

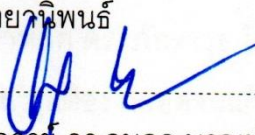
ฟลักซ์ของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยที่
บริเวณปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด ปี พ.ศ. 2561

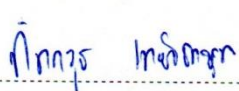
เบญจมาศ มีทรัพย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวาริชศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กุมภาพันธ์ 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

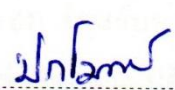
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ เบญจมาศ มีทรัพย์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดาร
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้


คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

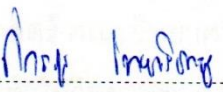

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุกูล บูรณประทีปรัตน์)

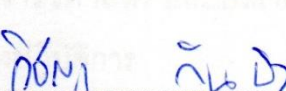

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. ภัทรารัฐ ไทยพิชิตบูรพา)

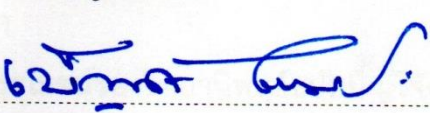
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ ไศจิตฺกร)



..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุกูล บูรณประทีปรัตน์)


..... กรรมการ
(ดร. ภัทรารัฐ ไทยพิชิตบูรพา)


..... กรรมการ
(ดร.วิษญา กั้นบัว)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เบญจมาศ จันทะภา ไพบูลย์กิจกุล)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 15 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุกุล บุญประทีปรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร. ภัทรารุช ไทยพิชิตบุรพา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความกรุณาคำปรึกษาแนะแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณนายศุภวัตร กาญจนอติเรกลาภ ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิจัยทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศทางทะเล และชายฝั่ง นางสุธิดา กาญจนอติเรกลาภ นักวิชาการประมงชำนาญการกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง และทีมศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก สำหรับอุปการณ และความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณนายธนิต แสงวิสุทธิ หัวหน้าสำนักงานทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่ 1 ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 1 (ตราด) ที่ให้ความอนุเคราะห์ที่พัก และนายมานพ ศิลาอาสน์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณทีมสมุทรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาดาราศาสตร์ และบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับอุปการณ และห้องปฏิบัติการ

ขอบคุณพระคุณบิดา มารดา และน้องสาว เพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และกำลังใจเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตเวทิตาแด่บุพการีบูรพาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาตราบนานเท่านานนี้

เบญจมาศ มีทรัพย์

58910074: สาขาวิชา: วาริชศาสตร์; วท.ม. (วาริชศาสตร์)

คำสำคัญ: ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ/ ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอย/คุณภาพน้ำ/
แม่น้ำตราด

เบญจมาศ มีทรัพย์:ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยที่บริเวณปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด ปี พ.ศ. 2561(FLUXES OF DISSOLVED INORGANIC NUTRIENTS AND SUSPENDED SEDIMENT AT TRAT RIVER MOUTH, TRAT PROVINCE IN 2018) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: อนุกุล บุรณประทีปรัตน์, Ph.D., ภัทรารุณ ไทยพิชิตบุรพา, Ph.D. 94 หน้า. ปี พ.ศ. 2564.

งานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราด จำนวน 6 ครั้งในปี พ.ศ. 2561โดยมีการสำรวจภาคสนามด้วยเครื่องมือต่างๆ ผลการศึกษาพบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำและฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ (แอมโมเนีย, ไนโตรเจน, ไนเตรต, ฟอสเฟต และซิลิเกต) ในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน, มิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม มีทิศทางไหลจากแม่น้ำออกสู่ทะเล ต่างจากเดือนธันวาคมที่ฟลักซ์สุทธิของน้ำและฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ (ยกเว้นแอมโมเนีย)มีทิศทางการไหลจากทะเลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ส่วนฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยพบว่ามีทิศทางการไหลจากทะเลเข้าสู่ปากแม่น้ำในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน และธันวาคม มีทิศทางไหลจากแม่น้ำออกสู่ทะเลในเดือน มิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม ปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำท่า (ยกเว้นฟอสเฟตและตะกอนแขวนลอย) โดยมีค่าฟลักซ์สุทธิของน้ำ, แอมโมเนีย, ไนโตรเจน, ไนเตรต, ฟอสเฟต, ซิลิเกต และตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 5.81×10^6 m³/day, 985.52 Kg N/day, 26.57 Kg N/day, 1,205.42 Kg N/day, 128.15 Kg P/day, 17,845.25 Kg Si/day และ 128.98 ton/day ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับปริมาณฟลักซ์ของแม่น้ำตราดในปี พ.ศ. 2556พบว่าปริมาณฟลักซ์ของสารอาหารส่วนใหญ่ที่ไหลออกสู่ทะเลมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะ แอมโมเนีย, ฟอสเฟต และซิลิเกตโดยเพิ่มขึ้นทั้งในช่วงฤดูน้ำน้อยและฤดูน้ำมาก แต่ฟลักซ์ของไนโตรเจนและไนเตรตที่ไหลออกสู่ทะเลมีปริมาณเพิ่มขึ้นเฉพาะช่วงฤดูน้ำน้อย ทั้งนี้จากการประเมินคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำตราดพบว่าเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คือ คุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรกรรม

58910074: MAJOR: AQUATIC SCIENCE; M.Sc. (AQUATIC SCIENCE)

KEYWORDS: FLUXES OF DISSOLVED NUTRIENTS/ FLUXES OF SUSPENDED
SEDIMENT/ WATER QUALITY/ THE TRAT ESTUARY

BENJAMAS MEESUP: FLUXES OF DISSOLVED INORGANIC NUTRIENTS AND
SUSPENDED SEDIMENT AT TRAT RIVER MOUTH, TRAT PROVINCE IN 2018.

ADVISORY COMMITTEE: ANUKUL BURANAPRATHEPRAT, Ph.D., PATRAWUT
THAIPICHITBURAPA, Ph.D. 94 P. 2021.

This research aims to study fluxes of dissolved inorganic nutrients and suspended sediment at the Trat River mouth for 6 times of the year 2018. The results showed that the net fluxes of water and dissolved inorganic nutrients (ammonia, nitrite, nitrate, phosphate and silicate) in February, April, June, August and October were directed seaward except in December that the net fluxes of water and dissolved inorganic nutrients (except ammonia) were directed riverward. Suspended sediment fluxes in February, April and December were directed riverward while those in June, August and October were directed seaward. All dissolved inorganic nutrient concentrations (except phosphate and suspended sediment) increase proportionally to the amount of discharge. The annual average of the net fluxes of water, dissolved inorganic, nitrite, nitrate, phosphate, silicate and suspended sediment were 5.81×10^6 m³/day, 985.52 Kg N/day, 26.57 Kg N/day, 1,205.42 Kg N/day, 128.15 Kg P/day, 17,845.25 Kg Si/day and 128.98 ton/day, respectively. Compared with data in 2013, fluxes of all nutrients showed increasing trend during both dry and wet seasons, just fluxes of nitrite and nitrate showed increasing trend only in dry season. All fluxes were directed seaward. Water qualities of the Trat river was evaluated within the standard as surface water classification type 3 (water quality for agriculture).

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
บทที่	
1 บทนำ	
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์.....	2
สมมติฐาน.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ขอบเขตการศึกษา	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ที่ศึกษา	4
สภาพภูมิประเทศ.....	4
แหล่งกำเนิดมลสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำ	9
การศึกษาคุณภาพน้ำ.....	10
ธาตุอาหาร	13
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
แผนงานการวิจัย.....	26
พื้นที่ศึกษาวิจัย	26
การตรวจวัดกระแสน้ำ และความเข้มข้นของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ	28
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	31
ระยะเวลาในการศึกษาวิจัย.....	31

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการศึกษา	32
การศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณแม่น้ำตราด และทะเล	33
การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย บริเวณปากแม่น้ำตราด	40
5 อภิปรายผล และสรุปผล	60
การศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณแม่น้ำตราด และทะเล.....	60
การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย บริเวณปากแม่น้ำตราด	65
สรุปผลการศึกษา	73
ข้อเสนอแนะ	75
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวก.....	82
ภาคผนวก ก	83
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	94

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1	
พิกัดของสถานีที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำใน บริเวณแม่น้ำตราดจนถึงร่องปากแม่น้ำตราดบริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด.....	27
3-2	
พารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่ทำการศึกษา และวิธีวิเคราะห์.....	30
3-3	
แสดงช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง	31
4-1	
ฟลักซ์ของน้ำ สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย เฉลี่ยในวัฏจักรน้ำขึ้น – น้ำลง (25 ชั่วโมง) บริเวณปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด.....	55
5-1	
ฟลักซ์ของน้ำ สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยในวัฏจักร น้ำขึ้น – น้ำลง (25 ชั่วโมง) บริเวณปากแม่น้ำตราด และแม่น้ำในภาคตะวันออก ตามฤดูกาล	69

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 แผนที่แสดงสภาพการใช้ที่ดิน จังหวัดตราด ปี พ.ศ. 2559.....	5
2-2 ทิศทางลมมรสุมที่พัดปกคลุมประเทศไทย	6
2-3 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี พ.ศ. 2529 – 2559.....	7
2-4 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน ปี พ.ศ. 2513 – 2559	7
2-5 แผนผังแสดงการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ไนโตรเจนในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ให้เป็นสารอินทรีย์ในรูปที่ละลายน้ำ	14
2-6 วัฏจักรของไนโตรเจน	16
2-7 วัฏจักรของฟอสฟอรัส	18
2-8 วัฏจักรซิลิเกตในทะเล	20
3-1 ขอบเขตการวิจัยที่ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลพื้นที่ภายในแม่น้ำตราด จนถึงร่องแม่น้ำตราดบริเวณอ่าวตราด	26
3-2 แผนที่สถานีที่ทำการศึกษา และเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในบริเวณแม่น้ำ ตราดจนถึงร่องปากแม่น้ำตราดบริเวณอ่าวตราดจังหวัดตราด	27
3-3 แผนที่สถานีที่ทำการวัดฟลักซ์ และเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำบริเวณปาก แม่น้ำตราด จังหวัดตราด	29
4-1 ปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยรายเดือนสถานีตราดจังหวัดตราด.....	33
4-2 คุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณแม่น้ำตราด และทะเล	38
4-3 ความเข้มข้นของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย บริเวณแม่น้ำตราด และทะเล	39
4-4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทั่วไป และตะกอนแขวนลอยบริเวณปาก แม่น้ำตราด ในแต่ละเดือน พ.ศ. 2561	44
4-5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอินทรีย์ละลายน้ำ บริเวณปาก แม่น้ำตราด ในแต่ละเดือน พ.ศ. 2561	45

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-6	
ฟลักซ์ของน้ำ และมาตราน้ำของกรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ สถานีแหลมฉบัง จังหวัดตราด ในรอบวัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561.....	52
4-7	
ฟลักซ์สุทธิของน้ำและคลอโรฟิลล์ เอตามเวลาในรอบวัฏจักรของน้ำใน ปี พ.ศ. 2561	53
4-8	
ฟลักซ์ของน้ำและความเข้มข้นของแอมโมเนียละลายน้ำตามเวลาในรอบ วัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561.....	54
4-9	
ฟลักซ์ของน้ำและความเข้มข้นของไนไตรท์ละลายน้ำตามเวลาในรอบ วัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561.....	55
4-10	
ฟลักซ์ของน้ำและความเข้มข้นของไนเตรทละลายน้ำตามเวลาในรอบ วัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561.....	56
4-11	
ฟลักซ์ของน้ำและความเข้มข้นของฟอสเฟตละลายน้ำตามเวลาในรอบ วัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561.....	57
4-12	
ฟลักซ์ของน้ำและความเข้มข้นของซิลิเกตละลายน้ำตามเวลาในรอบ วัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ.2561.....	58
4-13	
ฟลักซ์ของน้ำและปริมาณตะกอนแขวนลอยตามเวลาในรอบวัฏจักร ของน้ำในปี พ.ศ. 2561	59
5-1	
อัตราส่วนของธาตุอาหาร N:P mole ratio ตั้งแต่สถานีแม่น้ำจนถึงสถานีทะเล บริเวณแม่น้ำตราดในปี พ.ศ. 2561	64
5-2	
อัตราส่วนของธาตุอาหาร Si:P mole ratio ตั้งแต่สถานีแม่น้ำจนถึงสถานีทะเล บริเวณแม่น้ำตราดในปี พ.ศ. 2561	64
5-3	
เปรียบเทียบฟลักซ์ของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอย บริเวณปากแม่น้ำตราด ในปี พ.ศ. 2556และปี พ.ศ. 2561.....	70

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

แม่น้ำตราดเป็นแม่น้ำสายสำคัญที่อยู่บนพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของจังหวัดตราด มีต้นน้ำกำเนิดแม่น้ำจากทิวเขาบรรทัดทางตอนเหนือไหลมาตามคลองแ่ง และคลองสะตอไหลผ่านอำเภอบ่อไร่ อำเภอเขาสมิง ก่อนบรรจบกันเป็นแม่น้ำตราดบริเวณปากคลองห้วยแร้ง ตำบลห้วยแร้ง อำเภอเมือง และออกสู่ทะเลอ่าวไทยบริเวณตำบลหนองคันทรง อำเภอเมือง มีความยาวของแม่น้ำประมาณ 15 กิโลเมตร และมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 1,550 ตารางกิโลเมตร (สุธิดา กาญจติเรกลาภ และคณะ, 2559) ลักษณะภูมิประเทศบริเวณต้นน้ำเป็นที่ราบภูเขากระจายอยู่บริเวณต่าง ๆ มีการทำเกษตรกรรมที่สำคัญ ได้แก่ สับปะรด และยางพารา เป็นต้น ตอนกลางเป็นพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำมีการทำนาข้าว ปาล์มน้ำมัน และปศุสัตว์ รวมถึงเป็นเขตที่อยู่อาศัยและแหล่งชุมชนหนาแน่น ส่วนตอนล่างของแม่น้ำเป็นที่ราบต่ำชายฝั่งทะเลที่มีพื้นที่ป่าชายเลนเป็นหลัก โดยพื้นที่ป่าชายเลนมีความหนาแน่นคิดเป็นร้อยละ 18.04 ของพื้นที่ป่าทั้งหมดในจังหวัดตราดเป็นแหล่งอาหาร แหล่งอนุบาล และที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561)

ปัจจุบันได้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่จากป่าชายเลนเป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ เพาะเลี้ยงกุ้งและสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ เช่น หอยแครง, หอยนางรม, หอยลาย และปลากะพง เป็นต้น (Trat Provincial Governor's Office, 2017) ของเสียที่เกิดจากการเพาะเลี้ยง และกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ รวมทั้งสารอาหารที่เกิดจากชะล้างส่งผลให้บริเวณปากแม่น้ำ และบริเวณชายฝั่งทะเลมีการสะสมของสารอาหารเป็นปริมาณมาก ซึ่งอาจทำให้เกิดกระบวนการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชให้มีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเกิดสภาวะการสะสมของแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton Bloom) หรือปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red Tide) บริเวณชายฝั่งใกล้เคียง โดยผลกระทบจากปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำลง หรือเกิดสภาวะขาดออกซิเจน ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ และสร้างความเสียหายให้กับระบบนิเวศ รวมถึงเกิดผลกระทบต่อการทำประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จากการสำรวจปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547– 2558

พบว่าเกิดขึ้นรวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง สร้างความเสียหายต่อพื้นที่เพาะเลี้ยงที่อยู่ใกล้เคียง รวมถึงสิ่งมีชีวิตในบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้บริเวณจังหวัดตราดยังเกิดปรากฏการณ์การสระพังของแมงกะพรุนหลากสีในช่วงปี พ.ศ. 2555 - 2560 (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2560) ซึ่งอาจมีความเชื่อมโยงกับปริมาณสารอาหาร แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีมากขึ้น

กระบวนการต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมีกิจกรรมของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตจะเป็นตัวนำพากลุ่มสารอาหารและตะกอนจากแผ่นดินลงสู่แม่น้ำ (มนูดี หังสพฤกษ์, 2532) มีลักษณะเป็นวัฏจักรสารอาหารหมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศซึ่งในท้ายที่สุดก็ต้องถูกส่งผ่านจากแม่น้ำออกสู่ทะเลทางปากแม่น้ำที่ตรวจวัดได้ในรูปแบบของค่าฟลักซ์ปริมาณฟลักซ์ของสารใด ๆ ที่แลกเปลี่ยนระหว่างแม่น้ำและทะเล จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในเอสทูรีบริเวณปากแม่น้ำซึ่งฟลักซ์สามารถประเมินได้จากผลคูณระหว่างความเร็วของกระแส น้ำ พื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำและปริมาณของสารนั้น ๆ จะช่วยให้ทราบถึงทิศทางของมวลน้ำและปริมาณสารนั้น ๆ ที่ไหลเข้าสู่แม่น้ำหรือไหลออกสู่ทะเลบริเวณปากแม่น้ำความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอย กับคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำตราดตามฤดูกาลในรอบปีจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ประเมินสภาวะแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศปากแม่น้ำป่าชายเลน และชายฝั่งทะเลในพื้นที่จังหวัดตราดและพื้นที่ใกล้เคียงต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราดตามช่วงฤดูกาลต่าง ๆ ในรอบปี
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์โดยใช้สถิติ Multivariate Analysis ระหว่างฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำทั่วไปในแม่น้ำตราดตามช่วงฤดูกาลต่าง ๆ ในรอบปี

สมมติฐาน

1. ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราดมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงฤดูกาล
2. ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณปากแม่น้ำตราด มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยกับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำของแม่น้ำตราดตามฤดูกาล
2. ได้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าและฟลักซ์สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราดตามฤดูกาล
3. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราดและผลการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารองรับกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะมีต่อไปในอนาคต

ขอบเขตการศึกษา

1. ดำเนินการตรวจวัดกระแสน้ำและเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยตามแนวพื้นที่หน้าตัดบริเวณปากแม่น้ำตราดตามวัฏจักรน้ำขึ้น น้ำลง เพื่อนำมาคำนวณค่าฟลักซ์ของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยจากปากแม่น้ำตราดที่ไหลลงสู่ทะเลในช่วงเวลาต่าง ๆ ในรอบปี ได้แก่ ช่วงฤดูน้ำมาก ช่วงฤดูแล้ง และช่วงที่เปลี่ยนฤดูกาล
2. ดำเนินการสำรวจ และเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ เช่น สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ คลอโรฟิลล์ และพารามิเตอร์คุณภาพน้ำพื้นฐานตามสถานีต่าง ๆ ในแม่น้ำตราด และปากแม่น้ำตราดในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับการตรวจวัดและประเมินฟลักซ์บริเวณปากแม่น้ำตราด เพื่อศึกษาแหล่งที่มาของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ กับตะกอนแขวนลอย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ที่ศึกษา

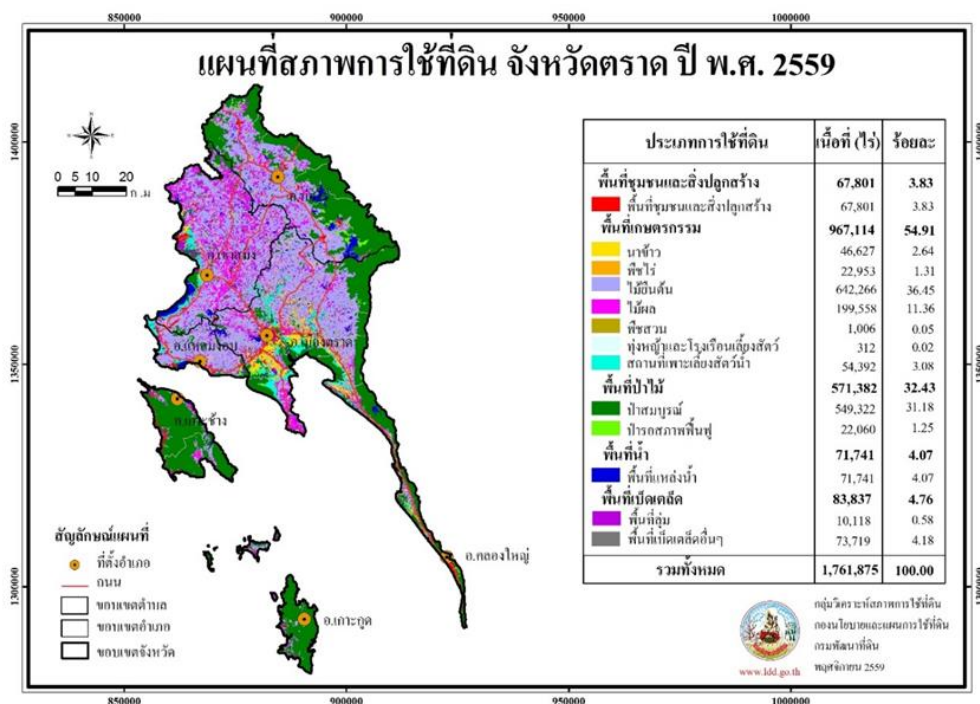
สภาพภูมิประเทศ

แม่น้ำตราดเป็นหนึ่งในแม่น้ำที่อยู่บนพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดตราด ลักษณะธรณีสัณฐานเป็นแม่น้ำสายสั้นมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,557 ตารางกิโลเมตร มีความยาวของลำน้ำประมาณ 15 กิโลเมตร (สุทธิดา กาญจน์อติเรกกลาก และคณะ, 2559) มีต้นน้ำจากทิวเขาจันทบุรี และทิวเขาบรรทัดไหลผ่านคลองสายต่าง ๆ มาบรรจบกันเกิดเป็นแม่น้ำตราดที่ปากคลองห้วยแร่ ตำบลห้วยแร่ ปากแม่น้ำตราดจะอยู่ในบริเวณตำบลหนองคันทอง อำเภอเมือง จังหวัดตราด (ชลพรรษ ดวงนภา, 2553) ทรัพยากรป่าชายเลนที่ปกคลุมกันอย่างหนาแน่นบริเวณตอนล่างของปากแม่น้ำมีความหลากหลายทางชีวภาพและมีความอุดมสมบูรณ์สูง และเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำชายฝั่งที่สำคัญของพื้นที่ซึ่งมีพื้นที่ที่ยังคงสภาพป่าชายเลนโดยประมาณอยู่ที่ 50,826.1 ไร่ของอำเภอเมืองตราด (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2553) บริเวณที่ราบลุ่มปากแม่น้ำตราดมีลักษณะเป็นอ่าวที่ตื้นเขินเนื่องจากการสะสมของตะกอนที่ถูกชะล้างจากแผ่นดิน

มีอาณาเขต	ทิศเหนือ	ติดอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี
	ทิศใต้	ติดอ่าวไทย และน่านน้ำประเทศกัมพูชา
	ทิศตะวันออก	ติดประเทศกัมพูชา
	ทิศตะวันตก	ติดอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี

แม่น้ำตราดถือว่าเป็นแหล่งน้ำหลักที่ใช้ในการอุปโภค บริโภค และมีความสำคัญต่อการดำรงชีพของคนในชุมชนตั้งแต่อดีต ถึงปัจจุบัน อีกทั้งยังเป็นแหล่งรองรับน้ำเสีย ขยะมูลฝอย และสิ่งปฏิกูลของชุมชนจากกิจกรรมต่าง ๆ สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดตราดที่ครอบคลุมพื้นที่แม่น้ำตราดยังคงมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากแผนที่สภาพการใช้ที่ดิน จังหวัดตราด พ.ศ. 2559 (ภาพที่ 2-1) พบว่ามีการใช้ประโยชน์ที่ดินในด้านการเกษตรกรรมมากที่สุด (54.91%) แบ่งออกเป็น พื้นที่นา (2.64%), พืชไร่ (1.31%), ไม้ยืนต้น(36.45%), ไม้ผล(11.36%), พืชสวน (0.05%), โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ (0.02%) และสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (3.08%) ยังมีด้านอื่น ๆ อีก

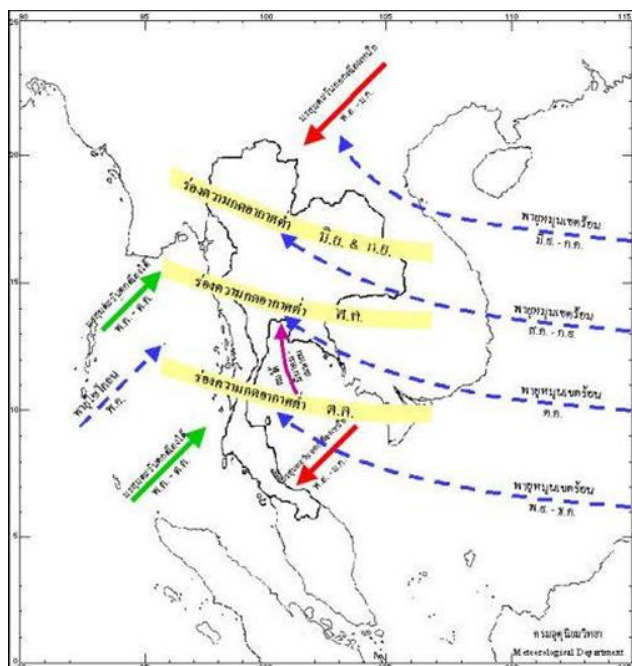
ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ (32.43%), พื้นที่น้ำ (4%), พื้นที่ชุมชน (3.83%) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (4.76%) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559)



ภาพที่ 2-1 แผนที่แสดงสภาพการใช้ที่ดิน จังหวัดตราด ปี พ.ศ. 2559 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559)

ลักษณะสภาพภูมิอากาศ

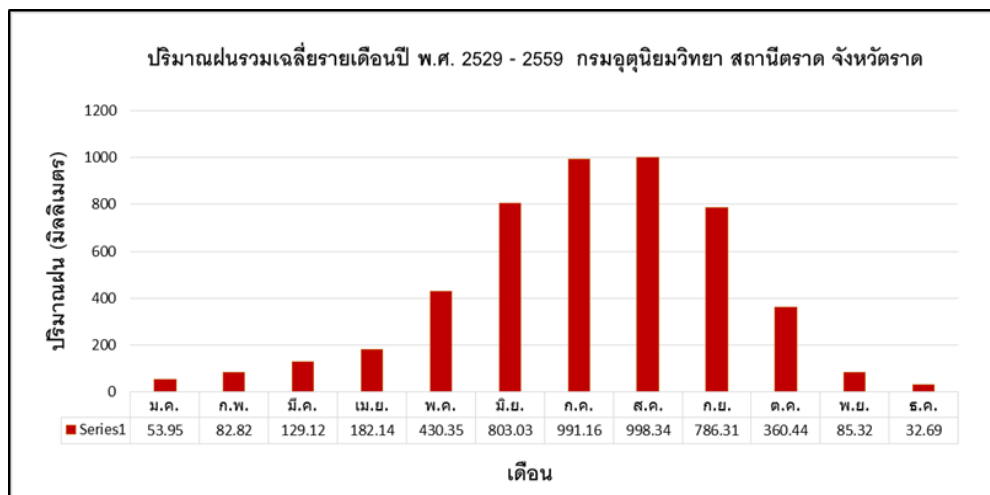
จังหวัดตราดมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีฝนตกชุกเกือบตลอดปี เนื่องจากได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ มีแนวเทือกเขาบรรทัดเป็นแนวปะทะ อีกทั้งยังต้านลมพายุที่พัดมาจากด้านทิศตะวันออก จึงทำให้มีฝนตกหนัก เพราะจะพัดพาเอาความชื้นจากทะเลอันดามันและอ่าวไทยเข้ามาในพื้นที่โดยเริ่มประมาณเดือนพฤษภาคม และสิ้นสุดประมาณกลางเดือนตุลาคม และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะพัดเอาความกดอากาศต่ำจากประเทศจีนเข้ามา ทำให้อากาศแห้งและเย็นจะเริ่มประมาณเดือนพฤศจิกายนและสิ้นสุดเดือนกุมภาพันธ์ ช่วงรอยต่อระหว่างมรสุมทั้งสอง ได้แก่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม สภาพอากาศที่แปรเปลี่ยนทิศทางของลมจึงไม่แน่นอน(ภาพที่ 2-2) (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2553)



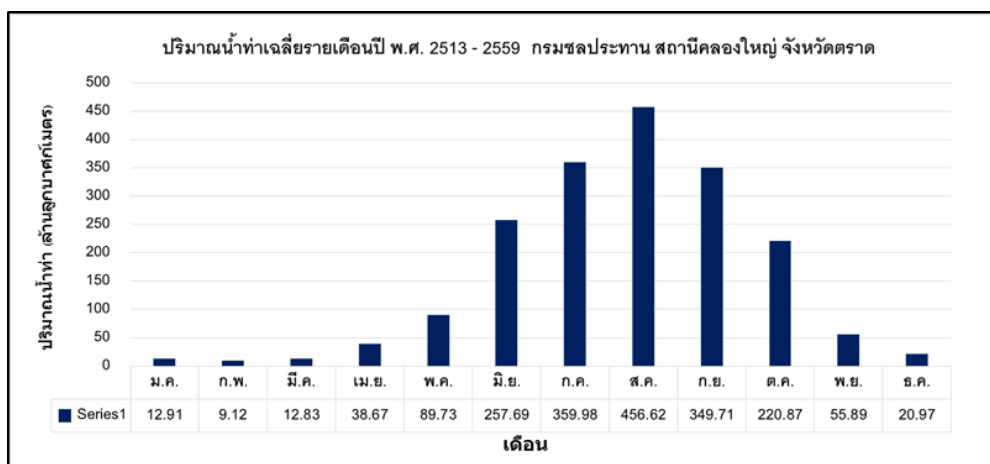
ภาพที่ 2-2 ทิศทางลมมรสุมที่พัดปกคลุมประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.)

