนถึงขุ่นปานกลาง สารแขวนลอยในน้ำ (SS) นิยมวัดเป็นน้ำหนักในรูปของมิลลิกรัมต่อลิตร (มก./ล.) แหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงที่ดีควรมีค่า SS อยู่ในช่วง 25-80 มก./ล. แต่ถ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 80-400 มก./ล. จะทำให้ผลผลิตลดลง และถ้าเกิน 400 มก./ล. จะเลี้ยงปลาไม่ได้ผล (เกรียงศักดิ์, 2560) และตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีค่า SS ไม่เกิน 70 มก./ล. (ราชกิจจานุเบกษา, 2550) จากการศึกษา SS ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557 พบว่า บริเวณคลองคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำล้นมีค่า SS สูงสุดเฉลี่ย 78.0 มก./ล. โดยพบว่าในปีที่มีการก่อกองขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้ง (พ.ศ. 2555) มี SS ของน้ำในคลองน้ำทิ้งสูงสุดเฉลี่ย 107.4 มก./ล. รองลงมาในปีก่อนขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้ง (พ.ศ. 2556) มี SS ของน้ำในคลองน้ำทิ้งเฉลี่ย 70.1 มก./ล. และในปีหลังขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้ง (พ.ศ. 2557) มี SS ของน้ำในคลองน้ำทิ้งต่ำสุดเฉลี่ย 56.5 มก./ล. และเมื่อเปรียบเทียบผลกระทบของการขุดลอกเลนโดยใช้ค่า SS ของน้ำเป็นตัวชี้วัด พบว่าในปีที่มีการขุดลอกเลน (พ.ศ. 2556) บริเวณตั้งแต่ป่าชายเลนไปจนถึงปากอ่าวมีค่า SS ของน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน SS ไม่เกิน 70 มก./ล. (ราชกิจจานุเบกษา, 2550) แสดงให้เห็นว่าการขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำล้นไม่ส่งผลกระทบต่อบริเวณอื่นๆ แต่ส่งผลดีต่อคุณภาพน้ำหลังปีที่ขุดลอกเลน (พ.ศ. 2557) ทั้งในคลองน้ำทิ้งและในอ่าวคุ้งกระเบน พบว่ามีค่า SS ของน้ำลดลงและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ราชกิจจานุเบกษา, 2550)

คลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a) คือ รงควัตถุที่ทำให้พืชและสาหร่ายมีสีเขียว รงควัตถุนี้เป็นส่วนที่ยอมให้พืชมีกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ซึ่งเป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานแสงเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และน้ำ (H₂O) ไปเป็นออกซิเจน (O₂) และ สารประกอบอินทรีย์ (organic compound) เช่น แป้ง cellular material ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ถูกนำมาใช้วัดปริมาณความมากน้อยของพืชและสาหร่ายหรือผลผลิตขั้นต้น (primary production) ของแหล่งน้ำ สาหร่ายมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำเพราะสาหร่ายสามารถเพิ่ม O₂ ในน้ำซึ่งเกิดจากผลพลอยได้ (by-product) จากกระบวนการสังเคราะห์แสงแต่ในทางกลับกันหากในแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณสาหร่ายมากเกินไปจะก่อให้เกิดกลิ่นสกปรกและไม่เหมาะสมกับกิจกรรม

นันทนาการทางน้ำ ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอ ใช้ชี้วัดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ โดยแบ่งตามมาตรฐาน KDHE Lake Trophic State Indicator ได้เป็น 7 ระดับ คือ คลอโรฟิลล์-เอ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.5 มก./ตัน จัดเป็น Oligo-mesotrophic คลอโรฟิลล์-เอ 2.51-7.20 มก./ตัน จัดเป็น Mesotrophic คลอโรฟิลล์-เอ 7.21-11.99 มก./ตัน จัดเป็น Slightly eutrophic คลอโรฟิลล์-เอ 12.00-19.99 มก./ตัน จัดเป็น Fully eutrophic คลอโรฟิลล์-เอ 20.00-29.99 มก./ตัน จัดเป็น Very eutrophic คลอโรฟิลล์-เอ 30.00-53.99 มก./ตัน จัดเป็น Lower hypereutrophic และ คลอโรฟิลล์-เอ มากกว่าหรือเท่ากับ 56.00 มก./ตัน จัดเป็น Upper hypereutrophic (Kansas Department of Health and Environment, 2011; RMBEL, 2017) น้ำที่นำมาใช้ในการอุปโภคควรมีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ไม่เกิน 10 มก./ตัน เนื่องจาก ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ไม่เกิน 10 มก./ตัน จะมีปริมาณ Cyanobacteria เพิ่มมากขึ้นไปด้วยในระดับที่ไม่เหมาะสม ซึ่งน้ำที่มี Cyanobacteria จำนวนมากจะทำให้ น้ำมีกลิ่นเหม็น (Kansas Department of Health and Environment, 2011) จากการศึกษาคลอโรฟิลล์-เอ ในน้ำระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557 พบว่า บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ มีคลอโรฟิลล์-เอ อยู่ในระดับ Upper hypereutrophic คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้น มีคลอโรฟิลล์-เอ อยู่ในระดับ Very eutrophic คลองน้ำทิ้งช่วงน้ำลง มีคลอโรฟิลล์-เอ อยู่ในระดับ Lower hypereutrophic บริเวณชายฝั่งป่าชายเลน 0 ม. มีคลอโรฟิลล์-เอ อยู่ในระดับ Fully eutrophic บริเวณชายฝั่งป่าชายเลน 500 ม. มีคลอโรฟิลล์-เอ อยู่ในระดับ Slightly eutrophic ตั้งแต่บริเวณชายฝั่งป่าชายเลน 1,000 ม. ไปจนถึง ปากอ่าวและชายหาดแหลมเสด็จ ช่วงน้ำขึ้นและลง มีคลอโรฟิลล์-เอต่ำสุด จัดอยู่ในระดับ Mesotrophic (2.51-7.20 มก./ตัน) แสดงให้เห็นว่าน้ำจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีผลผลิตขั้นต้นสูงมาก และมีปริมาณลดลงตามลำดับเมื่อน้ำถูกปล่อยลงคลองน้ำทิ้งซึ่งมีการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงหอยนางรมเพื่อช่วยลดปริมาณแพลงก์ตอน (ผลผลิตขั้นต้น) และเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละปี พบว่าในปี พ.ศ. 2557 บริเวณชายฝั่งป่าชายเลน 0 ม. และ 500 ม. มีคลอโรฟิลล์-เอ อยู่ในระดับสูงกว่าในปี พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2556 สันนิษฐานว่าในช่วงปี พ.ศ. 2556 เป็นช่วงที่มีการขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้ง จึงมีการหยุดเลี้ยงหอยนางรมในคลองน้ำทิ้งไปจนถึงปลาย ปี พ.ศ. 2557 รวมทั้งสัตว์หน้าดินที่กินอาหารแบบ filter feeder ถูกตักออกไปกับเลนด้วย จึงทำให้ในปี พ.ศ. 2557 บริเวณชายฝั่งป่าชายเลน 0 ม. และ 500 ม. ผลผลิตขั้นต้นอยู่ในระดับที่สูงกว่า ปี พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2556

