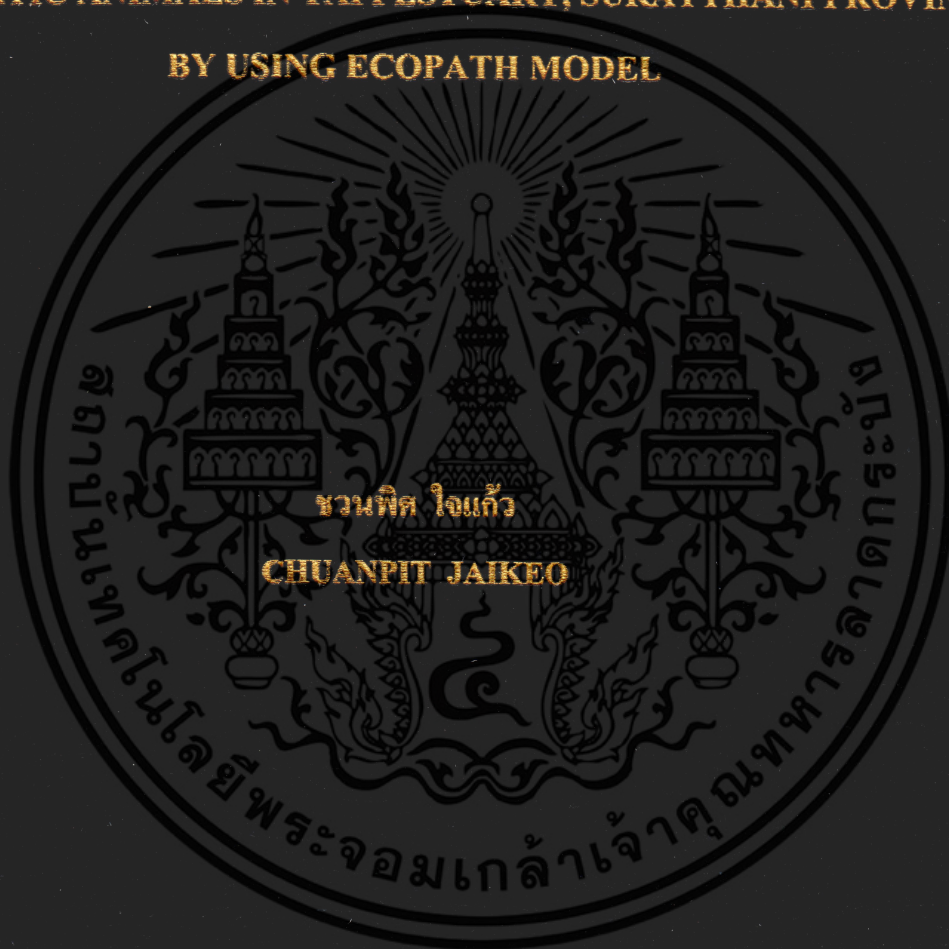


การวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของสัตว์น้ำ ในบริเวณ  
ปากแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้แบบจำลองอีโคพาท

THE ANALYSIS OF ECOLOGICAL STRUCTURE AND FUNCTION  
OF AQUATIC ANIMALS IN TAPI ESTUARY, SURATTHANI PROVINCE  
BY USING ECOPATH MODEL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AG-M-081-229

การวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของสัตว์น้ำในบริเวณ  
ปากแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้แบบจำลองอีโคพาธ

THE ANALYSIS OF ECOLOGICAL STRUCTURE AND FUNCTION  
OF AQUATIC ANIMALS IN TAPI ESTUARY, SURATTHANI PROVINCE  
BY USING ECOPATH MODEL



ชวนพิศ ใจแก้ว  
CHUANPIT JAIKEO

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2016-AG-M-081-229

การวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของสัตว์น้ำในบริเวณ  
ปากแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้แบบจำลองอีโคพาธ

THE ANALYSIS OF ECOLOGICAL STRUCTURE AND FUNCTION  
OF AQUATIC ANIMALS IN TAPI ESTUARY, SURATTHANI PROVINCE  
BY USING ECOPATH MODEL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AG-M-081-229

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE ANALYSIS OF ECOLOGICAL STRUCTURE AND FUNCTION  
OF AQUATIC ANIMALS IN TAPI ESTUARY, SURATTHANI PROVINCE  
BY USING ECOPATH MODEL**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN FISHERIES  
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2016**

**KMITL-2016-AG-M-081-229**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2016**

**FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY**

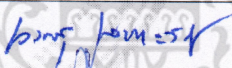




**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของสัตว์น้ำ ในบริเวณปากแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานีโดยใช้แบบจำลองอีโคพาธ  
The analysis of ecological structure and function of aquatic animals in Tapi Estuary, Suratthani Province by using Ecopath model

นักศึกษา นางสาวชนพิศ ใจแก้ว  
รหัสประจำตัว 56604094  
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การประมง  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ์  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

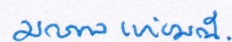
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ	
รศ.ดร.ชุกกรี หะยีสาแม	
รศ.ดร.สุนิรัตน์ เรืองสมบูรณ์	
ผศ.ดร. อัจฉรี เรืองเดช	
ผศ.ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ์	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 13 ธันวาคม 2559

สถานที่สอบ ห้องประชุม A 208 (ชั้น 2 ตึกเจ้าคุณทหาร)

คณบดีรับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล แก่นมณี)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ 20 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ สามารถใช้การควบคุมลำดับชั้นอาหารวิธีคุมจากล่างสู่บน ('bottom-up' control) ได้แก่ กลุ่มแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารทั้งทางตรง และทางอ้อมให้มีปริมาณที่เหมาะสมเพียงพอต่อสายใยอาหารในระบบนิเวศ ผลผลิตของระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี มีค่าปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ (TST) 13,347.400 ตัน/ตารางกิโลเมตร/ปี โดยมีปริมาณการจับสัตว์น้ำทั้งหมด 10.49 ตัน/ตารางกิโลเมตร/ปี ค่าเฉลี่ยของลำดับชั้นการจับ (TLC) 2.27 ประสิทธิภาพมวลรวมของการประมงขึ้นปฐมภูมิ (GE) 0.00175 ส่วนดัชนีแสดงการพัฒนาเชิงนิเวศซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตขึ้นปฐมภูมิทั้งหมดกับการหายใจทั้งหมด (TPP/TR) อัตราส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตขึ้นปฐมภูมิกับมวลชีวภาพทั้งหมด (TPP/TB) อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพทั้งหมดกับปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ(TB/TT) มีค่า 3.799, 114.068 และ 0.004 ต่อปี ตามลำดับ ดัชนีการกินอาหารพืชและสัตว์ของทั้งระบบ (SOI) ดัชนีแสดงความเชื่อมโยง (CI) และดัชนีความหลากหลายชนิด (H') มีค่า 0.192, 0.178 และ 1.151 ตามลำดับ ซึ่งเป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงความสมดุลของระบบนิเวศ ค่าประสิทธิภาพสุทธิ (net efficiency) มีค่ามากที่สุดคือ หมึกกล้วย (0.843) จำลองผลการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของสัตว์น้ำเชิงเวลาที่ระยะเวลา 5 ปี และ 10 ปี เมื่อมีการลงแรงทำประมง พบว่าที่ระยะเวลา 5 ปี มวลชีวภาพสัมพัทธ์ของหมึกกล้วย ตั้งแต่ระยะเวลาปีแรกมีค่าเพิ่มขึ้นและคงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี แต่เมื่อมีการจำลองระยะเวลาถึง 10 ปี พบว่ามวลชีวภาพสัมพัทธ์ของหมึกกล้วย ตั้งแต่ระยะเวลาปีแรกที่มีค่าเพิ่มขึ้น และยังคงที่ตลอดจนถึงระยะเวลา 10 ปี ในขณะที่ปลาทองเทียว จากการจำลองพบว่ามวลชีวภาพสัมพัทธ์มีค่าลดลงในช่วง 2 ปี แรก หลังจากนั้นก็มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงปีที่ 4 และมีการลดลงตั้งแต่ปีที่ 5 เป็นต้นไป

Thesis The Analysis of Ecological Structure and Function of Aquatic Animals  
in Tapi Estuary, Suratthani Province by Using Ecopath Model