ปริมาณน้ำท่าและลักษณะของแม่น้ำตราด

แม่น้ำตราดถือเป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพ ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค ให้เพียงพอต่อการใช้ประโยชน์คือการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสม จากกราฟปริมาณน้ำฝน (ภาพที่ 2-3) และปริมาณน้ำท่า (ภาพที่ 2-4) จะเห็นว่าแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยปริมาณน้ำฝนมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม และต่ำสุดในเดือนธันวาคม ส่วนปริมาณน้ำท่ามีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ในช่วงฤดูแล้งชุมชนมักประสบปัญหาขาดแคลนน้ำในการอุปโภค บริโภค เนื่องจากปริมาณฝนที่ตกลงมาน้อยและแม่น้ำตราดไม่มีแหล่งกักเก็บน้ำสำรอง ส่วนในฤดูน้ำมากพบว่าน้ำจืดที่ไหลลงสู่ปากแม่น้ำมีผลกระทบต่อทะเลสาบเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะการเลี้ยงหอย เนื่องจากความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีค่าต่ำลง จากผลการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ปี 2557 พบว่าปากแม่น้ำตราดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งระดับพอใช้ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2560)



ภาพที่ 2-3 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี พ.ศ. 2529 – 2559 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560)



ภาพที่ 2-4 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน ปี พ.ศ. 2513 – 2559 (กรมชลประทาน, 2560)

ฟลักซ์ (Fluxes) คือ การวัดปริมาณที่ถูกส่งผ่านต่อหน่วยเวลาของสารต่าง ๆ ที่แม่น้ำ นำพาออกสู่ทะเล (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532) การศึกษาปริมาณฟลักซ์ของสารใด ๆ ที่แลกเปลี่ยนระหว่างแม่น้ำและทะเล จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในเอสทูรีบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งปริมาณฟลักซ์ของสารใด ๆ ที่แลกเปลี่ยนระหว่างแม่น้ำและทะเล จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในเอสทูรีบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งฟลักซ์สามารถประเมินได้จากผลคูณระหว่างความเร็วของกระแสน้ำ พื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำ และปริมาณของสารนั้น ๆ จะช่วยให้ทราบถึงทิศทางของมวลน้ำและปริมาณสารนั้น ๆ ที่ไหลเข้าสู่แม่น้ำหรือไหลออกสู่ทะเลบริเวณปากแม่น้ำ เมื่อเปรียบเทียบค่าฟลักซ์ของแม่น้ำตราดกับแม่น้ำอื่น ๆ (ตารางที่ 2-1) พบว่าปริมาณฟลักซ์สุทธิของ

น้ำในแม่น้ำตราดช่วงฤดูแล้งมีทิศทางต่างจากแม่น้ำอื่น โดยมีทิศทางไหลเข้าสู่แม่น้ำอาจเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำขึ้น น้ำลง ทำให้เกิดการแบ่งชั้นของน้ำ น้ำชั้นล่างเกิดการแทรกสอดเข้าโดยน้ำเค็มซึ่งมีอิทธิพลมากกว่าน้ำจืดจากแผ่นดินที่ไหลลงมา เช่นเดียวกับฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอย และฟลักซ์สุทธิของฟอสเฟต และซิลิเกต ที่มีทิศทางสอดคล้องกับฟลักซ์สุทธิของน้ำ ต่างจากฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนีย ไนโตรท์ และไนเตรท ที่มีทิศทางไหลออกสู่ทะเล ส่วนในฤดูน้ำมากพบว่าทุกแม่น้ำมีฟลักซ์สุทธิของน้ำตะกอนแขวนลอย และสารอาหารที่มีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งหมดอาจจะเกิดจากการชะล้างแผ่นดินโดยฝน และปริมาณฟลักซ์ทั้งสองฤดูกาลมีความแปรผันตามช่วงฤดูกาลคือมีค่าสูงในช่วงฤดูน้ำมากและมีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นเช่นเดียวกัน (สุธิดา กาญจนอติเรกลาภ และคณะ, 2559)

ตารางที่ 2-1 ปริมาณฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำต่าง ๆ

River Mouth	Area	Seasons	Fluxes average					
			Water	Suspended sediment	Ammonia	Nitrite+Nitrate	Phosphate	Silicate
	m ²		10 ⁶ m ³ /day	ton/day	Kg N/day	Kg N/day	Kg P/day	Kg Si/day
Prasae ^{1,2}	1,500	Dry	+2.60	+103.66	+258.11	+218.92	+94.71	+2,209.12
		Wet	+0.43	+63.21	+201.98	+437.28	+101.31	+8,195.15
Rayong ³	224	Dry	+0.15	+27.73	+137.32	-39.03	+70.29	+1,719.11
		Wet	+1.57	+60.68	+321.12	+969.02	+107.91	+17,362.61
Chanthaburi ⁴	1,593	Dry	+14.26	+687.51	+1,044.05	+192.31	+85.92	+6,194.80
		Wet	+31.97	+623.86	+1,341.01	+7,903.48	+357.71	+170,008.69
Trat ⁵	1,557	Dry	-2.56	-52.19	+1.70	+16.82	-0.06	-49.80
		Wet	+30.56	+1,524.88	+597.09	+5,000.15	+164.71	+76,008.31

หมายเหตุ – หมายถึงทิศทางฟลักซ์เข้าสู่ปากแม่น้ำ

+ หมายถึงทิศทางฟลักซ์ไหลออกสู่ทะเล

ที่มา ¹อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และคณะ (2556ก)

²อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และคณะ (2556ข)

³สุธิดา กาญจนอติเรกลาภ และคณะ (2558ก)

⁴สุธิดา กาญจนอติเรกลาภ และคณะ (2558ข)

⁵สุธิดา กาญจนอติเรกลาภ และคณะ (2559)

แหล่งกำเนิดมลสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำ

โดยธรรมชาติน้ำมีคุณสมบัติที่เอื้อประโยชน์ต่อกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ แต่ปัจจุบันการใช้ประโยชน์ที่ดินหลากหลายประเภทในพื้นที่ลุ่มน้ำกลายเป็นแหล่งกำเนิดมลสารปนเปื้อนแหล่งน้ำ ทำให้การใช้ประโยชน์ในแหล่งน้ำมีอยู่อย่างจำกัด แหล่งกำเนิดมลสารที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ซึ่งแต่ละแหล่งที่มาของมลสารสามารถจำแนกตามกิจกรรมหลัก ๆ ดังนี้ (เปี่ยมศักดิ์ มานะเสวต, 2539)

1. แหล่งที่มีจุดกำเนิดแน่นอน (Point Source)

1.1 โรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงฟอกหนัง โรงงานน้ำตาล โรงงานกระดาษ ฯลฯ ซึ่งก่อให้เกิดน้ำทิ้งหลังจากใช้ในกระบวนการผลิต โดยน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาจะมีอุณหภูมิสูง หรือมีสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ ตามประเภทของโรงงาน ซึ่งปกติทุกโรงงานต้องมีโรงงานบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำ หรือลำธารสาธารณะ แต่เนื่องจากต้องใช้งบประมาณมากและได้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าผู้ดำเนินกิจการจึงมักหลีกเลี่ยง และหาทางปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง

2. แหล่งที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน (Non-Point Source)

2.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน น้ำทิ้งจากบ้านเรือน โดยเฉพาะย่านชุมชนที่อาศัยอยู่อย่างหนาแน่น ของเสียที่ได้จากการขับถ่าย ขี้ระลั่งของเสียออกจากร่างกาย ขยะมูลฝอย ผุ่นและเศษอาหาร ถ้าไม่ผ่านโรงงานกำจัดน้ำเสียก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมลง

2.2 สถานที่พักผ่อน เช่น จากสวนสัตว์ สนามเด็กเล่น สวนสาธารณะ

2.3 การสาธารณสุข เช่น โรงพยาบาล สถานพยาบาล และคลีนิกรักษาโรค เป็นแหล่งน้ำเสียที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคอันตราย

2.4 มีการใช้ปุ๋ย และยากำจัดศัตรูพืช เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรสารเคมีดังกล่าวจะถูกน้ำฝนชะล้างไหลลงสู่แม่น้ำ

2.5 การเลี้ยงสัตว์ พื้นที่เลี้ยงสัตว์มักจะตั้งอยู่ใกล้แหล่งน้ำ เพราะสะดวกต่อการเลี้ยง แต่ผลเสียที่เกิดขึ้นมี 3 ประการ ประการแรกสัตว์จะขับถ่ายของเสียลงสู่แหล่งน้ำ ประการที่สองสัตว์อาจแทะเล็มหญ้ากินจนทำให้การคลุมดินของหญ้าลดลงการชะล้างพังทลายของดินอาจเกิดขึ้นและถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำได้ ประการที่สามการมีสัตว์เข้าไปเลี้ยงในพื้นที่ใด ๆ อาจมีผลทำให้แพร่เชื้อโรคได้ เพราะโรคบางชนิดเกิดจากสัตว์เป็นตัวพาหะ

2.6 การก่อสร้าง เช่น การตัดถนน การสร้างเขื่อน อาคาร ฯลฯ ทำให้โครงสร้างดินถูกรบกวน ก่อให้เกิดตะกอนในแหล่งน้ำ

2.7 การคมนาคมโดยเฉพาะทางน้ำ การสัญจรของเรืออาจทำให้เกิดน้ำมันหกรั่วไหลลงสู่ทะเล และแม่น้ำได้

2.8 การตัดไม้บุกรุกป่า มีการตัดถนนซีกลากไม้ออกจากป่า สาเหตุทำให้เกิดการพังทลายของดินเป็นการเพิ่มตะกอนลงสู่แหล่งน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 3 ปัจจัยคือ ปัจจัยทางกายภาพ ปัจจัยทางเคมี และปัจจัยทางชีวภาพ

1. ปัจจัยทางกายภาพ

ปัจจัยทางกายภาพ เป็นปัจจัยที่สามารถทราบได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ เช่น ด้วยตา ด้วยการดมกลิ่น และการลิ้มรส เป็นต้น ปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่

1.1 ความขุ่นของน้ำ (Turbidity of water) ความขุ่นของน้ำเกิดขึ้นเพราะปนเปื้อนสารแขวนลอย (Suspended matter) ทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ หรือเป็นคอลลอยด์ (Colloidal) เช่น โคลน (Clay) ททรายแป้ง (Silt) แพลงก์ตอน (Plankton) เป็นต้น ทั้งนี้ระดับของความขุ่นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ดังนี้

1.1.1 ลักษณะตะกอน (Sediment) ลักษณะของตะกอนอาจเป็น ดินเหนียว ททราย โคลน กรวด ซึ่งตะกอนแต่ละประเภทต่างทำให้น้ำขุ่นมากน้อยต่างกัน เช่น ลักษณะตะกอนที่เป็นดินเหนียว หรือโคลน จะทำให้น้ำขุ่นมากกว่าลักษณะตะกอนที่เป็นทราย และกรวด

1.1.2 ความเร็วของน้ำ (Current speed) ความเร็วของน้ำมีอิทธิพลต่อความขุ่นของน้ำ เพราะกระแสน้ำที่เร็ว และแรงจะทำให้อนุภาคแขวนลอยถูกกวาดปะปนอยู่ในน้ำ และไม่สามารถตกตะกอนได้ ส่วนกระแสน้ำที่ไหลนิ่งช้า ๆ จะทำให้อนุภาคตะกอนแขวนลอยสามารถตกตะกอนได้ ความขุ่นของน้ำจึงลดลง

1.1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณใกล้แหล่งน้ำ (Land use) เป็นสาเหตุทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ทำให้ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น

1.2 อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิของน้ำธรรมชาติมักแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ ระดับความสูงของพื้นที่ สภาพภูมิประเทศ รวมทั้งความเข้มของแสง ลม ความลึกของแหล่งน้ำ ปริมาณแขวนลอย และสภาพแวดล้อมทั่วไปของแหล่งน้ำ เป็นต้น อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์กับความเข้มของแสงเมื่อแสงส่องลงไปใต้น้ำแสงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนซึ่งจะเป็นปัจจัย

ที่ควบคุมปฏิกิริยาเคมีในแหล่งน้ำ รวมทั้งควบคุมกระบวนการสังเคราะห์แสงรวมทั้ง กระบวนการหายใจ กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ และมีอิทธิพลต่อการละลายของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ นอกจากนี้อุณหภูมิยังส่งผลทางอ้อม เช่น มีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง เป็นต้น (เปี่ยมศักดิ์ มานะเศวต, 2539)

2. ปัจจัยทางเคมี

โดยธรรมชาติคุณภาพน้ำทางเคมีเกิดขึ้นจากแร่ธาตุที่ละลายในน้ำ ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำได้ ปัจจัยทางเคมีที่สำคัญในแหล่งน้ำได้แก่

2.1 ค่าพีเอช (Potential of hydrogen, pH) ค่าความเป็นกรด –เบสของน้ำเป็นปัจจัยที่แสดงให้ทราบว่าน้ำนั้นมีคุณสมบัติเป็นกรด หรือเบส โดยแสดงในรูปความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนที่มีอยู่ในน้ำ ระดับความเป็นกรด เบสของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 14 โดยที่ pH = 7 แสดงถึงสภาพเป็นกลาง pH >7 แสดงถึงสภาพเป็นเบส pH <7 แสดงถึงสภาพเป็นกรด pH ของน้ำธรรมชาติมีค่าอยู่ที่ 4 - 9 โดยมีสภาพเป็นเบสเล็กน้อย เนื่องจากมีคาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต ละลายอยู่ หรืออาจเป็นผลมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่าย หรือพืชน้ำ จึงทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง มีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำมีค่าสูง ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณมาก ส่งผลทำให้น้ำมีสภาพความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

2.2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำต่างก็ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต ซึ่งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีความสัมพันธ์กับความสกปรกในแหล่งน้ำ กล่าวคือ ถ้าน้ำสกปรกมากปริมาณออกซิเจนจะถูกใช้ในการย่อยสลายสารสกปรกเหล่านั้นโดยแบคทีเรีย หรือจุลินทรีย์ ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดต่ำลง ดังนั้นปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจึงเป็นดัชนีบ่งชี้สภาวะของน้ำได้ สภาวะธรรมชาติที่มีผลต่อปริมาณออกซิเจนจึงแบ่งได้ ดังนี้

2.2.1 จากการแพร่ของชั้นบรรยากาศที่ผิวน้ำแต่เกิดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ได้แก่อุณหภูมิ อัตราการหายใจ อัตราการสังเคราะห์แสง ความลึกของน้ำ ความดันบรรยากาศ ช่วงเวลาของวันและฤดูกาล ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้น้อย ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น เช่นเดียวกับความเค็ม เมื่อความเค็มสูง ปริมาณออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อยลงด้วย

2.2.2 การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช เป็นกระบวนการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ โดยจะเกิดในช่วงที่มีแสง และบริเวณที่แสงส่องถึง แต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดต่ำลงเมื่อหมดแสง เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ

2.3 BOD (Biochemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่สามารถย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจากกระบวนการนี้แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ โดยผลผลิตสุดท้ายจากการออกซิโดซ์ของสารอาหารอาจได้คาร์บอนไดออกไซด์ หรือแอมโมเนียขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร ถ้าในแหล่งน้ำมีสิ่งสกปรก หรือสารอินทรีย์มาก เกิดการย่อยสลายมากมีผลต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ค่าดัชนี BOD จึงเป็นดัชนีที่บ่งบอกความสกปรกในแหล่งน้ำ (มันสิน ตันกุลเวศม์ และมันรักษ์ ตันกุลเวศม์, 2547)

3. ปัจจัยทางชีวภาพ

3.1 แพลงก์ตอน ประกอบด้วยพืชและสัตว์หลาย ๆ ชนิด จำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนไม่เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของแหล่งน้ำ เช่น องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนในน้ำจืด จะแตกต่างไปจากแพลงก์ตอนทะเล องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนในน้ำสะอาดจะแตกต่างไปจากองค์ประกอบชนิดในแหล่งน้ำเสีย เป็นต้น แพลงก์ตอนน้ำจืดมักประกอบด้วย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว ไดอะตอม โปรโตซัวและครัสตาเซียน ส่วนแพลงก์ตอนน้ำเค็ม หรือแพลงก์ตอนทะเล ประกอบด้วยไดอะตอม, ไดโนแฟลเจลเลต, โปรโตซัว, ทูนิเซท, หนอนธนู, แมงกะพรุน, ครัสตาเซียน และตัวอ่อนของพวกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (แพลงก์ตอนชั่วคราว)

ความหลากหลายของแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำสามารถเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้น ๆ ได้ ความสำคัญของแพลงก์ตอนนอกจากเป็นอินดิเคเตอร์แล้ว แพลงก์ตอนพืชถือว่าเป็นผู้ผลิตขั้นต้นในการถ่ายทอดพลังงานในระบบห่วงโซ่อาหารด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงของระบบนิเวศในแหล่งน้ำ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงชนิด หรือปริมาณของแพลงก์ตอนพืชที่มีสาเหตุมาจากคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำด้วย เช่นปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide) ที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุอาหารและมีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่ง เป็นต้น (จิรพร เจริญวัฒนา, 2555)

ธาตุอาหาร

ธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตบนโลก แต่ในเชิงสมุทรศาสตร์ธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ได้แก่ ไนโตรเจน (Nitrogen; N), ฟอสฟอรัส (Phosphorus; P) และซิลิเกต (Silicate; Si) ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยจำกัด คือ การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตขึ้นอยู่กับธาตุอาหารที่มีปริมาณน้อยที่สุด แต่ถ้ามีธาตุอาหารนั้นมากเกินไปก็ผลทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นตายได้เช่นกัน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น ปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง

1. ปัจจัยหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน เพราะผู้ผลิตจะนำไปใช้ในการสร้างโครงสร้างของเซลล์ เช่น แพลงก์ตอนพืช

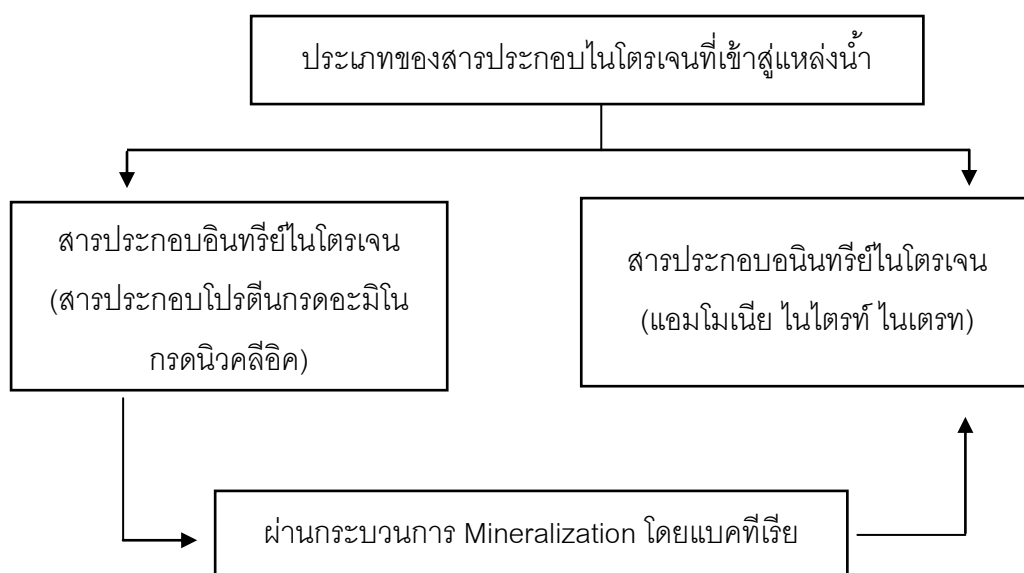
2. ปัจจัยรอง ได้แก่ ฟอสฟอรัส ผู้ผลิตจะนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน และซิลิเกตเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างเปลือกของพวกไดอะตอม เป็นต้น (มนูดี หังสพฤกษ์, 2532)

สารอาหารสามารถแพร่ลงสู่แหล่งน้ำได้หลายทาง ได้แก่ กระบวนการทางธรณีวิทยา คือ การผุกร่อนของชั้นหินและดินตะกอน กระบวนการทางเคมี คือ การละลายของก๊าซในแหล่งน้ำแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของก๊าซไปเป็นสารประกอบ และกระบวนการทางชีวภาพ คือ การถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียให้เปลี่ยนเป็นสารประกอบต่าง ๆ เป็นต้น (พรทิพย์ งานสกุล, 2535)

โดยทั่วไปธาตุอาหารที่อยู่ในแหล่งน้ำจะมีทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ แต่ส่วนมากจะศึกษาเน้นไปที่ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ เนื่องจากผู้ผลิตจำพวกแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ได้โดยตรงต่างจากผู้บริโภคที่ธาตุอาหารบางชนิดไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรงต้องผ่านกลไกการทำงานของแพลงก์ตอนหรือแบคทีเรียในแหล่งน้ำเสียก่อนและพบว่าเมื่อมีปริมาณธาตุอาหารที่ผู้ผลิตสามารถนำไปใช้ได้น้อยเกินไปผู้ผลิตในแหล่งน้ำก็จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในทางตรงกันข้ามถ้ามีปริมาณธาตุอาหารมากเกินไปและมีปัจจัยอื่นที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ฯลฯ ผู้ผลิตก็จะเพิ่มมากขึ้น ถ้าแหล่งน้ำบริเวณนั้นมีปริมาณธาตุอาหารสูงและไม่ถูกถ่ายเทออกไปหรือหมุนเวียนไปที่อื่น ผู้ผลิตก็จะยิ่งเพิ่มขึ้น และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดปรากฏการณ์ ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) โดยแหล่งน้ำที่เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน จะมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงในช่วงเวลาที่มีแสง เพราะเกิดจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของผู้ผลิต แต่ตอนกลางคืนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะลดลง เนื่องจากเกิดกระบวนการหายใจของผู้ผลิตขึ้นต้น ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำในแหล่งน้ำเพราะขาดออกซิเจนและตายในที่สุด แหล่งน้ำบริเวณนั้นจะเกิดสภาวะ Hypoxia

1. สารกลุ่มไนโตรเจน

ไนโตรเจน (Nitrogen, N) มีความสำคัญต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำมากจะพบได้ในรูปของก๊าซไนโตรเจนและสารประกอบไนโตรเจน โดยสารอนินทรีย์ไนโตรเจนจะเข้าสู่แหล่งน้ำโดยได้รับจากน้ำที่พัดพาเอาปุ๋ยตกค้างในดิน น้ำทิ้ง และสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ที่ลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง การย่อยสลายสารอนินทรีย์โดยแบคทีเรียจากสารแขวนลอยและตะกอนดิน รวมถึงจากกระบวนการตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation) ซึ่งแพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียส่วนใหญ่จะมีกลไกในการเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนให้กลายเป็นสารอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้ก่อนนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ (ภาพที่ 2-5) (มนูดี หังสพฤกษ์, 2535)



ภาพที่ 2-5 แผนผังแสดงการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ไนโตรเจนในรูปที่ไม่ละลายน้ำให้เป็นสารอนินทรีย์ในรูปที่ละลายน้ำ (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2549)

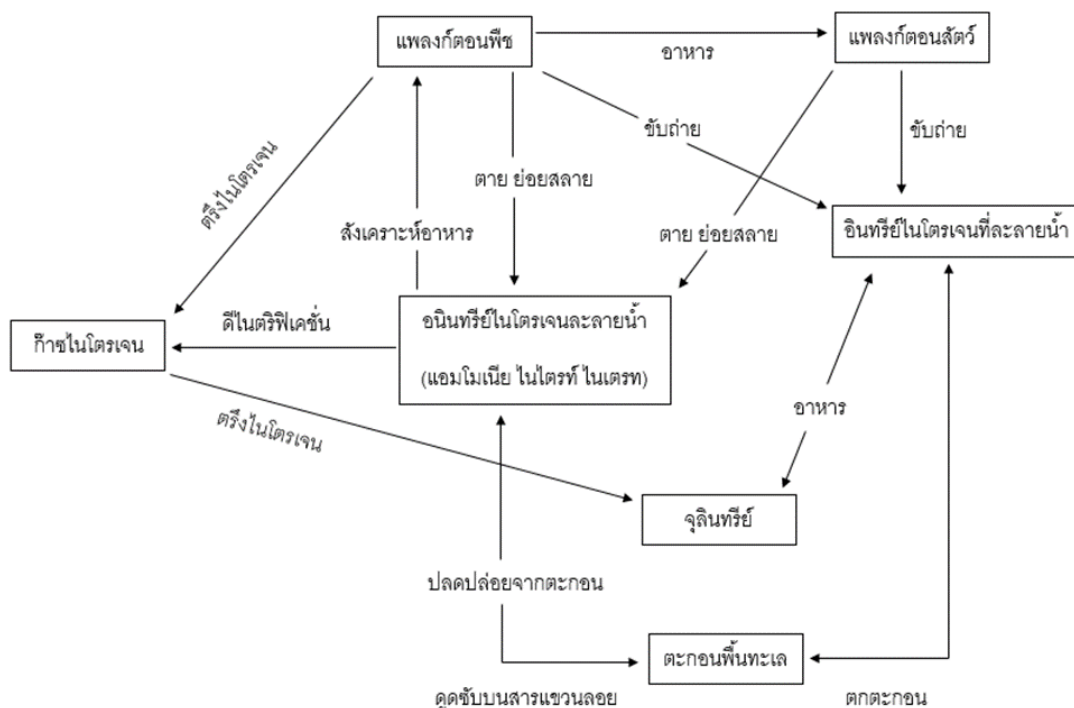
การย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่เข้าสู่แหล่งน้ำ (ภาพที่ 2- 6) เกิดจากกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) ซึ่งจะได้แอมโมเนียออกสู่มวลน้ำ จากนั้นแอมโมเนียจะถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ และถูกออกซิไดซ์โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ในกระบวนการนี้แอมโมเนียถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดใน 2 ขั้นตอน โดยขั้นที่ 1 แอมโมเนียถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนไตรท์ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม Nitrosomonas ในขั้นที่ 2 ไนไตรท์ถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรท ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม Nitrobacter

ตามสมการที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ ในการออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนเตรทตามกระบวนการไนตริฟิเคชันจะต้องใช้ในสภาวะที่มีออกซิเจนละลายอยู่ในแหล่งน้ำ แต่เมื่อแหล่งน้ำนั้นอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนหรือมี ออกซิเจนน้อย ไนเตรทที่อยู่ในสภาพออกซิไดซ์ที่สุดจะถูกแบคทีเรียเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ตามดังสมการที่ 2.3 จะได้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของก๊าซ แต่ในบางครั้งพบว่าเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไนตรัสออกไซด์ เรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) กระบวนการเหล่านี้มีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการส่งไนโตรเจนคืนสู่บรรยากาศในรูปของก๊าซ ซึ่งเป็นอีกกระบวนการหนึ่งในการลดปริมาณไนโตรเจนในแหล่งน้ำ (ณัฐสุวรรณ์ ปภาวสิทธิ์, 2522; มนุวัตี หังสพฤกษ์, 2532)

นอกจากนี้ความสามารถในการละลายของก๊าซไนโตรเจนก็มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความดัน คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การละลายของก๊าซไนโตรเจนก็จะลดลง แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำลง การละลายของก๊าซไนโตรเจนก็จะเพิ่มขึ้น สำหรับความดัน ถ้าความดันสูงขึ้นการละลายของก๊าซไนโตรเจนก็จะเพิ่มขึ้น และเมื่อความดันน้อยลงการละลายของก๊าซไนโตรเจนก็จะลดลง (มนุวัตี หังสพฤกษ์, กัลยา วัฒนยากร, วิไลวรรณ อุทุมพฤษทรัพย์ และพิชาญ สว่างวงศ์, 2546)

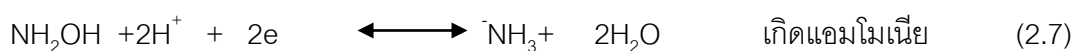
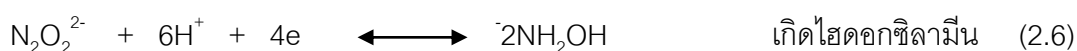
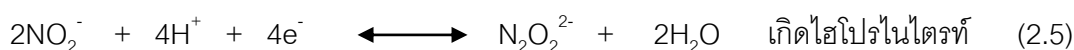
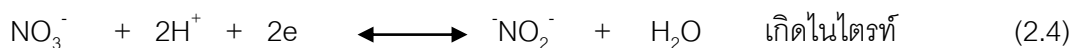


การคืนตัว (Regeneration) คือ การเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนในแหล่งน้ำกลับไปเป็นสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน และไนเตรท ตามลำดับ โดยมีแบคทีเรียเป็นตัวการสำคัญ เมื่ออยู่ในสภาวะไม่มีสารอินทรีย์ไนโตรเจนเหลืออยู่ แพลงก์ตอนพืชจะไม่สามารถสร้างโปรตีนได้ากไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ดังนั้นจึงใช้รูปแบบอื่นของสารประกอบไนโตรเจน ได้แก่ไนโตรเจนที่ตกตะกอนและไนโตรเจนอีกส่วนหนึ่งในน้ำทะเลที่ถูกเปลี่ยนเป็นสารอินทรีย์โดยพวกสาหร่ายบางชนิด นอกจากนี้ยังรวมไปถึงไนเตรทจากน้ำฝนที่ตกลงไปในแหล่งน้ำอีกด้วย (มนุวัตี หังสพฤกษ์, 2532)



ภาพที่ 2-6 วัฏจักรของไนโตรเจน (มนูดี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2546)

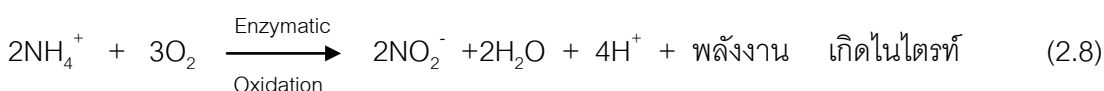
1.1 แอมโมเนีย (Ammonia, $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) เป็นรูปแบบหนึ่งของไนโตรเจนที่ละลายในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประกอบที่แพลงก์ตอนพืชจะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโต ก่อนสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ได้แก่ ไนโตรท์ และไนเตรท ในสภาวะปกติแบคทีเรียจะนำแอมโมเนียไปสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโน แต่ในสภาวะที่ไม่มีแอมโมเนียนั้น สิ่งมีชีวิตหรือแบคทีเรียจะหันไปใช้นิเตรทที่มีอยู่ในธรรมชาติแทน แต่จะต้องทำการเปลี่ยนรูปก่อนโดยปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนไนเตรทไปเป็นแอมโมเนียดังสมการที่ 2.4, 2.5, 2.6, 2.7



โดยปกติแล้วในทะเลธรรมชาติเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงและทับถมกันที่พื้นท้องทะเลก็จะเกิดการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ซึ่งในสภาพที่มีออกซิเจนเพียงพอก็จะสร้างสารประกอบพวกไนเตรทและฟอสเฟต แต่ถ้าแหล่งน้ำนั้นมีสภาวะไร้ออกซิเจน แบคทีเรียก็จะหันไปใช้ในเตรทเพื่อดำเนินการย่อยสลายต่อไป กระบวนการนี้เรียกว่า ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)

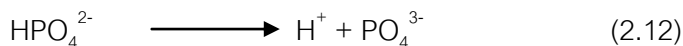
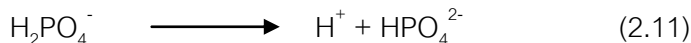
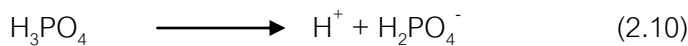
1.2 ไนไตรท์ (Nitrite, NO_2^-) ที่พบในน้ำทะเลเป็นสารประกอบที่ค่อนข้างไม่คงที่และเกิดจากกระบวนการทางชีวภาพของพวกจุลินทรีย์ (Microbial) ในการรีดิวซ์ไนเตรท หรือออกซิไดซ์แอมโมเนีย นอกจากนี้ยังเป็นของเสียที่ได้มาจากแพลงก์ตอนพืชในช่วงการกินอาหาร โดยเฉพาะในช่วงที่แพลงก์ตอนพืชมีการเพิ่มปริมาณมากขึ้น เนื่องจากมีสารอาหารพวกไนเตรทและฟอสเฟตสูง ปริมาณที่สูงของไนไตรท์อาจใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนที่เกิดจากการทิ้งน้ำเสียจากบ่อบำบัดลงสู่แหล่งน้ำและบริเวณเอสทูรี

1.3 ไนเตรท (Nitrate, NO_3^-) เป็นสารประกอบที่ค่อนข้างคงที่และเกิดจากการออกซิไดซ์ไนไตรท์ในสภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ มีแบคทีเรียเป็นตัวการสำคัญในการเปลี่ยนแปลงของไนเตรท และสารประกอบของไนโตรเจนต่าง ๆ ในทะเล ไนเตรทเป็นสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ได้จากการออกซิไดซ์ของแอมโมเนียกลายเป็นไนไตรท์และไนเตรท ตามลำดับ ซึ่งกระบวนการนี้ว่าไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ดังสมการ 2.8, 2.9



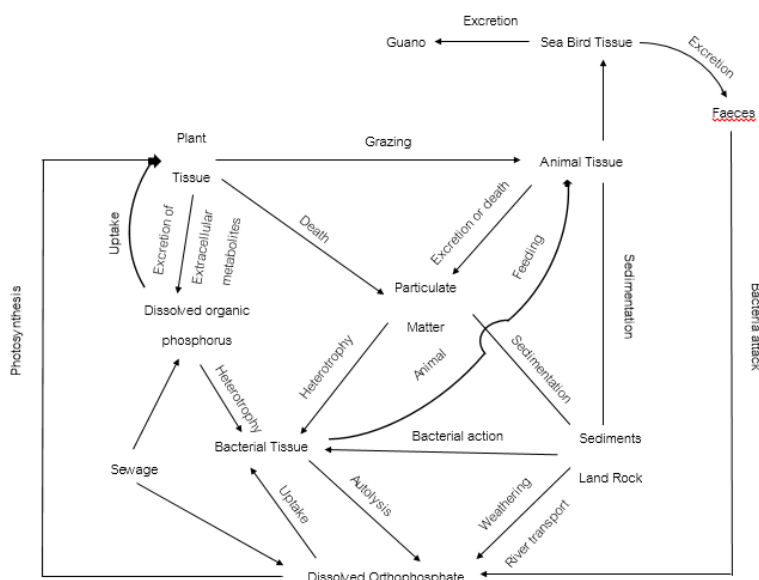
2. สารกลุ่มฟอสฟอรัส และซิลิเกต

2.1 ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดและมักอยู่ในรูปฟอสเฟต สารฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในปุ๋ย ผงซักฟอก ยาสีฟัน นมข้นอาหาร และสารลดความกระด้างของน้ำ ฟอสฟอรัสพบได้ในน้ำธรรมชาติและน้ำเสียในรูปของฟอสเฟต สามารถจำแนกฟอสฟอรัสได้ 3 ประเภท คือ ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) คอนเดนซ์ฟอสเฟต (Condensed phosphates) และสารอินทรีย์ฟอสเฟต (Organic Phosphate) ฟอสฟอรัสในน้ำธรรมชาติเกิดการแตกตัวเป็นไอออนของกรดออร์โธฟอสฟอริกได้ดังสมการที่ 2.10, 2.11, 2.12



จากสมการแสดงฟอสฟอรัสที่ค่าพีเอชต่าง ๆ น้ำธรรมชาติมี H_2PO_4^- หรือ HPO_4^{2-} เป็นส่วนประกอบสำคัญ ถ้าน้ำมีพีเอชอยู่ระหว่าง 2-7 ฟอสเฟตจะอยู่ในรูป H_2PO_4^- แต่ถ้าพีเอชอยู่ในช่วง 7-12 ฟอสเฟตจะอยู่ในช่วง HPO_4^{2-} (มันสิน ตันกุลเวศม์ และมันรัช ตันกุลเวศม์, 2547)

วัฏจักรฟอสฟอรัสไม่ได้เป็นวงจรมัด (ภาพที่ 2-7) เพราะเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงแล้วถูกย่อยสลายในน้ำ ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะละลายกลับคืนสู่น้ำ แต่ก็ยังมีส่วนที่ไปสะสมอยู่ในตะกอนแล้วจะแปรรูปเป็นแร่ฟอสฟอรัส เช่น อะพาไทต์ (Apatite) ส่วนที่สูญเสียออกจากรู้นี้จะถูกขูดเซยโดยรับเพิ่มจากการชะล้างฟอสฟอรัสจากพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ การนำฟอสฟอรัสไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืช จะดึงเอาออร์โธฟอสเฟตออกจากรู้น้ำไปใช้โดยตรง ในธรรมชาติจะเข้าใจว่าในเดทรเป็นสารที่จำกัดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เพราะอาจเกิดการขาดแคลนไนโตรเจนขึ้นได้ ขณะที่ไม่เคยขาดแคลนฟอสฟอรัสขณะที่แพลงก์ตอนพืชบางชนิดสามารถใช้สารอินทรีย์ฟอสเฟตได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะการย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสเฟตโดยแบคทีเรีย (มนูดี หังสพฤกษ์, 2532)

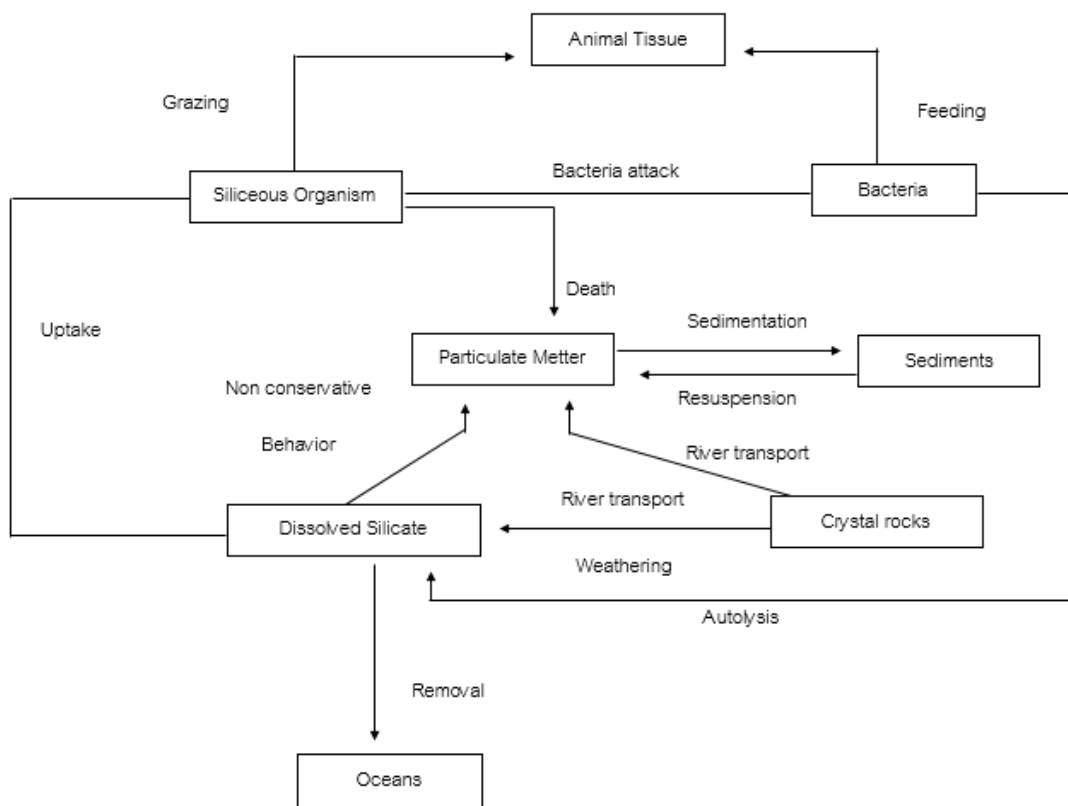


ภาพที่ 2-7 วัฏจักรของฟอสฟอรัส (มนูดี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2546)