สารอินทรีย์เป็นสารที่มีธาตุคาร์บอน (C) และ ไฮโดรเจน (H) เป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ยังมีธาตุออกซิเจน (O) เป็นองค์ประกอบและสารอินทรีย์บางชนิดอาจมีไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และกำมะถัน (S) เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบโมเลกุลใหญ่มาก เรียกว่า ชีวะโมเลกุล (biological molecule) เกิดจากการรวมตัวของสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กที่เป็นหน่วยย่อย สาร ชีวะโมเลกุล แบ่งเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ลิพิด โปรตีน กรดนิวคลีอิก สารอินทรีย์เป็นสารประกอบที่สามารถย่อยสลายได้โดยแบคทีเรีย นิยมวัดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของ BOD (Biological Oxygen Demand) COD (Chemical Oxygen Demand) TOC (Total Organic Carbon) น้ำมันและไขมัน (กรรณิการ์, 2525; ไมตรี และจากรุวรรณ, 2528; วิกีพีเดีย, 2560; Benefield and Randall, 1980; Tchobanoglous *et al.*, 2003; Gajera *et al.*, 2008) ดังนี้

- การวัดค่า BOD โดยใช้หลักการ คือวัดออกซิไดซ์ แแบคทีเรีย สารอาหาร และออกซิเจนในน้ำมีการทำปฏิกิริยาชีวเคมีได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และ oxidized inorganics เช่น NO_3^- หรือ SO_4^- โดยปฏิกิริยาชีวเคมีน้ำจะสร้างในสิ่งที่ถูกวัดในห้องปฏิบัติการว่าเป็นค่า “ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี” (Biochemical oxygen demand, BOD) (วิกิพีเดีย, 2560) ดังนั้น BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่สามารถย่อยสลายได้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน จากกระบวนการนี้แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตและแบ่งตัวต่อไป โดยผลผลิตสุดท้ายจากการออกซิไดซ์ของสารอาหารเหล่านี้อาจได้คาร์บอนไดออกไซด์หรือแอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร ถ้าสิ่งสกปรกมีอินทรีย์สารมาก อาจทำให้ต้องย่อยสลายมาก ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงไปด้วย ค่า BOD จึงเป็นดัชนีสำคัญในการควบคุมสิ่งสกปรกในน้ำและแม่น้ำ โดยแสดงความรุนแรงของการปนเปื้อน หรือน้ำเน่าเสียโดยสารอินทรีย์ น้ำที่มีค่า BOD สูง หมายถึงน้ำที่มีปริมาณสารปนเปื้อนมาก ในแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีค่า BOD ไม่เกิน 6.0 มก./ล. ถ้า BOD มีค่าสูงเกินกว่า 10 มก./ล. ถือว่าเป็นน้ำเสีย (ชนินทร์, 2540) ในส่วนของข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อยตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กำหนดให้น้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อยมีค่า BOD ไม่เกิน 20 มก./ล. (ราชกิจจานุเบกษา, 2550) จากการศึกษา BOD ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557 (ตารางที่ 15) พบว่า ค่า BOD ของน้ำในแต่ละบริเวณ และในแต่ละปีมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 10 มก./ล. และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ชนินทร์, 2540; ราชกิจจานุเบกษา, 2550) เมื่อพิจารณาตามระยะทาง พบว่าบริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่า BOD สูงที่สุด และลดลงเมื่อน้ำลงสู่คลองน้ำทิ้งผ่านป่าชายเลนไปจนถึงปากอ่าวคุ้งกระเบน และพบว่าค่า BOD ของน้ำตั้งแต่บริเวณห่างจากฝั่งป่าชายเลน 500 ม. ไปจนถึงปากอ่าวคุ้งกระเบน และค่า BOD บริเวณชายหาดแหลมเสด็จ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และจากการเปรียบเทียบค่า BOD ของน้ำบริเวณคลองน้ำทิ้งในปี พ.ศ. 2555 (ก่อนขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งและมีเครื่องเติมอากาศในคลองน้ำทิ้ง) กับปี พ.ศ. 2556 (ระหว่างขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งและไม่มีเครื่องเติมอากาศในคลองน้ำทิ้ง) และในปี พ.ศ. 2557 (หลังขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งและไม่มีเครื่องเติมอากาศในคลองน้ำทิ้ง) พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่าการขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งไม่มีผลทำให้ค่า BOD เพิ่มขึ้นหรือลดลง รวมทั้งการมีหรือไม่มีเครื่องเติมอากาศในคลองน้ำทิ้งไม่มีผลทำให้ BOD ของน้ำบริเวณคลองน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นหรือลดลง

- อินทรีย์คาร์บอนรวม (Total Organic Carbon; TOC) คืออินทรีย์สารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในสูตรเคมี เช่น น้ำตาลซูโครส แอลกอฮอล์ บีโตนเลียม พีวีซี ซีเมนต์ และสารกำจัดศัตรูพืช อินทรีย์คาร์บอนมีความสำคัญต่อองค์ประกอบของวัฏจักรคาร์บอน (carbon cycle) และเป็นแหล่งอาหารขั้นต้นสำหรับสายใยอาหารในแหล่งน้ำ (aquatic food webs) ระบบนิเวศด้านเคมีในน้ำจืด อินทรีย์คาร์บอนที่ละลายในน้ำ (Dissolved organic carbon) มีส่วนเพิ่มค่าความเป็นกรด (acidification) ในการทำให้ค่าความเป็นด่างลดลง (low-alkalinity) ซึ่งทำให้ค่าควบคุมการเปลี่ยนแปลง pH ลดลง (weakly buffered) (Bruckner, 2017) ในด้านสิ่งแวดล้อมการวิเคราะห์ TOC ใช้เป็น non specific parameter ในการชี้วัดคุณภาพน้ำควบคู่กับการวิเคราะห์ BOD และ COD (Wikipedia, 2017) จากการศึกษา TOC ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม อ่าวคุ้งกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2557 (ตารางที่ 15) พบว่า ค่า TOC ของน้ำในแต่ละบริเวณ และในแต่ละปีมีค่าเฉลี่ย 6.55 มก./ล. เมื่อพิจารณาตามระยะทาง พบว่ามีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่า BOD คือบริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่า TOC สูงที่สุด และลดลงเมื่อน้ำลงสู่คลองน้ำทิ้งผ่านป่าชายเลนไปจนถึงปากอ่าว คุ้งกระเบน และพบว่าค่า TOC ของน้ำตั้งแต่บริเวณห่างจากฝั่งป่าชายเลน 500 ม. ไปจนถึงปากอ่าวคุ้งกระเบน และค่า TOC บริเวณชายหาดแหลมเสด็จ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และจากการเปรียบเทียบค่า TOC ของน้ำ

บริเวณคลองน้ำทิ้งในปี พ.ศ. 2555 (ก่อนขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งและมีเครื่องเติมอากาศในคลองน้ำทิ้ง) กับปี พ.ศ. 2556 (ระหว่างขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งและไม่มีเครื่องเติมอากาศในคลองน้ำทิ้ง) และในปี พ.ศ. 2557 (หลังขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งและไม่มีเครื่องเติมอากาศในคลองน้ำทิ้ง) พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งไม่มีผลทำให้ TOC เพิ่มขึ้นหรือลดลง รวมทั้งการมีหรือไม่มีเครื่องเติมอากาศในคลองน้ำทิ้งไม่มีผลทำให้ TOC ของน้ำบริเวณคลองน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นหรือลดลง

- จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า BOD และ TOC ตั้งแต่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำถึงปากอ่าวคังกระเบน ในปี พ.ศ. 2555-2557 โดยวิธี Pearson (ตารางที่ 18) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ที่ระดับ 0.876 และเมื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้น พบว่า $TOC = 1.308(BOD_5) + 2.413$ เมื่อ $R^2 = 0.784$ ซึ่งหมายความว่า การย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนรวม 3.721 มก. ในน้ำ 1 ล. ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 วัน แยกที่เรียกใช้ออกซิเจน 1 มก. ทั้งนี้ความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ หรือ ค่า BOD ในแต่ละแหล่งมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดโมเลกุลของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำนั้นๆ GE Power & Water (2015) ได้เปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเส้นของค่า BOD และ TOC ในน้ำทิ้งในสถานที่บำบัดน้ำต่างๆ พบว่ามีค่าแตกต่างกัน เช่น น้ำทิ้ง บริเวณ Oceansid WPCP, San Francisco, CA พบว่า $TOC = 0.2326(BOD_5) + 14.426$ เมื่อ $R^2 = 0.8138$ ในน้ำเสียที่ผสมระหว่างน้ำเริ่มบำบัดจนถึงสิ้นสุดการบำบัด บริเวณ Longwood Park Sewage Lagoon Town of Quispamsis, NB, Canada พบว่า $TOC = 0.4476(BOD_5) + 23.787$ เมื่อ $R^2 = 0.703$ และในน้ำเสียที่ผสมระหว่างเริ่มบำบัดจนถึงสุดท้ายของการบำบัด บริเวณ City of Winnipeg, Manitoba, Canada North Wnd Water Pollution Control Centre พบว่า $TOC = 0.5569(BOD_5) + 11.38$ เมื่อ $R^2 = 0.8832$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวัดปริมาณสารอินทรีย์โดยใช้ TOC มีค่าคงที่มากกว่าการวัดสารอินทรีย์โดยใช้ค่า BOD

- อัตราส่วน C/N แสดงถึงอัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ C/N ในดินต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ดินนั้นมีการย่อยสลายสูง แต่ถ้า C/N มากกว่า 20 ดินนั้นมีการย่อยสลายต่ำ (สุนทร, 2554) ส่วน C/N ในจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 5 (สมศักดิ์, 2528) ดังนั้นน้ำควรมีค่า C/N ไม่ต่ำกว่า 5 (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2559) และจากการทดลองเบื้องต้นเปรียบเทียบคุณภาพน้ำและการเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ให้อาหารกุ้ง กับ บ่อเลี้ยงปลานวลจันทร์ทะเลที่ให้อาหารปลาและกุ้งกุลาดำกินเศษอาหารและสาหร่ายทะเล พบว่า คุณภาพน้ำบ่อกุ้งมีค่า C/N ต่ำมากจนถึง 0.5 (C ต่ำ TN สูง แต่สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนต่ำกว่า TN มาก) และสาหร่ายพวงองุ่นแคระแกร็นไม่เติบโต บางส่วนเน่าและตาย ส่วนคุณภาพน้ำบ่อเลี้ยงปลามีค่า C/N ประมาณ 5-6 (C สูง TN ต่ำกว่า C และมีสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนใกล้เคียง TN) และสาหร่ายพวงองุ่นมีการเติบโตดี ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ค่า C/N สามารถใช้ชี้วัดคุณภาพน้ำ ซึ่งคุณภาพน้ำที่ดีและเหมาะสมทำให้สาหร่ายโตดี ควรมีค่า C/N ไม่ต่ำกว่า 5 และจากการเปรียบเทียบอัตราส่วน C/N ของน้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม พบว่า อัตราส่วน C/N ของน้ำบริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่า C/N ต่ำสุด (แต่มีค่ามากกว่า 5) และมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากบ่อเลี้ยงมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่า C/N ของน้ำบริเวณปากอ่าวคังกระเบน และชายหาดแหลมเสด็จ ช่วงน้ำขึ้นและลงมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือไม่ต่ำกว่า 5 ตามเกณฑ์ของสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2559) (ตารางที่ 18)

ปริมาณธาตุอาหารในน้ำ NH_3-N , NO_2^- , NO_3^- , TN, PO_4^{3-} และ TP ในระบบชลประทานน้ำเค็ม พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ราชกิจจานุเบกษา, 2550; สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2556) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในน้ำบริเวณปากอ่าวกับบริเวณทะเลเปิด พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน

1.2 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำบริเวณคลองน้ำทิ้งในช่วงปีก่อนขุดลอกเลน ระหว่างขุดลอกเลน และหลังขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้ง และช่วงปีที่มีเครื่องเติมอากาศ และช่วงปีที่ไม่มีเครื่องเติมอากาศในคลองน้ำทิ้ง พ.ศ. 2555-2557

จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง ในปีที่ก่อนขุดลอกเลน (พ.ศ. 2555) ระหว่างขุดลอกเลน (พ.ศ. 2556) และหลังขุดลอกเลน (พ.ศ. 2557) พบว่าคุณภาพน้ำในปีก่อนขุด ระหว่างขุด และหลังขุด ทัว้ไปมีค่าไม่แตกต่างกัน ยกเว้นปริมาณสารแขวนลอยในน้ำช่วงน้ำลงในปีก่อนขุดลอกเลน และระหว่างขุดลอกเลน พบว่ามีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน (SS ไม่เกิน 70 มก./ล.) แต่เมื่อเปรียบเทียบบริเวณป่าชายเลน 0 ม. ไปจนถึงปากอ่าวคู้งกระเบน พบว่ามีปริมาณ SS ลดลง และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานรวมทั้งในปี พ.ศ. 2557 หลังขุดลอกเลน พบว่า น้ำมีปริมาณ SS ลดลงและมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ราชกิจจานุเบกษา, 2550)

จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ บริเวณคลองน้ำทิ้งช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง ในปีที่มีเครื่องเติมอากาศ (พ.ศ. 2555) และปีที่ไม่มีเครื่องเติมอากาศ (พ.ศ. 2556-2557) พบว่าคุณภาพน้ำในปีที่มีเครื่องเติมอากาศและในปีที่ไม่มีเครื่องเติมอากาศโดยทัว้ไปมีค่าไม่แตกต่างกันโดยเฉพาะปริมาณ DO และ BOD ของน้ำในช่วงที่มีเครื่องเติมอากาศมีค่าไม่แตกต่างกับช่วงที่ไม่มีเครื่องเติมอากาศ

1.3 ประเมินค่าการบำบัดน้ำของอ่าวคู้งกระเบนจากค่าความสัมพันธ์ของการลดลงของธาตุอาหารตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น

จากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับระยะทาง (ตั้งแต่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำไปจนถึงปากอ่าวคู้งกระเบน) พบว่า ความเค็มของน้ำ และ อัตราส่วน C/N มีค่าความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะทาง คือเมื่อระยะทางห่างจากแหล่งปล่อยน้ำทิ้งมากขึ้น ความเค็มของน้ำ และ C/N มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ มะลิ และคณะ (2545) พบว่าความเค็มมีค่าความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะทาง ส่วน อุณหภูมิของน้ำ, DO, ความขุ่นของน้ำ, คลอโรฟิลล์ เอ, ความเป็นด่างของน้ำ, แอมโมเนียรวม, ไนโตรท, ไนเตรท, ไนโตรเจนรวม, ฟอสเฟต, ฟอสฟอรัสรวม, BOD และ TOC มีค่าความสัมพันธ์เชิงลบ หรือ ผกผันกับระยะทาง คือ เมื่อระยะทางห่างจากแหล่งปล่อยน้ำทิ้งมากขึ้น อุณหภูมิ, DO, ความขุ่นของน้ำ, คลอโรฟิลล์ เอ, ความเป็นด่างของน้ำ, แอมโมเนียรวม, ไนโตรท, ไนเตรท, ไนโตรเจนรวม, ฟอสเฟต, ฟอสฟอรัสรวม, BOD และ อินทรีย์คาร์บอนรวม มีค่าลดลง โดยเฉพาะปริมาณธาตุอาหาร TN, TP, BOD, TOC และคลอโรฟิลล์ เอ แสดงค่าระดับความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) กับระยะทาง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอ่าวคู้งกระเบนมีศักยภาพในการบำบัดน้ำจากการเลี้ยงสัตว์น้ำได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ พุท และคณะ (2543); มะลิ และคณะ (2545) พบว่าปริมาณธาตุอาหารมีค่าความสัมพันธ์ผกผันกับระยะทาง