Student Ms. Chuanpit Jaikeo

Student ID. 56604094

Degree Master of Science

Program Fisheries Science

Year 2016

Thesis Advisor Assistant Professor Dr. Ananya Jarernpornnipat

## ABSTRACT

The ecosystem of Tapi estuary is a high productive ecosystem with high abundance and diversity of aquatic animals. Hence this bay has been overexploited and several sources of pollution may cause to decline of fishery production. It might be affect to ecosystem structure. This study aimed to investigate trophic structure and function characteristics of aquatic animals in Tapi estuary. ECOPATH model was used to estimate the important biological parameters and ecologically important of fishes. The model simulation was based on the data collected from artisanal fisheries of costal fisheries areas of Tapi estuary. There were 19 functional groups. The values of Ecotrophic Efficiency (EE) in rang 0.000-0.927. The trophic levels were varied from 1.000 for primary producers and detritus to about 2.984 for *Himantura* spp. Phytoplankton and detritus is the lowest (1.000). Gross food conversion efficiency is in the range of 0.045 to 0.675. *Himantura* spp and *Plotosus canius* are the keystone species in the ecosystem. The mixed trophic impacts of the species in the ecosystem to take control food from the bottom to the top ('bottom-up' control), including phytoplankton and zooplankton as food either directly and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าไม่เป็นประโยชน์แก่การศึกษา  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

system throughput (TST) 13,347.400 tones km<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, total catches 10.49 tones km<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. Mean trophic level of catch (TL<sub>C</sub>) 2.27. The gross efficiency (GE) 0.00175. Index shows the development of ecosystem, which is the ratio of total primary production and total respiratory (TPP / TR), the ratio of total primary productivity and total biomass (TPP / TB), the ratio of total biomass and total throughput (TB / TT) are 3.799, 114.068 and 0.004, respectively. System omnivory index (SOI), connectance index (CI) and Shannon diversity index (H') are 0.192, 0.178 and 1.151 respectively, which is an index indicating the stable of the ecosystem. The net efficiency with a maximum of *Photololigo* spp. (0.843). Changes in biomass and fisheries yield in response to a general increase in fishing rate were simulated all functional groups for time period of 5 years and 10 years when increase in fishing rate. It was found that 5-year biomass relative of *Photololigo* spp from the time the first year has increased and constant over a period of 5 years, but when the simulation period of 10 years, biomass relative of *Photololigo* spp for the period from the first year of treatment increases and continued through the period of 10 years while *P. serperaster* of the simulation showed the relative biomass decreased during the first two years after it is added to the four years and has reduced from 5 year.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมถึงให้ความรู้ ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้ และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า จนกระทั่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ชุกีรี หะยีสาแม ที่กรุณาให้เกียรติเป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ในการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำ รวมถึงการตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้อง สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.นงนุช เลหาหะวิสุทธิ รศ.ดร.สุนิรัตน์ เรืองสมบูรณ์ และ ผศ.ดร.อัจฉรี เรืองเดช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และโครงสร้างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อชี้แนะ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลงได้

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบคุณ คุณทิวินันท์ คาบเงิน ขอขอบคุณเจ้าของเรือประมง บริเวณคลองฉนาก คลอง พูนพินในอ่าวบ้านดอนทุกลำ ที่ให้ความสะดวกในการรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ประจำห้องปฏิบัติการของหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ แนะนำและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และ ถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ชวนพิศ ใจแก้ว

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญภาพ.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 สภาพแวดล้อม ทรัพยากรสัตว์น้ำ และการจัดการทรัพยากรของอ่าวบ้านดอน.....	4
2.1.1 สภาพแวดล้อม ของอ่าวบ้านดอน.....	4
2.1.2 ทรัพยากรสัตว์น้ำ และสถานภาพการประมงของอ่าวบ้านดอน.....	4
2.1.3 การจัดการทรัพยากรในอ่าวบ้านดอน.....	7
2.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในอ่าวบ้านดอน.....	10
2.2.1 ปริมาณธาตุอาหาร.....	10
2.2.2 ความเค็มของน้ำ.....	11
2.2.3 ปริมาณของคลอโรฟิลล์ในน้ำทะเล และคุณภาพน้ำบางประการ.....	12
2.2.4 ปริมาณแพลงก์ตอน.....	19
2.3 โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศ.....	19
2.3.1 โครงสร้างของระบบนิเวศ.....	19
2.3.2 หน้าที่ของระบบนิเวศ.....	20
2.4 การศึกษาหองค์ประกอบของอาหารที่ถูกบริโภค.....	21
2.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ.....	21
2.4.2 การศึกษาองค์ประกอบของอาหารด้วยวิธีไอโซโทป และขบวนการ ทางชีวเคมี.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 หลักการของแบบจำลองอีโคพาธ.....	23
2.5.1 ความสามารถของแบบจำลองอีโคพาธ.....	23
2.5.2 ข้อมูลที่ต้องใช้เพื่อนำเข้าในแบบจำลอง.....	24
2.6 การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการจัดการสัตว์น้ำ.....	27
บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....	30
3.1 สถานที่ศึกษา.....	30
3.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่าง.....	31
3.2.1 การเก็บตัวอย่าง.....	31
3.2.2 การจำแนกชนิด.....	31
3.3 การวิเคราะห์ชนิดของอาหารในกระเพาะอาหาร.....	31
3.4 การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความชุกชุมของสัตว์น้ำ.....	32
3.4.1 คุณภาพน้ำ.....	32
3.5 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์.....	33
3.6 การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน.....	34
3.7 หลักการทำงานของแบบจำลอง.....	35
3.8 การนำเข้าข้อมูลของแบบจำลอง.....	36
3.8.1 Biomass (B).....	36
3.8.2 Production/Biomass (P/B).....	37
3.8.3 Consumption/Biomass (Q/B).....	38
3.8.4 Diet composition (DC).....	39
3.9 การประมวลผลของแบบจำลอง.....	39
3.9.1 ลำดับชั้นอาหาร (Trophic level).....	39
3.9.2 ประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (Ecotrophic efficiencies).....	39
3.9.3 ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขึ้นต้น (gross food conversion efficiency).....	40

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.9.5 ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบนิเวศ (keystone species).....	41
3.9.6 ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของ สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts).....	42
3.9.7 ผลกระทบจากการทำประมง.....	42
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	43
4.1 โครงสร้าง และหน้าที่เชิงนิเวศ.....	43
4.1.1 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำ.....	43
4.1.2 องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ.....	46
4.1.3 ข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อม.....	47
4.1.4 ลำดับชั้นอาหาร (trophic level).....	49
4.1.5 ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (ecotrophic efficiencies).....	49
4.1.6 ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขึ้นต้น (gross food conversion efficiency).....	50
4.1.7 ความสัมพันธ์ของสายใยอาหารในระบบนิเวศ (relationship of food web).....	52
4.1.8 การซ้อนทับกันของผู้ล่าและผู้ถูกล่าในระบบนิเวศ (niche overlap).....	54
4.1.9 ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบนิเวศ (keystone species).....	54
4.1.10 ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของ สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts).....	57
4.2 สมดุลพลังงาน และประสิทธิภาพการไหลของมวลชีวภาพ.....	59
4.2.1 ผลผลิตและการไหลของมวลชีวภาพในระบบนิเวศ (system statistics).....	59
4.2.2 การถ่ายถอดพลังงาน (energy flow).....	61
4.3 ผลกระทบจากการทำประมง.....	62

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการศึกษา.....	65
5.1 โครงสร้าง และหน้าที่เชิงระบบนิเวศ.....	65
5.2 สมดุลพลังงาน และประสิทธิภาพการไหลของมวลชีวภาพ.....	68
5.3 ผลกระทบจากการทำประมง.....	71
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	72
6.1 โครงสร้าง และหน้าที่เชิงระบบนิเวศ.....	72
6.2 สมดุลพลังงาน และประสิทธิภาพการไหลของมวลชีวภาพ.....	74
6.3 ผลกระทบจากการทำประมง.....	75
บรรณานุกรม.....	76
ภาคผนวก.....	86
ประวัติผู้เขียน.....	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบการจับสัตว์น้ำในอ่าวบ้านดอน ปี 2544-2548.....	6
2.2	แสดงค่าของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีการหมุนเวียน และส่งออกจากอ่าวบ้านดอนลงสู่อ่าวไทย.....	11
2.3	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนพฤษภาคม(ฤดูแล้ง) และเดือนพฤศจิกายน (ฤดูฝน) ปี 2546.....	13
2.4	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำบางประการในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) และเดือนพฤศจิกายน (ฤดูฝน) ปี 2546.....	14
4.1	แสดงชนิดสัตว์น้ำที่รวบรวมได้จากการทำประมงพื้นบ้านบริเวณชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี.....	43
4.2	แสดงค่าความยาวสูงสุด ( $L_{\infty}$ ) ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (K) สัมประสิทธิ์การตายโดยการทำประมง (F) ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (M) ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) และผลผลิตสัตว์น้ำ (Y) สัดส่วนการใช้ประโยชน์ (E).....	44
4.3	แหล่งการนำเข้าข้อมูล (P/B and Q/B) ของกลุ่มสัตว์น้ำ.....	45
4.4	องค์ประกอบของอาหารที่พบในสัตว์น้ำ ค่าที่แสดงเป็นสัดส่วนโดยมีผลรวมเท่ากับ 1 ตามวิธีการนำเข้าสู่แบบจำลอง.....	48
4.5	ข้อมูลสัตว์น้ำในระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปีที่นำเข้าในแบบจำลองอีโคพาทตัวเลขในวงเล็บเป็นการประมวลผลของแบบจำลอง.....	51
4.6	ผลผลิต และการไหลของมวลชีวภาพของระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปีระหว่าง เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558.....	60
4.7	ค่าการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี ระหว่างเดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558.....	61
5.1	เปรียบเทียบคุณลักษณะของระบบนิเวศ.....	75

# สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แผนที่แสดงการใช้เครื่องมือทำประมงบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี	5
2.2	เปรียบเทียบดัชนีราคาสัตว์น้ำที่จับได้กับดัชนีราคาของน้ำมันที่ใช้ทำการประมง.....	6
2.3	แนวคิดการจัดการ โดยมีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อดูการไหลของน้ำและมลภาวะในน้ำที่ไหลลงสู่อ่าวบ้านดอน เพื่อใช้ในการจัดการน้ำในบริเวณแหล่งเลี้ยงหอย.....	8
2.4	สภาพและปัญหา ความเชื่อมโยงของปัญหาหลักทั้ง 3 ข้อ.....	9
2.5	แสดงการแพร่กระจายความเค็มในอ่าวบ้านดอนในปี 2539.....	11
2.6	แผนที่แสดงค่าความเค็มของน้ำ บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เปรียบเทียบระหว่างเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) กับเดือนพฤศจิกายน (ฤดูฝน) ปี 2546.....	12
2.7	คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี เปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนแสดงชั้นความลึก (3ก, 3ข) ความเค็ม (3ค, 3ง) และความโปร่งใสของน้ำ (3จ, 3ฉ).....	15
2.8	คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี เปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนแสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำ (4ก, 4ข) ความเป็นกรด-ด่าง (4ค, 4ง) และความเป็นค่า (4จ, 4ฉ).....	16
2.9	คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี เปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนแสดงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (5ก, 5ข) บีโอดี (5ค, 5ง) และปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำ (5จ, 5ฉ).....	17
2.10	คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี เปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนแสดงปริมาณ แอมโมเนีย(6ก,6ข)ไนไตรท์ (6ค, 6ง) และไนเตรท (6จ,6ฉ)...	18
2.11	แสดงองค์ประกอบของแบบจำลองอีโคพาธ ความสามารถของแบบจำลองและการประมวลผลของแบบจำลอง.....	24

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.12	ข้อมูลที่ต้องนำเข้าไปในส่วนของอีโคพาธ และการประมวลผลของแบบจำลอง	25
2.13	ข้อมูลที่ต้องนำเข้าไปในส่วนของอีโคซิม และการประมวลผลของแบบจำลอง....	26
2.14	ข้อมูลที่ต้องนำเข้าไปในส่วนของอีโคสเปซ และการประมวลผลของแบบจำลอง	27
3.1	แผนที่แสดงพื้นที่ปากแม่น้ำตาปี และแหล่งทำประมงชายฝั่ง จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....	30
4.1	แสดงสายใยอาหาร (food web) และลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำในระบบนิเวศ ชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี ระหว่างเดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558.....	53
4.2	แสดงดัชนีการซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภ�ของผู้ล่าและเหยื่อ(niche overlap) ของสัตว์น้ำในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี ตัวเลขในวงเล็บ แสดงค่าดัชนีการซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภ� แทนตำแหน่งค่าการ ซ้อนทับกันของเหยื่อ แทนอนแสดงค่าการซ้อนทับกันของผู้ล่า.....	55
4.3	ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญ (keystone species) ในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่ น้ำตาปี ตัวเลขในกราฟแทนชนิดสัตว์น้ำ .....	56
4.4	ผลกระทบกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิต ชนิดอื่น ในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี สีน้ำเงินแสดงผลกระทบเชิงบวกสีแดง แสดงผลกระทบเชิงลบ.....	58
4.5	จำลองผลการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพของสัตว์น้ำที่ระยะเวลา 5ปี.....	63
4.6	จำลองผลการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพของสัตว์น้ำที่ระยะเวลา และ 10 ปี.....	64

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบนิเวศชายฝั่งทะเล และปากแม่น้ำเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรสัตว์น้ำนานาชนิดซึ่งสามารถเกิดทดแทนได้ (renewable) แต่หากใช้ประโยชน์อย่างขาดความรับผิดชอบ และเกินขีดความสามารถในการรองรับได้ (carrying capacity) โดยการนำทรัพยากรสัตว์น้ำมาใช้เกินศักยภาพการผลิต (over fishing) ทำให้ไม่สามารถผลิตทดแทนได้ทันที ทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรสัตว์น้ำอย่างเช่นที่กำลังประสบในอ่าวไทย โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำตาปี บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งพบว่าสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาที่มีคุณค่าสูงทางเศรษฐกิจมีปริมาณการจับได้ลดน้อยลง (Sawusdee, 2010) และปัจจุบันทรัพยากรสัตว์น้ำที่จับได้ในบริเวณอ่าวบ้านดอน มีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว อาจเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการประมง จำนวนเรือทำประมงที่เพิ่มมากขึ้น และการทำประมงอย่างขาดความรับผิดชอบ เช่น การทำประมงด้วยเครื่องมือที่ผิดกฎหมาย หรือมีการทำประมงในพื้นที่คุ้มครองทางทะเล เป็นต้น ซึ่งทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถทดแทนได้ทันต่อความต้องการมีการจับสัตว์น้ำที่ยังไม่ได้ขนาด และยังไม่เข้าสู่ภาวะเจริญพันธุ์ขึ้นมาเป็นจำนวนมาก ตลอดจนทรัพยากรดังกล่าวถูกคุกคามด้วยปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ มากมาย เช่น พื้นที่ชายฝั่งบริเวณอ่าวบ้านดอนมีการถูกใช้ประโยชน์อย่างหนัก ในการใช้พื้นที่เพื่อเลี้ยงหอย ตลอดจนมลภาวะ ในแหล่งน้ำที่มีการปล่อยของเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลลงสู่บริเวณชายฝั่ง และการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ อันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อน ภัยพิบัติธรรมชาติต่าง ๆ เป็นต้น

ปากแม่น้ำตาปีเป็นระบบนิเวศที่เชื่อมต่อกับอ่าวบ้านดอน จึงจัดว่าเป็นบริเวณชายฝั่งที่มีความสำคัญ และมีความอุดมสมบูรณ์สูงแห่งหนึ่งในภาคใต้ของไทย ประชาชนจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่อาศัยอยู่รอบอ่าว และหมู่เกาะนอกชายฝั่งได้อาศัยทรัพยากรสัตว์น้ำ และสิ่งแวดล้อมในอ่าวบ้านดอนอย่างมาก และมายาวนาน อ่าวบ้านดอนมีระบบนิเวศที่หลากหลาย เช่น ปากแม่น้ำ ป่าชายเลน หาดทราย และพื้นที่ชุ่มน้ำที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งหากิน แหล่งวางไข่ และแหล่งทำประมงที่สำคัญของสัตว์น้ำนานาพันธุ์ ชายฝั่งพื้นที่อ่าวบ้านดอน และเกาะนอกชายฝั่งเป็นบริเวณที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีการใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย ทั้งการอุตสาหกรรม ท่องเที่ยว ประมง และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณอ่าวบ้านดอน ตั้งแต่แหลมชุย ตำบลพุมเรียง อำเภอไชยา จนถึงแหลมกุ่มหอม ตำบลท่าทอง อำเภอกาญจนดิษฐ์ มีลักษณะแนวชายฝั่งทะเลตลอดทั้งอ่าวเป็นชายฝั่งทะเลที่ค่อนข้างตื้น มีป่าชายเลนขึ้นเป็นแนวตลอด ขอบอ่าวมีการตกทับถม