การหมุนเวียนฟอสฟอรัสบริเวณเอสทูรี โดยในน้ำทะเลฟอสเฟตอาจถูกแยกออกจากน้ำ โดยการดูดซับไว้บนผิวของแร่ธาตุ การดูดซับจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของฟอสเฟตในน้ำและพื้นที่ผิวดูดซับ การดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นในช่วง pH 3-7 จะเป็นไปได้ที่สุดจึงเกิดได้ในน้ำจืดมากกว่าน้ำทะเล การเพิ่มขึ้นของความเค็มก็เป็นการลดการดูดซับอีกทางหนึ่ง เนื่องจากพื้นที่ในการดูดซับมีน้อยลงจากการแก่งแย่งโดยแอนไอออนที่มีมากในทะเล ซึ่งบริเวณที่เหมาะสมต่อการดูดซับฟอสเฟตคือบริเวณส่วนบนของเอสทูรี (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532)

2.2 ซิลิเกต (Silicate, Si) ในน้ำจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำและในรูปสารแขวนลอย ส่วนที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยเป็นซิลิเกตที่เป็นโครงสร้างเซลล์ของไดอะตอม (Diatom) ซิลิโคแฟลเจลเลต (Silicoflagellate) และเรดิโอเลเรียน (Radiolarian) และซิลิเกตอนินทรีย์ที่เป็นแร่ธาตุ กระบวนการหลักในวัฏจักรชีวธรณีเคมีของซิลิเกต (ภาพที่ 2-8) เริ่มจากการผุพังสลายตัวของหินอัคนี ทำให้ซิลิเกตเกิดการย้ายที่ไปในรูปของแร่ดินเหนียว (Clay mineral) ควอร์ตซ์ (Quartz) เฟลด์สปาร์ (Feldspar) และซิลิคาละลายน้ำ โดยถูกพัดพาออกสู่ทะเลผ่านทางแม่น้ำ ซิลิเกตพบอยู่ในทะเลในรูปของตะกอนดิน และรูปแบบที่ละลายน้ำ สัตว์ชั้นต่ำใช้ซิลิเกตที่ละลายน้ำในกระบวนการผลิตชั้นปลิวมูมิ เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงซิลิเกตบางส่วนจะละลายน้ำ และส่วนที่ไม่ละลายน้ำก็จะทับถมสะสมอยู่ในดินตะกอน

เมื่อเปรียบเทียบกับธาตุตัวอื่น ๆ จะพบว่าซิลิเกตที่ละลายน้ำจะมีการผันแปรมากกว่าตัวอื่น ๆ ปริมาณที่ระดับผิวน้ำหน้าทะเลมักจะต่ำมากจนบางครั้งวัดค่าไม่ได้ แต่จะมีค่าสูงมากในบริเวณที่เกิดปรากฏการณ์น้ำผุด (Upwelling) โดยปกติปริมาณซิลิเกตละลายน้ำจะเพิ่มขึ้นตามความลึก บริเวณแม่น้ำจะมีซิลิเกตสูงกว่าน้ำทะเลโดยทั่วไปอย่างมาก จึงพบซิลิเกตที่ละลายในปริมาณสูงบริเวณใกล้ฝั่ง และมักจะอยู่ในรูปซิลิเกตแขวนลอยแบบอนินทรีย์ และพบว่าซิลิเกตในน้ำมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความเค็ม (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532)



ภาพที่ 2-8 วัฏจักรซิลิเกตในทะเล (มนูวดี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2546)

3. ตะกอนแขวนลอย

ตะกอนแขวนลอย (Suspended sediment, SS) หมายถึง สารที่ละลายน้ำได้ (Dissolved sediment) และที่ไม่ละลายน้ำหรือตะกอนแขวนลอย (Suspended sediment) ของแข็งหรือสารทั้งหมดจึงเป็นไปได้ทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ การดูดกลืนแสงของอนุภาคแขวนลอยในแหล่งน้ำไว้ในปริมาณมากจะทำให้มีผลทางอ้อมต่ออุณหภูมิ ทำให้อุณหภูมิที่ผิวน้ำสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลต่อสัตว์น้ำที่มีระบบหายใจผ่านเหงือกของประกอบของสารในทะเลบริเวณชายฝั่งและปากแม่น้ำค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากอนุภาคเหล่านี้ อาจเกิดจากแม่น้ำหรือบนแผ่นดินที่ถูกชะล้างตามธรรมชาติแล้วไหลลงสู่ทะเล ซึ่งปริมาณตะกอนที่ไหลลงสู่ทะเลมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมบริเวณที่เกิดการสะสมของตะกอนมากที่สุดส่วนใหญ่เป็นอนุภาคสารที่มีสมบัติในการยึดติดกันแน่น เช่น ดินโคลน ดินเลน ซึ่งสารเหล่านี้มักจะตกตะกอน โดยพื้นที่ที่มีความขุ่นสูงจึงใช้เป็นดัชนีสำหรับบอกกระบวนการทางชีวภาพของแหล่งน้ำได้ เพราะน้ำ

ชุมชนจะจำกัดปริมาณของแสงที่ส่องทะลลงสู่หน้า ซึ่งจะมีผลต่อผู้ผลิตเบื้องต้นในแหล่งน้ำ (อัปสรสุดา ศิริพงษ์, 2524)

การพังทลายของดิน และหินในลักษณะของการผุพัง กัดกร่อน และการพัดพา เกิดขึ้นโดยน้ำฝนที่ตกลงมาทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเป็นกรดคาร์บอนิคซึ่งสามารถละลายหินคาร์บอเนตเกิดเป็นตะกอนแขวนลอยแล้วเคลื่อนที่ไปตามกระแสน้ำ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณตะกอนแขวนลอยในแหล่งน้ำ นอกจากนี้หนึ่งในผลกระทบของการกัดกร่อนและพังทลายของดิน คือการเพิ่มขึ้นของประชาชนที่เข้ามาอาศัยอยู่บริเวณลุ่มน้ำกิจกรรมต่าง ๆ จึงเพิ่มขึ้น อาทิ การทำเกษตรกรรม การบุกรุกป่าชายเลนเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การทำอุตสาหกรรม และการก่อสร้างต่าง ๆ เป็นต้น (นฤมล อินทรวีเชียร, 2553)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เบ็ญจมาศ จันทะภา ไพบูลย์กิจกุล และคณะ (2559) ศึกษาการประเมินฟลักซ์ซิลิเกต บริเวณปากน้ำแฉมหนู อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี พ.ศ. 2557 เก็บตัวอย่างภายในปี พ.ศ. 2557 ในเดือน เมษายน และ กันยายน โดยเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำทุก ๆ 2 ชั่วโมงจนครบ 25 ชั่วโมงตามวัฏจักรน้ำ ขึ้น น้ำลง ผลการศึกษาพบว่าฟลักซ์ของน้ำในฤดูแล้งไหลออกสู่ทะเลปริมาณ $7.30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ ในขณะที่ฤดูน้ำมากมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำปริมาณ $0.67 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ ตามลำดับ สำหรับ ฟลักซ์ของซิลิเกตมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งในฤดูแล้ง และฤดูน้ำมาก โดยพบว่าในฤดูน้ำมากไหล ออกสู่ทะเลมากกว่าในฤดูแล้งดังมีค่า $1,600.59 \text{ Kg - Si / day}$ และ $1,203.65 \text{ Kg - Si / day}$ ตามลำดับ ซึ่งฟลักซ์ของซิลิเกตของแม่น้ำแฉมหนูมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งสองฤดูกาลแสดงให้เห็นว่ามีการชะล้างพังทลายของดิน หินแร่จากน้ำในแม่น้ำไหลลงสู่ทะเลจะช่วยเพิ่มธาตุอาหาร สำหรับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นที่พบใน ทะเลโดยมีความสำคัญมากในการเป็นผู้ผลิตเบื้องต้น (Primary producer) ในทะเล

สุธิดา กาญจนาทิเรกลาภ และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอย และสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำระยองในปี พ.ศ. 2556 ในช่วงฤดูแล้ง (เมษายน) และฤดูน้ำมาก (ตุลาคม) ฟลักซ์สุทธิทุกชนิดยกเว้นฟลักซ์ของไนเตรทในฤดูแล้งมีทิศ ไหลจากปากแม่น้ำออกสู่ทะเลในทุกฤดูกาล ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยและซิลิเกตที่เพิ่มสูงมาก ในช่วงฤดูน้ำมากอาจเกิดจากการชะล้างจากแผ่นดินเป็นหลัก ในขณะที่ฟลักซ์ของไนเตรทที่มีค่าสูง มากในฤดูน้ำมากเช่นเดียวกันอาจเป็นผลจากการชะล้างในพื้นที่เกษตรกรรมร่วมด้วย ฟลักซ์ของ สารชนิดอื่น ๆ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และฟอสเฟต ที่มีความแตกต่างระหว่างฤดูแล้งและฤดูน้ำ มากในสัดส่วนที่น้อยกว่าปริมาณน้ำท่ามาก แสดงถึงการเจือจางโดยน้ำท่ามากกว่าการชะล้างจาก แผ่นดินการเปรียบเทียบระหว่างสองแม่น้ำพบว่าฟลักซ์ของแม่น้ำระยองมีค่าสูงกว่าของแม่น้ำ ประแสร์ ซึ่งมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าแสดงถึงความเป็นไปได้ของการเกิดการปนเปื้อนในแม่น้ำระยอง

สุธิดา กาญจนาทิเรกลาภ และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราดในฤดูแล้ง (เดือนมกราคม) และฤดูน้ำมาก (เดือนกรกฎาคม) ปี พ.ศ. 2557 จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ในช่วงฤดูแล้งมีฟลักซ์สุทธิของน้ำไหล เข้าสู่ปากแม่น้ำปริมาณ $2.56 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ ตะกอนแขวนลอย ไนไตรท์ ฟอสเฟต และซิลิเกต มี ทิศทางไหลเข้ามายังบริเวณปากแม่น้ำตราดในปริมาณ 52.20 ton / day , 3.57 Kg N / day , 0.06 Kg P / day , $49.80 \text{ Kg Si / day}$ ตามลำดับ โดยอาจมีแหล่งที่มาของสารจากการสะสมบริเวณปาก แม่น้ำ ส่วนฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนียและไนเตรทมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลในปริมาณ 1.70 Kg N /

day และ 20.39 Kg N /day ตามลำดับ ซึ่งอาจมีแหล่งที่มาของสารบริเวณต้นน้ำ ส่วนในฤดูน้ำมาก พบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำมีปริมาณ $30.56 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ ซึ่งสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากอิทธิพลของฝนที่ชะล้างจากแผ่นดิน พื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น จึงส่งผลให้ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำทุกชนิดและตะกอนแขวนลอยมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลและมีปริมาณสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง

อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และคณะ (2556) ได้ทำการวิจัยขึ้นเพื่อศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ในปี พ.ศ. 2553 ในช่วงฤดูแล้ง (23-24 กุมภาพันธ์) และฤดูน้ำมาก (8-9 ตุลาคม) พบว่าความแตกต่างของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ในช่วงฤดูแล้ง และฤดูน้ำมากอาจเป็นผลมาจากการชะล้างจากแผ่นดินเป็นหลักเป็นเหตุให้แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟตและซิลิเกต ในช่วงฤดูน้ำมากมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำน้อย และฟลักซ์ของน้ำทั้งสองช่วงเวลามีทิศออกสู่ทะเลในปริมาณ $2.60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ และ $0.43 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของธาตุอาหารตามเวลาทุกชนิดมีความสอดคล้องกับน้ำขึ้นน้ำลงในทั้งสองช่วงฤดูกาล ด้วยเหตุที่คลื่นน้ำขึ้นน้ำลงในบริเวณนี้เป็นแบบคลื่นนิ่ง (Standing wave) กระแสน้ำจึงมีความแรงในช่วงเวลาที่น้ำกำลังมีการเปลี่ยนระดับและเบาในช่วงที่ตรงกับยอดน้ำขึ้นและน้ำลง ลักษณะนี้ทำให้กระแสน้ำไหลสู่ทะเลมีความแรงในช่วงน้ำกำลังลงและไหลเข้าสู่แม่น้ำในช่วงที่น้ำกำลังขึ้น

อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และคณะ (2556) ศึกษาฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ในปี พ.ศ. 2553 ในสามช่วงเวลา ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 23-24 กุมภาพันธ์ (ฤดูแล้ง) ครั้งที่ 2 วันที่ 17-18 พฤษภาคม (ปลายฤดูแล้ง) และครั้งที่ 3 วันที่ 8-9 ตุลาคม (ปลายฤดูน้ำมาก) ฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศไหลจากปากแม่น้ำออกสู่ทะเลในทุกฤดูกาลมีปริมาณ $2.60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ ในช่วงฤดูแล้ง และ $0.23 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ ในช่วงปลายฤดูแล้ง และ $0.43 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ ในช่วงปลายฤดูน้ำมาก ข้อมูลความเค็มและคุณภาพน้ำอื่น ๆ จากสองระดับความลึกแสดงให้เห็นว่าเอสทูรี บริเวณปากแม่น้ำประแสร์เป็นแบบผสมผสานกันดีในช่วงฤดูแล้งและเป็นแบบแบ่งชั้นในช่วงฤดูน้ำมาก สำหรับปริมาณฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยที่ไหลผ่านเข้าออกปากแม่น้ำประแสร์ในฤดูแล้งมีทิศไหลออกสู่ทะเลในปริมาณ 103.66 ton/day ช่วงปลายฤดูแล้งมีทิศไหลเข้าปากแม่น้ำในปริมาณ 110.11 ton/day และปลายฤดูน้ำมากมีทิศไหลออกสู่ทะเลในปริมาณ 63.21 ton/day ปริมาณตะกอนแขวนลอยในมวลน้ำมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นและลดลงสอดคล้องกับความแรงของกระแสน้ำ โดยปริมาณจะเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสน้ำมี กำลังแรงและลดลงในช่วงที่กระแส

น้ำอ่อนกำลังลง แสดงถึงความสำคัญของกระบวนการฟุ้งกระจายของตะกอนจากพื้นที่ของน้ำกลับสู่มวลน้ำ (Resuspension) ที่ส่งผลต่อฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยที่บริเวณปากแม่น้ำแห่งนี้

Goolsby et al. (2000) ได้กล่าวว่าแม่น้ำ Mississippi-Atchafalaya เป็นต้นแม่น้ำที่สำคัญสำหรับแหล่งกำเนิดของน้ำจืด และสารอาหารที่ระบายออกสู่อ่าว Mexico ในแต่ละปีจะมีน้ำจืดจากสหรัฐอเมริการะบายลงสู่อ่าวประมาณ 80 % มีฟลักซ์ของไนโตรเจนรวมประมาณ 90 % ซึ่งสารอาหารและไนโตรเจนรวมเหล่านี้จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของสาหร่ายในอ่าวและเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะ Hypoxia ในน้ำชั้นล่างของอ่าวบริเวณรัฐหลุยเซียนาถึงรัฐเท็กซัสของสหรัฐอเมริกา

Lepistö et al. (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแหล่งที่มาของไนโตรเจนที่เข้าสู่แม่น้ำในประเทศฟินแลนด์และพบว่าแหล่งที่มาของไนโตรเจนเกิดจากการใช้ประโยชน์จากที่ดินไม่ว่าจะเป็นจากการเกษตรกรรมและป่าไม้ ซึ่งอยู่ในรูปของแร่ธาตุและดินอินทรีย์ ไนโตรเจนที่ไหลลงสู่อ่าวแม่น้ำจะถูกกักเก็บไว้ ซึ่งบริเวณทะเลสาบจะมีปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บสูงที่สุดอยู่ในช่วง 36 - 61% และบริเวณชายฝั่งมีปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บต่ำสุดอยู่ในช่วง 0 - 10% ซึ่งข้อมูลที่ได้เกิดจากการทดสอบและประมาณค่าเนื่องจากความแตกต่างของพื้นที่ในประเทศฟินแลนด์

Falco et al. (2010) การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารและสมดุลมวลบริเวณปากแม่น้ำ Ebro ประเทศสเปน เพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของสารอาหาร (การขนส่ง การนำเข้า และการส่งออก) บริเวณขอบเขตของปากแม่น้ำ Ebro โดยใช้โมเดลสมดุลมวลอย่างง่ายสำหรับศึกษาบนพื้นฐานของข้อมูลที่เก็บรวบรวมในแต่ละช่วงเวลาและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาพำนักของน้ำในช่วงแต่ละฤดูกาลพบว่า จุด E ที่อยู่บริเวณปากแม่น้ำมีระยะเวลาพำนักของน้ำต่ำสุด อาจเนื่องมาจากได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น น้ำลงจึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนได้ดี แต่ถ้าพิจารณาบริเวณจุด R ที่เป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำท่ามากที่สุดพบว่าในช่วงระยะเวลาพำนักของน้ำสูงในทุกช่วงฤดูกาล แต่ข้อมูลที่นำมาแสดงผลไม่มีข้อมูลของปริมาณน้ำฝนหรือปริมาณการระเหย ทำให้ข้อมูลไม่สามารถแสดงถึงปัจจัยภายนอกมีผลต่อระยะเวลาพำนักของน้ำหรือไม่ และจากข้อมูลสารอาหารพบว่าปริมาณไนเตรทมีสูงมากต่างจากตัวอื่นที่มีน้อยมากโดยสถานีที่พบว่ามีค่าสูงจะอยู่บริเวณของแม่น้ำและมีค่าน้อยสุดอยู่ที่ปากแม่น้ำ อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำเค็มที่รุกเข้ามาทำให้การแลกเปลี่ยนระหว่างชั้นน้ำเกิดขึ้นได้ไม่ดี

Shi Wei Chung et al. (2001) การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ไหลผ่านช่องแคบไต้หวันในเดือนพฤษภาคม และเดือนสิงหาคม ในปี 1999 โดยทำการสำรวจผ่านตามแนวตัดขวางตรงกลางของช่องแคบไต้หวัน และใช้เครื่อง Acoustic Doppler Current

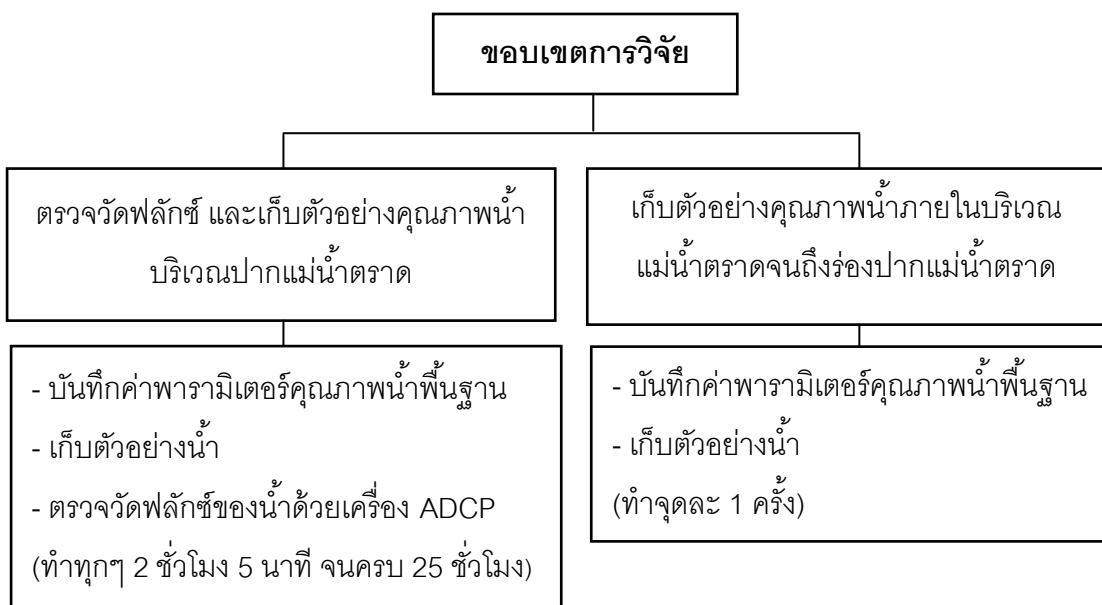
Profiler (ADCP) ในการวัดความเร็วกระแสน้ำ จากผลการสำรวจพบว่าปริมาณสารอาหารในเดือนสิงหาคม (1.82Kmol N / s และ 0.34Kmol P / s) สูงกว่าเดือนพฤษภาคม (0.96Kmol N / s และ 0.16Kmol P / s) อย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากปรากฏการณ์น้ำผุดตามแนวชายฝั่งที่เกิดจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูร้อน ฟลักซ์สารอาหารส่วนใหญ่ไหลผ่านช่องแคบทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไต้หวันและสารอาหารที่ได้รับจากช่องแคบไต้หวันไปยังทะเลจีนตะวันออกในช่วงฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อนจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันรวมถึงได้รับจากแม่น้ำแยงซีและแม่น้ำขนาดเล็กรื่น ๆ สำหรับไนโตรเจนจะมีปริมาณมากกว่าฟอสเฟต 8-17 เท่า ดังนั้นการไหลเข้าของสารอาหารบริเวณช่องแคบไต้หวันอาจเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะจำกัดของฟอสเฟต ในน่านน้ำทะเลจีนตะวันออกก็เป็นได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนงานการวิจัย

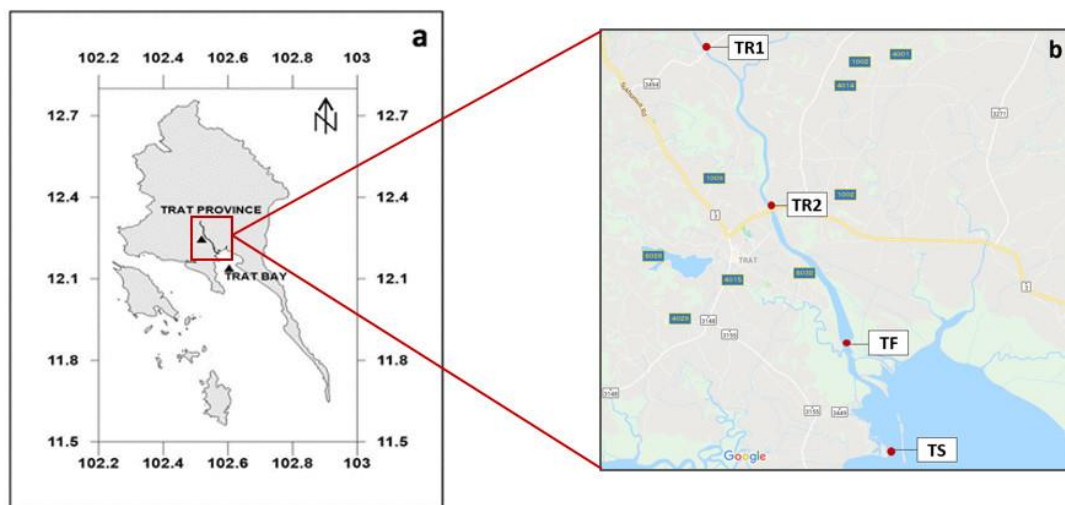
การศึกษานี้จะทำการสำรวจและเก็บข้อมูลพื้นที่ภายในแม่น้ำตราดจนถึงร่องปากแม่น้ำตราดบริเวณอ่าวตราดในแต่ละช่วงฤดูกาล แสดงในแผนผังกรอบดำเนินการวิจัย (ภาพที่ 3-1)



ภาพที่ 3-1 ขอบเขตการวิจัยที่ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลพื้นที่ภายในแม่น้ำตราด จนถึงร่องปากแม่น้ำตราดบริเวณอ่าวตราด

พื้นที่ศึกษาวิจัย

ในการศึกษาจะทำการสำรวจและเก็บข้อมูลในพื้นที่บริเวณแม่น้ำตราดรวมทั้งหมด 4 สถานี (ภาพที่ 3-2) (TR1-TS) ตั้งแต่บริเวณตำบลวังกระแจะ อำเภอเมืองจนถึงร่องปากแม่น้ำตราด บริเวณอ่าวตราด พิกัดและสถานีที่ทำการศึกษาแสดงดังตารางที่ 3-1



ภาพที่ 3-2 แผนที่สถานีที่ทำการศึกษา และเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในบริเวณแม่น้ำตราด จนถึงร่องปากแม่น้ำตราดบริเวณอ่าวตราดจังหวัดตราด

ตารางที่ 3-1 พิกัดของสถานีที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในบริเวณแม่น้ำตราด จนถึงร่องปากแม่น้ำตราดบริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด

Station	Distance (Km)	Longitude	Latitude	Location
TR1	+14.6	102°31'39.46"E	12°15'47.35"N	ต.วังกระแจะ อ.เมือง จ.ตราด
TR2	+7.1	102°29'59.56"E	12°19'31.22"N	ต.เนินทรายอ.เมือง จ.ตราด
TF (จุดวัดฟลักซ์)	0	102°34'30.17"E	12°10'1.67"N	ต.เนินทราย อ.เมือง จ.ตราด
TS	-4.7	102°33'25.15"E	12°12'23.85"N	ต.หนองคันทรอ อ.เมือง จ.ตราด

หมายเหตุ - หมายถึงระยะทางจากปากแม่น้ำไปยังทะเล

+ หมายถึงระยะทางจากปากแม่น้ำไปยังในแม่น้ำ

การตรวจวัดกระแสน้ำ และความเข้มข้นของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ

บริเวณปากแม่น้ำตราดเป็นพื้นที่ตรวจวัดกระแสน้ำ และปริมาณสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำเพื่อนำมาคำนวณฟลักซ์ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 6 ครั้ง ตามการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งจะทำการตรวจวัดกระแสน้ำ โดยการวัดกระแสน้ำด้วย Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP รุ่น Workhorse Sentinel 600kHz) ติดตั้งแบบคว่ำหน้าด้วยทุ่นลอยที่ผิวน้ำแล้วใช้เรือลากผ่านพื้นที่หน้าตัดของปากแม่น้ำ และใช้โปรแกรม WinRiver II River Discharge Software (Teledyne Technologies Company) ในการควบคุมการทำงานของเครื่อง ADCP ตัดแปลงตามวิธีของสุธิดา กาญจนะติเรกลาภ และคณะ (2559) เรือวิ่งลากผ่านแนวตัดขวางของลำน้ำด้วยความเร็วประมาณ 1m/s จำนวน 3 ซ้ำต่อช่วงเวลาการเก็บข้อมูลจะทำทุก ๆ 2 ชั่วโมง 5 นาทีต่อเนื่องกันเป็นเวลา 25 ชั่วโมง เพื่อให้ครบวัฏจักรของน้ำขึ้นน้ำลง ในการวัดฟลักซ์แต่ละครั้งก็จะมีเก็บตัวอย่างน้ำ และวัดคุณภาพน้ำพื้นฐานเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ โดยการคำนวณฟลักซ์ของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำแสดงตามสมการที่ 3-1 (อนุภูณบุญรมประทีปรัตน์ และคณะ, 2556) (ภาพที่ 3-3)

$$F = \frac{1}{T} \int_{t=0}^T (Q_s C_s + Q_b C_b) dt \quad (3.1)$$

- เมื่อ F คือ ค่าเฉลี่ยของฟลักซ์สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำที่ผ่านเข้าออกบริเวณพื้นที่หน้าตัดแม่น้ำในรอบน้ำขึ้นน้ำลง (g/sec)
- Q คือ ปริมาณการไหลของน้ำ (m^3/sec)
- C คือ ความเข้มข้นของสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ หรือตะกอนแขวนลอย (g/m^3)
- T คือ รอบเวลาทั้งหมดของการตรวจวัดข้อมูล (25 ชั่วโมง)
- s, b คือ ค่าของข้อมูลที่น้ำขึ้นบนและน้ำขึ้นล่าง



ภาพที่ 3-3 แผนที่สถานีที่ทำการวัดฟลักซ์ และเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด

การคำนวณฟลักซ์จะคำนวณตามการแบ่งชั้นของมวลน้ำในกรณีที่มีมวลน้ำเกิดการแบ่งชั้นที่ตรวจวัดได้จากค่าความเค็ม และอุณหภูมิ การคำนวณจะแยกเป็น 2 ระดับ คือ มวลน้ำชั้นบน และมวลน้ำชั้นล่าง การคำนวณจะใช้การแบ่งพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำออกเป็นส่วนย่อย ๆ แล้วนำมารวมกันในชั้นแรก ต่อจากนั้นจะคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างความลึกกลางร่องน้ำและพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำขึ้น น้ำลง การแบ่งชั้นน้ำจะพิจารณาจากลักษณะของค่าความเค็ม และพื้นที่หน้าตัดของมวลน้ำชั้นบน จะคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดรวมภายหลังจากการหักค่าพื้นที่หน้าตัดมวลน้ำชั้นล่างออกไปแล้ว คำนวณหาปริมาณฟลักซ์ของมวลน้ำทั้งสองชั้นทุก ๆ 2 ชั่วโมง 5 นาทีจนครบ 25 ชั่วโมง แล้วนำค่าที่คำนวณได้ในแต่ละมวลชั้นน้ำมารวมกัน ต่อจากนั้นนำค่ามาเฉลี่ยตามเวลาเพื่อคำนวณหาฟลักซ์สุทธิในรอบวัฏจักรน้ำขึ้น น้ำลง (อนุกุลบุญรอดประทีปรัตน์ และคณะ, 2556)

การเก็บตัวอย่างน้ำ และวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

บริเวณแม่น้ำตราด และปากแม่น้ำตราดจะมีการเก็บตัวอย่างน้ำ และวัดคุณภาพน้ำพื้นฐาน โดยเครื่องมือที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ เครื่องหยั่งความลึกของน้ำด้วยเครื่องสะท้อน (Water Depth Sounder) เพื่อเก็บความลึกของน้ำ, Temperature Depth Instrument (CTD ยี่ห้อ SAIV AS รุ่น STD/CTD- Model SD204) เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำพื้นฐาน ได้แก่ อุณหภูมิ, ความเค็ม ส่วน pH meter สำหรับศึกษาความเป็นกรด-เบสของน้ำ และ Secchi disk วัดความโปร่งใสของน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บบริเวณกึ่งกลางลำน้ำด้วยกระบอกเก็บน้ำ Kemmerer Depth Sampler ที่ 2 ระดับความลึก คือ ใต้ผิวน้ำ 1m และ เหนือพื้นท้องน้ำ 1m บริเวณปากแม่น้ำ ทราย และที่ 1 ระดับความลึกบริเวณภายในแม่น้ำ และทะเลตามวิธีการเก็บน้ำของกรมควบคุมมลพิษ (2535) การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บ 3 ส่วนในแต่ละระดับความลึก ได้แก่

1. เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดบีโอดี เพื่อวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO)

2. เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติกทึบ 1L เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ (Biochemical Oxygen Demand: BOD)

3. เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติกขนาด 1L เพื่อนำไปกรองผ่านอุปกรณ์ชุดเครื่องแก้ว กรองน้ำผ่านกระดาษกรอง GF/C วิเคราะห์ปริมาณตะกอนแขวนลอย 500 ml และกรองน้ำผ่านกระดาษกรอง GF/F วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 500 ml ก่อนนำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรอง ตะกอนแขวนลอยไปวิเคราะห์สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย, ไนโตรเจน, ไนเตรท, ฟอสเฟต และซิลิเกต ตามวิธีการที่แสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 พารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่ทำการศึกษา และวิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
Dissolved Oxygen (mg/L)	Azide modification (Strickland & Parsons, 1972)
Biological Oxygen Demand (mg/L)	5-day BOD test, Azide-modification methods (APHA, 1998)
Chlorophyll-a (mg/L)	Spectrophotometric (Strickland & Parsons, 1972)
Ammonia ($\mu\text{g N/l}$)	Phenol-hypochlorite (Grasshoff et al., 1983)
Nitrite ($\mu\text{g N/l}$)	Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
Nitrate ($\mu\text{g N/l}$)	Cadmium reduction + Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
Phosphate ($\mu\text{g P/l}$)	Ascorbic acid (Strickland & Parsons, 1972)
Silicate ($\mu\text{g Si/l}$)	Silicomolybdate (Strickland & Parsons, 1972)
Suspended sediment (mg/L)	GF/C Filter (APHA, 1992)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาในครั้งนี้จะใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้วิธีการทางสถิติ 2 วิธี ได้แก่

1. วิเคราะห์ความแตกต่างของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำทั่วไปแต่ละสถานีที่เก็บตัวอย่างในแต่ละฤดูกาลโดยใช้ Nonparametric Test
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำทั่วไปโดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน (Spearman's rank correlations coefficient: r)

ระยะเวลาในการศึกษาวิจัย

ระยะเวลาการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม- ธันวาคม ปี พ.ศ. 2561 จำนวน 6 ครั้ง