จากการที่คุณภาพน้ำ (ปริมาณธาตุอาหาร) มีค่าความสัมพันธ์ผกผันกับระยะทางทำให้สามารถประมาณค่าการลดลงของธาตุอาหารแต่ละระยะทางด้วยสมการเชิงเส้นตรง พบว่าคลองน้ำทิ้งสามารถลด TN ได้ 55.6 %, ลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 63.1 %, ลด TP ได้ 76.0 % และ ลด PO_4^{3-} ได้ 84.2 % บริเวณป่าชายเลน (0 ม.) สามารถลด TN ได้ 75.2 %, ลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 80.5 %, ลด TP ได้ 89.7 % และ ลด PO_4^{3-} ได้ 93.0 % และโดย

เฉลี่ยแล้วอ่าวคู้กระเบนสามารถลด TN ได้ 87.5 % , ลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 89.7 % , ลด TP ได้ 96.0 % และ ลด PO_4^{3-} ได้ 98.4 %

ปริมาณการใช้น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำรอบอ่าวคู้กระเบนในช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557 มีค่าเฉลี่ย 23,279,900.00 ลบ.ม./ปี ซึ่งสามารถประมาณได้ว่าน้ำที่ส่งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำมี TN 50.93 ± 24.00 ตัน/ปี, $\text{NH}_3\text{-N}$ 7.20 ± 3.96 ตัน/ปี, TP 13.86 ± 8.27 ตัน/ปี และ PO_4^{3-} 3.01 ± 1.12 ตัน/ปี และอ่าวคู้กระเบนสามารถลด TN ได้ 44.56 ± 21.00 ตัน/ปี, ลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 6.46 ± 3.56 ตัน/ปี, ลด TP ได้ 13.31 ± 7.94 ตัน/ปี และ ลด PO_4^{3-} ได้ 2.96 ± 1.10 ตัน/ปี

2. ศึกษาสถานะทางเศรษฐกิจของการดำเนินการของโครงการชลประทานน้ำเค็ม โดยการใช้การประเมิน ต้นทุน-ผลตอบแทน ของโครงการฯ เป็นตัวชี้วัด

2.1 ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนการใช้ไฟฟ้าในการสูบน้ำ และบำบัดน้ำ

จากการประเมินต้นทุนบริหารจัดการระบบสูบน้ำและบำบัดน้ำในพื้นที่โครงการชลประทานน้ำเค็ม ปี พ.ศ. 2555-2557 ต้องใช้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 4,903.43 บาท/ไร่ ในขณะที่อัตราค่าใช้น้ำที่สมาชิกต้องจ่ายเก็บในอัตรา 2,500 บาท/ไร่/รุ่น (บาท/ไร่/ 4 เดือน ในกรณีเลี้ยงเกิน 4 เดือน) เมื่อประเมินเป็นเปอร์เซ็นต์ความเต็มใจจ่าย (Willingness to pay) ค่าน้ำที่ราคา 2,500 บาท/ไร่/รุ่น ของสมาชิก ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 พบว่ามีค่า เฉลี่ยเท่ากับ 12.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากขึ้นราคาค่าใช้น้ำจำนวนสมาชิกใช้น้ำก็ลดลง เมื่อประเมินอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนในการดำเนินการในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 (รวมค่าไฟฟ้า บำบัดน้ำ) เฉลี่ยเท่ากับ 0.90 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนน้อยกว่า 1 หมายความว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไปจึงไม่สมควรลงทุน (ประสิทธิ์, 2538; ณิชานันท์ , 2540; นราทิพย์, 2560; มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 2560) และเมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายไม่รวมค่าไฟฟ้า บำบัดน้ำ พบว่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน เฉลี่ยเท่ากับ 0.94 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.04 แสดงให้เห็นว่า หากมีการจัดการระบบโดยลดค่าสิ้นเปลืองที่ไม่จำเป็นออก เช่น เครื่องเติมอากาศ หรือเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทดแทนในการสูบน้ำ หรือเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำเพื่อลดค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำ หรือการจัดการระบบการส่งน้ำโดยไม่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำ ก็จะช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการได้

2.2 ประเมินค่าทางเศรษฐกิจการเลี้ยงสัตว์น้ำของสมาชิกในโครงการชลประทานน้ำเค็มพ.ศ. 2555-2557

จากการประเมินผลการเลี้ยงสัตว์น้ำของสมาชิกโดยใช้ค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน พบว่าทุกชนิดสัตว์น้ำที่เลี้ยงมีค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเกิน 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลตอบแทนจากการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉลี่ยแล้วมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป และพบว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนสูงสุด คือ 1.4 รองลงมาคือ การเลี้ยงกุ้งแวนนาไม และการเลี้ยงปลาเก๋า คือ 1.2 เท่ากัน และต่ำสุดคือการเลี้ยงปลากะพงขาว ได้ 1.1 แต่ถ้าพิจารณาระยะเวลาเลี้ยงซึ่งหมายถึงระยะเวลาที่ได้รับผลตอบแทน หรือระยะเวลาคืนทุน พบว่า การเลี้ยงกุ้งแวนนาไม มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว (สั้น) ที่สุด คือ 91 วัน รองลงมา คือ การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 106 วัน การเลี้ยงปลากะพงขาว 172 วัน และ การเลี้ยงปลาเก๋า 318 วัน ตามลำดับ ดังนั้น การเลี้ยงกุ้งแวนนาไมให้ผลตอบแทนทางการเงินที่ดีกว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ แต่เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งแวนนาไม

และกึ่งกุลดำ ผู้เลี้ยงต้องมีความชำนาญการคัดเลือกลูกพันธุ์ การเลี้ยงและต้องมีเวลาในการให้อาหารและจัดการบ่อเลี้ยงและคุณภาพน้ำให้เหมาะสม จึงสามารถเลี้ยงประสบความสำเร็จ ดังนั้นผู้เลี้ยงที่ต้องทำงานอื่นทั้งวันและไม่มีเวลามาให้อาหารสัตว์น้ำจึงตัดสินใจเลี้ยงปลาเก่า แต่เนื่องจากลูกพันธุ์ปลาเก่าหาได้ยากบางรายจึงหันมาเลี้ยงปลากะพงขาวซึ่งสามารถหาซื้อลูกพันธุ์ได้ง่ายกว่า เช่นจากโรงเพาะฟักศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ

สรุปผล

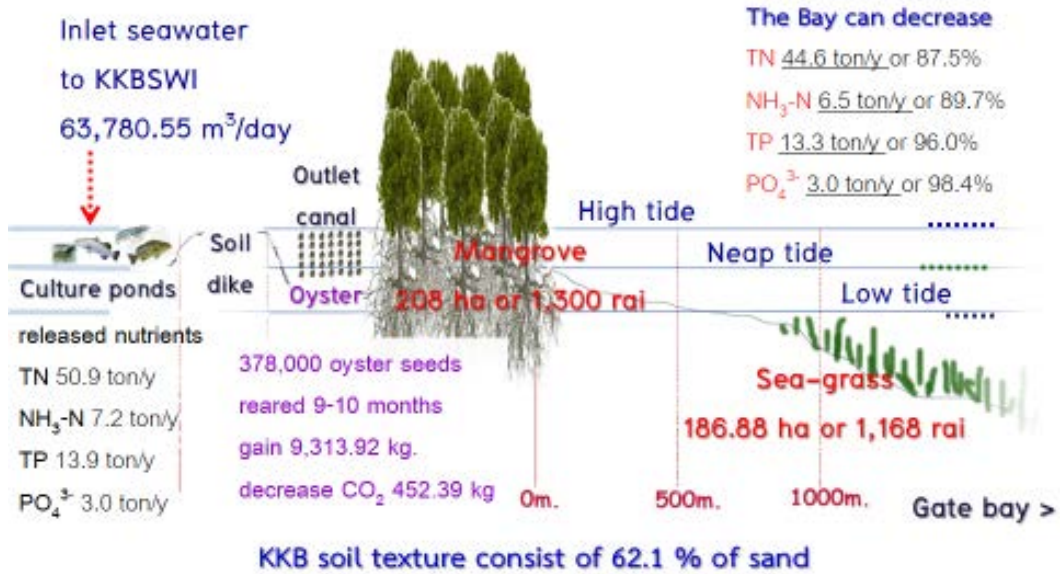
น้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็ม เมื่อปล่อยลงสู่คลองรับน้ำทิ้ง แล้วเข้าสู่ระบบนิเวศอ่าวคุ้งกระเบน คุณภาพน้ำในอ่าวคุ้งกระเบนยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

การขุดลอกเลนในคลองน้ำทิ้งไม่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่าวคุ้งกระเบน ยกเว้นปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำบริเวณคลองรับน้ำทิ้งช่วงน้ำลงมีค่าสูงเกินมาตรฐาน แต่หลังช่วงขุดลอกเลน ของแข็งแขวนลอยในน้ำมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน และคุณภาพน้ำช่วงหลังขุดลอกเลนมีแนวโน้มมีคุณภาพดีขึ้น และน้ำในคลองรับน้ำทิ้ง ช่วงที่มีเครื่องเติมอากาศ และช่วงที่ไม่มีเครื่องเติมอากาศ มีปริมาณ DO และ BOD ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า การบำบัดน้ำบริเวณคลองรับน้ำทิ้งไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศ ซึ่งจะช่วยลดค่าไฟฟ้าในการบำบัดน้ำ ประมาณ 228,732.55 บาท/ปี รวมทั้งค่าแรงงานและอาไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องเติมอากาศ

จากการประมาณค่าการบำบัดน้ำของอ่าวคุ้งกระเบนจากค่าความสัมพันธ์ของการลดลงของธาตุอาหารตามระยะทางอ่าวคุ้งกระเบนสามารถลด TN ได้ 87.5 ± 2.1 % (มีค่า R^2 ระหว่าง 0.978-0.984), ลด $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้ 89.7 ± 6.8 % (มีค่า R^2 ระหว่าง 0.953-0.989), ลด TP ได้ 96.0 ± 1.3 % (มีค่า R^2 ระหว่าง 0.992-0.996) และลด PO_4^{3-} ได้ 98.4 ± 0.8 % (มีค่า R^2 ระหว่าง 0.993-0.996) (ภาพที่ 2)

จากการประเมินต้นทุนและผลตอบแทนของการจัดการระบบชลประทานน้ำเค็ม พบว่าต้นทุนจัดการระบบส่งน้ำ บำบัดน้ำ เฉลี่ย 4,903 บาท/ไร่ เพอร์เซ็นต์ความเต็มใจจ่ายค่าน้ำที่ราคา 2,500 บาท/ไร่/รุ่นของสมาชิก เฉลี่ยเท่ากับ 12.0 เพอร์เซ็นต์ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนการดำเนินการ (รวมค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ) เฉลี่ยเท่ากับ 0.90 (ไม่รวมค่าไฟฟ้าบำบัดน้ำ) เฉลี่ยเท่ากับ 0.94 จากการประเมินผลการเลี้ยงสัตว์น้ำของสมาชิกในโครงการฯ พบว่า อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนการเลี้ยงกุ้งแวนนาไม เฉลี่ย 1.2 ที่ระยะเวลาคืนทุน เฉลี่ย 91 วัน การเลี้ยงกึ่งกุลดำ เฉลี่ย 1.4 ที่ระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 106 วัน การเลี้ยงปลาเก่า เฉลี่ย 1.2 ที่ระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 318 วัน การเลี้ยงปลากะพงขาว เฉลี่ย 1.1 ที่ระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 172 วัน

Water system in KKB Sea water Irrigation



ภาพที่ 2 สรุปการลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำของอ่าวคังกระเบน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการวิจัย ขอขอบพระคุณ เลขาธิการสำนักงาน กปร. ม.ล.จिरพันธุ์ ทวีวงศ์ (อดีตประธานคณะกรรมการดำเนินงานด้านวิชาการโครงการศูนย์ศึกษาฯ สำนักงาน กปร.) ที่ท่านสนับสนุนให้ศูนย์ศึกษาฯ มีการวิจัย โดย สำนักงาน กปร. ให้การสนับสนุนงบประมาณโครงการวิจัย ขอขอบพระคุณประธานและคณะกรรมการดำเนินงานด้านวิชาการโครงการศูนย์ศึกษาฯ สำนักงาน กปร. ที่ให้คำแนะนำในการดำเนินการวิจัย ขอขอบพระคุณเลขาธิการ สำนักงาน กปร. นาย ดนุชา ลินธวานนท์ ที่ให้การรับรองผลงานและสนับสนุนให้งานวิจัยนี้ได้ลงตีพิมพ์เผยแพร่ ขอขอบพระคุณ ดร. สิรี เอกมหาธา (อดีต ผอ.ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ และเป็นคณะกรรมการดำเนินงานด้านวิชาการโครงการศูนย์ศึกษาฯ สำนักงาน กปร.) ที่ให้คำปรึกษาแนะนำประสบการณ์ด้านงานวิจัยคุณภาพน้ำ และสิ่งแวดล้อมชายฝั่ง ขอขอบพระคุณ คุณวิเชียร สาครศรี (อดีต ผอ.ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ) และ ผชช. ดร.วงศ์ปฐม กมลรัตน์ ที่ช่วยตรวจแก้การเขียนงานวิจัย ขอขอบพระคุณ คุณทวี จินตามัยกุล ที่สนับสนุนการดำเนินงานเมื่อครั้งที่ท่านดำรงตำแหน่งเป็น ผอ.ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ ขอขอบพระคุณ ดร. Angus MacNiven (Managing Director Baan promong Co., Ltd. และเป็นนักวิจัยร่วมของ Prof. David Little ที่ AIT พ.ศ. 2542 ถึง พ.ศ. 2547) ที่ช่วยแก้ไขชื่อเรื่องและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ ขอขอบพระคุณกองศึกษาและขยายผลการพัฒนาตามแนวพระราชดำริ สำนักงาน กปร. ที่ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของคำและการใช้คำก่อนดำเนินการจัดพิมพ์เผยแพร่ ขอขอบคุณกลุ่มงานประสานงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ ที่ช่วยจัดพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ คุณวไลลักษณ์ ไวยศิริรา นักภูมิศาสตร์ ที่ช่วยลงข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ ขอขอบคุณกลุ่มงานวิจัยและพัฒนาการจัดการทรัพยากรชายฝั่ง งานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (คุณสงวน แซ่มลั่น ช่วยเก็บน้ำตัวอย่างในคลองส่งน้ำและให้ข้อมูลการจัดการคลองบำบัดน้ำทิ้ง คุณชาติรี ทองสุก และคุณสมชาย ศิริวงศ์ ช่วยเก็บน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์