ของตะกอนเนื่องมาจากไหลของแม่น้ำและการพัฒนาอุตสาหกรรม มาสู่บริเวณปากแม่น้ำ ทำให้พื้นที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และแหล่งประมงที่สำคัญ ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ทรัพยากรชายฝั่งทะเลในอ่าวบ้านดอนอย่างหลากหลาย ทั้งในด้านการประมง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การใช้ประโยชน์ด้านการท่องเที่ยว ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอย่างมาก อย่างไรก็ตามกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นเหล่านี้ มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย การแสวงหาผลประโยชน์จากทรัพยากรชายฝั่งทะเลอ่าวบ้านดอนอย่างมากเกินไป ทำให้ถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ และสภาพสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว (มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 2550) อ่าวบ้านดอนเป็นอ่าวที่มีผลผลิตทางการประมงสูงมาก จึงมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชายฝั่งทะเลในอ่าวบ้านดอนอย่างมากเกินไป (Jarernpornnipat *et al.* 2004) สถิติการทำประมงในปี 2529-2538 ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นตัวชี้ให้เห็นถึงผลผลิตจากการทำประมงที่ลดลงอย่างมาก สัตว์น้ำที่จับได้ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มปลาเบ็ด (trash fish) เนื่องจาก มีการลงแรงทำประมง และใช้เครื่องมือทำประมงที่มีการทำลายพันธุ์สัตว์น้ำ (Wattayakorn *et al.* 1999) ตลอดจนพื้นที่ในการทำประมงชายฝั่งของอ่าวบ้านดอนได้มีการแปรสภาพเป็นแปลงเลี้ยงหอย จึงทำให้ชาวประมงพื้นบ้านมีพื้นที่ในการทำประมงชายฝั่งลดลง (Sawusdee. 2010) ส่งผลอย่างต่อเนื่องต่อปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้และขึ้นทำ จากข้อมูลปริมาณสัตว์น้ำทะเลของท่าเทียบเรือประมงสุราษฎร์ธานี โดยองค์การสะพานปลา ในระหว่าง พ.ศ. 2548-2557 พบว่าองค์ประกอบผลจับสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสัตว์น้ำกลุ่มปลาเบ็ด ซึ่งในบางปีมีองค์ประกอบผลจับมากกว่าร้อยละ 70 ของผลจับทั้งหมด และผลการสำรวจยังชี้ให้เห็นว่าสัดส่วนผลจับสัตว์น้ำกลุ่มปลาหน้าดิน กุ้ง และปู ลดลงในทุก ๆ ปี เมื่อพิจารณา ถึงองค์ประกอบขนาดของสัตว์น้ำที่จับได้พบว่าผลจับสัตว์น้ำเกือบทุกชนิดเป็นสัตว์น้ำขนาดเล็ก ซึ่งจากผลการสำรวจดังกล่าวชี้ให้เห็นชาวประมงจับสัตว์น้ำเศรษฐกิจได้น้อยลง และจากองค์ประกอบผลจับส่วนใหญ่เป็นสัตว์น้ำขนาดเล็ก จึงทำให้ชาวประมงขายสัตว์น้ำได้ราคาต่ำ ชี้ให้เห็นว่าสถานะทรัพยากรประมงในบริเวณอ่าวบ้านดอนแย่ง โดยสัตว์น้ำที่จับได้ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มปลาเบ็ด และขนาดสัตว์น้ำที่จับได้ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ ทำให้มูลค่าของสัตว์น้ำที่จับได้ มีมูลค่าลดลง (Sawusdee. 2007)

การทำประมงที่จับมากเกินไปกำลังผลิตและผิดวิธี กำลังลดบทบาททางนิเวศวิทยาของปากแม่น้ำตาปี และอ่าวบ้านดอนลงอย่างมาก อาจทำให้ถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ และสภาพสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว ตลอดจนแหล่งที่มาของมลพิษทำให้เกิดการลดลงของผลผลิตทางการประมง ซึ่งส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของระบบนิเวศ ดังนั้นการที่จะบริหารจัดการทรัพยากรในอ่าวบ้านดอนได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ด้วยเหตุที่เครื่องมือและวิธีการทำประมงได้มีการพัฒนาปรับปรุง และเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนามาตรการการจัดการทรัพยากรประมงดังกล่าวให้เหมาะสมกับสถานการณ์การประมงเป็นระยะ ๆ จนถึงปัจจุบันมีจำนวนทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบกับผลการวิเคราะห์สถานการณ์การประมงทะเลของโลกในปัจจุบันพบว่าได้มีแนวโน้มในการทำประมงทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กลงไปเรื่อย ๆ รวมทั้งเริ่มมีการจับสัตว์น้ำที่เป็นพื้นฐานขั้นต้นของห่วงโซ่อาหารขึ้นมาใช้ประโยชน์มากขึ้น (Pauly *et al.* 1998) ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินหรือพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น กับระบบนิเวศ การศึกษาโครงสร้างประชากร และสมดุลพลังงาน เพื่อให้เกิดประโยชน์ ในการบริหาร และจัดการแหล่งน้ำให้อยู่ในสภาวะที่ยั่งยืนต่อไป ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยใช้แนวทางศึกษาด้วยแบบจำลองทางนิเวศของแหล่งน้ำที่มีชื่อว่าแบบจำลองอีโคพาธ (Ecopath with Ecosim) ซึ่งเป็นแบบจำลองสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อการประเมินสถานะของทรัพยากรประมง การเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรประมงในระบบนิเวศ และประเมินทิศทางปฏิสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรต่าง ๆ ในระบบนิเวศ (Christensen *et al.* 2008) รวมทั้งสามารถประยุกต์นำไปใช้ในการประเมินความสัมพันธ์ และผลกระทบของการทำประมงทะเล ระบบนิเวศน้ำจืด ระบบนิเวศพื้นดินการทำฟาร์ม และการคุ้มครองพื้นที่ทางทะเลจากการทำประมงเพื่อนำไปสู่การจัดการเพื่อความสมดุลของระบบนิเวศ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรประมงอย่างยั่งยืนต่อไป

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาโครงสร้าง และหน้าที่เชิงระบบนิเวศของสัตว์น้ำ ในบริเวณปากแม่น้ำตาปี โดยใช้แบบจำลองอีโคพาธ

1.2.2 เพื่อศึกษาสมดุลพลังงาน และประสิทธิภาพการไหลของมวลชีวภาพ โดยใช้แบบจำลองอีโคพาธ

1.2.3 เพื่อศึกษาผลกระทบจากการทำประมงของสัตว์น้ำ โดยใช้แบบจำลองอีโคพาธกับอีโคซิม

## 1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ด้านการศึกษาโครงสร้าง และหน้าที่ของสัตว์น้ำเชิงระบบนิเวศ ลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำ ตลอดจนถึงสายใยอาหาร

1.3.2 ทราบสมดุลของพลังงาน การถ่ายทอดพลังงานของระบบนิเวศ เพื่อนำไปสู่การจัดการความสมดุลของระบบนิเวศต่อไป

1.3.3 เพื่อใช้ประเมินทิศทางปฏิสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรประเภทต่างๆ ในระบบนิเวศ และนำไปใช้ในการประเมินความสัมพันธ์ ผลกระทบของการทำประมง ระบบนิเวศทางทะเล และปากแม่น้ำ เพื่อเป็นประโยชน์ในการบริหารจัดการแหล่งน้ำ และทรัพยากรสัตว์น้ำให้อยู่ในสภาวะที่ยั่งยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 สภาพแวดล้อม ทรัพยากรสัตว์น้ำ และการจัดการทรัพยากรของอ่าวบ้านดอน