ตารางที่ 3-3 แสดงช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง

ครั้งที่	ฤดูกาล	เดือน
1	ฤดูแล้ง	19 – 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561
2	ช่วงเปลี่ยนจากฤดูแล้งเป็นฤดูน้ำมาก	23 - 24 เมษายน พ.ศ.2561
3	ฤดูน้ำมาก	21 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2561
4	ฤดูน้ำมาก	30 - 31 สิงหาคม พ.ศ.2561
5	ช่วงเปลี่ยนจากฤดูน้ำมากเป็นฤดูแล้ง	24 - 25 ตุลาคม พ.ศ.2561
6	ฤดูแล้ง	20 - 21 ธันวาคม พ.ศ.2561

บทที่ 4

ผลการศึกษา

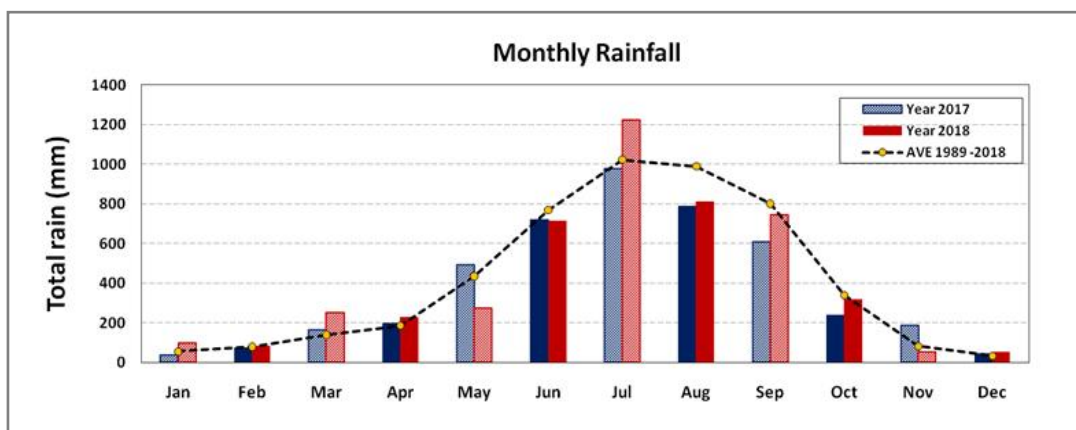
ผลการศึกษาของคุณภาพน้ำทั่วไปและฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอย บริเวณแม่น้ำตราด จังหวัดตราด เพื่อใช้ในการประเมินสถานะแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศปากแม่น้ำ รวมถึงชายฝั่งทะเลในพื้นที่จังหวัดตราดและพื้นที่ใกล้เคียง โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. การศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณแม่น้ำตราด และทะเล (สถานี TR1, TR2, TF, TS)
2. การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราด (สถานี TF)

การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ, ความเค็ม, ความเป็นกรด-เบสของน้ำ, ออกซิเจนละลายน้ำ, ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำ, คลอโรฟิลล์-เอ และตะกอนแขวนลอย รวมถึงวิเคราะห์สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย, ไนโตรเจน, ไนเตรต, ฟอสเฟต และซิลิเกต ซึ่งพื้นที่เก็บตัวอย่างจะมีสภาพทั่วไปแต่ละพื้นที่แตกต่างกันโดยแต่ละสถานีก็จะเป็นตัวแทนของแต่ละพื้นที่ ประกอบด้วย สถานี TR1 แทนบริเวณต้นน้ำที่เป็นพื้นที่ราบภูเขากระจายอยู่บริเวณต่างๆ มีการทำเกษตรกรรมที่สำคัญ ได้แก่ สับปะรด และยางพารา เป็นต้น สถานี TR2 แทนบริเวณตอนกลางที่เป็นพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำมีการทำนาข้าว ปาล์มน้ำมัน และปศุสัตว์ รวมถึงเป็นเขตที่อยู่อาศัยและแหล่งชุมชนหนาแน่น ส่วนสถานี TF แทนตอนล่างของแม่น้ำเป็นที่ราบต่ำชายฝั่งทะเลที่มีพื้นที่ป่าชายเลนเป็นหลัก และเป็นจุดตรวจวัดฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย ส่วนสถานี TS แทนส่วนทะเลที่อยู่บริเวณปากแม่น้ำติดกับอ่าวตราดที่มีการทำประมง และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น หอยนางรม, อวนกุ้ง, อวนปู เป็นต้น

ทำการศึกษา และเก็บตัวอย่างทั้งหมด 6 ครั้ง ได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์, เดือนเมษายน, เดือนมิถุนายน, เดือนสิงหาคม, เดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม ของปี พ.ศ. 2561 โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยรายเดือนสถานีตราดจังหวัดตราด ในปี พ.ศ.2560 – 2561 และย้อนหลัง 30 ปีในการแบ่งช่วงฤดูกลาง (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562) ดังภาพที่ 4-1 พบว่ามีปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยเท่ากับ 81.7 mm/month, 229.3 mm/month, 711.9 mm/month, 808.4 mm/month, 317.9 mm/month และ 53.4 mm/month ตามลำดับ ซึ่งกำหนดให้เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนธันวาคมเป็นช่วงฤดูแล้งเนื่องจากมีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำ ต่อมาในเดือนเมษายนกำหนดให้เป็นช่วงเปลี่ยน

จากฤดูแล้งเป็นฤดูน้ำมาก ส่วนเดือนมิถุนายน และเดือนสิงหาคมกำหนดให้เป็นช่วงฤดูน้ำมาก เนื่องจากมีปริมาณฝนค่อนข้างสูง และในเดือนตุลาคมกำหนดให้เป็นช่วงเปลี่ยนฤดูน้ำมากเป็นฤดูแล้ง แต่เนื่องจากจังหวัดตราดเป็นพื้นที่ติดชายฝั่งทะเล และได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปี



ภาพที่ 4-1 ปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยรายเดือนสถานีตราดจังหวัดตราด (กรมอุตุฯนิคมวิทยา, 2562)

การศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณแม่น้ำตราด และทะเล

ผลการศึกษาค่าคุณภาพน้ำทั่วไปในแม่น้ำ และทะเล (TR1, TR2, TF, TS) จะนำข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ระดับกลางลำน้ำมาเป็นตัวแทนของแต่ละสถานี เนื่องจากมีระดับความลึกอยู่ในช่วง 0.5 – 2 เมตรในสถานี TR1, TR2 และ TS ตามการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ดังภาพที่ 4-2 ถึงภาพที่ 4-3

1. ความเป็นกรด-เบส (pH)

ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด - เบสของน้ำ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของน้ำทะเล โดยจะพบว่ามีความเป็นเบสอ่อน ๆ เมื่อมีการรुक้าของน้ำทะเลเข้าสู่ภายในแม่น้ำ และมีสภาพเป็นกรดอ่อน ๆ เมื่อได้รับอิทธิพลของน้ำท่าลงมามากจึงพบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบสสูงสุดในเดือนธันวาคม รองลงมาคือเดือนเมษายน, เดือนกุมภาพันธ์, เดือนตุลาคม, เดือนสิงหาคม และมีค่าต่ำสุดในเดือนมิถุนายน ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.56 ± 0.16 , 7.51 ± 0.20 , 7.49 ± 0.31 , 7.26 ± 0.37 , 6.69 ± 0.14 และ 6.51 ± 1.82 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีค่าสูง

บริเวณสถานีปากแม่น้ำตราด และมีค่าต่ำบริเวณสถานีในแม่น้ำตราด จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p>0.05$)

2. ความเค็ม (Salinity)

ผลการศึกษาค่าความเค็มของน้ำ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของน้ำทะเล และน้ำท่าที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละสถานี โดยจะพบว่ามีความเค็มต่ำตลอดลำน้ำในเดือนที่มีปริมาณฝนสูง และมีความเค็มสูงในเดือนที่มีปริมาณฝนต่ำ โดยจะมีค่าสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ รองลงมาคือเดือนธันวาคม, เดือนตุลาคม, เดือนเมษายน, เดือนมิถุนายน และต่ำสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.83 ± 6.66 PSU, 17.08 ± 7.73 PSU, 3.67 ± 4.23 PSU, 3.64 ± 4.26 PSU, 0.17 ± 0.16 PSU และ 0.04 ± 0.03 PSUตามลำดับ จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าค่าความเค็มของน้ำมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p<0.05$)

3. อุณหภูมิ (Temperature)

ผลการศึกษาอุณหภูมิของน้ำ พบว่าในช่วงฤดูแล้งจะมีอุณหภูมิสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำมาก เนื่องจากได้รับอิทธิพลรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน และมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือนธันวาคม, เดือนกุมภาพันธ์, เดือนตุลาคม, เดือนมิถุนายน และต่ำสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.53 ± 2.35 °C, 29.16 ± 0.46 °C, 28.77 ± 0.16 °C, 28.61 ± 0.50 °C, 28.27 ± 0.71 °C และ 27.55 ± 0.21 °C ตามลำดับ จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าอุณหภูมิของน้ำมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p<0.05$)

4. ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO)

ผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบว่ามีความซับซ้อนเนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง โดยภาพรวมพบว่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงตลอดลำน้ำ และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนสิงหาคมรองลงมาคือเดือนธันวาคม, เดือนมิถุนายน, เดือนเมษายน, เดือนตุลาคม และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.06 ± 0.88 mg/L, 7.47 ± 0.70 mg/L, 6.95 ± 0.89 mg/L, 6.86 ± 1.63 mg/L, 6.25 ± 0.82 mg/L และ 5.96 mg/L ส่วนใหญ่มีค่าสูงบริเวณสถานีในแม่น้ำ จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p>0.05$)

5. ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำ (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

ผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยอิทธิพลของน้ำท่ามีผลต่อการเจือจางน้ำในแม่น้ำ ซึ่งมีค่าต่ำในช่วงฤดูน้ำมาก และมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้งแต่มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 คือ 2 mg/L (กรมควบคุมมลพิษ, 2535) และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือนมิถุนายน, เดือนกุมภาพันธ์, เดือนธันวาคม, เดือนสิงหาคม และต่ำสุดในเดือนตุลาคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.78 \pm 0.45 \text{ mg/L}$, $1.69 \pm 0.50 \text{ mg/L}$, $1.66 \pm 0.14 \text{ mg/L}$, $1.21 \pm 0.49 \text{ mg/L}$, $0.91 \pm 0.40 \text{ mg/L}$ และ $0.60 \pm 0.47 \text{ mg/L}$ ตามลำดับ จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p < 0.05$)

6. คลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a)

ผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยจะมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง และมีค่าต่ำในช่วงฤดูน้ำมากและความแตกต่างของแต่ละสถานียังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ โดยจะพบว่าค่าเฉลี่ยบริเวณสถานีปากแม่น้ำมีค่าสูงกว่าบริเวณสถานีต้นน้ำ เนื่องจากปัจจัยที่เหมาะสมจากลักษณะการไหลของน้ำท่าที่พัดพาสารอาหารจากแผ่นดินลงสู่แหล่งน้ำ และอิทธิพลของน้ำทะเล โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนธันวาคม รองลงมาคือเดือนกุมภาพันธ์, เดือนเมษายน, เดือนตุลาคม, เดือนมิถุนายน และต่ำสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.52 \pm 1.48 \text{ } \mu\text{g/L}$, $1.16 \pm 0.41 \text{ } \mu\text{g/L}$, $1.15 \pm 1.05 \text{ } \mu\text{g/L}$, $0.71 \pm 0.19 \text{ } \mu\text{g/L}$, $0.69 \pm 0.47 \text{ } \mu\text{g/L}$ และ $0.31 \pm 0.05 \text{ } \mu\text{g/L}$ ตามลำดับ จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p < 0.05$)

7. แอมโมเนีย (Ammonia; NH_3)

ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารอาหารอินทรีย์แอมโมเนียละลายน้ำ พบว่ามีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง และค่าต่ำในช่วงเปลี่ยนฤดูน้ำมาก และมีค่าสูงบริเวณต้นน้ำจากการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำ และจากการรुकล้าของน้ำเค็มในช่วงฤดูแล้งน้ำเสียจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งรวมถึงของเสียที่ได้จากชุมชนบ้านเรือนโดยตรงในช่วงที่มีการรुकล้าของน้ำทะเลขึ้นไปยังต้นน้ำจากอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง ต่างช่วงฤดูน้ำมากที่พบความเข้มข้นของแอมโมเนียต่ำตลอดลำน้ำเนื่องจากความเข้มข้นของแอมโมเนียถูกเจือจางด้วยอิทธิพลของน้ำท่า และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์

รองลงมาคือเดือนตุลาคม, เดือนเมษายน, เดือนธันวาคม, เดือนสิงหาคม และต่ำสุดในเดือน มิถุนายนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $274.70 \pm 77.86 \mu\text{g N/L}$, $203.83 \pm 32.96 \mu\text{g N/L}$, $62.66 \pm 29.29 \mu\text{g N/L}$, $122.75 \pm 66.47 \mu\text{g N/L}$, $110.32 \pm 32.78 \mu\text{g N/L}$ และ $62.66 \pm 29.29 \mu\text{g N/L}$ ตามลำดับจากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p < 0.05$)

8. ไนไตรท์ (Nitrite; NO_2^-)

ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ไนไตรท์ละลายน้ำ พบว่ามีความสอดคล้องกับค่าแอมโมเนียที่เกิดจากการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำโดยมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง และมีค่าต่ำในช่วงฤดูน้ำมาก แต่เนื่องจากไนไตรท์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามวัฏจักรไนโตรเจน ทำให้พบว่ามีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแอมโมเนีย และไนเตรทโดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือนกุมภาพันธ์, เดือนธันวาคม, เดือนตุลาคม, เดือนมิถุนายน และต่ำสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $13.46 \mu\text{g N/L}$, $9.42 \pm 5.48 \mu\text{g N/L}$, $6.46 \pm 2.78 \mu\text{g N/L}$, $7.88 \pm 0.82 \mu\text{g N/L}$, $3.22 \pm 0.91 \mu\text{g N/L}$ และ $1.13 \pm 0.40 \mu\text{g N/L}$ ตามลำดับ จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของไนไตรท์มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p < 0.05$)

9. ไนเตรท (Nitrate; NO_3^-)

ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ไนเตรทละลายน้ำ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยมีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้ง และมีค่าสูงในช่วงฤดูน้ำมาก โดยบริเวณต้นน้ำมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเกี่ยวกับการทำเกษตรกรรมปุ๋ยสังเคราะห์ที่มีสารกลุ่มไนเตรทของแอมโมเนียเป็นองค์ประกอบหลักจึงถูกชะล้างแผ่นดินลงสู่แม่น้ำ (PCD, 1998) และถูกพัดพาไปยังปากแม่น้ำด้วยอิทธิพลของน้ำท่า ซึ่งพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนตุลาคม รองลงมาคือเดือน มิถุนายน, เดือนสิงหาคม, เดือนธันวาคม, เดือนกุมภาพันธ์ และต่ำสุดในเดือนเมษายนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.71 \pm 0.19 \mu\text{g N/L}$, $180.32 \pm 29.99 \mu\text{g N/L}$, $174.70 \pm 26.93 \mu\text{g N/L}$, $195.05 \pm 48.82 \mu\text{g N/L}$, $52.58 \pm 56.95 \mu\text{g N/L}$ และ $39.22 \mu\text{g N/L}$ ตามลำดับ จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของไนเตรทมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p < 0.05$)

10. ฟอสเฟต (Phosphate; PO_4^{3-})

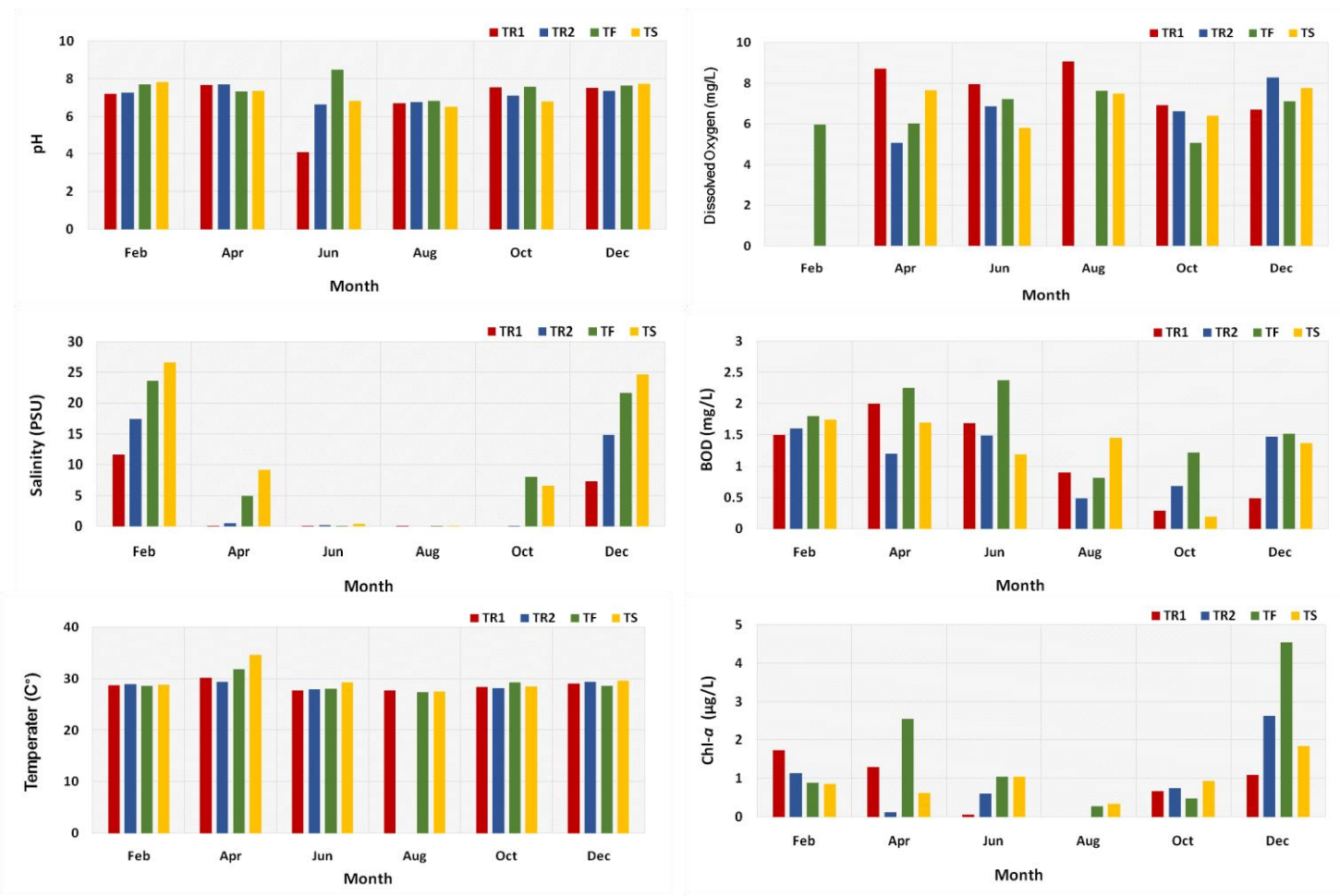
ผลการศึกษาความเข้มข้นสารอาหารอนินทรีย์ฟอสเฟตละลายน้ำ พบว่ามีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง โดยมีความสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนียบริเวณต้นน้ำที่มีค่าสูงจากการปล่อยน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน และการทำเกษตรกรรม เช่นเดียวกับบริเวณปากแม่น้ำที่มีแหล่งชุมชน โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือนกุมภาพันธ์, เดือนสิงหาคม, เดือนธันวาคม, เดือนตุลาคม และต่ำสุดในเดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $52.29 \pm 14.42 \mu\text{g P/L}$, $28.87 \pm 4.96 \mu\text{g P/L}$, $20.86 \pm 9.34 \mu\text{g P/L}$, $17.93 \pm 1.66 \mu\text{g P/L}$, $17.69 \pm 1.84 \mu\text{g P/L}$ และ เท่ากับ $6.37 \mu\text{g P/L}$ ตามลำดับ จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของฟอสเฟตมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p < 0.05$)

11. ซิลิเกต (Silicate; Si)

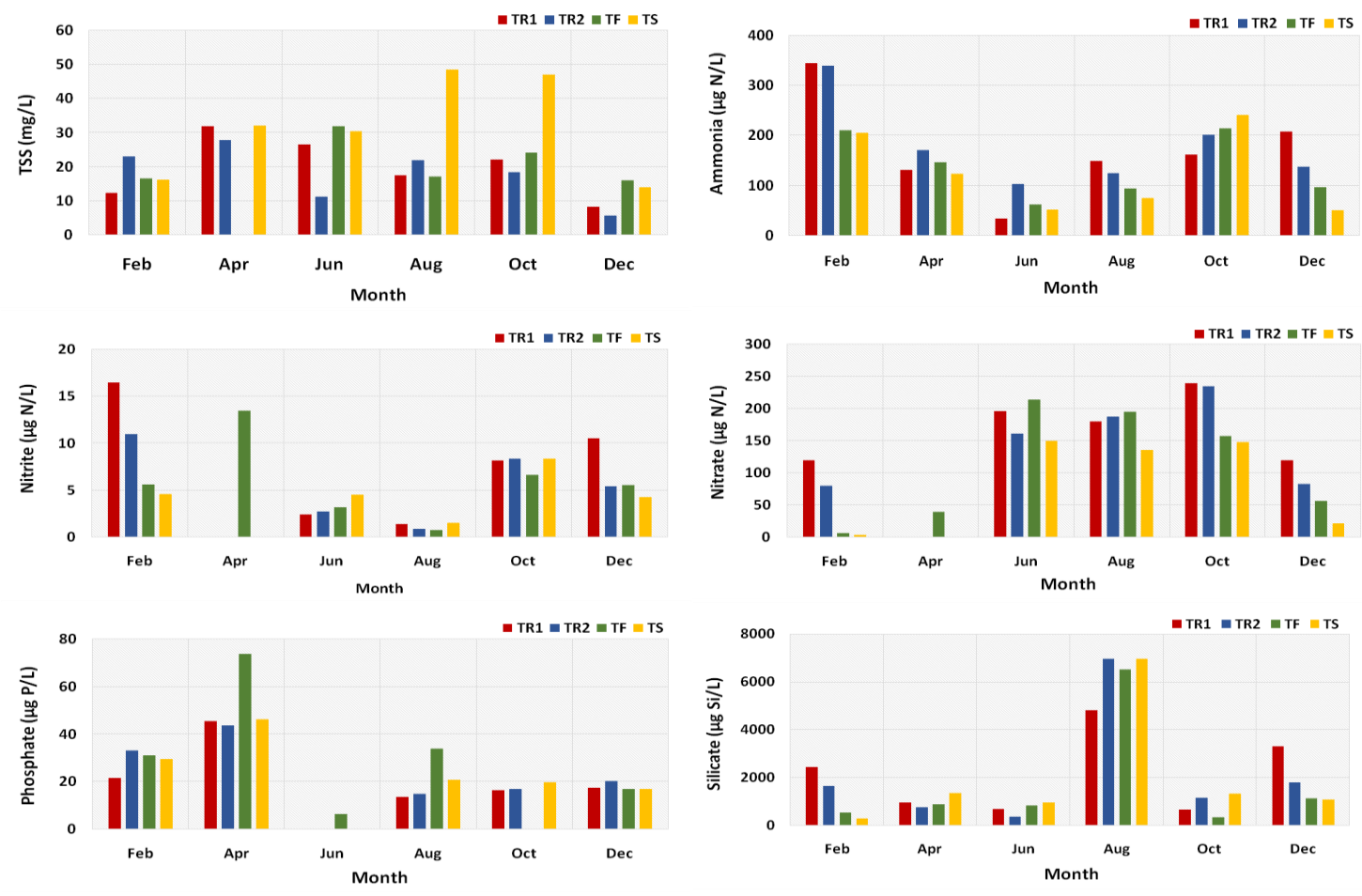
ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ซิลิเกตละลายน้ำ พบว่ามีค่าในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นเดือนสิงหาคมที่มีค่าสูง อาจเกิดจากการพังทลายหรือการกัดเซาะริมฝั่งแม่น้ำแล้วถูกพัดพาไปสู่แหล่งน้ำด้วยอิทธิพลของปริมาณน้ำท่า มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนสิงหาคมรองลงมาคือเดือนธันวาคม, เดือนกุมภาพันธ์, เดือนเมษายน, เดือนตุลาคม และต่ำสุดในเดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $6,311.31 \pm 1,024.95 \mu\text{g Si/L}$, $1,827.63 \pm 1,033.76 \mu\text{g Si/L}$, $1,236.60 \pm 1,001.36 \mu\text{g Si/L}$, $996.16 \pm 1252.83 \mu\text{g Si/L}$, $873.43 \pm 454.27 \mu\text{g Si/L}$ และ $715.52 \pm 251.73 \mu\text{g Si/L}$ ตามลำดับ จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของซิลิเกตมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p < 0.05$)

12. ตะกอนแขวนลอย (Total Suspended Sediment)

ผลการศึกษาปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลที่ไม่ชัดเจน เนื่องจากแม่น้ำตราดมีลักษณะภูเขาล้อมรอบดินตะกอนที่เกิดจากการกัดเซาะ หรือพังทลายและอาจถูกชะล้างจากฝน อีกทั้งบริเวณแม่น้ำตราดมีลักษณะดินโคลนเกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนท้องน้ำได้ง่ายทำให้แหล่งที่มาของตะกอนแขวนลอยมีแหล่งกำเนิดที่ไม่ชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือนตุลาคม, เดือนสิงหาคม, เดือนมิถุนายน, เดือนกุมภาพันธ์ และต่ำสุดในเดือนธันวาคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.15 \pm 1.05 \text{ mg/L}$, $0.71 \pm 0.19 \text{ mg/L}$, $0.31 \pm 0.05 \text{ mg/L}$, $62.66 \pm 29.29 \text{ mg/L}$, $1.16 \pm 0.41 \text{ mg/L}$ และ $2.52 \pm 1.48 \text{ mg/L}$ จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4-2 คุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณแม่น้ำตวาด และทะเล



ภาพที่ 4-3 ความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณแม่น้ำตราด และทะเล

การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย บริเวณปากแม่น้ำตราด

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำทั่วไป, ความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราดในรอบวัฏจักรของน้ำขึ้น – น้ำลง ดังภาพที่ 4-4 ถึงภาพที่ 4-5 พบว่าสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปที่ทำการตรวจวัดได้ในวันเก็บตัวอย่างในเดือนกุมภาพันธ์ (19-20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561) ณ บริเวณปากแม่น้ำตราด (สถานี TF) จุดเก็บตัวอย่าง 25 ชั่วโมงสภาพอากาศอยู่ในช่วงฤดูแล้ง มีสภาพเมฆมาก ลมเบา น้ำนิ่ง แต่กลับพบว่าในช่วง 17:00 – 21:00 น. ของวันที่ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2561 มีฝนตกหนัก ทำให้อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 28.44 ± 0.26 °C ที่ระดับผิวน้ำ และ 28.33 ± 0.29 °C ที่ระดับพื้นท้องน้ำและความเป็นกรด – เบสของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 7.50 ± 0.09 ที่ระดับผิวน้ำ และ 7.52 ± 0.08 ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ความเค็มของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 22.26 ± 1.40 PSU ที่ระดับผิวน้ำ และ 23.55 ± 1.29 PSU ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 5.78 ± 0.27 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 5.28 ± 1.60 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 1.31 ± 0.41 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 0.99 ± 0.85 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ละลายน้ำ พบว่าแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 238.66 ± 51.23 µg N/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 239.13 ± 41.38 µg N/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.33 ± 1.66 µg N/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 5.43 ± 1.19 µg N/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และไนเตรทมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 20.66 ± 10.00 µg N/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 13.61 ± 8.80 µg N/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 27.03 ± 6.15 µg P/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 29.39 ± 4.53 µg P/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ซิลิเกตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 686.61 ± 267.73 µg Si/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 606.71 ± 228.24 µg Si/L และตะกอนแขวนลอยมีเฉลี่ยอยู่ที่ 15.21 ± 7.11 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 23.72 ± 9.19 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ

เดือนเมษายน (23-24 เมษายน พ.ศ. 2561) ณ บริเวณปากแม่น้ำตราด (สถานี TF) จุดเก็บตัวอย่าง 25 ชั่วโมงสภาพอากาศอยู่ในช่วงเปลี่ยนจากฤดูแล้งเป็นฤดูน้ำมาก มีสภาพแดดจัด ลมเบา น้ำนิ่ง ไม่มีฝนในช่วงเก็บตัวอย่าง ทำให้อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 32.13 ± 0.69 °C ที่ระดับผิวน้ำ และ 32.76 ± 0.71 °C ที่ระดับพื้นท้องน้ำซึ่งเดือนเมษายนมีอุณหภูมิของน้ำสูงสุดในรอบปีและความเป็นกรด – เบสของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 7.66 ± 0.23 ที่ระดับผิวน้ำ และ 7.75 ± 0.39 ที่ระดับพื้นท้อง

น้ำ ความเค็มของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 5.47 ± 3.33 PSU ที่ระดับผิวน้ำ และ 11.23 ± 5.02 PSU ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 7.14 ± 0.48 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 6.16 ± 0.78 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 1.72 ± 0.60 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 1.84 ± 0.60 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ละลายน้ำ พบว่าแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 150.83 ± 40.32 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ 116.28 ± 51.25 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ไนโตรที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 10.34 ± 2.29 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ 8.45 ± 3.79 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และไนเตรที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 52.77 ± 19.39 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ 27.03 ± 18.77 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 60.93 ± 7.86 $\mu\text{g P/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ 62.85 ± 10.41 $\mu\text{g P/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ซิลิเกตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $1,102.63 \pm 333.38$ $\mu\text{g Si/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $1,175.39 \pm 267.87$ $\mu\text{g Si/L}$ และตะกอนแขวนลอยมีเฉลี่ยอยู่ที่ 14.25 ± 2.81 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 23.94 ± 7.38 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ

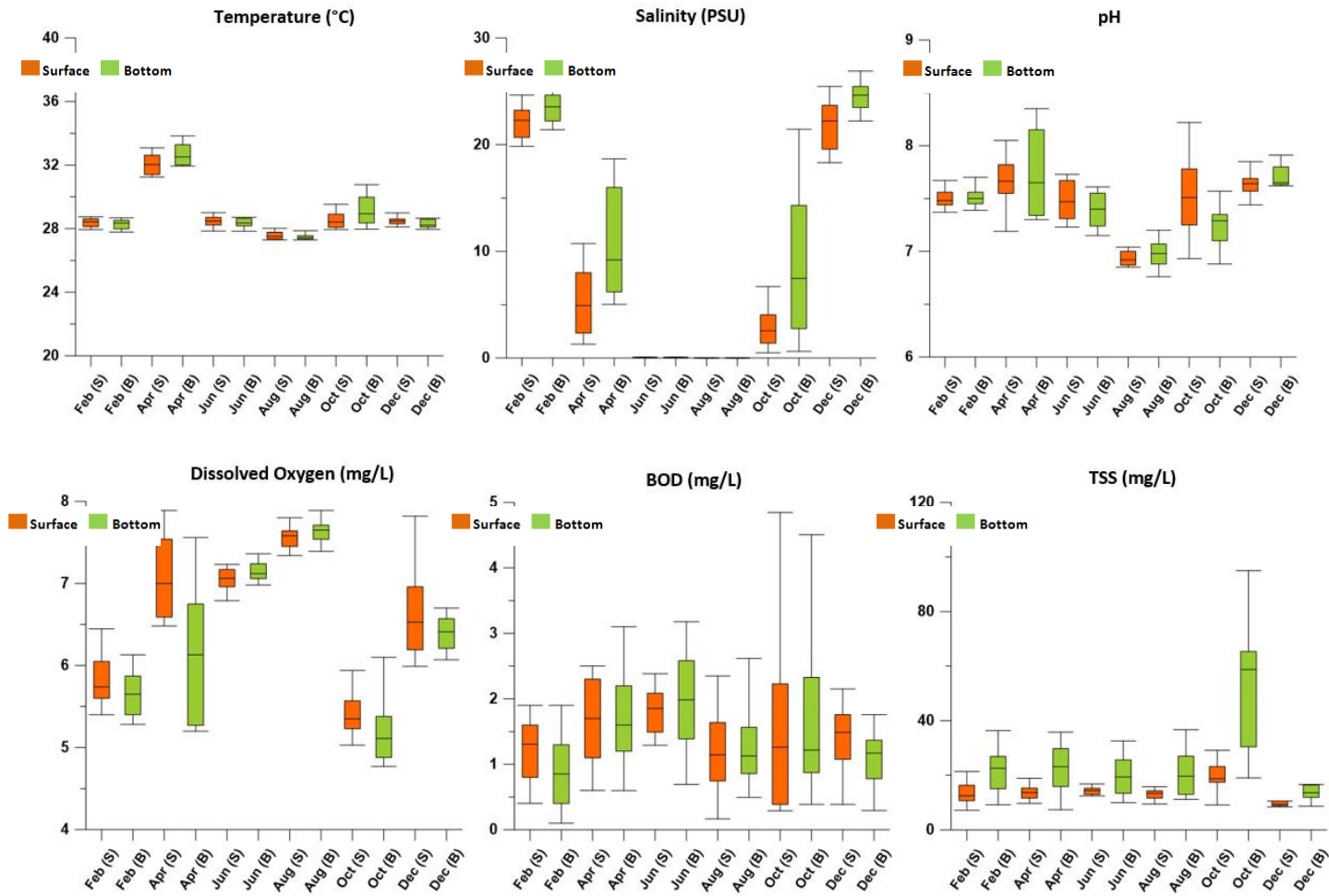
เดือนมิถุนายน (21-22มิถุนายน พ.ศ. 2561) ณ บริเวณปากแม่น้ำตราด (สถานี TF) จุดเก็บตัวอย่าง 25 ชั่วโมงสภาพอากาศอยู่ในช่วงฤดูน้ำมาก มีสภาพแดดจัด ลมเบา น้ำนิ่งและชุ่ม ไม่มีฝนในช่วงเก็บตัวอย่าง ทำให้อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 28.47 ± 0.33 °C ที่ระดับผิวน้ำ และ 28.38 ± 0.27 °C ที่ระดับพื้นท้องน้ำและความเป็นกรด - เบสของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 7.63 ± 0.46 ที่ระดับผิวน้ำ และ 7.55 ± 0.45 ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ความเค็มของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 0.06 ± 0.02 PSU ที่ระดับผิวน้ำ และ 0.06 ± 0.02 PSU ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 7.06 ± 0.14 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 7.14 ± 0.15 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 1.85 ± 0.34 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 2.03 ± 0.78 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ละลายน้ำ พบว่าแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 86.11 ± 35.88 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ 71.92 ± 21.51 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ไนโตรที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.54 ± 0.72 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ 3.78 ± 1.20 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และไนเตรที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 198.84 ± 22.27 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ 194.04 ± 20.92 $\mu\text{g N/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.63 ± 3.16 $\mu\text{g P/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ 9.39 ± 2.28 $\mu\text{g P/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ซิลิเกตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 728.54 ± 208.16 $\mu\text{g Si/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ 774.38 ± 227.66 $\mu\text{g Si/L}$ และตะกอนแขวนลอยมีเฉลี่ยอยู่ที่ 14.59 ± 3.69 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 22.46 ± 9.96 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ

เดือนสิงหาคม (30-31 สิงหาคม พ.ศ. 2561) ณ บริเวณปากแม่น้ำตราด (สถานี TF) จุดเก็บตัวอย่าง 25 ชั่วโมงสภาพอากาศอยู่ในช่วงฤดูน้ำมาก มีสภาพอากาศเมฆมากคลื่นลมแรงปานกลาง มีฝนตกเล็กน้อย ทำให้อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 27.58 ± 0.27 °C ที่ระดับผิวน้ำ และ 27.50 ± 0.20 °C ที่ระดับพื้นท้องน้ำและความเป็นกรด - เบสของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 6.96 ± 0.13 ที่ระดับผิวน้ำ และ 6.98 ± 0.13 ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ความเค็มของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 0.008 ± 0.006 PSU ที่ระดับผิวน้ำ และ 0.013 ± 0.006 PSU ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 7.45 ± 0.54 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 7.61 ± 0.20 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 1.19 ± 0.57 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 1.29 ± 0.50 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ละลายน้ำ พบว่าแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 102.25 ± 19.39 µg N/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 96.86 ± 26.83 µg N/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.28 ± 0.74 µg N/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 0.91 ± 0.51 µg N/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และไนเตรทมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 195.44 ± 4.85 µg N/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 198.07 ± 4.60 µg N/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 26.68 ± 4.95 µg P/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 28.26 ± 4.06 µg P/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ซิลิเกตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $5,166.66 \pm 1,705.05$ µg Si/L ที่ระดับผิวน้ำ และ $4,007.24 \pm 2,791.41$ µg Si/L และตะกอนแขวนลอยมีเฉลี่ยอยู่ที่ 14.11 ± 4.05 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 23.56 ± 16.46 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ

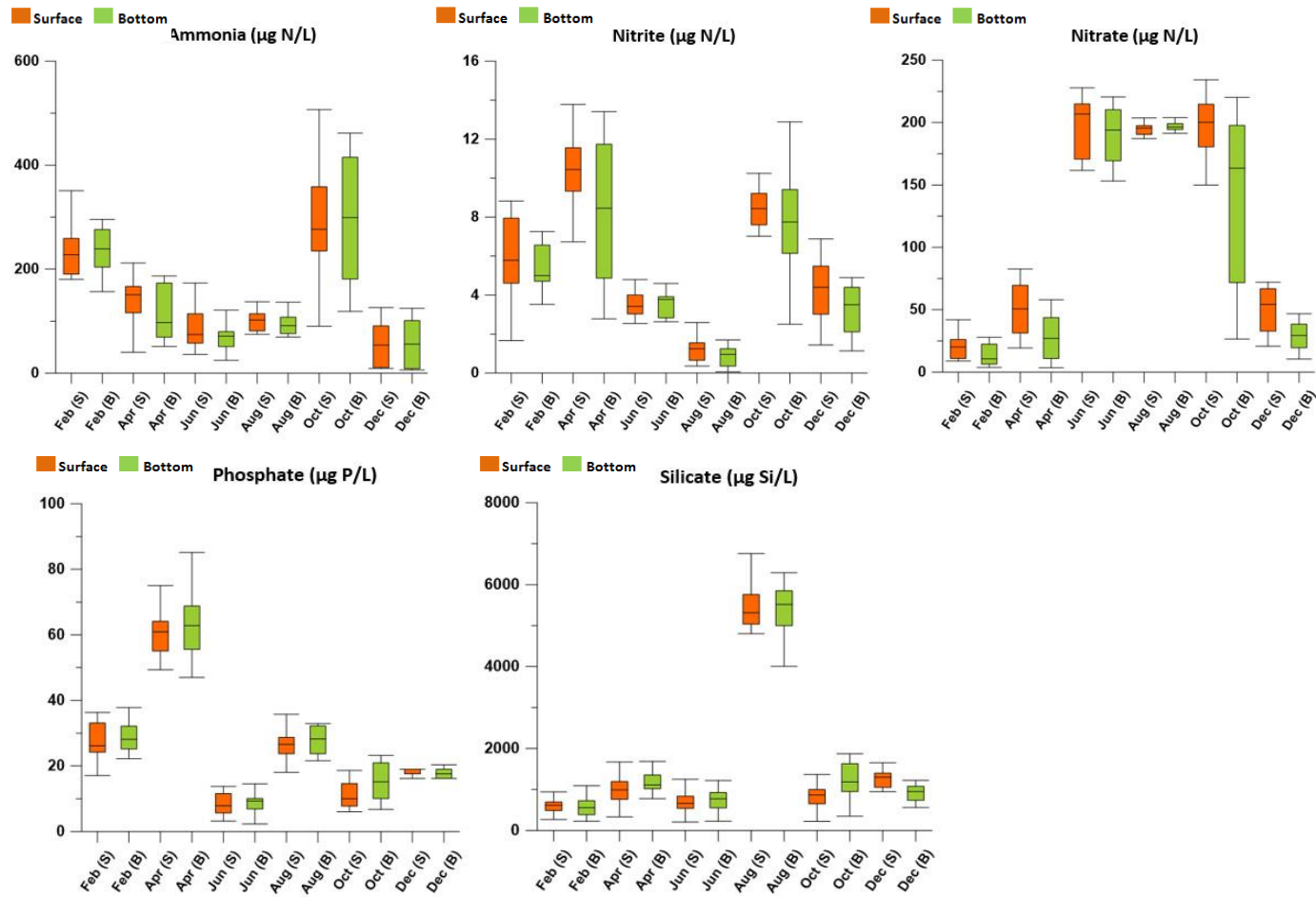
เดือนตุลาคม (24-25 ตุลาคม พ.ศ. 2561) ณ บริเวณปากแม่น้ำตราด (สถานี TF) จุดเก็บตัวอย่าง 25 ชั่วโมงสภาพอากาศอยู่ในช่วงเปลี่ยนจากฤดูน้ำมากเป็นฤดูแล้ง สภาพอากาศมีเมฆมากคลื่นลมเบา มีฝนตกช่วง 18:00 – 20:00 น. ในวันที่ 24 และมีแดดจัดช่วง 07:00 – 10:00 น. ของวันที่ 25 ทำให้อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 28.55 ± 0.50 °C ที่ระดับผิวน้ำ และ 29.26 ± 0.99 °C ที่ระดับพื้นท้องน้ำและความเป็นกรด - เบสของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 7.51 ± 0.35 ที่ระดับผิวน้ำ และ 7.22 ± 0.24 ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ความเค็มของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 3.08 ± 2.56 PSU ที่ระดับผิวน้ำ และ 8.84 ± 7.47 PSU ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 5.42 ± 0.24 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 5.26 ± 0.38 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 1.54 ± 1.56 mg/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 1.70 ± 1.22 mg/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ละลายน้ำ พบว่าแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 308.70 ± 90.25 µg N/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 303.83 ± 118.82 µg N/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.83 ± 1.50 µg N/L ที่ระดับผิวน้ำ และ 8.19 ± 2.51 µg

N/L ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และไนเตรทมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $200.21 \pm 24.14 \mu\text{g N/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $143.42 \pm 68.26 \mu\text{g N/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $8.01 \pm 6.72 \mu\text{g P/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $15.18 \pm 6.74 \mu\text{g P/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ซิลิเกตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $880.25 \pm 221.55 \mu\text{g Si/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $1,307 \pm 347.81 \mu\text{g Si/L}$ และตะกอนแขวนลอยมีเฉลี่ยอยู่ที่ $22.28 \pm 9.06 \text{ mg/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $62.25 \pm 43.23 \text{ mg/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ

เดือนธันวาคม (20-21 ธันวาคม พ.ศ. 2561) ณ บริเวณปากแม่น้ำตราด (สถานี TF) จุดเก็บตัวอย่าง 25 ชั่วโมงสภาพอากาศอยู่ในช่วงฤดูแล้งสภาพอากาศมีแดดจัด คลื่นลมเบา มีฝนตกช่วง 16:00 น. ของวันที่ 20 ทำให้อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ $28.49 \pm 0.31 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $28.32 \pm 0.26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำซึ่งเดือนเมษายนมีอุณหภูมิของน้ำสูงสุดในรอบปีและความเป็นกรด - เบสของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 7.64 ± 0.11 ที่ระดับผิวน้ำ และ 7.72 ± 0.11 ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ความเค็มของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ $22.09 \pm 2.12 \text{ PSU}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $24.65 \pm 1.51 \text{ PSU}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ $6.64 \pm 0.52 \text{ mg/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $6.41 \pm 0.21 \text{ mg/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ $1.48 \pm 0.39 \text{ mg/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $1.22 \pm 0.62 \text{ mg/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ละลายน้ำ พบว่าแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $53.61 \pm 44.23 \mu\text{g N/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $55.67 \pm 48.13 \mu\text{g N/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำไนเตรทมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $4.52 \pm 1.44 \mu\text{g N/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $3.38 \pm 1.31 \mu\text{g N/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ และไนเตรทมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $57.89 \pm 31.76 \mu\text{g N/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $29.35 \pm 10.51 \mu\text{g N/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $18.70 \pm 2.78 \mu\text{g P/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $18.24 \pm 2.84 \mu\text{g P/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ซิลิเกตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $1,298.86 \pm 211.44 \mu\text{g Si/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $946.54 \pm 193.51 \mu\text{g Si/L}$ และตะกอนแขวนลอยมีเฉลี่ยอยู่ที่ $10.20 \pm 2.85 \text{ mg/L}$ ที่ระดับผิวน้ำ และ $16.46 \pm 11.82 \text{ mg/L}$ ที่ระดับพื้นท้องน้ำ



ภาพที่ 4-4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทั่วไป และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราดในแต่ละเดือนปี พ.ศ. 2561



ภาพที่ 4-5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ละลายน้ำ บริเวณปากแม่น้ำตราดในแต่ละเดือนปี พ.ศ. 2561

ผลของการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของน้ำ, สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย (ตารางที่ 4-1) พบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำมีความสอดคล้องกับอิทธิพลของน้ำขึ้น – น้ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับมาตราน้ำของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ที่สถานีแหลมวงอบ (ตราด) ปี พ.ศ. 2561 (ภาพที่ 4-6) พบว่ารูปแบบน้ำขึ้น – น้ำลงของทะเลตราดเป็นแบบน้ำเดี่ยว (Diurnal tide) คือ น้ำขึ้นเพียง 1 ครั้งและน้ำลง 1 ครั้ง โดยมีทิศทางของฟลักซ์ในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน, มิถุนายน, สิงหาคมและตุลาคม มีทิศทางไหลออกสู่ทะเล (มีค่าบวก) ในปริมาณ $1.53 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$, $2.68 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$, $13.21 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$, $16.14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ และ $5.22 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ ตามลำดับ ต่างจากเดือนธันวาคมที่ฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ (มีค่าลบ) ในปริมาณ $3.95 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ และมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ และพบว่าฟลักซ์ที่ระดับน้ำขึ้นบนจะมีค่ามากกว่าฟลักซ์ที่ระดับพื้นท้องน้ำ

เมื่อพิจารณาฟลักซ์ของน้ำและค่าคลอโรฟิลล์ (ภาพที่ 4-7) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอเฉลี่ยจะมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม รองลงมาคือเดือนเมษายน, ตุลาคม, กุมภาพันธ์, มิถุนายน และมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม ในปริมาณ 2.23 mg/L, 1.88 mg/L, 1.14 mg/L, 0.87 mg/L, 0.67 mg/L และ 0.27 mg/L ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างฤดูกาล โดยมีค่าต่ำในช่วงฤดูน้ำมาก คือเดือนสิงหาคม และมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง คือเดือนธันวาคม และมีการเปลี่ยนแปลงตามทิศทางการไหลของฟลักซ์สุทธิของน้ำ เมื่อพิจารณาในรอบวันจะพบว่ามีค่าสูงในช่วงที่ฟลักซ์สุทธิของน้ำไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ และต่ำลงในช่วงที่ฟลักซ์สุทธิของน้ำไหลออกสู่ทะเล

ฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย, ไนโตรเจน, ไนเตรต, ฟอสเฟตและซิลิเกต ตามตารางที่ 4-1 จากการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่มีทิศทางการไหลตามอิทธิพลฟลักซ์ของน้ำ โดยเมื่อเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำและความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในช่วงเวลาน้ำขึ้น – น้ำลงต่อ 1 รอบวันพบว่าความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำแอมโมเนีย (ภาพที่ 4-8) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ความเข้มข้นของแอมโมเนียจะมีค่าแตกต่างกันตามช่วงเวลาทั้งระดับผิวน้ำ และพื้นท้องน้ำ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และลดลงตามอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงโดยที่ระดับผิวน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นช่วงฟลักซ์ของน้ำไหลออกสู่ทะเล ส่วนที่ระดับพื้นท้องน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นช่วงฟลักซ์ของน้ำไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ และเนื่องจากมีฝนตกในช่วงการตรวจวัดความเข้มข้นของแอมโมเนียจึงมีค่าสูงจากการชะล้างจากแผ่นดินส่วนเดือนเมษายนความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่าต่ำกว่าเดือนกุมภาพันธ์และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามอิทธิพล

ของน้ำท่าซึ่งที่ระดับผิวน้ำมีค่าสูงกว่าที่ระดับพื้นท้องน้ำ ต่างจากเดือนมิถุนายน และเดือนสิงหาคม ที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่าต่ำ และมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันไม่ชัดเจน ตรงกันข้ามกับ ปริมาณน้ำฝนที่มีค่าสูง เพราะเป็นช่วงฤดูน้ำมาก ซึ่งฟลักซ์ของน้ำมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งสอง ระดับ ส่วนเดือนตุลาคมพบความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่าสูงที่เกิดจากการชะล้างจากแผ่นดิน เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณน้ำท่า และมีทิศทางฟลักซ์ของน้ำที่ระดับผิวน้ำไหลออกสู่ทะเล ส่วนที่ ระดับพื้นท้องน้ำไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ต่างจากเดือนธันวาคมที่พบความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่า ต่ำ จากใน 1 รอบวันจะเห็นว่าช่วงน้ำลงความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่าสูงกว่าช่วงน้ำขึ้นอย่าง ชัดเจน และมีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองระดับชั้นน้ำ เมื่อนำมาคำนวณฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนียพบว่า มีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม รองลงมาคือเดือนสิงหาคม, มิถุนายน, เมษายน, กุมภาพันธ์และมีค่า ต่ำสุดในเดือนธันวาคมในปริมาณ 2,106.38 Kg N/day, 1,540.09Kg N/day, 1,053.71 Kg N/day, 788.04 Kg N/day, 269.86 Kg N/day และ 161.05 Kg N/dayตามลำดับมีทิศทาง การไหลของฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนียที่ไหลออกสู่ทะเลทุกเดือน แต่เมื่อพิจารณาระดับผิวน้ำและพื้น ท้องน้ำ พบว่าทิศทาง การไหลของฟลักซ์ออกสู่ทะเล ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์ และเมษายนที่ระดับ พื้นท้องน้ำฟลักซ์มีทิศทางไหลเข้าสู่แม่น้ำ

เมื่อเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำและความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลาย น้ำ (ภาพที่ 4-9) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ความเข้มข้นของไนโตรเจนจะมีค่าแตกต่างกันตามช่วงเวลา ทั้งระดับผิวน้ำ และพื้นท้องน้ำ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และลดลงตามอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง โดยที่ ทั้งสองระดับชั้นน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นช่วงฟลักซ์ของน้ำไหลออกสู่ทะเล และมีค่าลดลงช่วงฟลักซ์ของ น้ำไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ส่วนเดือนเมษายนความเข้มข้นของไนโตรเจนมีค่าสูงตามการเปลี่ยนแปลง ตามอิทธิพลของน้ำทะเล เมื่อพิจารณาจากค่าความเค็มจากกราฟจะเห็นว่าความเข้มข้นของ ไนโตรเจนในช่วงเวลา 09:00 – 21:00 น. จะมีค่าสูงทั้งสองระดับชั้นน้ำเฉลี่ย 11.74 $\mu\text{g N/L}$ แต่ หลังจากช่วงเวลา 23:00 – 10:00 น. จะมีค่าลดลงทั้งสองระดับชั้นน้ำเฉลี่ย 6.67 $\mu\text{g N/L}$ โดยที่ ความเข้มข้นระดับพื้นท้องน้ำมีค่าต่ำกว่าที่ระดับผิวน้ำ ต่างจากเดือนมิถุนายน และเดือนสิงหาคม ที่ความเข้มข้นของไนโตรเจนมีค่าต่ำทั้งสองระดับชั้นน้ำเนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่มีค่าสูง รวมถึง อิทธิพลของน้ำท่า เพราะเป็นช่วงฤดูน้ำมาก ซึ่งฟลักซ์ของน้ำมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับ ส่วนเดือนตุลาคมพบความเข้มข้นของไนโตรเจนมีค่าสูงเนื่องจากอิทธิพลของปริมาณน้ำท่า แต่จะ แตกต่างจากเดือนมิถุนายน และสิงหาคมที่พบความเข้มข้นของไนโตรเจนมีค่าต่ำ เพราะเกิดจากการ เจือจางโดยน้ำฝนมากกว่าเดือนตุลาคม และมีทิศทางฟลักซ์ของน้ำที่ระดับผิวน้ำไหลออกสู่ทะเล ส่วนที่ระดับพื้นท้องน้ำไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ต่างจากเดือนธันวาคมที่พบความเข้มข้นของไนโตรเจนมี

ค่าต่ำ เนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้งและอิทธิพลของน้ำทะเลมีมากกว่าน้ำท่า ฟลักซ์ของน้ำจึงมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำทั้งสองระดับชั้นน้ำ เมื่อนำมาคำนวณฟลักซ์สุทธิของไนโตรเจนพบว่ามีความสูงที่สุดในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือนมิถุนายน, ตุลาคม, สิงหาคม, กุมภาพันธ์ และมีความต่ำสุดในเดือนธันวาคมในปริมาณ 52.52 Kg N/day, 49.72 Kg N/day, 32.05 Kg N/day, 21.39 Kg N/day, 13.30 Kg N/day และ 9.58 Kg N/day ตามลำดับ มีทิศทางการไหลของฟลักซ์สุทธิไนโตรเจนที่ไหลออกสู่ทะเลทุกเดือน ยกเว้นเดือนธันวาคมแต่เมื่อพิจารณาระดับผิวน้ำ และพื้นที่ของน้ำพบว่ามีความทิศทางการไหลของฟลักซ์ออกสู่ทะเล ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์ และเมษายนที่ระดับพื้นที่ของน้ำฟลักซ์มีทิศทางการไหลเข้าสู่แม่น้ำ (ยกเว้นเดือนธันวาคมทั้งสองระดับ)

เมื่อเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำและความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ไนเตรตละลายน้ำ (ภาพที่ 4-10) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ความเข้มข้นของไนเตรตจะมีความต่ำทั้งระดับผิวน้ำ และพื้นที่ของน้ำ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และลดลงตามอิทธิพลของน้ำขึ้น - น้ำลง โดยมีความเพิ่มขึ้นช่วงฟลักซ์ของน้ำไหลเข้าสู่แม่น้ำ และมีความลดลงเมื่อฟลักซ์ของน้ำไหลออกสู่ทะเล ส่วนเดือนเมษายนความเข้มข้นของไนเตรตมีความต่ำ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง ซึ่งที่ระดับผิวน้ำมีความสูงกว่าที่ระดับพื้นที่ของน้ำ ต่างจากเดือนมิถุนายน และเดือนสิงหาคมที่ความเข้มข้นของไนเตรตมีความสูงและมีความใกล้เคียงกันตลอดช่วงการวัดทั้งสองระดับชั้นน้ำอาจเกิดจากแหล่งที่มาของไนเตรตที่ถูกชะล้างจากแผ่นดินในปริมาณสูง เพราะเป็นช่วงฤดูน้ำมาก ซึ่งฟลักซ์ของน้ำมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับ ส่วนเดือนตุลาคมพบความเข้มข้นของไนเตรตมีความสูงและมีการเปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของน้ำขึ้น - น้ำลงโดยที่ระดับผิวน้ำจะมีความสูงกว่าที่ระดับพื้นที่ของน้ำ และมีทิศทางการไหลของน้ำที่ระดับผิวน้ำไหลออกสู่ทะเล ส่วนที่ระดับพื้นที่ของน้ำไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ต่างจากเดือนธันวาคมที่พบความเข้มข้นของไนเตรตมีความต่ำ และที่ระดับผิวน้ำมีความมากกว่าพื้นที่ของน้ำ เพราะอาจเกิดจากช่วงฤดูแล้งและอิทธิพลของน้ำทะเลมีมากกว่าน้ำท่า ฟลักซ์ของน้ำจึงมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำทั้งสองระดับชั้นน้ำ เมื่อนำมาคำนวณฟลักซ์สุทธิของไนเตรตพบว่าฟลักซ์สุทธิของไนเตรตมีความสูงที่สุดในเดือนสิงหาคมรองลงมาคือเดือนมิถุนายน, ตุลาคม, เมษายน, ธันวาคม และมีความต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ในปริมาณ 3,169.13 Kg N/day, 2,668.03 Kg N/day, 1,246.20 Kg N/day, 220.31 Kg N/day, 114.24 Kg N/day และ 43.06 Kg N/day ตามลำดับ มีทิศทางการไหลของฟลักซ์สุทธิไนเตรตที่ไหลออกสู่ทะเลทุกเดือน ยกเว้นเดือนธันวาคม แต่เมื่อพิจารณาระดับผิวน้ำ และพื้นที่ของน้ำพบว่ามีความทิศทางการไหลของฟลักซ์ออกสู่ทะเล ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์ และเมษายนที่ระดับพื้นที่ของน้ำฟลักซ์มีทิศทางการไหลเข้าสู่แม่น้ำ (ยกเว้นเดือนธันวาคมทั้งสองระดับ)

เมื่อเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำและความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ฟอสเฟตละลายน้ำ (ภาพที่ 4-11) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ความเข้มข้นของฟอสเฟตจะมีค่าสูงทั้งระดับผิวน้ำ และพื้นท้องน้ำ เนื่องจากช่วงที่ทำการตรวจวัดมีฝนตก อาจเกิดจากการชะล้างจากแผ่นดิน แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจน อาจจะมีแหล่งที่มาของสารอาหารจากบริเวณทะเล ทำให้ความเข้มข้นของฟอสเฟตที่ระดับพื้นท้องน้ำมีค่าสูง ในช่วงฟลักซ์ของน้ำมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ส่วนเดือนเมษายนความเข้มข้นของฟอสเฟตมีค่าสูงมาก และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจน อาจเนื่องมาจากช่วงที่ทำการตรวจวัดพบเป็นช่วงที่มีการปล่อยของเสียที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟสในปริมาณสูง สังเกตได้จากน้ำในแม่น้ำมีคราบฟองของเสีย และขยะลอยบนผิวน้ำ ต่างจากเดือนมิถุนายนที่ความเข้มข้นของฟอสเฟตมีค่าต่ำและมีการเปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของน้ำขึ้น – น้ำลง ซึ่งฟลักซ์ของน้ำมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับ ส่วนเดือนสิงหาคมพบความเข้มข้นของฟอสเฟตมีค่าสูง และมีการเปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของน้ำขึ้น – น้ำลง โดยที่ระดับผิวน้ำจะมีค่าใกล้เคียงกับที่ระดับพื้นท้องน้ำ ซึ่งฟลักซ์ของน้ำมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับ ต่างจากเดือนตุลาคมที่พบความเข้มข้นของฟอสเฟตมีค่าต่ำ และที่ระดับพื้นท้องน้ำมีค่ามากกว่าที่ระดับผิวน้ำ แหล่งที่มาของฟอสเฟตมาจากทะเล ซึ่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาที่ไม่ชัดเจน ส่วนเดือนธันวาคมพบความเข้มข้นของฟอสเฟตทั้งสองระดับชั้นน้ำมีค่าสูง โดยฟลักซ์ของน้ำของทั้งสองระดับมีทิศทางการไหลเข้าสู่แม่น้ำ แหล่งที่มาของฟอสเฟตจึงมาจากทะเลชัดเจนกว่าในเดือนตุลาคมเนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่ส่งผลในเดือนตุลาคมมีอิทธิพลที่ระดับผิวน้ำ เมื่อนำมาคำนวณฟลักซ์สุทธิของฟอสเฟต พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมรองลงมาคือเดือนเมษายน, มิถุนายน, ธันวาคม, กุมภาพันธ์ และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคมในปริมาณ 453.32 Kg P/day, 202.28 Kg P/day, 119.18 Kg P/day, 66.81 Kg P/day, 59.33 Kg P/day และ 1.60 Kg P/day ตามลำดับมีทิศทางการไหลของฟลักซ์สุทธิฟอสเฟตที่ไหลออกสู่ทะเลทุกเดือน ยกเว้นเดือนธันวาคม แต่เมื่อพิจารณาที่ระดับผิวน้ำ และพื้นท้องน้ำพบว่ามีทิศทางการไหลของฟลักซ์ออกสู่ทะเล ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน และตุลาคมที่ระดับพื้นท้องน้ำฟลักซ์มีทิศทางไหลเข้าสู่แม่น้ำ (ยกเว้นเดือนธันวาคมทั้งสองระดับ)

เมื่อเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำและความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ซิลิเกตละลายน้ำ (ภาพที่ 4-12) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน และมิถุนายน ความเข้มข้นของซิลิเกตจะมีค่าต่ำทั้งระดับผิวน้ำ และพื้นท้องน้ำ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงการวัดไม่แตกต่างกันมากนักทั้งสองระดับชั้นน้ำ อาจจะเป็นเนื่องจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นไม่ส่งผลให้ความเข้มข้นของซิลิเกตเพิ่มขึ้น หรือลดลงอย่างชัดเจน ต่างจากเดือนสิงหาคมที่ความเข้มข้นของซิลิเกตมีค่าสูง และมีค่าใกล้เคียงกัน

ตลอดช่วงการวัดทั้งสองระดับชั้นน้ำ อาจเกิดจากแหล่งที่มาของซิลิเกตที่ถูกชะล้างจากแผ่นดิน ซึ่งฟลักซ์ของน้ำมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับ ส่วนเดือนตุลาคมพบความเข้มข้นของซิลิเกตมีค่าต่ำ โดยที่ระดับผิวน้ำจะมีค่าต่ำกว่าที่ระดับพื้นท้องน้ำทุกช่วงตลอดการวัด และมีทิศทางฟลักซ์ของน้ำที่ระดับผิวน้ำไหลออกสู่ทะเล ส่วนที่ระดับพื้นท้องน้ำไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ต่างจากเดือนธันวาคมที่พบความเข้มข้นของซิลิเกตมีค่าต่ำ และที่ระดับผิวน้ำมีค่ามากกว่าพื้นท้องน้ำ เพราะอาจเกิดจากช่วงฤดูแล้งและฟลักซ์ของน้ำที่มีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำทั้งสองระดับชั้นน้ำ

เมื่อนำมาคำนวณฟลักซ์สุทธิของซิลิเกต พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมรองลงมาคือเดือนมิถุนายน, ตุลาคม, กุมภาพันธ์, เมษายน และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคมในปริมาณ 87,889.90 Kg Si/day, 9,637.68 Kg Si/day, 7,149.15 Kg Si/day, 2,151.89 Kg Si/day, 245.96 Kg Si/day และ 3.11 Kg Si/day มีทิศทางการไหลของฟลักซ์สุทธิซิลิเกตที่ไหลออกสู่ทะเลทุกเดือน ยกเว้นเดือนธันวาคม แต่เมื่อพิจารณาในระดับผิวน้ำ และพื้นท้องน้ำพบว่า มีทิศทางการไหลของฟลักซ์ออกสู่ทะเล ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์และเมษายนที่ระดับพื้นท้องน้ำฟลักซ์มีทิศทางไหลเข้าสู่แม่น้ำ (ยกเว้นเดือนธันวาคมทั้งสองระดับ)

เมื่อเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำและปริมาณของตะกอนแขวนลอย (ภาพที่ 4-13) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และเมษายน ปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าต่ำทั้งระดับผิวน้ำ และพื้นท้องน้ำ แต่ทั้งสองเดือนจะพบปริมาณตะกอนที่ระดับพื้นท้องน้ำมากกว่าที่ระดับผิวน้ำ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง โดยมีค่าเพิ่มขึ้นช่วงฟลักซ์ของน้ำไหลเข้าสู่แม่น้ำ และมีค่าลดลงเมื่อฟลักซ์ของน้ำไหลออกสู่ทะเล ส่วนเดือนมิถุนายน และสิงหาคม การเปลี่ยนแปลงของปริมาณตะกอนตามอิทธิพลของน้ำท่า เนื่องจากการชะล้างจากแผ่นดินโดยฝนต่างจากเดือนตุลาคมที่ปริมาณตะกอนระดับพื้นท้องน้ำมีค่าสูงกว่าที่ระดับผิวน้ำมาก และมีการเปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของน้ำขึ้น - น้ำลง อาจเกิดจากแรงของอิทธิพลของน้ำทะเลที่พัดพาตะกอนจากอ่าวตราดเข้าสู่แม่น้ำ ต่างจากเดือนธันวาคมที่พบปริมาณตะกอนมีค่าต่ำ และที่ระดับผิวน้ำมีค่าต่ำกว่าพื้นท้องน้ำ เนื่องเกิดจากเป็นช่วงฤดูแล้งและแรงจากอิทธิพลของน้ำท้าน้อยกว่าอิทธิพลของน้ำทะเลทำให้การพัดพาตะกอนไม่ปั่นป่วนมากนัก จึงพบว่ามีค่าต่ำในเดือนนี้ เมื่อนำมาคำนวณฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยพบว่ามีทิศทางการไหลต่างจากฟลักซ์ของน้ำและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ โดยมีทิศทางการไหลเข้าสู่แม่น้ำในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน และธันวาคมในปริมาณ 15.59 Ton/day, 40.74 Ton/day, 33.34 Ton/day ตามลำดับ ส่วนเดือนมิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคมมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลในปริมาณ 260.99 Ton/day, 299.28 Ton/day, 303.26 Ton/day ตามลำดับ มีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคมและมีค่าต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์แต่เมื่อ

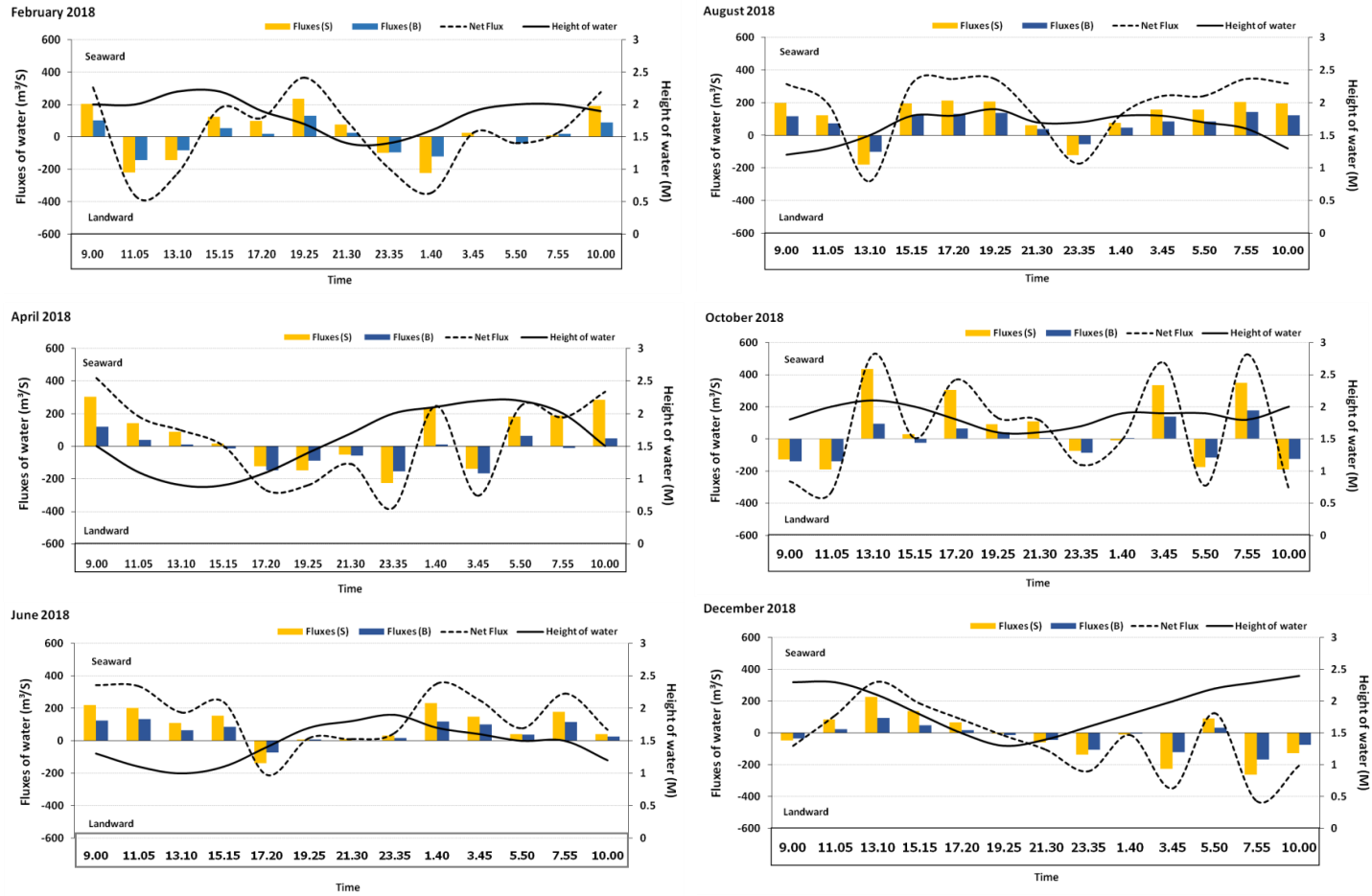
พิจารณาระดับผิวน้ำ และพื้นที่ตื้นน้ำพบว่ามึ่ทิศทางการไหลของฟลักซ์ออกสู่ทะเลยกเว้นเดือนเมษายน และธันวาคมที่ระดับพื้นที่ตื้นน้ำฟลักซ์มีทิศทางการไหลเข้าสู่แม่น้ำ (ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์ทั้งสองระดับ)