น้ำและในอ่าวคังกระเบน คุณงามขำ จินดา คุณผุดผ่อง พันธุ์กุล คุณเพ็ญวิสา ชัยภัทตร์ คุณธนภฤตา เอี่ยมอิม และคุณคงเดช ชำนาญชล ช่วยวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คุณสมหมาย ชุมศิริ และคุณบุญยั้ง สร้างบุญ ช่วยซ่อมแซมเรือให้พร้อมใช้งานและขับเรือออกเก็บตัวอย่างน้ำ) และขอขอบคุณบุคคลที่ไม่ได้ระบุนามแต่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กมล บุชบา. 2553. การวิเคราะห์การทดลองเชิงสถิติด้วย SPSS: วิเคราะห์เชิงลึกพร้อมตัวอย่างจากปัญหาจริง. ISBN 978-974-466-477-8. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี. 681 หน้า.
- กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: บริษัท ประยูรวงศ์ จำกัด. 387 หน้า.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2560. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ: คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ. <http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/fa301/Lesson/lesson3.htm>
- ชนินทร์ ทองธรรมชาติ. 2540. ดัชนีคุณภาพน้ำ. วารสาร ค.พ. 2(1): 8-12.
- ณิชาพันธ์ ทองนาค. 2540. การศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ในการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ประโยชน์ในเขตพื้นที่เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 104 หน้า.
- ธีระ เล็กชุลยธ. 2535. นิเวศวิทยาแหล่งน้ำ. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 165 หน้า. (http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/fisher/fi16/page_4.htm)
- นราทิพย์ ชูติวงศ์. 2560. หลักเศรษฐศาสตร์ I จุลเศรษฐศาสตร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 320 หน้า.
- บริษัท เทสโก้ จำกัด. 2540. โครงการจัดระบบน้ำเค็มเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล เขตโครงการพระราชดำริอ่าวคังกระเบน อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. รายงานการประเมินผลงานก่อสร้าง ครั้งที่ 5. (ฉบับโรเนียว)
- ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์. 2531. ชลธิวิทยา. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 190 หน้า. (http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/fisher/fi16/page_4.htm)
- ประสิทธิ์ ตงยั้งศิริ. 2538. การวิเคราะห์และประเมินโครงการ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2538. โรงพิมพ์คุรุสภาสามคม. 287 หน้า
- พิพิธภัณฑสถานธรรมชาติวิทยา 50 พรรษาสยามบรมราชกุมารี. 2560. สภาพแวดล้อมของระบบนิเวศน์ป่าชายเลน. http://www.sci.psu.ac.th/chm/biodiversity/mangrove_envi.html.
- พุทธ ส่องแสงจินดา สิริ ทุกข์วินาศ ชัชวาล อินทมนตรี และ ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง. 2543. ผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งต่อดุลไนโตรเจนในอ่าวคังกระเบน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2543. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย. สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 23 หน้า.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 2560. เศรษฐศาสตร์ทั่วไป. http://www.teacher.ssru.ac.th/bunyaporn_po/pluginfile.php/142/block_html/content.40 หน้า.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2560. เครื่องมือในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ.

<http://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/04-04.html>.

มะลิ บุญยรัตผลิน ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง สมศักดิ์ ตันติเสาวภาพ และ อำพร เลาวพงษ์. 2545. การศึกษาผลกระทบของโครงการชลประทานน้ำเค็มต่อพื้นที่บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2545. สำนักวิชาการ. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 110 หน้า.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2526. คุณสมบัติของน้ำกับการเลี้ยงปลา. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. 23 หน้า.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจรรุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 93 หน้า.

ราชกิจจานุเบกษา. 2550. กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำที่จังกอบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 124 ตอนที่ พิเศษ 84ง ลงวันที่ 11 กรกฎาคม 2550 หน้า 25-27.

ราชกิจจานุเบกษา. 2559. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564). ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 133 ตอนที่ 115 ก ลงวันที่ 30 ธันวาคม 2559. 224 หน้า.

วิกิพีเดีย. 2560. น้ำเสีย. <https://th.wikipedia.org/wiki/น้ำเสีย>

วิกิพีเดีย. 2562. เมแทบอลิซึม. <https://th.wikipedia.org/wiki/เมแทบอลิซึม>

ศูนย์ประสานงานโครงการ Sea Food Bank. 2548. คู่มืออบรมเกษตรกร การจัดการฟาร์มโครงการ Sea Food Bank ให้ได้มาตรฐานสุขอนามัย GAP และ CoC. กรมประมง. 119 หน้า.

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2545. ระบบชลประทานน้ำเค็มเพื่อการเลี้ยงกุ้งทะเลอ่าวคุ้งกระเบน. กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง. 16 หน้า.

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. 2546ก. ระเบียบและวิธีปฏิบัติในการตรวจรับรองโรงเพาะฟักอนุบาลกุ้งทะเลและฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ตามมาตรฐาน ซีไอซี พ.ศ. 2546 (Code of Conduct: CoC). สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 233 หน้า.

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. 2546ข. ระเบียบและวิธีปฏิบัติในการผลิตกุ้งทะเลตามมาตรฐาน จีเอพี พ.ศ. 2546 (Good Aquaculture Practice: GAP). สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 77 หน้า.

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. 2548. มาตรฐานการปฏิบัติทางการประมงที่ดีสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 63 หน้า.

สมศักดิ์ วัจโน. 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. สำนักพิมพ์ ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพฯ. 193 หน้า.

สิริ ทุกขวินาศ. 2528. วิธีวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 4/2528. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา. กรมประมง. กรุงเทพฯ. 157 หน้า.

สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาลย์. 2554. ใช้อินทรีย์วัตถุให้ถูกประเภท. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน. 4 หน้า.

www.cab.ku.ac.th/suntaree/pdf/54OrganiMatterExplain.pdf

สำนักงาน กปร. (สำนักคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ). 2542.

ประวัติศาสตร์ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. ISBN 974-7528-69-6. พิมพ์ที่ บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน). 180 หน้า.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2559. ก้าวต่อไปของกุ้งไทยหลังวิกฤตโรคตายด่วน. ISBN 978-616-91805-5-5. พิมพ์ที่ หจก. ภาพพิมพ์ กรุงเทพฯ. 96 หน้า.

- สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. 2556. คู่มือการเลี้ยงกุ้งทะเลที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 21 หน้า.
- APHA-AWWa-WPCF. 1980. Standard Methods for the Examination water and Wastewater. 15th Edition. American Public health Publishers, Inc., New York. 1134 pp.
- APHA, AWWA and WPCF. 1989. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 17th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., 1391 pp.
- Bruckner, M. Z.. 2017. Organic Carbon. Montana Satate University, Bozeman.
http://serc.carleton.edu/microbelife/research_methods/biogeochemical/organic_carbon.html
- Cadee, G. C.. 1978. Primary Production and Chloophyll in the Zaire River, Estuary and Plume. Netherlands Journal of Sea Research, 12(3/4): 368-381.
- Clarke, George L. 1967. Elements of Ecology. Harvard University and Woods Hole Oceanographic Institution. John Wiley & Sons, Inc. New York. 552 pp.
- Conte, F.P. 1969. Salt Secretion. 241-292. In W.S. Hoar and D. J. Randall (eds.), Fish physiology. Academic Press, New York.
- Gajera, H. P., S. V. Patel and B. A. Golakiya. 2008. Fundamentals of Biochemistry: A Textbook. International Book Distributing Co. 557pp.
- GE Power & Water. 2015. Correlating Total Organic Carbon (TOC) to Biochemical (BOD₅) and Chemical Oxygen Demand (COD). [WWW.geinstruments.com/innovox](http://www.geinstruments.com/innovox)
- Goldstein, L. and R.P. Forster. 1971. Urea Biosynthesis and Excretion in Freshwater and Marine Elasmobranchs. Comp. Biochem. Physiol., 39B: 415-421.
- Google Docs. 2017. เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต.
<https://docs.google.com/document/d/.../edit?hl=th>
- Grasshoff, K. 1976. Methods of Seawater Analysis. Verlag Chemic, New York, 314 pp.
- Grasshoff K., Ehrhardt M., Kremling K., 1983. Methods of Seawater Analysis. 2nd Edition. Verl. Chem., Weinheim. 419 pp.
- Haywood, G.P. 1973. Hypo-osmotic Regulation Coupled with Reduced Metabolic Urea in the Dogfish *Poroderma africanum*: An Analysis of Serum Osmolarity, Chloride, and Urea. Mar. Biol., 23: 121-127.
- Haywood, G.P. 1975. Indications of Sodium, Chloride, and Water Exchange Across the Gills of the Striped Dogfish *Poroderma africanum*. Mar. Biol. (Berlin), 29: 267-276.
- Kansas Department of Health and Environment. 2011. Water Quality Standards White Paper: Chlorophyll-a Criteria for Public Water Supply Lakes or Reservoirs. Kansas Department of Health and Environment, Bureau of Water. 12 pp.
- Lalli, Carol M. and T. R. Parsons. 1997. Biological Oceanography an Introduction. University of British Columbia, Vancouver, Canada. Elsevier Butterworth Heinemann. 337 pp.

- RMBEL. 2017. Chlorophyll-a-RMBEL. <http://rmbel.info/chlorophyll-a/>.
- SciMath. 2017. สารเคมีในสิ่งมีชีวิต. <http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/display?categoryid=15>
- Steele, J. H. and I. E. Baird. 1961. Relations Between Primary Production, Chlorophyll and Particulate Carbon. *Limnology and Oceanography*, 6(1): 68-78.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. 1st Edition Fisheries Research Board of Canada, Bulletin No. 167, Ottawa, 310 pp.
- Tait, R.V. 1981. Elements of Marine Ecology: An Introductory Course. 3rd Edition. Butterworths, London. 356 pp.
- Tchobanoglous, G., F. L. Burton and H. D. Stensel. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill Education. Singapore. 1819pp.
- Tookwinas, S. 1999. Estimation of the Carrying Capacity for Marine Shrimp Farming Area at Kung Krabaen Bay. *Thai Marine Fishery Resource Bulletin* 7 December 1999): 17-25.
- Tookwinas, S. 2001. The Mitigation Measures for the Impacts of Marine Shrimp Farming on Coastal Environment; A Case Study at Kung Krabaen Bay, Eastern Thailand. Doctoral Thesis. Hiroshima University. Japan. 142 pp.
- Wang, B. and Z. Wang. 2011. Long-Term Variations in Chlorophyll *a* and Primary Productivity in Jiaozhou Bay, China. *Journal of Marine Biology*, Hindawi Publishing Corporation. 7pp.
- Wikipedia. 2017. Total organic carbon. https://en.wikipedia.org/wiki/Total_organic_carbon

ประวัติและผลงานวิจัยที่สำคัญของนักวิจัยและคณะ

1. นางสาวเพ็ญแข คุณาวงค์เดช (MissPhenkae Kunawongdet)

1.1 ตำแหน่งทางวิชาการ นักวิชาการประมง..... ระดับ ชำนาญการ

1.2 ประวัติการศึกษา

ปีที่สำเร็จการศึกษา	ระดับ	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา
2545	ปริญญาโท	Aquaculture and Aquatic Resources Management (Integrated Coastal Zone Management)	Asian Institute of Technology; AIT
2542	ประกาศนียบัตร	Integrated Coastal Zone Management	Carl Duisberg Gesellschaft, Germany
2540	Diploma	Integrated Rural Regional Development Planning	Development Study Center, Rehovot; Israel
2534	ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์ (วาริชศาสตร์)	ม.บูรพา

1.3 ประวัติการทำงานและการวิจัย

ทำงานเป็นนักวิชาการประมง ด้านสิ่งแวดล้อมและการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ประมาณ 25 ปี นับตั้งแต่เริ่มบรรจุเป็นข้าราชการกรมประมง โดยมีผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่แล้วจำนวน 10 เรื่อง (หัวหน้าโครงการวิจัย 7 เรื่อง ผู้ดำเนินการวิจัย 2 เรื่อง และผู้ร่วมวิจัย 1 เรื่อง)

- เพ็ญแข คุณาวงค์เดช, วิเชียร สาคเรศ และ สุภิษา เมืองสาคร. 2538. การทดลองเลี้ยงหอยโข่งทะเลชนิด *Halotis asinina* ด้วยสาหร่าย 3 ชนิด. รายงานวิชาการฉบับที่ 39/2538. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน จันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง. 31 หน้า. (แหล่งทุน: วช ผ่าน กปม)
- วิเชียร สาคเรศ, เพ็ญแข คุณาวงค์เดช และ สาคร เมืองสาคร. 2538. การอนุบาลลูกปลากระรัง *Epinephelus malabaricus* ขนาดนิ้วด้วยอาหารเม็ดที่เสริมไขมัน 2 ระดับ. รายงานวิชาการฉบับที่ 39/2538. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน จันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง. 20 หน้า. (แหล่งทุน: วช ผ่าน กปม)
- เพ็ญแข คุณาวงค์เดช, วิเชียร สาคเรศ, สุภิษา แก้วมานพ และ สาคร มากท่า. 2548. การทดลองเลี้ยงหอยเป่าฮื้อ (*Halotis asinina* Linnaeus, 1758) ที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน โดยเปลี่ยนน้ำสัปดาห์ละครั้ง. รายงานวิชาการฉบับที่ 13/2548. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 16 หน้า. (แหล่งทุน: วช ผ่าน กปม)