##### 2.1.1 สภาพแวดล้อม ของอ่าวบ้านดอน

อ่าวบ้านดอน เป็นอ่าวที่มีขนาดใหญ่ตั้งอยู่ทางตอนกลางของฝั่งอ่าวไทย และมีความสมบูรณ์เป็นอันดับหนึ่งของอ่าวไทยที่มีความโดดเด่นในด้านทรัพยากรเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีแม่น้ำน้อยใหญ่ที่สำคัญได้แก่ แม่น้ำตาปี-พุมดวง ท่าทอง พุมเรียง ท่ากระจาย ไชยา ท่าเคย และท่าฉาง เป็นต้น ซึ่งแม่น้ำดังกล่าวจะนำน้ำจืดไหลลงสู่อ่าวไทยบริเวณอ่าวบ้านดอน ตั้งแต่ อำเภอไชยาจนถึง อำเภอดอนสัก อ่าวบ้านดอนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนมีนาคม และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน จะมีฝนตกชุกในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม สภาพชายฝั่งส่วนใหญ่ เป็นหาดโคลน และ โคลนปนทราย เกิดจากการพัดพาทับถมของตะกอนดินจากแม่น้ำลำคลองต่างๆ ที่ไหลลงสู่อ่าวบ้านดอน พัดพาตะกอนดิน และแร่ธาตุต่าง ๆ ทำให้มีความอุดมสมบูรณ์ของผลผลิตเบื้องต้น (primary production) สูง ส่งผลให้อ่าวบ้านดอน เป็นแหล่งทรัพยากรทางทะเล และชายฝั่งที่มีทรัพยากรหลากหลาย (ปริทัศน์ เจริญสิทธิ์. 2550) Jarernpornnipat *et al.* (2004) กล่าวว่าสภาพแวดล้อมของอ่าวบ้านดอนเป็นระบบนิเวศชายฝั่งที่สมบูรณ์ที่สุดแห่งหนึ่งในภาคใต้เนื่องจากมีแม่น้ำตาปีและคลองต่างๆ ที่นำน้ำจืด สารอาหาร อินทรีย์วัตถุ และตะกอน ปริมาณมหาศาลลงสู่อ่าว การที่มีน้ำจืดและสารอาหารปริมาณมากถูกพัดพาสู่อ่าวบ้านดอน ทำให้เกิดผลผลิตขั้นต้น อันได้แก่ แพลงก์ตอนพืช ที่สมบูรณ์สูงมาก ส่งผลให้อ่าวบ้านดอนเป็นแหล่งวางไข่ อนุบาล และแหล่งอาหารที่สำคัญต่อทรัพยากรสัตว์น้ำไม่ว่าจะเป็น หอยนางรม หอยแครง หอยลาย หอยตลับ ปูทะเล กุ้งทะเล ชนิดต่าง ๆ ยังส่งผลให้พื้นที่ในอ่าวบ้านดอนกลายเป็นแหล่งเลี้ยงหอยชั้นเยี่ยม หอยที่นิยมเลี้ยง และกลายเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ หอยแครง และหอยนางรม เป็นต้น

##### 2.1.2 ทรัพยากรสัตว์น้ำ และสถานภาพการประมงของอ่าวบ้านดอน

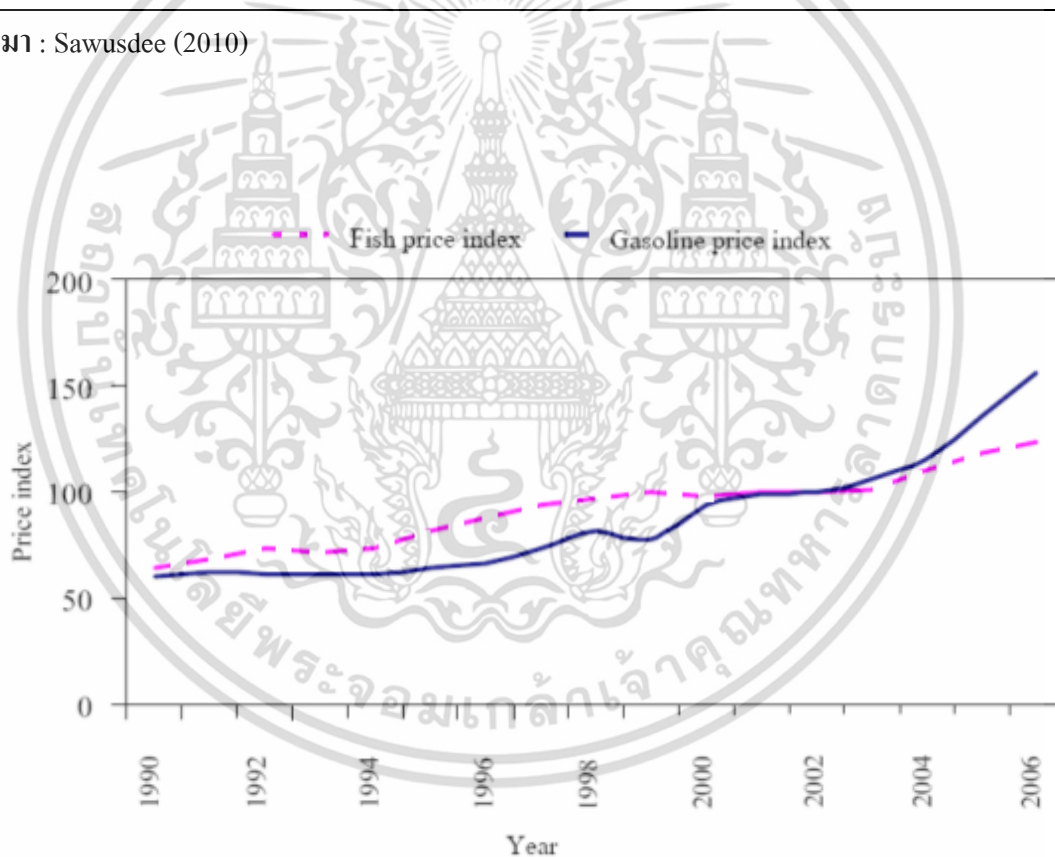
อ่าวบ้านดอนมีความอุดมสมบูรณ์ และความหลากหลายของทรัพยากรสัตว์น้ำทำให้การทำอาชีพประมง เป็นอาชีพหลักที่สำคัญของชุมชนรอบอ่าวบ้านดอน ทั้งการทำประมงทะเล มีการจับปลาผิวน้ำ และปลาหน้าดิน ชนิดของปลาที่จับได้ เช่น ปลาทู ปลาลัง ปลากระบอก ปลาโอ ปลากูเรอ ปลาจะละเม็ด ปลาสาก ปลาสิ่กุน ปลาอินทรี ปลากระพงแดง ปลากระเบน ปลาทูขาว ปลาลังเขียว ปลากดทะเล นอกจากนี้ ยังมีการจับกุ้งทะเล หมึก ปู และหอยชนิดต่าง ๆ ทั้งยังมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 2.1 ร้อยละองค์ประกอบการจับสัตว์น้ำในอ่าวบ้านดอน ปี 2544-2548

% of catch composition	Period				
	2001	2002	2003	2004	2005
Total catch (tones)	2001	2002	2003	2004	2005
Pelagic fish	4.46	5.84	4.63	11.11	12.22
Demersal fish	7.37	14.64	4.98	4.80	2.64
Squids/Cuttlefish	10.84	37.58	9.61	21.11	35.11
Shrimp/prawn	0.49	2.59	1.68	1.69	0.35
Crab	1.20	9.46	1.89	0.61	0.50
Shell/clam	0.00	0.00	0.66	0.01	0.00
Trash fish	74.46	28.15	72.67	59.45	47.78
Others	1.19	1.75	3.88	1.22	1.41

ที่มา : Sawusdee (2010)



ภาพที่ 2.2 เปรียบเทียบดัชนีราคาสัตว์น้ำที่จับได้ในอ่าวบ้านดอนกับดัชนีราคาของน้ำมันที่ใช้ทำการประมง