ตารางที่ 4-1 ฟลักซ์ของน้ำ สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยในวัฏจักรน้ำขึ้น – น้ำลง (25 ชั่วโมง) บริเวณปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด

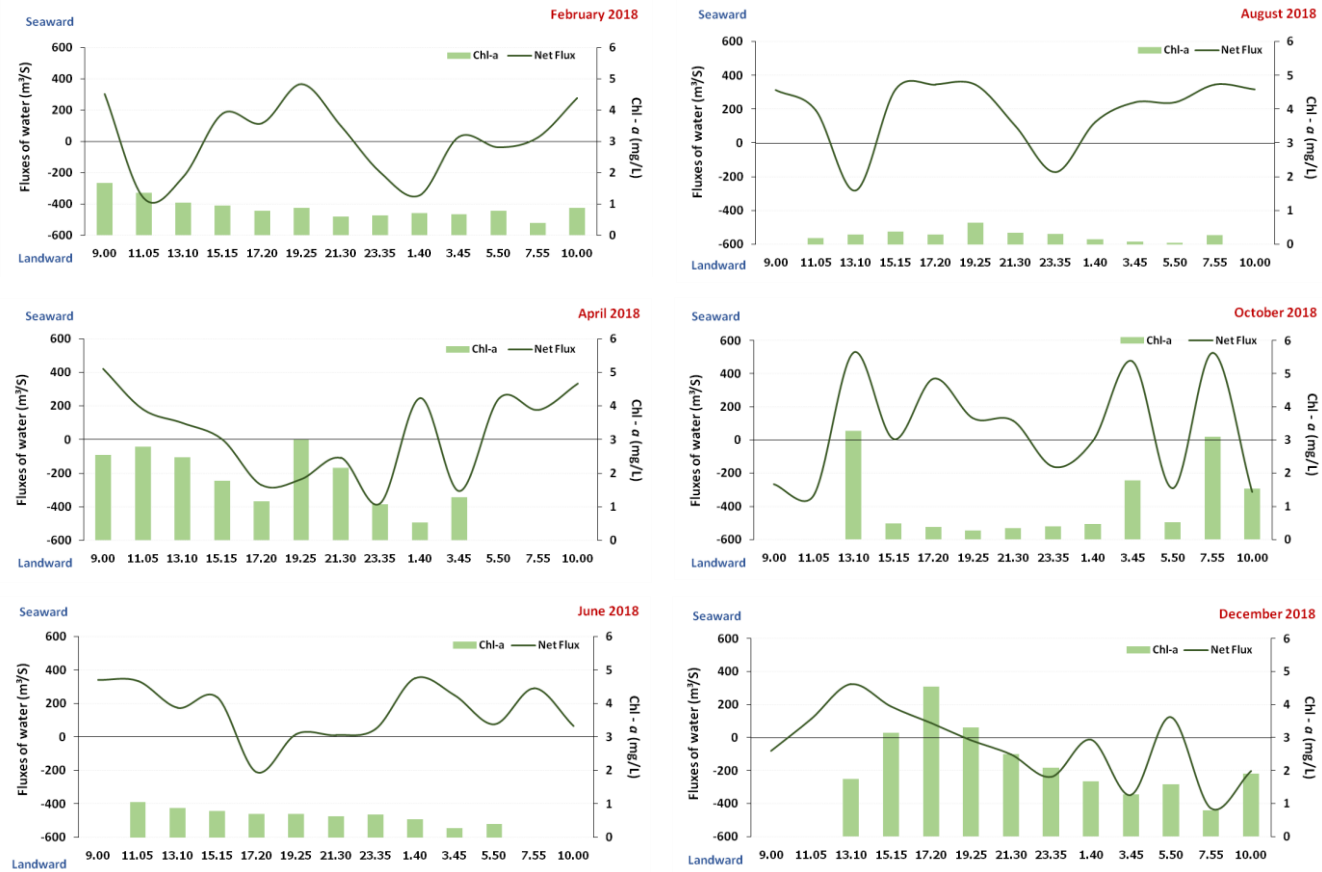
Fluxes		February	April	June	August	October	December
Water (10 ⁶ m ³ /day)	Surface	+ 1.84	+ 4.99	+ 8.17	+ 9.87	+ 5.89	- 1.69
	Bottom	- 0.31	- 2.32	+ 5.04	+ 6.27	- 0.68	- 2.26
	Net	+ 1.53	+ 2.68	+ 13.21	+ 16.14	+ 5.22	- 3.95
Ammonia (Kg N/day)	Surface	+382.54	+988.19	+713.32	+991.29	+2,041.79	+156.08
	Bottom	-112.69	-200.16	+340.39	+548.81	+64.59	+4.97
	Net	+269.86	+788.04	+1053.71	+1,540.09	+2,106.38	+161.05
Nitrite (Kg N/day)	Surface	+13.89	+66.97	+30.23	+15.75	+38.81	-4.84
	Bottom	-0.59	-14.46	+19.49	+5.65	-6.76	-4.74
	Net	+13.30	+52.52	+49.72	+21.39	+32.05	-9.58
Nitrate (Kg N/day)	Surface	+59.99	+280.09	+1,659.85	+1,924.43	+1,170.46	-50.88
	Bottom	-16.93	-59.77	+1,008.17	+1,244.70	+75.73	-63.36
	Net	+43.06	+220.31	+2,668.03	+3,169.13	+1,246.20	-114.241
Phosphate (Kg P/day)	Surface	+69.71	+308.75	+67.11	+273.79	+13.15	-27.86
	Bottom	-10.38	-106.47	+52.08	+179.53	-11.542	-38.95
	Net	+59.33	+202.28	+119.18	+453.32	+1.60	-66.81
Silicate (Kg Si/day)	Surface	+2,235.53	+3,513.16	+5,531.55	+51,707.81	+6,652.09	-622.19
	Bottom	-83.64	-3,267.20	+4,106.14	+36,182.09	+497.06	-2,485.71
	Net	+2,151.89	+245.96	+9,637.68	+87,889.90	+7,149.15	-3.11
TSS (Ton/day)	Surface	-14.89	+38.02	+127.44	+148.63	+195.13	+3.38
	Bottom	-0.69	-78.74	+133.55	+150.65	+108.13	-36.72
	Net	-15.59	-40.74	+260.99	+299.28	+303.26	-33.34

หมายเหตุ - หมายถึงมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ

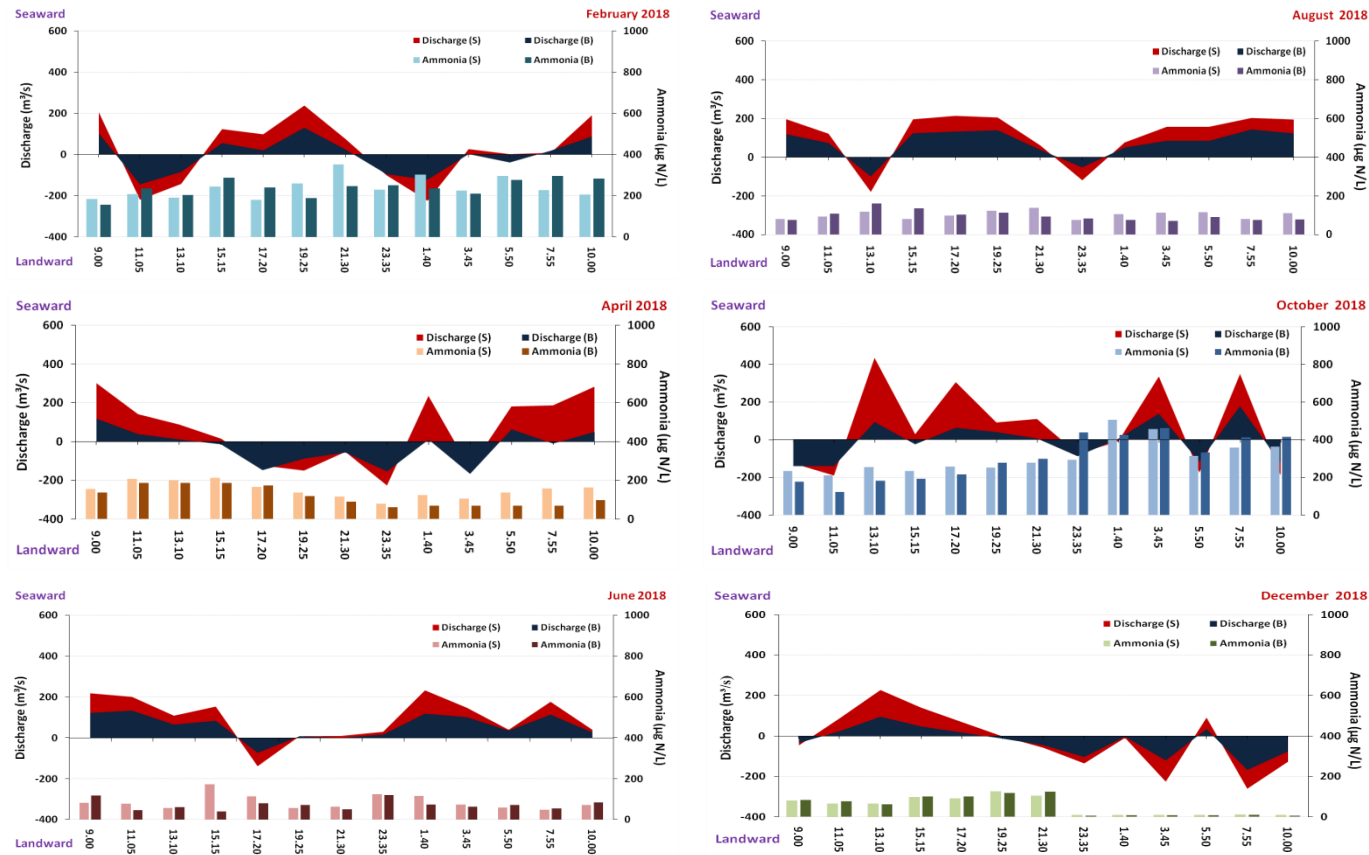
+ หมายถึงมีทิศไหลออกสู่ทะเล



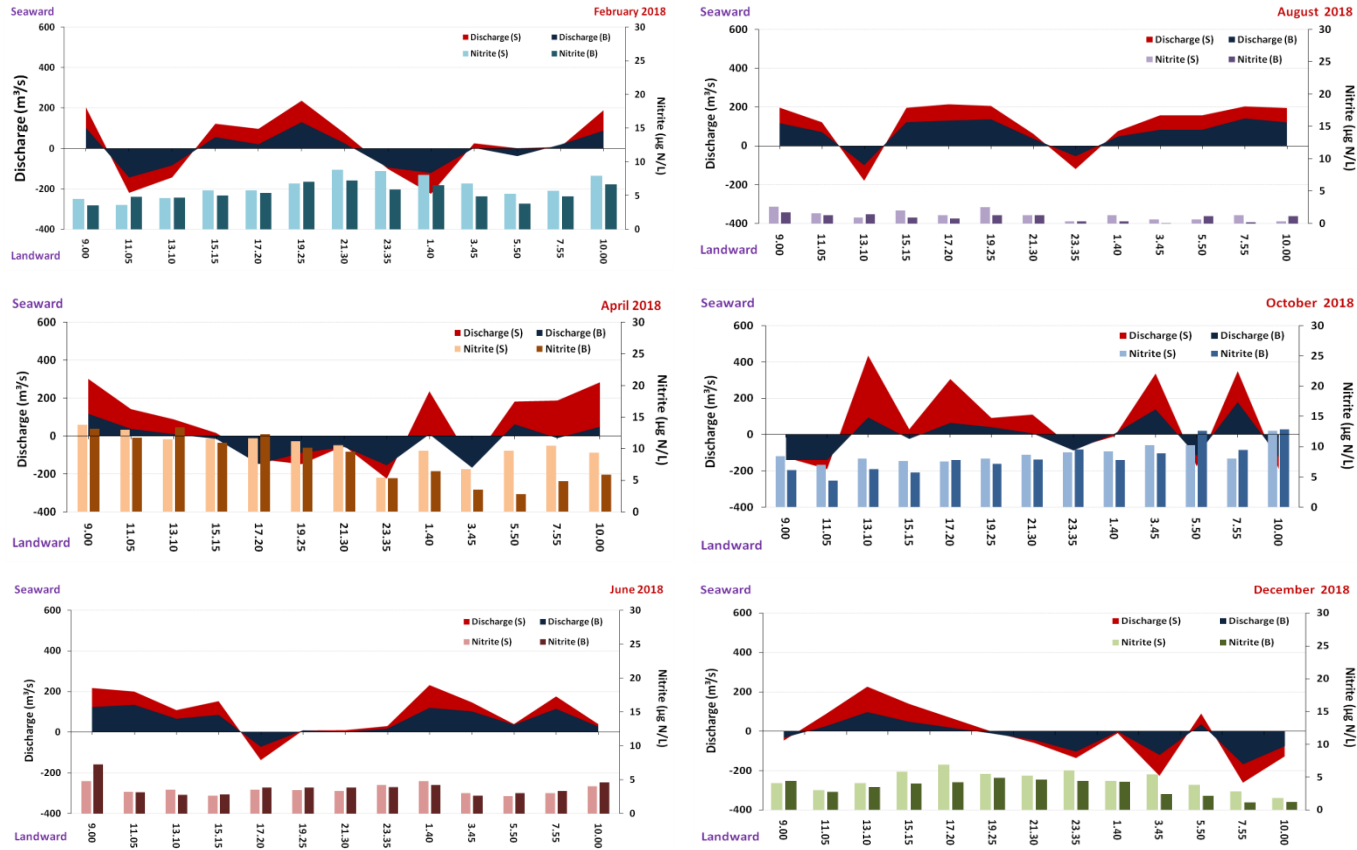
ภาพที่ 4-6 ฟลักซ์ของน้ำ และมาตราน้ำของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือที่สถานีแหลมมอญ (ตราด) ตามเวลาในรอบวัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561



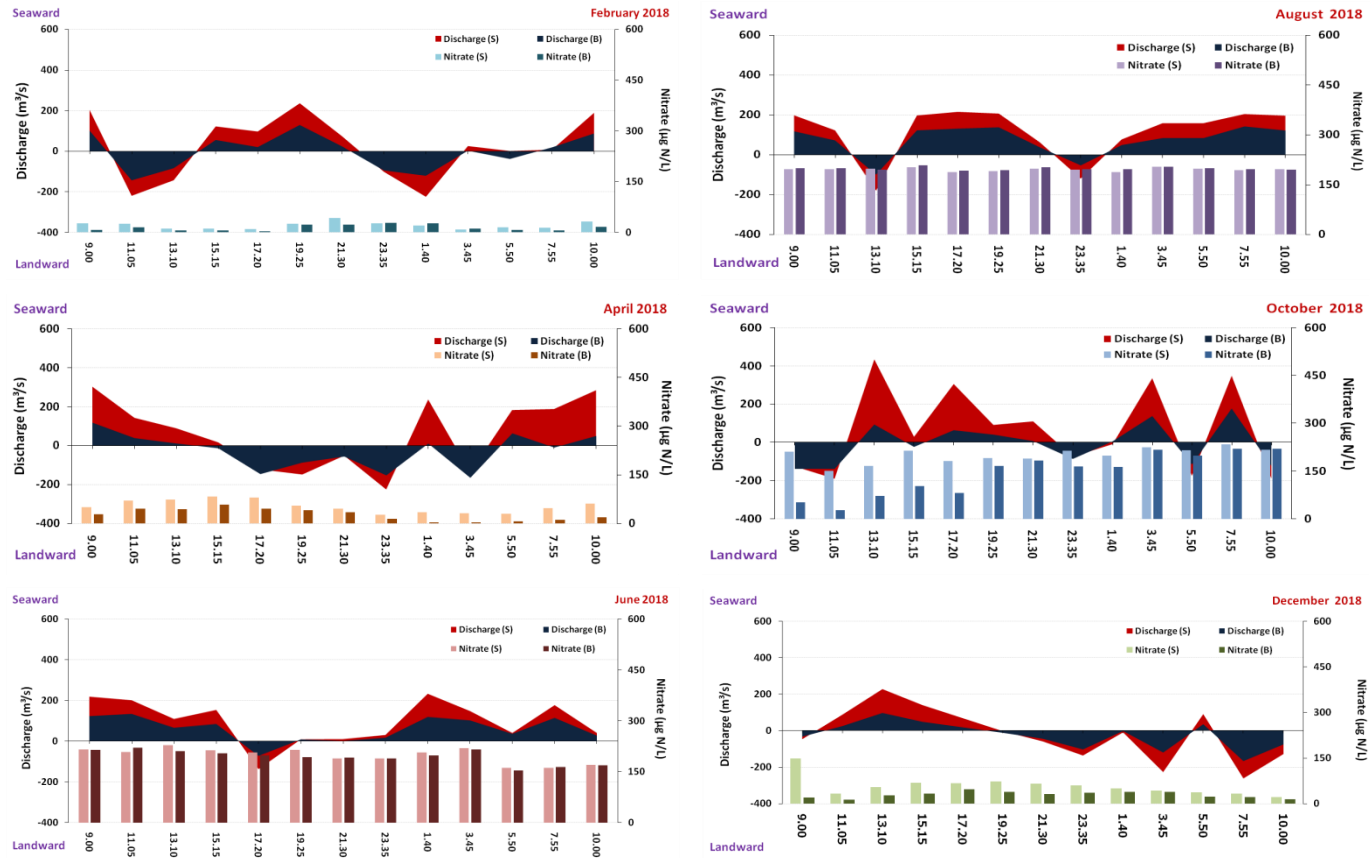
ภาพที่ 4-7 ฟลักซ์สุทธิของน้ำและคลอโรฟิลล์ เอ ตามเวลาในรอบวัฏจักรของน้ำแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2561



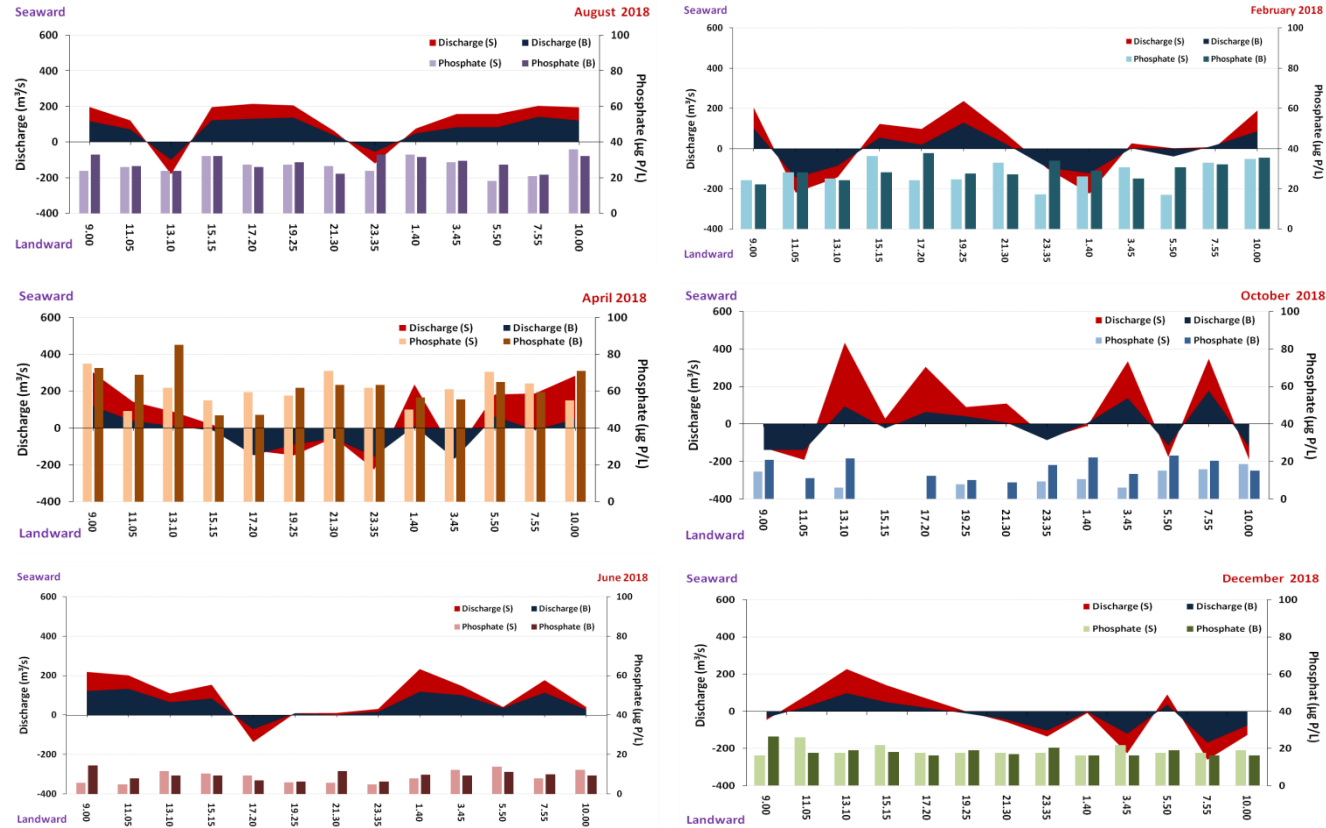
ภาพที่ 4-8 พลั๊กซ์ของน้ำและความเข้มข้นของแอมโมเนียละลายน้ำตามเวลาในรอบวัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561



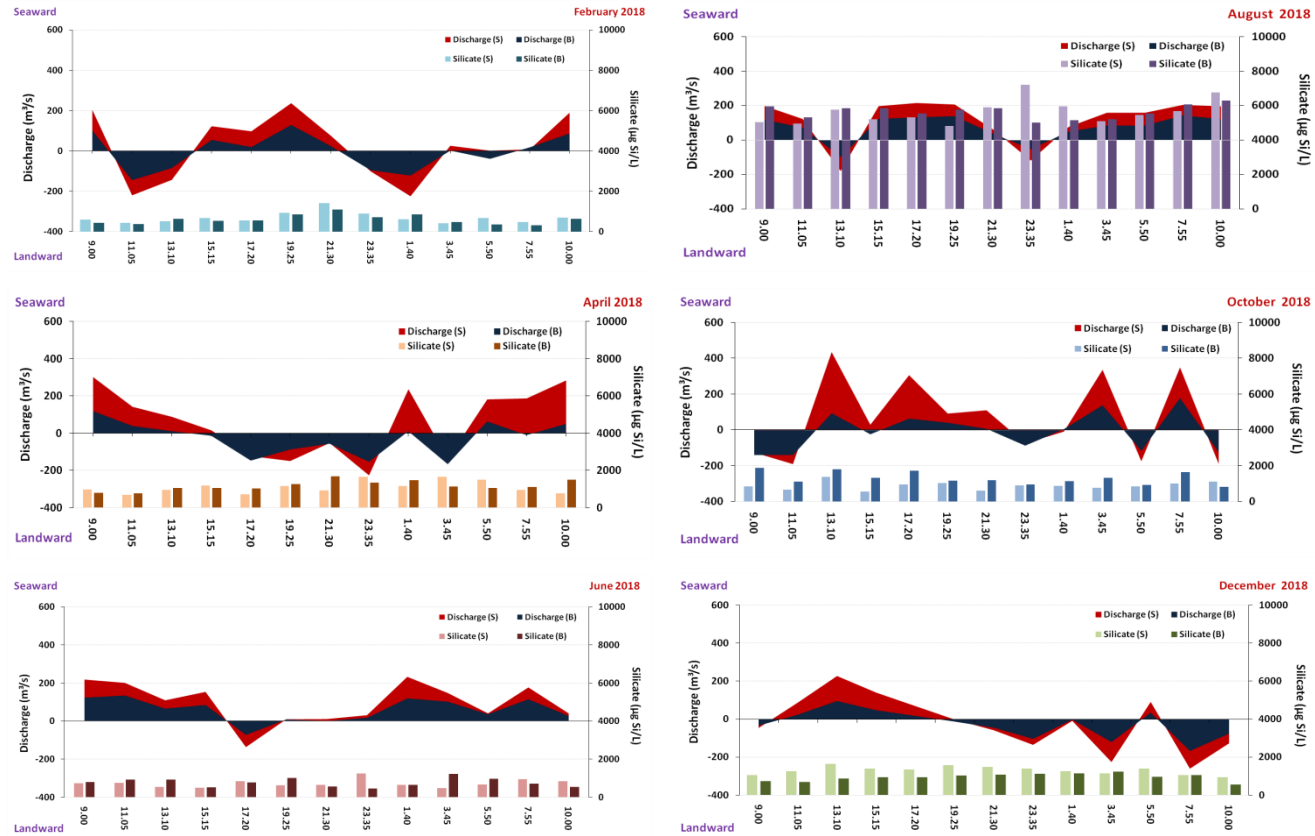
ภาพที่ 4-9 พลักร์ของน้ำและควมเข้มข้นของไนไตรท์ละลายน้ำตามเวลาในรอบวัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561



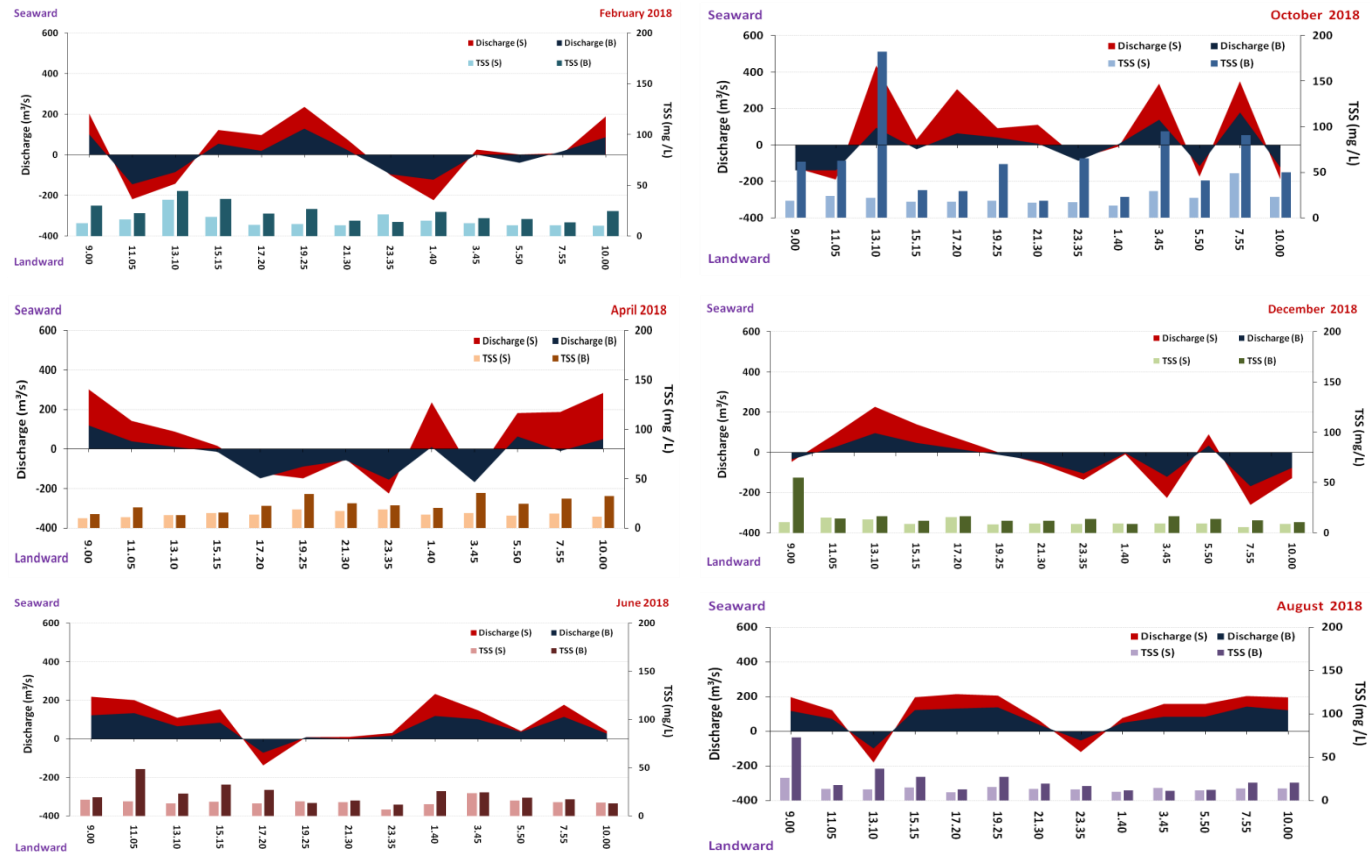
ภาพที่ 4-10 พลั๊กซ์ของน้ำและความเข้มข้นของไนเตรทละลายน้ำตามเวลาในรอบวัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561



ภาพที่ 4-11 พลั๊กซ์ของน้ำและความเข้มข้นของฟอสเฟตละลายน้ำตามเวลาในรอบวัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561



ภาพที่ 4-12 พลั๊กซ์ของน้ำและความเข้มข้นของซิลิเกตละลายน้ำตามเวลาในรอบวัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561



ภาพที่ 4-13 พลั๊กซ์ของน้ำและความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยตามเวลาในรอบวัฏจักรของน้ำในปี พ.ศ. 2561

บทที่ 5

อภิปรายผล และสรุปผล

การศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณแม่น้ำตราด และทะเล

จากการศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำตราดพบว่าอุณหภูมิของน้ำทั้ง 4 สถานีมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยที่ผิวน้ำจะมีค่าสูงกว่าพื้นท้องน้ำเพราะบริเวณผิวน้ำจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ และในเดือนเมษายนจะมีค่าสูงกว่าเดือนอื่นเนื่องจากตรงกับช่วงฤดูร้อน และมีอุณหภูมิต่ำในเดือนสิงหาคม เนื่องจากเป็นช่วงฤดูน้ำมาก จะมีฝนตกลงมากในช่วงเวลาดังกล่าว แต่เมื่อพิจารณาบริเวณปากแม่น้ำตราดในรอบวันจะพบว่าอุณหภูมิบริเวณผิวน้ำจะมีค่าต่ำกว่าที่ระดับพื้นท้องน้ำ ทั้งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำจึงขึ้นอยู่กับการแลกเปลี่ยนของมวลน้ำระหว่างแม่น้ำและทะเลตามช่วงเวลา ซึ่งอุณหภูมิปกติที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจะแปรผันอยู่ในช่วง 25-32 °C (Poonapa-amporn & Thaipichitburupha, 2018)

1. ความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำท่า พบว่ามีค่าต่ำตลอดทั้งลำน้ำในเดือนเมษายน, มิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวจังหวัดตราดได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากอ่าวไทยจึงทำให้มีฝนตกชุกประกอบกับแม่น้ำตราดเป็นแม่น้ำสายสั้นที่มีภูเขากระจายอยู่โดยรอบทำให้เมื่อมีฝนตกลงมาจะเกิดการไหลของน้ำลงสู่อ่าวตราดอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Poonapa-amporn and Thaipichitburupha (2018) ที่รายงานถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพื้นที่จังหวัดตราดว่าเป็นพื้นที่ภูเขาสูงเมื่อมีฝนตกลงมา จะไหลลงสู่อ่าวตราดทันทีจากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่าปริมาณน้ำฝนในปีที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 404.43 mm มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1,222.8 mm (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562) และพบว่าความเค็มมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง คือเดือนกุมภาพันธ์ และธันวาคม โดยมีความเค็มสูงถึงในสถานีแม่น้ำจุด TR1 และจุด TR2 ซึ่งห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 14.6 กม. และ 7.1 กม. ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงการรุกคืบน้ำเค็มจากทะเลเข้าสู่แม่น้ำ จากอิทธิพลของน้ำขึ้น – น้ำลง และเมื่อพิจารณาการไหลเวียนของน้ำบริเวณปากแม่น้ำพบว่าในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และธันวาคมมีรูปแบบการไหลเวียนแบบผสมผสานกันอย่างทั่วถึง (Well – mixed estuary) โดยจะพบค่าความเค็มของน้ำจากระดับผิวน้ำจนถึงพื้นท้องน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในเดือนเมษายน และตุลาคมมีรูปแบบการไหลเวียนแบบผสมผสานบางส่วน (Partially – mixed estuary) ความเค็มที่ระดับผิวน้ำ

จะมีค่าต่ำกว่าพื้นที่ของน้ำ แสดงให้เห็นถึงการแทรกสอดของน้ำทะเลที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้น - น้ำลงจากพื้นที่ของน้ำ และมีการผสมผสานกันบางส่วนระหว่างน้ำเค็มและน้ำจืด แตกต่างจากเดือนมิถุนายน และสิงหาคมที่อิทธิพลของปริมาณน้ำท่ามากกว่าน้ำทะเล ค่าความเค็มจากระดับผิวน้ำถึงพื้นที่ของน้ำจึงมีค่าต่ำมาก ซึ่งอาจจะไม่พบการเคลื่อนตัวของของน้ำทะเลจากอิทธิพลของน้ำขึ้น - น้ำลง ในช่วงเวลาดังกล่าว (Meksumpun, 2015)