- **เพ็ญแข คุณาวงค์เดช**, วิเชียร สาครเศศ, พิศมัย สมสืบ และ สุภิษา แก้วมานพ. 2548. เปรียบเทียบการเลี้ยงหอยเป่าฮื้อ (*Haliotis asinina* Linnaeus, 1758) ด้วยสาหร่ายสด สาหร่ายแห้ง และอาหารผสมอัดเม็ด. รายงานวิชาการฉบับที่ 14/2548. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 17 หน้า. (แหล่งทุน: วช ผ่าน กปม)
- **เพ็ญแข คุณาวงค์เดช**. 2548. การเลี้ยงหอยเป่าฮื้อ (*Haliotis asinina* Linnaeus, 1758) ในน้ำที่มีการเปลี่ยนถ่ายและไม่เปลี่ยนถ่าย. รายงานวิชาการฉบับที่ 25/2548. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 25 หน้า. (แหล่งทุน: วช ผ่าน กปม)
- นพดล คำชาย, **เพ็ญแข คุณาวงค์เดช*** และ สราวุธ ศิริวงศ์. 2551. ผลของความเค็ม และระยะเวลาเลี้ยงต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Nees) และอัตราการลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำ. รายงานวิชาการฉบับที่ 67/2551. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จันทบุรี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 28 หน้า. (แหล่งทุน: ไม่ของบประมาณ)
- **เพ็ญแข คุณาวงค์เดช**, นพดล คำชาย และ ชิดารัตน์ น้อยรักษา. 2552. ผลของความเค็ม และระยะเวลาเลี้ยงต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Nees) และอัตราการลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำ. รายงานวิชาการฉบับที่ 10/2552. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จันทบุรี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 25 หน้า. (แหล่งทุน: วช ผ่าน กปม)
- **เพ็ญแข คุณาวงค์เดช** ประจวบ ลีรักษาเกียรติ และ กัญญารัตน์ สุนทรธา. 2560. ผลของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่าวคุ้งกระเบน ระหว่างปี 2555-2557. หน้า 55-69 ใน: กรมประมง. 2560. รายงานการประชุมวิชาการประมงประจำปี 2560. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (08) 55-69. (แหล่งทุน: สำนักงาน กปร.)
- ประจวบ ลีรักษาเกียรติ และ **เพ็ญแข คุณาวงค์เดช***. 2561. ผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบชลประทานน้ำเค็มต่อปริมาณตะกอนในอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ระหว่างปี 2555-2557. ใน: กรมประมง. 2561. รายงานการประชุมวิชาการประมงประจำปี 2561. กลุ่มบริหารงานวิจัย กองแผนงาน กรมประมง เอกสารฉบับที่ 6/2561: (015) 54-64. (แหล่งทุน: สำนักงาน กปร.)
- **Kunawongdet, P.**. 2002. Seawater Irrigation Management for Shrimp Culture in Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province. Thesis (M.Sc.) no.AQ-02-35. Asian Institute of Technology. Thailand. 135 pp. (แหล่งทุน: รัฐบาลประเทศเดนมาร์ก; DANIDA)

1.4 ประสบการณ์หรือความเชี่ยวชาญพิเศษ

มีประสบการณ์ชำนาญด้านการจัดการระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (หอยเป่าฮื้อ และสาหร่ายทะเล) การเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยใช้สาหร่ายทะเลบำบัดน้ำ และการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

1.5 สถานที่ทำงาน/ ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

ที่อยู่ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ...ต.คลองขุด อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี รหัสไปรษณีย์ 22120 โทรศัพท์ 039-433216-8 โทรสาร 039-4332109 E-mail k_phenkae@yahoo.com

2. นายประจวบ สิริรักษาเกียรติ (Mr.Prachuab Leeruksakiat)

2.1 ตำแหน่ง บริหาร ผู้อำนวยการศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ตำแหน่งทางวิชาการ นักวิชาการประมง.....ระดับชำนาญการพิเศษ

2.2 ประวัติการศึกษา

ปีที่สำเร็จการศึกษา	ระดับ	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา
2536	ปริญญาโท	Natural Resources Management	Asian Institute of Technology; AIT
2527	ปริญญาตรี	ประมง (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)	ม.เกษตรศาสตร์

2.3 ประวัติการทำงานและการวิจัย

- การศึกษาการبيبตากุ้งกุลาดำในน้ำเค็มผสมระบบปิด พ.ศ. 2528
- การศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งทะเลต่อคุณสมบัติน้ำบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน พ.ศ. 2532
- การสาธิตการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน พ.ศ. 2532
- การศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อคุณสมบัติน้ำบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน พ.ศ. 2534
- การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเมินพื้นที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำและป่าชายเลนจังหวัดจันทบุรี พ.ศ. 2536 – 2537
- การคัดเลือกการปลูกป่าชายเลนและการเลี้ยงกุ้งทะเลในจังหวัดจันทบุรี โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พ.ศ. 2536 – 2537
- การสำรวจและการจัดทำสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำและป่าชายเลนจังหวัดตราด พ.ศ. 2538
- การสำรวจและการจัดทำสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำและป่าชายเลนจังหวัดระยอง พ.ศ. 2538
- การสำรวจและการจัดทำสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำและป่าชายเลนจังหวัดชลบุรีและจังหวัดฉะเชิงเทรา พ.ศ. 2539
- การประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งทะเลและพื้นที่ปลูกป่าชายเลนจังหวัดตราด โดยสารสนเทศภูมิศาสตร์ พ.ศ.2540
- การจัดทำฐานข้อมูลทรัพยากรประมงจังหวัดจันทบุรีด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พ.ศ. 2541
- การจัดทำข้อมูลทรัพยากรชายฝั่งศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ จังหวัดจันทบุรีด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พ.ศ. 2542
- การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ จังหวัดจันทบุรีด้วยภาพถ่ายดาวเทียม พ.ศ. 2543

- การประเมินพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเลและป่าชายเลนภาคตะวันออก
ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พ.ศ. 2543
- การเลี้ยงปลากะพงขาวผสมผสานกับการฟื้นฟูป่าชายเลน พ.ศ. 2543
- การศึกษาคุณภาพน้ำคลองรำพันเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ พ.ศ. 2544
- ชนิด ปริมาณ แบคทีเรียและแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำธรรมชาติเจ้าหลาว แหลมเสด็จ
และคู้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี พ.ศ. 2560
- การจำแนกและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินศูนย์ศึกษาการพัฒนา
อ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พ.ศ. 2560

2.4 ประสบการณ์หรือความเชี่ยวชาญพิเศษ

-

2.5 สถานที่ทำงาน/ ที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

ที่อยู่ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ต.คลองขุด อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี
รหัสไปรษณีย์ 22120 โทรศัพท์ 039-433216-8 โทรสาร 039-4332109
E-mail prachuab_lee@yahoo.com

3. นางกัญญารัตน์ สุนทร (Mrs.Kunyarut Suntara)

3.1 ตำแหน่งทางวิชาการ นักวิชาการประมง.....ระดับชำนาญการ

3.2 ประวัติการศึกษา

ปีที่สำเร็จการศึกษา	ระดับ	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา
2541	ปริญญาตรี	ประมง (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)	ม.แม่โจ้

1.3 ประวัติการทำงานและการวิจัย

ลำดับ	ชื่อเรื่อง	ปีที่พิมพ์	สถานภาพ
1	คุณภาพน้ำปริมาณแบคทีเรียและแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำชายฝั่ง จังหวัดสมุทรสงคราม	2552	หัวหน้าโครงการ
2	การปนเปื้อนของยาต้านจุลชีพในสัตว์น้ำเศรษฐกิจบริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสงคราม	2552	หัวหน้าโครงการ
3	ประสิทธิภาพของสาหร่ายกลวง(<i>Solieria robusta</i> (Greville) Kylin) ในการยับยั้งและป้องกันเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวในกุ้งกุลาดำ (<i>Penaeus monodon</i> Fabricius, 1798)	2557	หัวหน้าโครงการ
4	การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียในการเพาะเลี้ยงไรน้ำเค็ม (<i>Artemia salina</i> Linnaeus, 1778) และไรน้ำกร่อย (<i>Diaphanosoma</i> sp.) ด้วยน้ำหมักสารอินทรีย์	2557	หัวหน้าโครงการ

1.4 ประสบการณ์หรือความเชี่ยวชาญพิเศษ

เชี่ยวชาญทางด้านงานตรวจวิเคราะห์ทางเคมีและจุลชีววิทยา ประมาณ 15 ปี และงานวิจัยที่ขยายผลสู่เกษตรกร ประมาณ 10 ปี

1.5 สถานที่ทำงาน/ ที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

ที่อยู่ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ...ต.คลองขุด อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี รหัสไปรษณีย์ 22120 โทรศัพท์ 039-433216-8 โทรสาร 039-4332109

E-mail kunyarut2007@yahoo.co.th