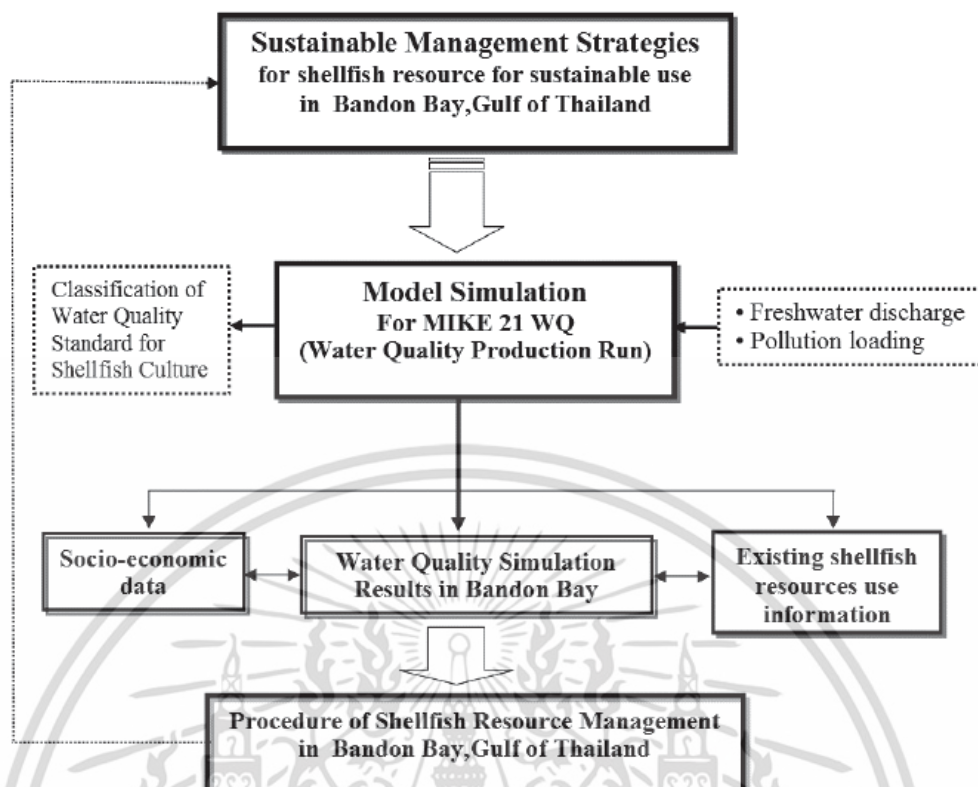
ที่มา : Sawusdee (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาการทำประมงในภาพรวมของทั้งอ่าวบ้านดอน ส่วนมากจะมีปัญหาในเรื่องราคา สัตว์น้ำตกต่ำ ความขัดแย้งเนื่องจากการซ้อนทับของพื้นที่ทำการประมง เช่น ซ้อนทับระหว่าง การเพาะเลี้ยงหอยกับการทำประมงพื้นบ้าน การทำประมงอวนรุนกับเครื่องมือประจำที่ เช่น ลอบ แร้ว อวนลอย เบ็ด เป็นต้น ความขัดแย้งระหว่างชาวประมงในพื้นที่กับชาวประมงนอกพื้นที่ โดยเฉพาะเรือประมงอวนรุนและอวนลากจากพื้นที่อื่นเข้ามาสร้างความเดือดร้อน ปริมาณสัตว์น้ำ ลดน้อยลง ราคาน้ำมันและเครื่องมือประมงราคาแพงซึ่งปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้สามารถพบ ได้ในทุกพื้นที่การทำประมงในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ชาวประมงในบริเวณ อ่าวบ้านดอนต้องการให้ มีการกำหนดขอบเขตการทำประมงให้ชัดเจนและกำหนดเขตห้ามทำการประมงใหม่เนื่องจากเดิม 3,000 เมตร นั้นมากเกินไปเพราะเรือของชาวประมงมีขนาดเล็กไม่สามารถออกไปทำประมง ห่าง จากฝั่งมาก ๆ ได้ ดังนั้นชาวประมงเห็นว่าควรกำหนดเขตการทำประมงให้เหมาะสมกับพื้นที่ชายฝั่ง ของพื้นที่นั้น ๆ โดยอาจจะพิจารณาจากความลาดชันของชายฝั่ง นอกจากนี้ชาวประมงมีความ ต้องการในเรื่องอาชีพเสริม การปล่อยพันธุ์สัตว์น้ำ ตลอดจนความต้องการของกลุ่มชาวประมงที่ขาด เงินทุนในการริเริ่มสร้างกลุ่มเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ ทางประมง (มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 2550)

### 2.1.3 การจัดการทรัพยากรในอ่าวบ้านดอน

Jarempornnipat *et al.* (2004) ได้นำเสนอแนวทางการจัดการทรัพยากรกลุ่มหอยและ สัตว์น้ำอย่างยั่งยืนในอ่าวบ้านดอน โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานและวิเคราะห์ปัญหาของอ่าวบ้านดอน เนื่องจากอ่าวบ้านดอน เป็นระบบนิเวศชายฝั่งตัวอย่างที่มีการใช้ทรัพยากรเกินขีดความสามารถ การรองรับแห่งหนึ่งในภูมิภาคเขตร้อน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศที่เลวลงและส่งผล กระทบต่อเนื่องก่อให้เกิดปัญหาเศรษฐกิจและสังคมตามมา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วน ที่ต้องมีแผนการจัดการแบบบูรณาการเพื่อการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนในอ่าวบ้านดอน ซึ่งการศึกษา นี้ได้พยายามนำข้อมูลคุณภาพน้ำจากการจำลองด้วยโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ข้อมูลทางด้านสังคม เศรษฐกิจและข้อมูลการใช้ทรัพยากรเพื่อการเลี้ยงหอยและสัตว์น้ำที่มีอยู่เพื่อนำมาใช้ในการเสนอ เป็นกลยุทธ์เพื่อให้เกิดการจัดการอย่างยั่งยืน เพื่อวางแผนในการจัดการอ่าวบ้านดอนอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดการจัดการอย่างบูรณาการที่ให้เกิดความสมดุลในการใช้ทรัพยากรบนพื้นฐานของข้อมูล ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงได้พิจารณาถึงความต้องการของประชาชนและการรับรู้ของผู้มีส่วน ได้ส่วน เสียทุกภาคส่วน (ภาพที่ 2.3 )



ภาพที่ 2.3 แนวคิดการจัดการ โดยมีการใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ เมื่อดูการไหลของน้ำและมลภาวะในน้ำที่ไหลลงสู่อ่าวบ้านดอน เพื่อใช้ในการจัดการน้ำในบริเวณแหล่งเลี้ยงหอย

ที่มา : Jarernpornnipat *et al.* (2004)

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ (2550) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์และสังเคราะห์ระบบการผลิตชายฝั่ง (coastal production systems) ในอ่าวบ้านดอน จากการศึกษาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมของอ่าวบ้านดอนและเกาะนอกชายฝั่ง โดยการอาศัยข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิที่สามารถรวบรวมที่ได้จากการจัดการประชุมเวทีชุมชนและการสำรวจในพื้นที่และข้อมูลที่รวบรวมโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามลำดับ ผสมรวมกับใช้หลักที่ประยุกต์มาจากทฤษฎี Optimal Control ซึ่งเป็นหลักมาตรฐานในการบริการจัดการทรัพยากรหรือกิจกรรมต่าง ๆ ในเชิงพลวัต (dynamic) โดย 3 สมดุลหลักที่ใช้ในการพิจารณามีดังต่อไปนี้ สมดุลที่ 1 หลักยึดถือความสูงสุด (maximum principle) เป็นสมดุลที่พิจารณาผลประโยชน์ของผู้ผลิตเป็นหลัก โดยใช้แนวทางที่ว่า ระบบจะอยู่ได้หากผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการสามารถมีผลประโยชน์อยู่ ณ จุดที่เกิดกำไรสูงสุดอย่างต่อเนื่อง สมดุลที่ 2 สมดุลของระบบมูลค่า (portfolio balance) เป็นสมดุลที่ผสมผสานกันระหว่าง ตัวทรัพยากรและผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการที่ใช้ประโยชน์จากตัวทรัพยากรผ่านมูลค่าที่แท้จริงของตัวทรัพยากร โดยมีแนวการพิจารณาทั่วไปว่า ทรัพยากรที่เราใช้ประโยชน์ต้องสามารถแข่งขันกับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรประเภทอื่น ๆ ทางด้านมูลค่าได้ สมดุลที่ 3 ข้อจำกัดเชิงพลวัต (dynamic constraint) เป็นสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่บนเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Sawusdee (2010) ได้รวบรวมข้อมูลการทำประมงในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อเป็นแนวทางในการทำแผนโครงการเพื่อการทำประมงอย่างยั่งยืนในอ่าวบ้านดอน โดยมองทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม มีการเสนอการจัดทำแผนในระยะเร่งด่วน คือ (1) ให้ท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการช่วยปล่อยพันธุ์สัตว์น้ำ (2) ส่งเสริมให้ทำอาชีพเสริมที่เกี่ยวข้องกับการทำประมงในช่วงฤดูมรสุม (3) ให้ความรู้เกี่ยวกับขบวนการแปรรูปสัตว์น้ำ (4) สร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างชาวประมงชายฝั่ง และกลุ่มชาวประมงผู้เลี้ยงหอย และแผนในระยะยาว คือ (1) มีการจัดทำฐานข้อมูลการทำประมง และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในอ่าวบ้านดอน (2) ทำศูนย์การกระจายสินค้าผลิตภัณฑ์จากการทำประมง (3) ตั้งสหกรณ์เพื่อค้าขายสินค้าจากการทำประมงและการซื้ออุปกรณ์ในการทำประมงเพื่อให้ได้ราคาที่ถูกต้อง (4) ส่งเสริมการท่องเที่ยวท้องถิ่นเพื่อเป็นการนำรายได้มาสู่ชาวประมง (5) เฝ้าระวังและติดตาม แหล่งที่มีการปล่อยน้ำทิ้ง อาทิ โรงงาน บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อเป็นการลดปัญหามลภาวะ (6) เฝ้าระวังและอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำ โดยจัดตั้งกลุ่มในแต่ละตำบล และ (7) ให้มีการบำบัดน้ำเสียในบ้านเรือนเพื่อลดการปล่อยของเสียลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง

## 2.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในอ่าวบ้านดอน

### 2.2.1 ปริมาณธาตุอาหาร

Wattayakorn *et al.* (2001) ได้ศึกษาสมดุลและกระบวนการชีวเคมีของสารอาหารในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในฤดูฝนและฤดูแล้งในช่วงปี 2540-2541 ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าไนโตรเจนรูปที่ละลายได้ (dissolved N) และ ฟอสฟอรัสรูปที่ละลายได้ (dissolved P) ส่วนใหญ่ถูกดึงไปใช้ในบริเวณระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี (Tapi Estuary) และในอ่าวบ้านดอน มีบางส่วนถูกส่งออกไปในอ่าวไทย การหมุนเวียนสารอาหารในฤดูฝนสูงกว่าในฤดูแล้ง สารอาหารถูกส่งออกนอกอ่าวบ้านดอนในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายในน้ำ (DIN) ส่วนใหญ่อยู่ในรูป  $\text{NH}_4$  ซึ่งสารอาหารที่ถูกส่งออกนอกอ่าว เป็นประเภท DIN สูงกว่า สารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายในน้ำ (DON) ส่วนฟอสฟอรัสทั้งในรูปอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (DIP) มีปริมาณสมดุลกับอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (DOP) (ตารางที่ 2.2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อ่าวบ้านดอนเกิดสมดุลของการหมุนเวียนสารอาหาร โดยสิ่งมีชีวิต โดยที่อัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราการหายใจ ( $p=r=0$ ) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าอ่าวบ้านดอนมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายอินทรีย์สารอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปีมีระบบการสลายไนโตรเจนสุทธิ ขณะที่อ่าวบ้านดอนมีระบบ การตรึงไนโตรเจนที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีสาหร่ายหน้าดินและปลาชายนเรนิมฝักรอบอ่าวเป็นตัวตรึงไนโตรเจนในอ่าวบ้านดอน อัตราการเปลี่ยนแปลงชีวเคมีสาร มีความผันแปรในรอบปีขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำจืดที่ลงสู่อ่าวบ้านดอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

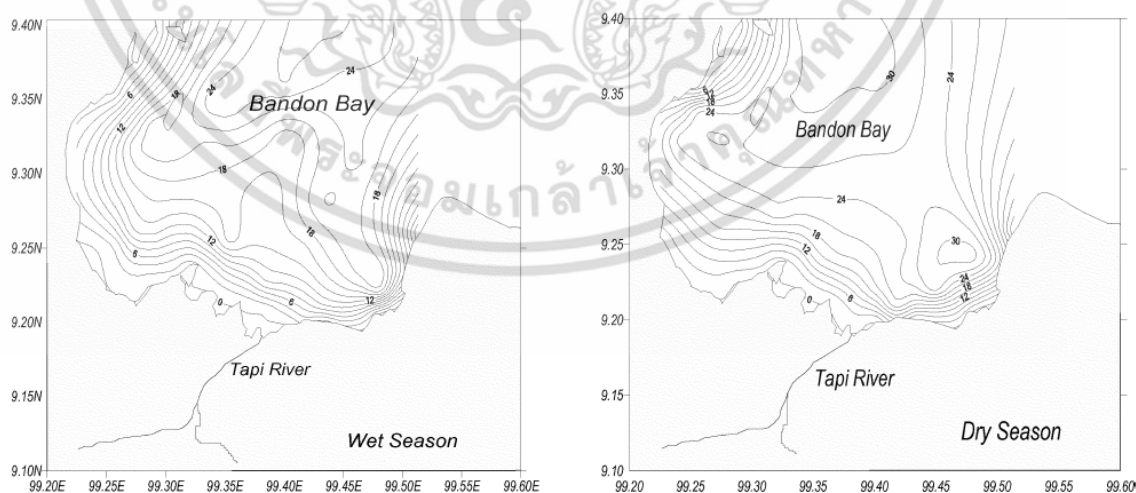
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีการหมุนเวียน และส่งออกจากอ่าวบ้านดอน  
ลงสู่อ่าวไทย (1997-1998)

	1997		1998		Average		Average fluxes ( $10^6 \text{ mol yr}^{-1}$ )		
	April	October	April	October	Dry season	Wet season	1997	1998	Average
DIP	5	10	17	13	11	11	3	5	4
DOP	3	11	2	34	3	22	3	8	5
NH <sub>4</sub>	88	543	340	1578	214	1060	129	389	259
NO <sub>3</sub>	27	190	90	272	58	231	45	72	58
DIN	115	734	429	1849	272	1291	174	460	317
DON	150	218	693	586	421	402	69	230	145

ที่มา : Wattayakorn *et al.* (2001)

### 2.2.2 ความเค็มของน้ำ

ได้มีการสำรวจความเค็มของน้ำในอ่าวบ้านดอนระหว่างเดือนตุลาคม และเมษายน ปี 2539 พบน้ำในอ่าวบ้านดอนมีความเค็มเฉลี่ย 17 psu ในช่วงฤดูฝน จนถึง 20 psu ในช่วงฤดูแล้ง ในขณะที่ความเค็มของน้ำ ในทะเลมีความเค็ม 29 psu ในฤดูฝน และ 32 psu ในฤดูแล้ง เป็นผลมาจากปริมาณการไหลของน้ำจืดลงสู่บริเวณปากแม่น้ำในอ่าวบ้านดอน ซึ่งโดยปกติความเค็มในบริเวณปากแม่น้ำที่วัดได้จะมีค่าระหว่าง 0-23 psu ในฤดูแล้งแต่ความเค็มจะค่อยลดลงในฤดูฝน (0-14 psu) (Wattayakorn *et al.* 2001) (ภาพที่ 2.5)

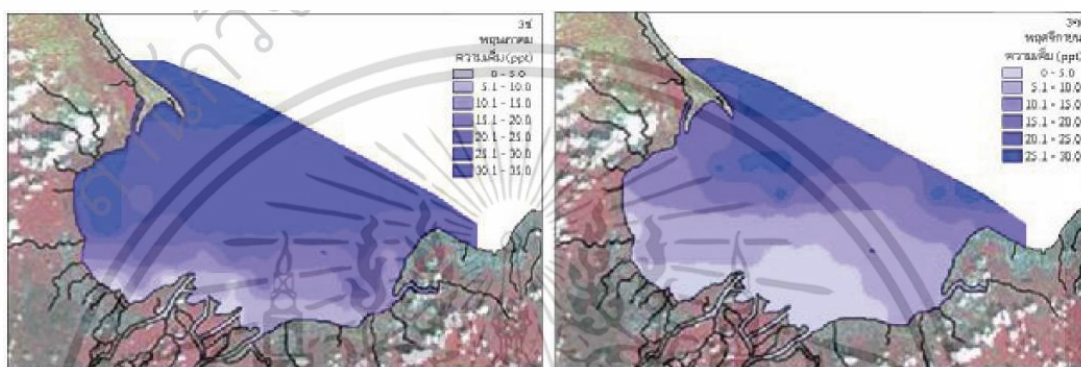


ภาพที่ 2.5 แสดงการแพร่กระจายความเค็มในอ่าวบ้านดอนในปี 2539

ที่มา : Wattayakorn *et al.* (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ (2549) ได้แปรผลคุณภาพน้ำทะเลในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเชิงพื้นที่บนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยแสดงถึงค่าความเค็มของน้ำ ที่บริเวณก้นอ่าวมีค่าต่ำกว่าบริเวณที่อยู่ไกลฝั่งออกไป ก็น่าจะมีสาเหตุจากอิทธิพลของน้ำท่าที่ระบายออกมาจากปากแม่น้ำลำคลองปริมาณน้ำฝน ซึ่งในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ฤดูฝน) ความเค็มของน้ำบริเวณก้นอ่าวมีค่าเฉลี่ย 11.7 psu ต่ำกว่าความเค็มในช่วงเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) ที่มีค่าความเค็มเฉลี่ย 25.6 psu (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 แผนที่แสดงค่าความเค็มของน้ำ บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เปรียบเทียบระหว่างเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) กับเดือนพฤศจิกายน (ฤดูฝน) ปี 2546  
ที่มา : ดัดแปลงจาก ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ (2549)