2. ความเป็นกรด-เบสในแต่ละเดือนที่มีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำท่า โดยสถานีบริเวณแม่น้ำทั้งสองจุด (TR1,TR2) มีค่าใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับบริเวณจุดปากแม่น้ำ (TF) และจุดทะเล (TS) ยกเว้นเดือนมิถุนายนที่แต่ละสถานีมีค่าแตกต่างจากเดือนอื่น โดยเฉพาะสถานี TR1 ที่มีค่าต่ำ โดยบริเวณจุดที่ตรวจวัดใกล้กับคลองที่มีน้ำไหลลงมารวมในแม่น้ำ ช่วงเวลาดังกล่าวน้ำในคลองมีความใสมาก สามารถเห็นความขุ่นใสของน้ำในคลองและน้ำในแม่น้ำที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน อาจเนื่องมาจากรอบ ๆ บริเวณดังกล่าวใกล้แหล่งทิ้งขยะขนาดใหญ่ที่มีการหมักหมมรวมทั้งมีฝนตกก่อนหน้านั้นอย่างหนัก ทำให้เกิดการชะล้างจากแผ่นดินลงสู่แหล่งน้ำ โดยค่าความเป็นกรด - เบส มีความสอดคล้องกับค่าความเค็ม โดยในช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าน้อยจะมีความเป็นเบสอ่อน ๆ ส่วนช่วงที่มีปริมาณน้ำท่ามากมีค่าเป็นกรดอ่อน ๆ เกิดจากกระบวนการทางเคมีจาก Buffering capacity ของน้ำทะเลหรือผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - เบส อาจเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เนื่องจากเมื่อสิ่งมีชีวิตในน้ำจำพวกแพลงก์ตอนพืช หรือจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียมีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการสังเคราะห์แสง หรือการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ เมื่อในแหล่งน้ำมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสูง ก็จะส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรด - เบสมีค่าต่ำลง แต่ถ้ามีปริมาณก๊าซออกซิเจนในปริมาณสูง ค่าความเป็นกรด-เบสก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (มนูวดี ห้างสพฤกษ์, 2532)

3. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำพบว่าไม่มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือมีค่าไม่น้อยกว่า 4 mg/L ในสถานีแม่น้ำ แสดงให้เห็นว่าแม่น้ำตราดไม่เกิดสภาวะ Hypoxia ในช่วงเวลาการศึกษาตามฤดูกาล แต่จะเห็นว่าในเดือนตุลาคม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราด มีค่าต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูกาลจากฤดูน้ำมากเป็นฤดูแล้ง ทำให้ปริมาณน้ำท่าที่ลงมาจากแม่น้ำ ถูกแทรกสอดด้วยน้ำทะเลที่ระดับพื้นที่ของน้ำบริเวณปากแม่น้ำ(พิจารณาจากค่าความเค็ม) ซึ่งในน้ำทะเลที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ เมื่อถูกอิทธิพลน้ำขึ้น - น้ำลงพัดเข้าสู่แม่น้ำ

4. ความเข้มข้นของสารอาหารกลุ่มไนโตรเจนมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยความเข้มข้นของแอมโมเนีย, ไนไตรท์และไนเตรทมีความสอดคล้องกัน อาจเนื่องมาจาก เปลี่ยนรูปตามวัฏจักรไนโตรเจน จะเห็นว่าในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง สถานีบริเวณต้นน้ำพบว่ามีความเข้มข้นของแอมโมเนีย และไนไตรท์สูง จากการปล่อยของเสียลง มาในช่วงเวลาดังกล่าว และจากข้อมูลของ DWR (2012) ที่ได้ศึกษาการรुक้าของน้ำเค็มในช่วงฤดู แล้งพบว่าบางพื้นที่ไม่เหมาะต่อการนำน้ำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชตามปกติ แต่บางพื้นที่ใช้ ประโยชน์โดยการระบายน้ำเสียจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งรวมถึงของเสียที่ได้จากชุมชนบ้านเรือนที่ไม่ผ่าน การบำบัดลงสู่ม่าน้ำโดยตรงในช่วงที่มีการรูก้าของน้ำทะเลขึ้นไปยังต้นน้ำเนื่องจากอิทธิพลของ น้ำขึ้น – น้ำลง ส่งผลทำให้บริเวณปากแม่น้ำมีค่าแอมโมเนีย และไนไตรท์สูงตามไปด้วย ต่างจาก เดือนมิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำมากที่พบความเข้มข้นของไนเตรทสูงตลอด ลาน้ำเนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเกี่ยวกับการทำเกษตรกรรมปุ๋ยสังเคราะห์ที่มีสารกลุ่มไนเตรท ของแอมโมเนียเป็นองค์ประกอบหลักจึงถูกชะล้างแผ่นดินลงสู่ม่าน้ำ (PCD, 1998) และถูกพัดพา ไปยังปากแม่น้ำด้วยอิทธิพลของน้ำท่า

5. ความเข้มข้นของฟอสเฟตพบว่ามีความเข้มข้นสูงสุดในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือน กุมภาพันธ์ โดยมีความสอดคล้องกับความเข้มข้นของแอมโมเนียบริเวณต้นน้ำ ที่มีค่าสูงจากการ ปล่อยน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน และการทำเกษตรกรรมในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนบริเวณปากแม่น้ำที่ พบว่าส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าสถานีอื่น ๆ อาจเนื่องมาจากพื้นที่ป่าชายเลนที่มีความหนาแน่นเป็น แหล่งสะสมตะกอน และสารอาหารต่าง ๆ จากการศึกษารูค้าของ Chuaybumrung (2018) ที่ศึกษา การปลดปล่อยฟอสเฟตจากใบไม้ป่าชายเลนโดยการชะละลาย โดยพบว่าฟอสเฟตที่ปลดปล่อย ออกมาส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอนินทรีย์ฟอสเฟตละลายน้ำ (DIP) ถึงร้อยละ 60 นอกจากฟอสเฟต จะเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้วยังจัดเป็นปัจจัยจำกัดของแม่น้ำตราด (Limiting factor) ที่มีความสำคัญต่อการควบคุมปริมาณผู้ผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำ

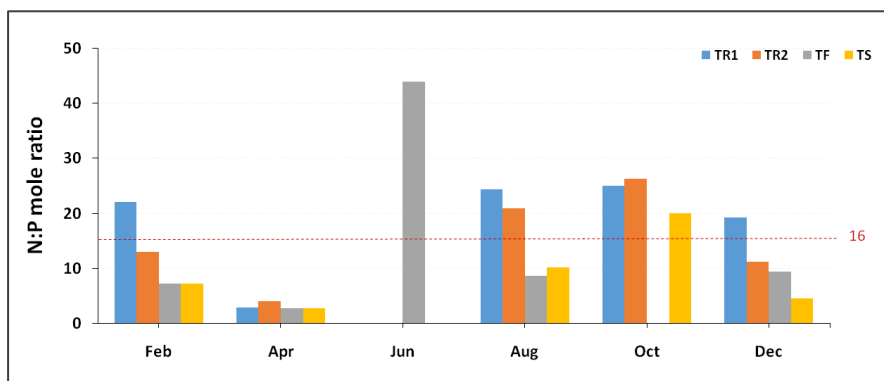
6. ความเข้มข้นของซิลิเกตที่มีค่าในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าสูงสุดใน เดือนสิงหาคมทุกสถานี ซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำมาก อาจเกิดจากการพังทลายหรือการกัดเซาะริมฝั่ง แม่น้ำแล้วถูกพัดพาตามปริมาณน้ำท่า โดยบริเวณปากแม่น้ำอาจมีการละลายกลับของซิลิเกตจาก ตะกอนพื้นทะเล หรือจากสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างแข็ง เช่น ไดอะตอม (อนุกุล นูรณ-ประทีปรัตน์ และคณะ, 2560) และจากการศึกษาของPransilpa, Arsiranant and Chuennyom (2017) ที่ ศึกษาความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชบริเวณปากแม่น้ำตราด พบว่าจำนวนชนิดและปริมาณ

แพลงก์ตอนพืช กลุ่มไดอะตอมมีจำนวนชนิด และความหนาแน่นมากที่สุดเมื่อเทียบกับแพลงก์ตอนกลุ่มอื่น

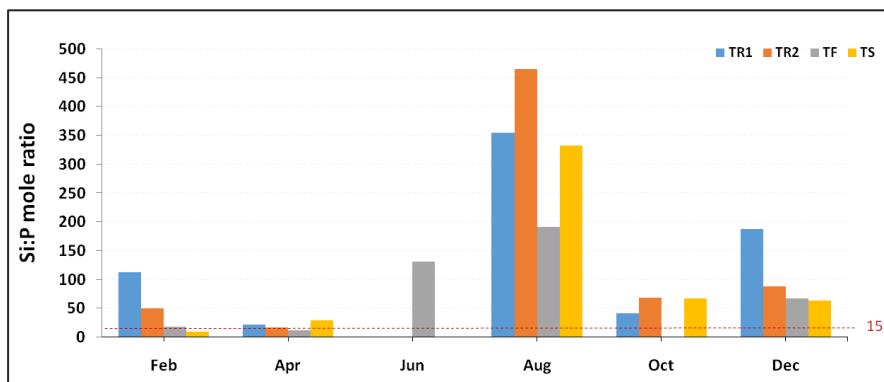
7. ปริมาณตะกอนแขวนลอย พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เด่นชัดตลอดช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัดซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงตามความแรงของกระแสน้ำ จากกราฟที่ 4-23 จะเห็นว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าสูงที่ระดับพื้นที่ตื้นน้ำมากกว่าที่ระดับผิวน้ำอย่างชัดเจนในช่วงเดือนตุลาคมที่กระแสน้ำมีความปั่นป่วน เนื่องจากได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง และปริมาณน้ำท่าทำให้ชั้นน้ำเกิดการแบ่งชั้น เมื่อพิจารณาจากค่าความเค็ม ต่างจากเดือนอื่นที่ปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าใกล้เคียงกันนอกจากนี้ความแรงของกระแส น้ำอาจส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย และจากการศึกษาของอนุภูมิล นูรณะประทีปรัตน์ และคณะ (2556) พบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสน้ำมีกำลังแรง และมีปริมาณลดลงเมื่อกระแสน้ำน้ำอ่อนกำลังลง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับกระบวนการฟุ้งกระจายของตะกอนจากพื้นที่ตื้นน้ำกลับสู่มวลน้ำ แต่ทั้งนี้นอกจากกำลังของกระแสน้ำแล้ว สภาพของมวลน้ำก็อาจจะส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย เช่น ชั้นน้ำเกิดการแบ่งชั้น เป็นต้น และเนื่องจากแม่น้ำตราดมีลักษณะภูเขาล้อมรอบดินตะกอนที่เกิดจากการกัดเซาะ หรือพังทลายอาจถูกชะล้างจากฝนอีกทั้งบริเวณปากแม่น้ำ และอ่าวตราดมีลักษณะเป็นดินโคลน จึงอาจเกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนที่ตื้นน้ำได้ง่าย จากการศึกษาพบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยทุกเดือนเฉลี่ยไม่เกินปริมาณสารแขวนลอยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำต่าง ๆ ที่ควรอยู่ในช่วง 25 – 80 mg/ (กรมทรัพยากรทางทะเล และชายฝั่ง, 2562)

จากการศึกษาอัตราส่วนของธาตุอาหาร (N: P:Si:mole ratio) (ภาพที่ 5-1 ถึง 5-2) เพื่อช่วยประเมินความอุดมสมบูรณ์ต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช โดยอัตราส่วนธาตุอาหาร N:P:Si mole ratio เท่ากับ 16:1:15 (Redfield, 1958) ผลการศึกษาพบว่าสถานีแม่น้ำจุด TR1 ทุกเดือนมีอัตราส่วนธาตุอาหาร N:P > 16 (ยกเว้นเดือนมิถุนายน)และแต่ละเดือนส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเข้าใกล้สถานีทะเล โดยอัตราส่วนของธาตุอาหาร N:P> 16 แสดงถึงสภาวะที่ฟอสเฟตเป็นปัจจัยจำกัด และพบว่าอัตราส่วนธาตุอาหาร Si:P แนวโน้มมีค่าสูงในฤดูน้ำมากและลดลงในช่วงฤดูแล้งเช่นเดียวกับอัตราส่วนธาตุอาหาร N:P และส่วนใหญ่ทุกสถานีในแต่ละเดือนจะมีอัตราส่วนธาตุอาหาร Si:P>15 แสดงถึงสภาวะที่ฟอสเฟตเป็นปัจจัยจำกัดเช่นกัน เมื่อพิจารณาจากค่าคลอโรฟิลล์ เอ (ภาพที่ 4-7) พบว่ามีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนธาตุอาหาร N:P:Si mole ratio ในเชิงลบ โดยในช่วงฤดูน้ำมากอัตราส่วนธาตุอาหารจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าคลอโรฟิลล์ เอ กลับมีค่า

ลดลง ส่วนในช่วงฤดูแล้งที่อัตราส่วนธาตุอาหารมีค่าลดลง แต่ค่าคลอโรฟิลล์ เอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สูงกว่าช่วงฤดูน้ำมาก



ภาพที่ 5-1 อัตราส่วนของธาตุอาหาร N:P mole ratio ตั้งแต่สถานีแม่น้ำจนถึงสถานีทะเลบริเวณแม่น้ำตราดรายเดือน ปี พ.ศ. 2561



ภาพที่ 5-2 อัตราส่วนของธาตุอาหาร Si:P mole ratio ตั้งแต่สถานีแม่น้ำจนถึงสถานีทะเลบริเวณแม่น้ำตราดรายเดือน ปี พ.ศ. 2561

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์จะมีความสัมพันธ์กันทั้งทางบวกและทางลบ ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมในขณะนั้น จากการศึกษาทั้ง 4 สถานี (ตารางที่ 5-1) เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นตัวแทนของปริมาณแพลงก์ตอนพืชรวมต่อปัจจัยด้านคุณภาพน้ำอุณหภูมิ, ความเค็ม, ค่าความเป็นกรด - เบส และค่าบีโอดี พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวก และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปทิศทางบวกกับความเข้มข้นของสาร

อนินทรีย์ละลายน้ำแอมโมเนีย, ไนไตรท์ และฟอสเฟต ต่างจากความเข้มข้นของสารอาหาร อนินทรีย์ละลายน้ำไนเตรท, ซิลิเกต และตะกอนแขวนลอยที่ทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติแล้ว พบว่ามีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเชิงลบ และพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอจะมีค่าสูงในช่วงฤดู แล้ง หรือช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำ มากกว่าในช่วงฤดูน้ำมาก ซึ่งความเข้มข้นของไนเตรท และซิลิเกต จะพบว่ามีค่าสูงในช่วงฤดูน้ำมาก และมีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้ง ต่างจากความเข้มข้นของแอมโมเนีย , ไนไตรท์ และฟอสเฟตที่มีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง ส่วนปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีผลต่อการบดบัง แสงอาทิตย์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ทำให้ช่วงที่ปริมาณตะกอนแขวนลอยมี ค่าสูงจะพบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอมีค่าต่ำ และเมื่อพิจารณาจากค่า N:P mole ratio ที่มีค่าสูงกว่า ค่า Redfield Ratio (N/P=16) การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางด้านสารอาหารจึงมีผลต่อการเพิ่มขึ้น หรือลดลง ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ หรือแพลงก์ตอนพืช

ตารางที่ 5-1 ความสัมพันธ์ทางสถิติของคุณภาพน้ำในแม่น้ำตราด และทะเล

Parameter	Ammonia	Nitrite	Nitrate	Phosphate	Silicate	TSS	Chl-a
pH	+	+	-	+	-	-	+
Temperature	+	+	-	+	-	-	+
Salinity	+	+	-	+	-	-	+
DO	-	-	+	-	+	+	-
BOD	-	-	-	+	-	-	+
Ammonia	1	+	-	+	-	-	+
Nitrite	+	1	+	-	-	-	+
Nitrate	-	+	1	-	+	+	-
Phosphate	+	-	-	1	+	-	+
Silicate	-	-	+	+	1	+	-
TSS	-	-	+	-	+	1	-
Chl-a	+	+	-	+	-	-	1

หมายเหตุ - หมายถึงมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก

+ หมายถึงมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ

การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราด

ผลการศึกษาฟลักซ์สุทธิของน้ำ และสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ (ตารางที่ 5-2) พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน, มิถุนายน และตุลาคม ฟลักซ์สุทธิของน้ำ และสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำทุกชนิดมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณาระหว่างระดับผิวน้ำและพื้นท้องน้ำ พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์ และเมษายน ฟลักซ์ที่ระดับผิวน้ำมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล ส่วนฟลักซ์ที่ระดับพื้นท้องน้ำมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่น้อย จึงเกิดการรุกเข้าของน้ำทะเลที่ระดับพื้นท้องน้ำ เพราะน้ำทะเลมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจืด ทิศทางการไหลของน้ำจึงสวนทางกัน ต่างจากเดือนมิถุนายน และสิงหาคมที่พบว่าฟลักซ์ที่ระดับผิวน้ำ และที่ระดับพื้นท้องน้ำมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับ เนื่องจากมีปริมาณน้ำท่าจากแม่น้ำตราดมาก และมีอิทธิพลมากกว่าอิทธิพลของน้ำทะเล พิจารณาได้จากค่าของความเค็มที่พบว่ามีค่าต่ำมากทั้งสองระดับชั้นน้ำ ส่วนเดือนตุลาคม พบว่าฟลักซ์ของน้ำ, ฟลักซ์ของไนโตรเจน และฟลักซ์ของฟอสเฟสที่ระดับผิวน้ำมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล ส่วนระดับพื้นท้องน้ำมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ต่างจากฟลักซ์ของแอมโมเนีย, ฟลักซ์ของไนเตรท และฟลักซ์ของซิลิเกต ที่มีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับชั้นน้ำ ส่วนเดือนธันวาคม พบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำ และฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำทั้งหมดทั้งสองระดับ เนื่องจากเดือนธันวาคมเป็นช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีฝนตกน้อย ปริมาณน้ำท่าในแม่น้ำตราดมีอิทธิพลน้อยกว่าน้ำทะเล รวมถึงเป็นช่วงน้ำทะเลหนุน พิจารณาจากค่าความเค็มก็พบว่าเดือนธันวาคมมีค่าความเค็มสูงตั้งแต่สถานีจุดปากแม่น้ำจนถึงแม่น้ำตอนบนการที่ฟลักซ์ของแอมโมเนียที่มีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับ อาจเนื่องมาจากปริมาณแอมโมเนียที่มีค่าสูง และมีแหล่งที่มาจากการชะล้างบนแผ่นดิน เมื่อนำมาคำนวณฟลักซ์ในรอบวันฟลักซ์ของแอมโมเนียจึงมีค่าสูงที่ระดับผิวน้ำมากกว่าพื้นท้องน้ำ และมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล

ผลฟลักซ์ของสารอาหารบริเวณปากแม่น้ำ ทำให้ทราบว่าปริมาณสารอาหารที่ไหลลงสู่แอ่งตราดมีปริมาณมากทั้งจากธรรมชาติ และกิจกรรมของมนุษย์ ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชที่ผู้ผลิตขั้นต้นของแหล่งน้ำมีการเจริญเติบโตและกลายเป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำทำให้ระบบนิเวศมีความสมบูรณ์ จากภาพที่ 5-1 จะเห็นว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะถูกพัดพาโดยอิทธิพลของน้ำทะเล จากสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พบว่าในตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 - 2561 ปริมาณสัตว์น้ำเค็มขึ้นท่าของจังหวัดตราดมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดระยอง และจันทบุรี (Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2019) แต่ไม่ก่อให้เกิด

ความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำเนื่องจากปริมาณสารอาหารไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ แหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คือ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเกิน 4 mg/L, ความเข้มข้นของสารอาหารแอมโมเนียมีค่าไม่เกิน 0.5 mg/L และความเข้มข้นของสารอาหารไนเตรทมีค่าไม่เกิน 5 mg/L เป็นต้น ซึ่งจัดอยู่ในประเภทคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรกรรม (PCD, 1992)

ส่วนฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยพบว่า มีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในเดือน กุมภาพันธ์, เมษายน และธันวาคม ส่วนเดือนมิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม มีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล โดยฟลักซ์ที่ระดับผิวน้ำและพื้นที่ท้องน้ำมีทิศทางเช่นเดียวกับฟลักซ์สุทธิของน้ำ ยกเว้นเดือน เมษายน และธันวาคมที่ระดับผิวน้ำมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล และระดับพื้นที่ท้องน้ำมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ เกิดการแบ่งชั้นน้ำจากผลการศึกษาทำให้ทราบว่าแหล่งของตะกอนแขวนลอยมีที่มาจากทั้งแม่น้ำและทะเล แต่จะมีค่าสูงเมื่อมีปริมาณน้ำท่ามาก และจะเกิดการฟุ้งกระจายได้ง่าย เนื่องจากความแรงของกระแสน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำท่า และอิทธิพลของน้ำทะเล รวมทั้งการแบ่งชั้นของมวลน้ำ นอกจากนี้ลักษณะทางธรณีวิทยาของแม่น้ำตราด ที่มีลักษณะดินตะกอนเป็นดินโคลน ซึ่งสามารถสังเกตได้จากสีของแม่น้ำได้อย่างชัดเจนในช่วงฤดูแล้ง และฤดูน้ำมาก

ตารางที่ 5-2 ฟลักซ์ของน้ำ สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยในวัฏจักรน้ำขึ้น – น้ำลง (25 ชั่วโมง) บริเวณปากแม่น้ำตราด และแม่น้ำในภาคตะวันออกตามฤดูกาล

River	Year	Area m ²	Season	Fluxes					
				Water 10 ⁶ m ³ /day	Ammonia Kg N/day	Nitrite + Nitrate Kg N/day	Phosphate Kg P/day	Silicate Kg Si/day	TSS Ton/day
Prasae ^{1,2}	2010	1,500	Dry	+0.15	+137.32	+218.92	+70.29	+8,195.15	+103.66
			Wet	+0.43	+201.98	+437.28	+101.31	+2,209.12	+63.21
Rayong ³	2013	224	Dry	+0.15	+137.32	-39.03	+70.29	+1,719.11	+27.73
			Wet	+1.57	+321.12	+969.02	+107.91	+17,362.61	+60.68
Pangrad ⁶	2015	298	Dry	+0.37	+317.69	+55.05	+86.05	+514.89	+19.15
			Wet	+0.59	+74.28	+185.16	+38.43	-66.47	+59.00
Chanthabur ⁵	2013	1,722	Dry	+14.26	+1,044.05	+192.31	+85.92	+6,194.80	+687.51
			Wet	+31.97	+1,341.01	+7,903.48	+357.71	+170,008.69	+623.86
Trat ⁴	2013	1,557	Dry	-2.57	+1.7	+16.82	-0.06	-49.80	-52.2
			Wet	+30.56	+597.09	+5,000.15	+164.71	+76,008.31	+1,524.88
Trat	2018	1,557	Dry	+1.53	+269.86	+56.36	+59.33	+2,151.89	-15.59
			Wet	+16.14	+1,540.09	+3,190.52	+453.32	+87,889.90	+299.28

หมายเหตุ – หมายถึงมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ

+ หมายถึงมีทิศไหลออกสู่ทะเล

ที่มา: ¹อนุภูต บูรณประทีปรัตน์ และคณะ (2556ก)

²อนุภูต บูรณประทีปรัตน์ และคณะ (2556ข)

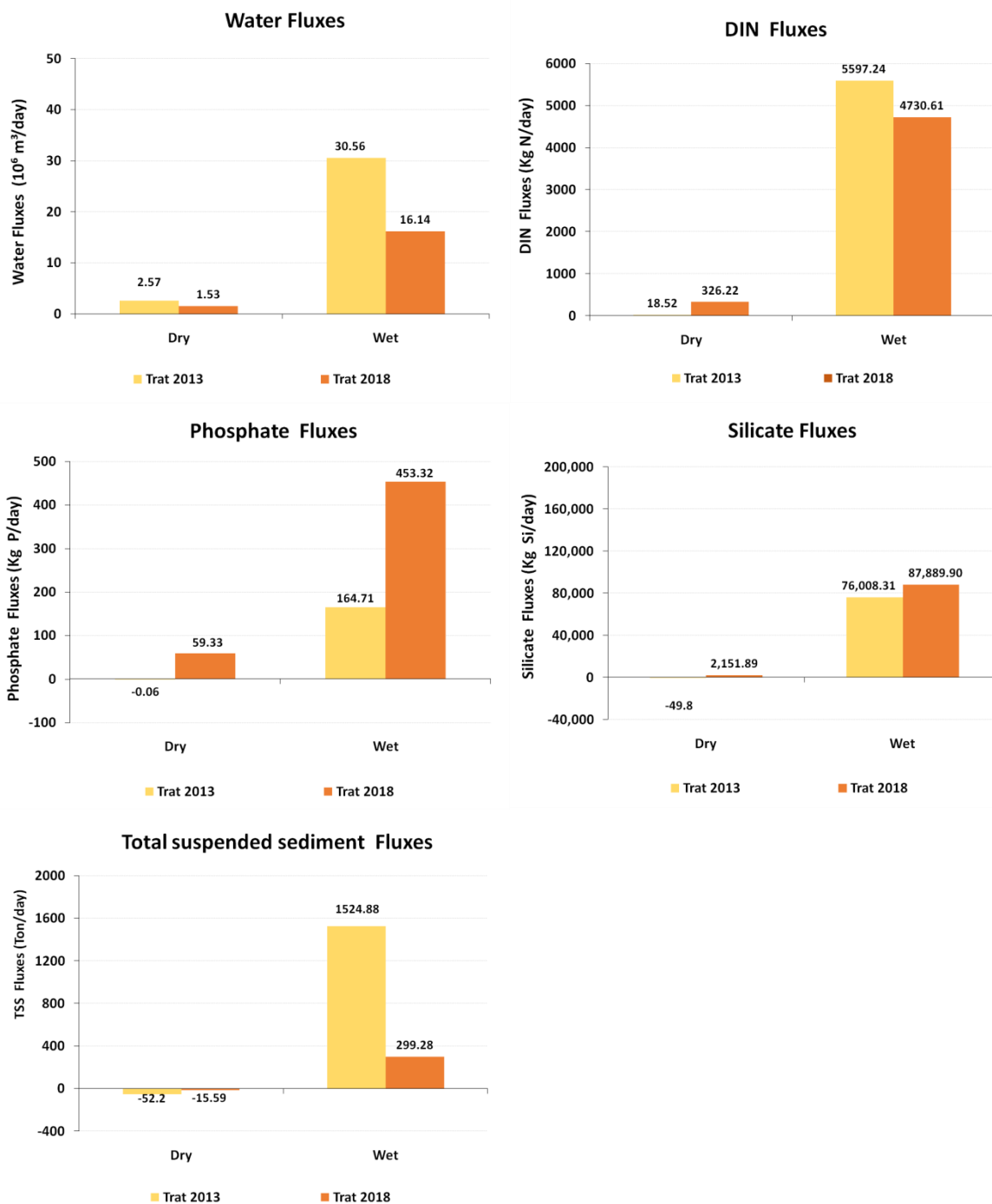
³สุธิดา กาญจติเรกลาม และคณะ (2558ก)

⁵สุธิดา กาญจติเรกลาม และคณะ (2558ข)

⁴สุธิดา กาญจติเรกลาม และคณะ (2559)

⁶สุธิดา กาญจติเรกลาม และคณะ (2560)

เมื่อเปรียบเทียบฟลักซ์สุทธิของน้ำ, สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยกับแม่น้ำอื่น ๆ พบว่าฟลักซ์สุทธิบริเวณแม่น้ำตราดปี พ.ศ. 2561 กับแม่น้ำตราดปี พ.ศ.2556 (ภาพที่ 5-2) มีแนวโน้มทิศทางการไหลของฟลักซ์แตกต่างกัน โดยในช่วงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2556 ฟลักซ์สุทธิของฟอสเฟต, ซิลิเกต และตะกอนแขวนลอยมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำตามของฟลักซ์ของน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเล ยกเว้นฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนีย และไนโตรเจน ที่มีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล อาจเกิดจากแหล่งกำเนิดสารที่ได้รับจากแผ่นดินมีปริมาณมาก ทำให้ผลการคำนวณฟลักซ์ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น - น้ำลง มีทิศทางที่สวนทางกัน (สุธิดา กาญจนาทิเรกกลาก และคณะ, 2559) ส่วนปี พ.ศ. 2561 พบว่าฟลักซ์สุทธิของสารอาหารทุกชนิดในช่วงฤดูแล้งมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลทั้งหมดตามฟลักซ์ของน้ำ เนื่องจากอิทธิพลของฝนและน้ำท่าเหนือกว่าอิทธิพลของน้ำทะเล ยกเว้นฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยที่มีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำอาจจะเกิดจากบริเวณอ่าวตราดที่มีลักษณะเป็นดินโคลน เกิดการพังกระจายได้ง่าย เมื่อน้ำทะเลรุกเข้าปากแม่น้ำจึงพัดพาตะกอนแขวนลอยในปริมาณมากเข้ามาด้วย ทำให้ผลการคำนวณฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยมีทิศทางการไหลสวนทางกับฟลักซ์ของน้ำ ส่วนในช่วงฤดูน้ำมากของแม่น้ำตราดทั้งสองปีพบว่าทิศทางการไหลของสารทุกชนิดออกสู่ทะเล ตามอิทธิพลของปริมาณฝนและน้ำท่าที่มีมากในช่วงดังกล่าว แต่ปริมาณของฟลักซ์ในปี พ.ศ. 2561 จะมีค่ามากกว่าปี พ.ศ. 2556 เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ และปริมาณของเสียที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเมื่อเปรียบเทียบแม่น้ำตราดปี พ.ศ. 2561 กับแม่น้ำประแสร์, แม่น้ำระยอง, แม่น้ำพังราดและแม่น้ำจันทบุรี (ตารางที่ 4) พบว่าในช่วงฤดูแล้งฟลักซ์สุทธิของสารอาหารส่วนใหญ่บริเวณแม่น้ำตราดมีค่าน้อยกว่าแม่น้ำประแสร์, แม่น้ำระยอง, แม่น้ำพังราดและแม่น้ำจันทบุรี และมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล (ยกเว้นฟลักซ์สุทธิไนโตรเจนของแม่น้ำระยอง และฟลักซ์สุทธิตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำตราด) ส่วนในช่วงฤดูน้ำมากพบว่าทุกแม่น้ำมีทิศทางของฟลักซ์สุทธิของสารทุกชนิดไหลออกสู่ทะเลตามอิทธิพลของปริมาณน้ำท่า ยกเว้นฟลักซ์ซิลิเกตของแม่น้ำพังราด โดยแม่น้ำตราดปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณฟลักซ์สุทธิของสารส่วนใหญ่มากกว่าแม่น้ำประแสร์, แม่น้ำระยอง และแม่น้ำพังราด แต่น้อยกว่าแม่น้ำจันทบุรี เนื่องจากแม่น้ำจันทบุรีมีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าแม่น้ำอื่น (สุธิดา กาญจนาทิเรกกลาก และคณะ, 2558) แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของปริมาณฝนและน้ำท่าที่ทำให้แต่ละแม่น้ำมีความแปรผันตามช่วงฤดูกาลคือมีค่าสูงในช่วงฤดูน้ำมาก และมีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้ง (ยกเว้นฟลักซ์สุทธิซิลิเกตของแม่น้ำพังราด และฟลักซ์สุทธิตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำจันทบุรี)



ภาพที่ 5-3 เปรียบเทียบฟลักซ์สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราด ในปี พ.ศ. 2556 (สุริดา กาญจติเรกลาภ และคณะ, 2559) และ ปี พ.ศ. 2561

จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณปากแม่น้ำตราดที่สถานี TF กับสถานี TR01 บริเวณปากน้ำบ้านด่านเก่า ต.หนองเสม็ดอ.เมือง จ.ตราดจากสำนักงาน แวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) (2562) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนสิงหาคมปี พ.ศ. 2558-2561 พบว่าความเค็มของน้ำและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์และเดือนสิงหาคม ในขณะที่ความเป็นกรด-เบสของน้ำ, อุณหภูมิของน้ำ, BOD, สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำแอมโมเนีย, ไนโตรเจน, ไนเตรต ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยทุกพารามิเตอร์จัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 สามารถใช้ประโยชน์ในการอุปโภค บริโภคโดยผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และการเกษตร ยกเว้นค่า BOD ปี พ.ศ. 2558 สถานี TR01 ที่พบว่าค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน (กรมควบคุมมลพิษ, 2535) เมื่อเปรียบเทียบ ผลการศึกษาพบว่าระหว่างข้อมูลที่ได้จากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) และข้อมูลที่กำลังศึกษาที่ตรวจวัดในปี 2561 ปีเดียวกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) ตรวจวัดได้ เราสามารถนำข้อมูลนั้นมาใช้เพื่อประเมินคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้ ซึ่งมีการวัด 4 จุด ที่สามารถเป็นตัวแทนตลอดลำน้ำ และตรวจวัด 4 ครั้งต่อปี ซึ่งจะครอบคลุมทุกช่วงฤดูกาล สามารถใช้เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนผลการตรวจวัดฟลักซ์ แต่ทั้งนี้ข้อมูลที่นำมาใช้ควบคุมควรอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อความแม่นยำของข้อมูล เนื่องจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอาจมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งข้อมูลที่ทำการศึกษาจะมีประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาครัฐ และเอกชน อาทิ หน่วยงานในสังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสถาบันการศึกษา เป็นต้น

ตารางที่ 5-2 ตารางเปรียบเทียบพารามิเตอร์คุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราดในปี พ.ศ. 2561 ระหว่างสถานี TR01 และสถานี TF

Parameter	The Trat river mouth									
	February					August				
	2015	2016	2017	2018		2015	2016	2017	2018	
	TR01			TF		TR01			TF	
Average precipitation (mm)	8.4	22.6	76.3	81.7		892.5	925	787.9	808.4	
Temperature (°C)	30.3	30.1	29.5	29.30	28.39	28.80	29.80	28.60	27.30	27.54
pH	7.2	7.5	7.92	7.26	7.51	6.99	6.83	6.42	7.78	7.00
Salinity (PSU)	26.3	28.7	27.8	21.50	22.90	0.10	0.00	0.00	0.00	0.01
DO (mg/L)	6.02	4.9	6	4.81	5.53	6.35	7.50	6.38	5.96	7.53
BOD (mg/L)	2.42	1.1	2	1.10	1.15	0.7	0.70	0.70	0.90	1.23
SS (mg/L)	<10	20	<10	16.00	19.46	0.70	<10	11.00	110.00	18.84
Nitrite (mg/L)	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01	0.02	0.00
Nitrate (mg/L)	0.1	0.12	<0.02	0.02	0.02	0.11	0.11	0.15	<0.02	0.20
Ammonia (mg/L)	0.17	0.28	<0.03	0.39	0.24	0.06	<0.03	>0.03	0.20	0.10

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราดในปี พ.ศ.2561 สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. คุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณแม่น้ำตราด และทะเล พบว่าทุกพารามิเตอร์ถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของฤดูกาล และระดับน้ำในอ่าวไทย เมื่อพิจารณาจากค่าความเค็มในช่วงฤดูแล้งจะมีการรุกล้าน้ำเค็มเข้าไปบริเวณตอนบนของแม่น้ำตราด และจะถูกเจือจางด้วยอิทธิพลของน้ำท่าในช่วงฤดูน้ำมาก

2. ความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณแม่น้ำตราดจากการตรวจวัด พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เพื่อการเกษตรกรรม ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยในช่วงฤดูแล้งพบความเข้มข้นของสารอาหาร และตะกอนแขวนลอยต่ำกว่าในช่วงฤดูน้ำมาก โดยสารอาหารส่วนใหญ่จะถูกชะล้างจากแผ่นดินไหลลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งบริเวณแม่น้ำตราดทั้งตอนบน ตอนกลาง และตอนล่างล้วนมีกิจกรรมที่เป็นแหล่งที่มาของสารอาหารทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นชุมชนบ้านเรือน การเกษตรกรรม และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

3. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอาหารอาจมีผลต่อการเพิ่มขึ้น ลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ หรือแพลงก์ตอนพืชในทะเล แต่เนื่องจากการตรวจวัดในช่วงเวลาที่ตรวจอาจขาดความต่อเนื่องในเชิงของเวลา ทำให้ผลการศึกษาแสดงเพียงว่าช่วงที่ทำการตรวจวัดมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ หรือแพลงก์ตอนพืชน้อยเพียงใดในช่วงขณะหนึ่ง ซึ่งอาจจะไม่สะท้อนความสัมพันธ์ของปริมาณสารอาหารที่เป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชที่เด่นชัดได้

4. ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ โดยในช่วงฤดูน้ำมากจะพบว่าสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำส่วนใหญ่ที่มากับมวลน้ำจืดจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูแล้งที่พบว่ามีปริมาณน้ำท่าต่ำ ทำให้แหล่งที่มาของสารอาหารของแม่น้ำตราดมาจากแผ่นดิน ซึ่งส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์บริเวณปากแม่น้ำตราด และอ่าวตราด

5. จากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล พบว่าฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยที่ระดับผิวน้ำ และที่ระดับพื้นท้องน้ำมีทิศทางของฟลักซ์สวนทางกันในช่วง

ฤดูแล้ง ซึ่งมีลักษณะการไหลของน้ำแบบ Gravitational circulation และช่วงเปลี่ยนฤดูกาล และมีทิศทางของฟลักซ์ไปในทิศทางเดียวกันช่วงฤดูน้ำมาก โดยอิทธิพลของน้ำท่า เนื่องจากแม่น้ำตราด เป็นแม่น้ำสายสั้น ช่วงฤดูแล้งที่พบว่าปริมาณมวลน้ำจืดจากแม่น้ำตราดลงมาน้อยการรुक้าของน้ำเค็มที่ระดับพื้นที่ของน้ำเข้าไปยังตอนในของแม่น้ำตราดมีอิทธิพลมากกว่า ซึ่งพิจารณาได้จากค่าความเค็ม ทำให้สารอาหารบริเวณปากแม่น้ำ และทะเลไหลเวียนไปยังตอนในของแม่น้ำตราด แต่อาจจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตน้ำจืดที่อาศัยอยู่บริเวณตอนในของแม่น้ำในช่วงฤดูกาลดังกล่าว

6. จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราด กับแม่น้ำระยอง, แม่น้ำประแสร์, แม่น้ำพังราดและแม่น้ำจันทบุรี พบว่าปริมาณกิจกรรมที่เป็นแหล่งที่มาของสารอาหารจะมีผลต่อความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำมากกว่าขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำยกเว้นแม่น้ำจันทบุรีซึ่งทั้ง 5 แม่น้ำมีการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ตามอิทธิพลของฤดูกาล ซึ่งแนวโน้มการเกิดแพลงก์ตอนบลูมทั้ง 5 แม่น้ำพบว่าขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม โดยช่วงที่ทำการศึกษาแม่น้ำตราดก็ไม่พบการเกิดแพลงก์ตอนบลูมในพื้นที่ศึกษา หรือบริเวณใกล้เคียง

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำตราด และบริเวณปากแม่น้ำตราด ควรกำหนดจุดเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น โดยใช้จุดที่สามารถศึกษาแนวโน้มการแพร่กระจายของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในจุดบริเวณอ่าวตราด เพื่อให้ข้อมูลมีความแม่นยำมากขึ้น

2. การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย ควรเพิ่มการวัดระดับน้ำในรอบวันควบคู่กัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนผลของฟลักซ์บริเวณปากแม่น้ำตราด เนื่องจากข้อมูลค่าระดับน้ำที่ได้จากมาตราน้ำของกรมอุทกศาสตร์ตรวจวัดจากจุดที่ห่างจากจุดที่ทำการศึกษา

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2535). *มาตรฐานคุณภาพน้ำ*. เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html.
- กรมชลประทาน. (2560). *ปริมาณน้ำท่ารายเดือนสถานี Z.10คลองใหญ่ บ้านศรีบัวทอง อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด*. เข้าถึงได้จาก <https://hydro-6.com>.
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2560). *ข้อมูลทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งจังหวัดตราด*. เข้าถึงได้จาก <https://www.dmcr.go.th/detailLib/3768>.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2559). *ประเภทสภาพการใช้ที่ดิน จังหวัดตราด ปี พ.ศ. 2559*. เข้าถึงได้จาก http://www1.idd.go.th/web_OLP/Lu_59/Lu59_E/map59/A4_TRT_59.jpg.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2562). *ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสถานีตราด จังหวัดตราด*. เข้าถึงได้จาก <https://www.tmd.go.th>.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). *ความรู้อุตุนิยมวิทยา*. เข้าถึงได้จาก <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=23>.
- กรรณิการ์ สิริสิงห์. (2549). *เคมีของน้ำใต้โครกและการวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ประยูรวงศ์.
- จิรพร เจริญวัฒนา. (2555). ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งหญ้าทะเล บริเวณเกาะยาวใหญ่ จังหวัดพังงา. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข.*, 40(1), 111-120.
- ชลพรรษ ดวงณา. (2553). *ประวัติจังหวัดตราด*. เข้าถึงได้จาก <http://province.m-culture.go.th/trat/w2553/w2553/trat2553.pdf>.
- เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, พิเศษฐิตุลยกุล และจารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2546). การแพร่กระจายของธาตุอาหารในบริเวณปากแม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราด: การประเมินการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและอัตราการไหลลงทะเล. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์* (หน้า 203-210). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย.
- ณัฐวรรตน์ ปภาวสิทธิ์. (2522). *สมุทรศาสตร์ชีวภาพของเอสทูรี*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นฤมล อินทวิเชียร, ประสาร อินทเจริญ, อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และวิภูษิต มัณฑะจิตร.

(2553). การใช้ระบบภูมิสารสนเทศแสดงลักษณะทางภูมิศาสตร์และสมุทรศาสตร์ของกลุ่มน้ำประแสร์ จังหวัดระยอง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชลบุรี: สำนักพิมพ์บูรพา มหาวิทยาลัย.

เบญจมาศ จันทะภา ไพบุญย์กิจกุล, ศุภเสกข์ ไกรหาญ, ชลธิ์ ไพบุญย์กิจกุล และอนุกุล

บุรณประทีปรัตน์. (2559). พลั๊กซ์ของซิลิเกตบริเวณปากน้ำแฉะมหนู อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี.

วารสารแก่นเกษตร, 44(1), 709 - 716.

เปี่ยมศักดิ์ มานะเศวต. (2539). แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

พรทิพย์ งานสกุล. (2535). การแพร่กระจายของธาตุอาหารในแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

มนูวดี หังสพฤกษ์. (2532). สมุทรศาสตร์เคมี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนูวดี หังสพฤกษ์, กัลยา วัฒนากร, วิไลวรรณ อุทุมพฤกษ์พร และพิชาญ สว่างวงศ์. (2546).

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 : เคมีในทะเล. สาระวิทยาศาสตร์ทางทะเล=Eye on the ocean :

Bring the sea to the classroom. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

มันสิน ตัณฑุลเวศน์ และมันรัช ตัณฑุลเวศน์. (2545). เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. กรุงเทพฯ:

สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัจน์ ธีธรรส. (2550). วิทยาศาสตร์ทางทะเลเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สำนักงานจังหวัดตราด. (2560). ข้อมูลการผลิตที่สำคัญของจังหวัดตราด. เข้าถึงได้จาก

<http://www.trat.go.th/newweb2018/pages/manufacturing.html>.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี). (2560). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมภาค

ตะวันออก พ.ศ. 2559. เข้าถึงได้จาก http://www.reo13.go.th/report_1.php.

สำนักงานอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2553). ทรัพยากรป่า

ชายเลนจังหวัดตราด. เข้าถึงได้จาก <http://www.dmcr.go.th/detailLib/140>.

สำนักงานอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2561). สถานการณ์

ทรัพยากรป่าชายเลน จ.ตราด. เข้าถึงได้จาก https://km.dmcr.go.th/th/c_1/s_409/

d_19090.

สุธิดา กาญจน์อติเรกलग, อนุกุล บุรณประทีปรัตน์, ศุภชัย ยืนยง, ธนกร คมไส และณัฐนนท์ ต่ายเนาว์คง. (2558ก). พลั๊กซ์ของตะกอนแขวนลอย และสารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำระยองในช่วงฤดูแล้ง และฤดูน้ำมาก ในปี พ.ศ.2556. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 20(1), 133-144.

สุธิดา กาญจน์อติเรกलग, อนุกุล บุรณประทีปรัตน์, ศุภชัย ยืนยง และธนกร คมไส. (2558ข). พลั๊กซ์ของสารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี ในฤดูแล้งและฤดูน้ำมาก ในปี พ.ศ.2556. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 7* (หน้า 1-7). กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรทางทะเล และชายฝั่ง.

สุธิดา กาญจน์อติเรกलग, ศุภชัย ยืนยง, เบญจมาศ มีทรัพย์, อนุกุล บุรณประทีปรัตน์, อติเรก มีทรัพย์ และศุภวัตร กาญจน์อติเรกलग. (2559). พลั๊กซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราดในฤดูแล้งและฤดูน้ำมาก ในปี พ.ศ. 2557. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 5* (หน้า 221-228). กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรทางทะเล และชายฝั่ง.

อัปสรสุดา ศิริพงศ์. (2524). *สมุทรศาสตร์ฟิสิกส์ของเอสทูรี*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
อนุกุล บุรณประทีปรัตน์, พรนันท์ คุณธร, ประสาร อินทเจริญ และสุธิดา กาญจน์อติเรกलग. (2556ก). พลั๊กซ์ของตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ จังหวัดระยอง พ.ศ. 2553. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 18(2), 232-245.

อนุกุล บุรณประทีปรัตน์, ยชนา เติตชูจันทร์, นฤมล คงเมือง, ประสาร อินทเจริญ, สุธิดา กาญจน์อติเรกलग และวิชญา กันบัว. (2556ข). พลั๊กซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ จังหวัดระยอง ในฤดูแล้ง และฤดูน้ำมากในปี พ.ศ. 2553. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 18(2), 222-231.

American Public health Association - APHA. (1992). *Standard methods for the Examination of water and Wastewater including Sediment and Sludges (18th Ed.)*. Washington DC., USA: American Public Health Association: American Water Works Association and the Water Environment Federation.

American Public health Association - APHA. (1998). *Standard methods for the Examination of water and Wastewater (20th Ed.)*. Washington DC., USA: American Water Works Association and the Water Environment Federation.

- Buranapratheprat, A., Choetchoojun, Y., Kongmaung, N., Intacharoen, P., Kan-atireklarp, S., & Kunboa, V. (2013). Dissolved Inorganic Nutrient Fluxes at the Prasae River Mouth, Rayong Province in Wet and Dry Season in 2010. *Burapha Science Journal*, 18(2), 222-231.
- Buranapratheprat, A., Kunboa, V., Jintasaeranee, P., Thaipichitburupha, P., & Suriyaphan, J. (2017). *An assessment of dissolved inorganic nutrient fluxes delivered to the sea and relate water qualities from inside the river to the Bangpakong River mouth*. Chonburi: Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University.
- Chuaybumrung, K. (2018). *Characteristic of Phosphorus Leaching from Mangrove Leaves Avicenniaalba and Rhizophoramucronata*. Retrieved from http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2018/TU_2018_5709030588_9295_11358.pdf.
- Department of Water Resources Management – DWR. (2012). *Data collection and Analysis: Development project of 25 main watershed database and Drought and floods model, East Coast watershed*. Retrieved from <http://mekhala.dwr.go.th/download/basin/18-eastsea.pdf>.
- Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2019). *FISHERIES STATISTICS OF THAILAND2017*. Retrieved from <https://www.fisheries.go.th/strategy-stat/document-public>.
- Department of Marine and Coastal Resources – DMCR. (2017). *Marine and Coastal Resources data in Tratprovince*. Retrieved from <https://www.dmcr.go.th/detailLib/3768>.
- Department of Marine and Coastal Resources – DMCR. (2018). *Mangrove resource situation in Tratprovince*. Retrieved from https://km.dmcr.go.th/th/c_1/s_409/d_19090 .
- Dyer, K.R. (1973). *Estuaries: APhysical Introduction*. John Wiley & Sons. Aberdeen.

- Falco, S., Niencheski, L.F., Rodilla, M., Romero, I., Gonzá'lezdelRío, J., Sierra, J.P., Mosso, C. (2010). Nutrient flux and budget in the Ebro estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 87, 92-102.
- Grasshoff, K., Kremling, K., & Ehrhardt, M. (1999). *Methods of Seawater Analysis 3rd* Eds. Weinheim: Wiley – VCH.
- Goolsby, Donald A., Battaglin, William A., Aulenbach, Brent T., & Hooper, Richard P. (2000). Nitrogen flux and sources in the Mississippi River Basin. *The Science of the Total Environment*, 248, 75-86.
- Lepisto, Ahti., Granlund, Kirsti., Kortelainen, Pirkko., & Raike, Antti. (2006). Nitrogen in river basins: Sources, retention in the surface waters and peatlands, and fluxes to estuaries in Finland. *Science of the Total Environment*, 365, 238-259.
- Meksumpun, C. (2015). *From Upstream to Estuary: Hydro-ecological Functions and Conservative Management* (1). Bangkok: The Faculty of Fisheries, Kasetsart University.
- Meteorological Department of Thailand – TMD. (2019). *Monthly rainfall data; Trat station*. Bangkok : Meteorological Department.
- Pollution Control Department - PCD (1992). *Standards water quality*. Retrieved from http://www.Pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html.
- Pollution Control Department - PCD (1998). *Nitrate, Nitrite and N-nitroso compounds*. Retrieved December 2, 2019, from <http://infofile.pcd.go.th/haz/55-Nitrate.pdf>.
- Poonapa-amporn, C., & Thaipichitburupha, P. (2018). Assessment of water and Sediment quality in Trat Bay, Trat Province. *KhonKaen Agriculture Journal*, 46(1), 273-278.
- Pransilpa, M., Arsiranant, I., & Chuennyom, W. (2014). Species diversity and Abundance of phytoplankton in the Estuaries of Trat, Chantaburi and Rayong River. In *Proceedings of the 4th Marine Science Conference* (pp. 38-47). Bangkok: Department of Marine and Coastal Resources.
- Shi – Wei Chung, Sen Jan & Kon-Kee Liu. (2001). Nutrient Fluxes through the Taiwan Strait in Spring and Summer 1999. *Journal of Oceanography*, 57, 47-53.

- Strickland, J.D.H., & Parson, T.R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fishery Research Board of Canada, Ottawa: Canada.
- Suriyaphan, J. (2014). Role of Nutrients on Phytoplankton Growth in Intensive Marine Shrimp Cultured. *Burapha Science Journal*, 19(2), 227-236.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลตาราง

ตารางภาคผนวก ก-1 ข้อมูลคุณภาพน้ำภายในแม่น้ำตราด และทะเลในเดือนกุมภาพันธ์, เดือนเมษายน และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561

Month	Station	Temp	Sal	pH	DO	BOD	Chl-a	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SI	TSS
Feb-18	TR1	28.69	11.64	7.19	-	1.50	1.74	344.56	16.48	119.62	2449.92	21.74	12.40
Feb-18	TR2	28.98	17.46	7.26	-	1.60	1.14	339.59	10.99	80.11	1653.26	33.10	23.13
Feb-18	TF	28.60	23.62	7.69	5.96	1.80	0.88	210.15	5.59	7.06	551.90	31.00	16.57
Feb-18	TS	28.80	26.61	7.82	-	1.75	0.86	204.50	4.61	3.52	291.30	29.64	16.20
Apr-18	TR1	30.24	0.03	7.66	8.72	2.00	1.29	131.10	-	-	971.29	45.45	32.00
Apr-18	TR2	29.36	0.50	7.71	5.07	1.20	0.12	170.78	-	-	764.90	43.63	27.85
Apr-18	TF	31.84	4.92	7.34	6.02	2.25	2.55	146.27	13.46	39.22	895.23	73.86	-
Apr-18	TS	34.70	9.10	7.35	7.64	1.70	0.62	122.76	-	-	1353.21	46.23	32.20
Jun-18	TR1	27.69	0.07	4.09	7.94	1.69	0.05	33.88	2.44	195.91	679.04	0.00	26.60
Jun-18	TR2	27.98	0.15	6.63	6.86	1.49	0.61	102.89	2.74	161.13	381.03	0.00	11.20
Jun-18	TF	28.11	0.04	8.49	7.21	2.38	1.05	62.47	3.18	214.38	837.42	6.37	31.90
Jun-18	TS	29.30	0.40	6.83	5.80	1.19	1.04	51.39	4.50	149.87	964.58	0.00	30.40

ตารางภาคผนวก ก-2 ข้อมูลคุณภาพน้ำภายในแม่น้ำตราด และทะเลในเดือนสิงหาคม, เดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561

Month	Station	Temp	Sal	pH	DO	BOD	Chl-a	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SI	TSS
Aug-18	TR1	27.78	0.03	6.70	9.07	0.90	-	148.26	1.40	179.80	4804.73	13.55	17.60
Aug-18	TR2	-	-	6.76	-	0.49	-	124.92	0.85	187.77	6957.96	14.97	22.00
Aug-18	TF	27.35	0.02	6.83	7.62	0.81	0.27	93.86	0.73	195.73	6524.60	34.03	17.26
Aug-18	TS	27.53	0.07	6.50	7.48	1.45	0.34	74.26	1.55	135.51	6957.96	20.89	48.50
Oct-18	TR1	28.37	0.00	7.54	6.92	0.29	0.67	160.85	8.19	239.81	668.36	16.35	22.20
Oct-18	TR2	28.18	0.08	7.11	6.61	0.68	0.75	201.03	8.34	234.51	1160.75	16.92	18.40
Oct-18	TF	29.34	8.03	7.57	5.06	1.22	0.48	213.38	6.66	157.62	336.78	-	24.10
Oct-18	TS	28.54	6.55	6.80	6.40	0.19	0.93	240.07	8.34	148.27	1327.84	19.79	47.00
Dec-18	TR1	29.04	7.24	7.50	6.69	0.49	1.09	207.01	10.55	120.24	3300.43	17.58	8.40
Dec-18	TR2	29.36	14.81	7.36	8.28	1.47	2.63	137.49	5.44	83.23	1792.41	20.37	5.80
Dec-18	TF	28.58	21.64	7.65	7.12	1.52	4.54	96.04	5.54	56.79	1142.57	16.88	16.05
Dec-18	TS	29.66	24.61	7.72	7.77	1.37	1.85	50.47	4.30	21.94	1075.09	16.88	14.10

ตารางภาคผนวก ก-3 ข้อมูลคุณภาพน้ำเฉลี่ยสุทธิบริเวณปากแม่น้ำตราดในเดือนกุมภาพันธ์, เดือนเมษายน และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561

Parameters	Level	Feb-18		Apr-18		Jun-18	
		min-max	Mean \pm SD	min-max	Mean \pm SD	min-max	Mean \pm SD
pH	Surface	7.37 -7.67	7.50 \pm 0.09	7.19 -8.05	7.66 \pm 0.23	7.23 -8.64	7.63 \pm 0.46
	Bottom	7.39 -7.70	7.52 \pm 0.09	7.30 -8.35	7.75 \pm 0.39	7.15 -8.62	7.55 \pm 0.45
Temp	Surface	27.94 -28.74	28.44 \pm 0.26	31.24 -33.08	32.13 \pm 0.68	27.85 -29.01	28.47 \pm 0.33
	Bottom	27.79 -28.68	28.33 \pm 0.29	31.93 -33.84	32.76 \pm 0.71	27.84 -28.72	28.38 \pm 0.27
Sal	Surface	19.84 - 24.65	22.26 \pm 1.41	1.30 - 10.73	5.47 \pm 3.33	0.04 - 0.09	0.06 \pm 0.02
	Bottom	21.40 - 25.45	23.55 \pm 1.29	5.57 - 18.68	11.22 \pm 5.02	0.04 - 0.09	0.06 \pm 0.02
DO	Surface	5.40 - 6.20	5.79 \pm 0.27	6.48 - 7.89	7.14 \pm 0.48	6.79 - 7.23	7.06 \pm 0.14
	Bottom	0.02 - 6.13	5.28 \pm 1.60	5.20 - 7.56	6.16 \pm 0.78	6.78 - 7.36	7.14 \pm 0.15
BOD	Surface	0.70 – 1.90	1.31 \pm 0.41	0.60 – 2.50	1.72 \pm 0.60	1.29 – 2.38	1.85 \pm 0.34
	Bottom	0.10 – 3.20	0.99 \pm 0.85	1.10 – 3.10	1.84 \pm 0.60	0.69 – 3.18	2.02 \pm 0.78
Chl-a	Surface	0.39 – 1.67	0.87 \pm 0.33	0.54 – 3.02	1.88 \pm 0.84	0.27 – 1.05	0.67 \pm 0.22

ตารางภาคผนวก ก-4 ข้อมูลคุณภาพน้ำเฉลี่ยสุทธิบริเวณปากแม่น้ำตราดในเดือนกุมภาพันธ์, เดือนเมษายน และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561

Parameters	Level	Feb-18		Apr-18		Jun-18	
		min-max	Mean \pm SD	min-max	Mean \pm SD	min-max	Mean \pm SD
NH ₃	Surface	180.10 - 350.89	238.66 \pm 51.23	79.40 - 211.80	150.84 \pm 40.32	49.33 - 173.44	86.11 \pm 35.88
	Bottom	156.60 - 295.77	239.13 \pm 41.38	60.06 - 186.79	116.28 \pm 51.24	40.58 - 121.08	71.92 \pm 24.51
NO ₂ ⁻	Surface	3.63 - 8.83	6.33 \pm 1.66	5.43 - 13.78	10.34 \pm 2.29	2.54 - 4.80	3.54 \pm 0.73
	Bottom	3.53 - 7.26	5.42 \pm 1.19	2.78 - 13.41	8.45 \pm 3.79	2.64 - 7.25	3.78 \pm 1.20
NO ₃ ⁻	Surface	8.86 - 42.01	20.66 \pm 10.02	26.43 - 82.60	52.77 \pm 19.39	161.62 - 227.82	198.84 \pm 22.27
	Bottom	3.81 - 27.96	13.61 \pm 8.80	3.42 - 57.99	27.03 \pm 18.77	153.15 - 220.53	194.04 \pm 20.92
PO ₄ ³⁻	Surface	17.04 - 36.31	27.30 \pm 6.15	49.34 - 75.02	60.93 \pm 7.86	4.89 - 13.78	8.63 \pm 3.16
	Bottom	22.23 - 37.79	29.39 \pm 4.53	47.01 - 85.14	62.85 \pm 10.41	6.37 - 14.52	9.39 \pm 2.28
Si	Surface	427.22 - 1411.12	686.61 \pm 267.73	691.50 - 1669.17	1102.63 \pm 333.38	473.1250.12	728.53 \pm 208.16
	Bottom	325.50 - 1091.55	606.70 \pm 228.24	778.73 - 1684.07	1175.38 \pm 267.87	458 - 1217.35	774.38 \pm 227.65
TSS	Surface	10.30 - 35.83	15.21 \pm 7.11	9.70 - 18.88	14.25 \pm 2.81	6.80 - 23.80	14.58 \pm 3.68
	Bottom	13.70 - 44.64	23.72 \pm 9.19	13.20 - 35.73	23.94 \pm 7.38	11.8 - 48.60	22.46 \pm 9.96

ตารางภาคผนวก ก-5 ข้อมูลคุณภาพน้ำเฉลี่ยสุทธิบริเวณปากแม่น้ำตราดในเดือนสิงหาคม, เดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561

Parameters	Level	Aug-18		Oct-18		Dec-18	
		min-max	Mean \pm SD	min-max	Mean \pm SD	min-max	Mean \pm SD
pH	Surface	6.85 -7.22	6.96 \pm 0.12	6.93 - 8.22	7.51 \pm 0.12	7.44 - 7.85	7.64 \pm 0.11
	Bottom	6.76 -7.20	6.98 \pm 0.12	6.64 - 7.57	7.22 \pm 0.12	7.62 - 7.91	7.72 \pm 0.11
Temp	Surface	27.30 -28.02	27.58 \pm 0.27	27.95- 29.52	28.55 \pm 0.27	27.84 - 28.99	28.49 \pm 0.31
	Bottom	27.29 -27.87	27.50 \pm 0.2	27.97 - 30.76	29.26 \pm 0.20	27.96 - 28.66	28.32 \pm 0.27
Sal	Surface	0.0 - 0.02	0.01 \pm 0.01	0.49 - 9.26	3.08 \pm 0.01	18.31 - 25.47	22.09 \pm 2.12
	Bottom	0.0 - 0.02	0.01 \pm 0.01	0.62 - 21.45	8.84 \pm 0.01	22.23 - 26.91	24.65 \pm 1.51
DO	Surface	5.68 - 7.80	7.45 \pm 0.54	5.03 - 5.94	5.42 \pm 0.54	5.99 - 7.82	6.64 \pm 0.52
	Bottom	7.08 - 7.89	7.61 \pm 0.20	4.77 - 6.10	5.26 \pm 0.20	6.07 - 6.70	6.41 \pm 0.21
BOD	Surface	0.16 – 2.35	1.19 \pm 0.57	0.29 – 4.85	1.54 \pm 1.59	0.88 – 2.15	1.49 \pm 0.39
	Bottom	0.78 – 2.62	1.29 \pm 0.49	0.39 – 4.51	1.70 \pm 1.22	0.29 – 2.74	1.22 \pm 0.62
Chl-a	Surface	0.04 – 0.64	0.27 \pm 0.16	0.27 – 3.28	1.14 \pm 1.13	0.80 – 4.54	2.23 \pm 1.07

ตารางภาคผนวก ก-6 ข้อมูลคุณภาพน้ำเฉลี่ยสุทธิบริเวณปากแม่น้ำตราดในเดือนสิงหาคม, เดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561

Parameters	Level	Aug-18		Oct-18		Dec-18	
		min-max	Mean \pm SD	min-max	Mean \pm SD	min-max	Mean \pm SD
NH ₃	Surface	74.70 - 137.25	102.25 \pm 19.39	210.79 - 5007	308.70 \pm 19.39	8.93 - 125.99	53.61 \pm 44.23
	Bottom	69.42 - 159.71	96.86 \pm 26.83	121.24 - 461.65	303.83 \pm 26.83	6.18 - 124.62	55.67 \pm 48.13
NO ₂ ⁻	Surface	0.36 - 2.59	1.28 \pm 0.74	7.02 - 12.60	8.83 \pm 0.74	1.82 - 6.88	4.52 \pm 1.44
	Bottom	0.06 - 1.70	0.91 \pm 0.51	4.38 - 12.89	8.19 \pm 0.51	1.13 - 4.90	3.38 \pm 1.31
NO ₃ ⁻	Surface	187.18 - 203.63	195.44 \pm 4.85	149.94 - 234.26	200.02 \pm 4.85	20.78 - 148.88	57.89 \pm 31.76
	Bottom	191.44 - 208.54	198.07 \pm 4.60	26.45 - 220.25	143.42 \pm 4.60	12.89 - 46.79	29.35 \pm 10.51
PO ₄ ³⁻	Surface	18.04 - 35.80	26.68 \pm 4.95	0 - 18.64	8.01 \pm 4.95	16.18 - 25.95	18.76 \pm 2.78
	Bottom	21.60 - 32.96	28.26 \pm 4.07	0 - 23.23	15.18 \pm 4.07	16.18 - 26.42	18.24 \pm 2.84
Si	Surface	0 - 7199.55	5166.66 \pm 1705.05	542.16 - 1366.95	880.26 \pm 1705.05	943.52 - 1650.72	1298.86 \pm 211.44
	Bottom	0 - 6290.55	4007.24 \pm 2791.41	830.12 - 1871.77	1307.74 \pm 2791.41	557.66 - 1224.38	946.54 \pm 193.51
TSS	Surface	9.40 - 26.20	14.11 \pm 4.05	13.20 - 49.20	22.28 \pm 4.05	5.60 - 15.60	10.20 \pm 2.85
	Bottom	11.14 - 72.60	23.56 \pm 16.46	19 - 182.25	62.25 \pm 16.46	8.70 - 55	16.46 \pm 11.82

ตารางภาคผนวก ก-7 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของคุณภาพน้ำในแม่น้ำตราด และทะเลปี พ.ศ. 2561

Spearman's rank correlations coefficient

	pH	Temp	Sal	DO	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Si	TSS	BOD	Chl-a
pH	1.000	0.561**	0.452*	-0.106	0.160	0.073	-0.488*	0.270	-0.455*	-0.121	0.370*	0.461*
Temp		1.000	0.548**	-0.051	0.203	0.146	-0.745**	0.463*	-0.263	-0.107	0.335	0.562**
Sal			1.000	-0.294	0.332	0.426*	-0.649**	0.249	-0.228	-0.367	0.342	0.566**
DO				1.000	-0.582**	-0.474	0.089	-0.061	0.201	0.087	0.083	-0.005
NH ₃					1.000	0.598**	-0.188	0.312	-0.039	-0.159	-0.157	0.116
NO ₂ ⁻						1.000	0.101	-0.025	-0.094	-0.435*	-0.068	0.549**
NO ₃ ⁻							1.000	-0.683**	0.104	0.079	-0.479*	-0.413*
PO ₄ ³⁻								1.000	0.203	-0.026	0.319	0.256
Si									1.000	0.018	-0.376	-0.032
TSS										1.000	-0.049	-0.401
BOD											1.000	0.366
Chl-a												1.000

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ตารางภาคผนวก ก-8 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราดปี พ.ศ. 2561

Spearman's rank correlations coefficient											
	pH	Temp	Sal	DO	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Si	TSS	BOD
pH	1.000	0.490	0.498	-0.081	-0.378	0.329	-0.385	0.189	-0.273	-0.077	0.399
Temp		1.000	0.200	-0.434	0.357	0.874**	-0.119	0.070	-0.049	0.126	0.636*
Sal			1.000	-0.670*	0.056	0.323	-0.814**	0.235	-0.442	0.123	-0.291
DO				1.000	-0.613*	-0.571	0.403	0.126	0.417	-0.487	0.081
NH ₃					1.000	0.643*	-0.077	0.091	-0.175	0.455	-0.098
NO ₂ ⁻						1.000	-0.273	0.161	-0.252	0.189	0.378
NO ₃ ⁻							1.000	-0.664*	0.336	-0.175	0.294
PO ₄ ³⁻								1.000	0.154	0.112	-0.280
Si									1.000	-0.077	-0.119
TSS										1.000	0.098
BOD											1.000

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ตารางภาคผนวก ก-9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพน้ำบริเวณในแม่น้ำตราด และทะเลในแต่ละเดือน ปี พ.ศ. 2561

Cruise

Hypothesis Test Summary

Parameter	Sig.
pH	0.77
Temperature	0.003
Salinity	0.004
Dissolved Oxygen (DO)	0.092
Biological Oxygen Demand (BOD)	0.016
Chlorophyll-a	0.015
Ammonia	0.005
Nitrite	0.02
Nitrate	0.002
Phosphate	0.002
Silicate	0.022
Suspended sediment	0.125

The significance level is 0.05

Station

Hypothesis Test Summary

Parameter	Sig.
pH	0.447
Temperature	0.824
Salinity	0.305
Dissolved Oxygen (DO)	0.442
Biological Oxygen Demand (BOD)	0.402
Chlorophyll-a	0.835
Ammonia	0.664
Nitrite	0.850
Nitrate	0.542
Phosphate	0.943
Silicate	0.721
Suspended sediment	0.338

The significance level is 0.05

ตารางภาคผนวก ก-10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราด ในแต่ละเดือน ปี พ.ศ. 2561

Cruise

Hypothesis Test Summary

Parameter	Sig.
pH	0.067
Temperature	0.087
Salinity	0.067
Dissolved Oxygen (DO)	0.083
Biological Oxygen Demand (BOD)	0.082
Ammonia	0.056
Nitrite	0.069
Nitrate	0.097
Phosphate	0.069
Silicate	0.089
Suspended sediment	0.676

The significance level is 0.05

Water level

Hypothesis Test Summary

Parameter	Sig.
pH	0.818 ¹
Temperature	0.589 ¹
Salinity	0.589 ¹
Dissolved Oxygen (DO)	0.589 ¹
Biological Oxygen Demand (BOD)	0.937 ¹
Ammonia	0.937 ¹
Nitrite	0.589 ¹
Nitrate	0.394 ¹
Phosphate	0.589 ¹
Silicate	1,000 ¹
Suspended sediment	0.004 ¹

The significance level is 0.05

¹ Exact significance is displayed for this test