### 2.2.3 ปริมาณของคลอโรฟิลล์ในน้ำทะเล และคุณภาพน้ำบางประการ

ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ (2549) ศึกษาปริมาณและการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในน้ำทะเลบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 70 สถานีในเดือนพฤษภาคมและเดือนพฤศจิกายน ปี 2546 รวม 2 ครั้ง พบว่าน้ำทะเลใน อ่าวบ้านดอนในเดือนพฤษภาคมมีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-บี และคลอโรฟิลล์-ซี โดยเฉลี่ย เท่ากับ  $1.8114 \pm 0.4296$ ,  $0.1316 \pm 0.0364$  และ  $0.3625 \pm 0.0834$  mg/l ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าในเดือนพฤศจิกายน ที่มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ  $1.4108 \pm 0.2610$ ,  $0.0001 \pm 0.0001$  และ  $0.0001 \pm 0.0001$  mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 2.3) คุณภาพน้ำปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ความลึก ความโปร่งใส ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำ ความเค็ม และความเป็นกรด-ด่างของน้ำทะเล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยในเดือนพฤษภาคมและเดือนพฤศจิกายน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 2.4)

จากการแปรผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งของจังหวัดสุราษฎร์ธานีในเชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำให้เห็นได้ชัดว่าสภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำฝน และทิศทางและความเร็วของลมที่พัดผ่านชายฝั่งทะเล ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มและความโปร่งใสของน้ำทะเลชายฝั่ง ดังได้กล่าวมาข้างต้น ในช่วงกลางปีซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งของจังหวัดทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทยโดยเป็นช่วงปลายของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่มีกำลังแรงลดลง ส่งผลให้มีปริมาณฝนน้อยลง ทำให้น้ำทะเลชายฝั่งมีความเค็มเพิ่มขึ้น ขณะที่ตะกอนแขวนลอยในน้ำมีปริมาณลดลงส่งผลให้น้ำมีความโปร่งใสสูงขึ้น ในช่วงนี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจึงได้รับอิทธิพลจากการขึ้น-ลงของน้ำทะเล ทำให้การไหลเวียนของน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี ในช่วงฤดูแล้งเป็นไปในแนวทิศเหนือ-ใต้ แต่ในช่วงปลายปี-ต้นปี ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่มีกำลังแรง ก็จะมีฝนตกชุก มีปริมาณน้ำฝนมาก และมีน้ำท่าระบายลงสู่บริเวณชายฝั่งมีปริมาณมาก ส่งผลให้ความเค็มและความโปร่งใสของน้ำลดลง ขณะที่ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง มากกว่าการขึ้น-ลงของน้ำทะเล ในช่วงนี้ น้ำทะเลชายฝั่งบริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานีจึงไหลวนในทิศวนเข็มนาฬิกา น้ำท่าที่ระบายลงมา จึงถูกพัดวน ไปทางทิศตะวันตก รวมทั้งส่งอิทธิพลให้น้ำทะเลใกล้ชายฝั่งมีคุณภาพต่ำกว่าน้ำทะเลที่อยู่ห่างจากฝั่งมากกว่า (ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ และคณะ. 2549) (ภาพที่ 2.7, 2.8, 2.9, และ 2.10)

ตารางที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) และเดือนพฤศจิกายน (ฤดูฝน) ปี 2546

เดือน	ปริมาณคลอโรฟิลล์		
	คลอโรฟิลล์-เอ (mg/l)	คลอโรฟิลล์-บี (mg/l)	คลอโรฟิลล์-ซี (mg/l)
พฤษภาคม	1.8114 ± 0.4296	0.1316 ± 0.0364	0.3625 ± 0.0834
พฤศจิกายน	1.4108 ± 0.2610 *	0.0001 ± 0.0001	0.0001 ± 0.0001
เฉลี่ย	1.6111 ± 0.2510	0.0658 ± 0.0189	0.1812 ± 0.0443

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยถ้ามี\* กำกับแสดงว่ามีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยในเดือนพฤษภาคมอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ที่มา : ดัดแปลงจาก ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ (2549)

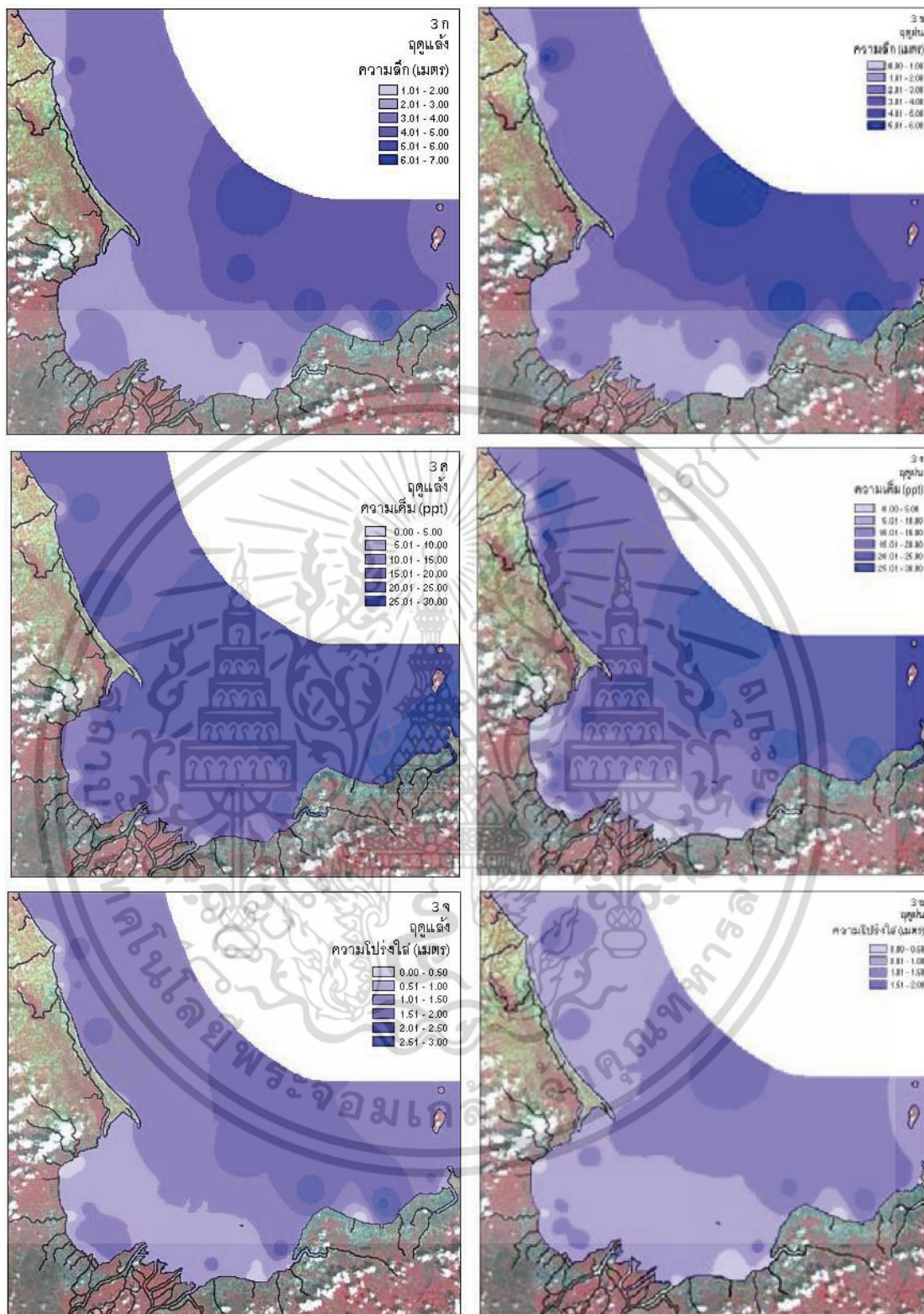
ตารางที่ 2.4 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำบางประการในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือน พฤษภาคม (ฤดูแล้ง) และเดือนพฤศจิกายน (ฤดูฝน) ปี 2546

เดือน	ความลึก (เมตร)	ความโปร่งใส (เมตร)	ปริมาณตะกอน แขวนลอย (mg/l)	ความเค็ม (psu)	ความเป็น กรด -ด่าง
พฤษภาคม	2.00 ± 0.14	0.54 ± 0.04	54.1 ± 4.9	25.6 ± 0.8	8.04 ± 0.03
พฤศจิกายน	3.31 ± 0.20	0.74 ± 0.05	39.7 ± 1.8	11.7 ± 1.0	7.54 ± 0.04
เฉลี่ย	2.66 ± 0.13	0.64 ± 0.03	46.9 ± 2.7	18.6 ± 0.8	7.79 ± 0.03

ที่มา : ดัดแปลงจาก ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ (2549)

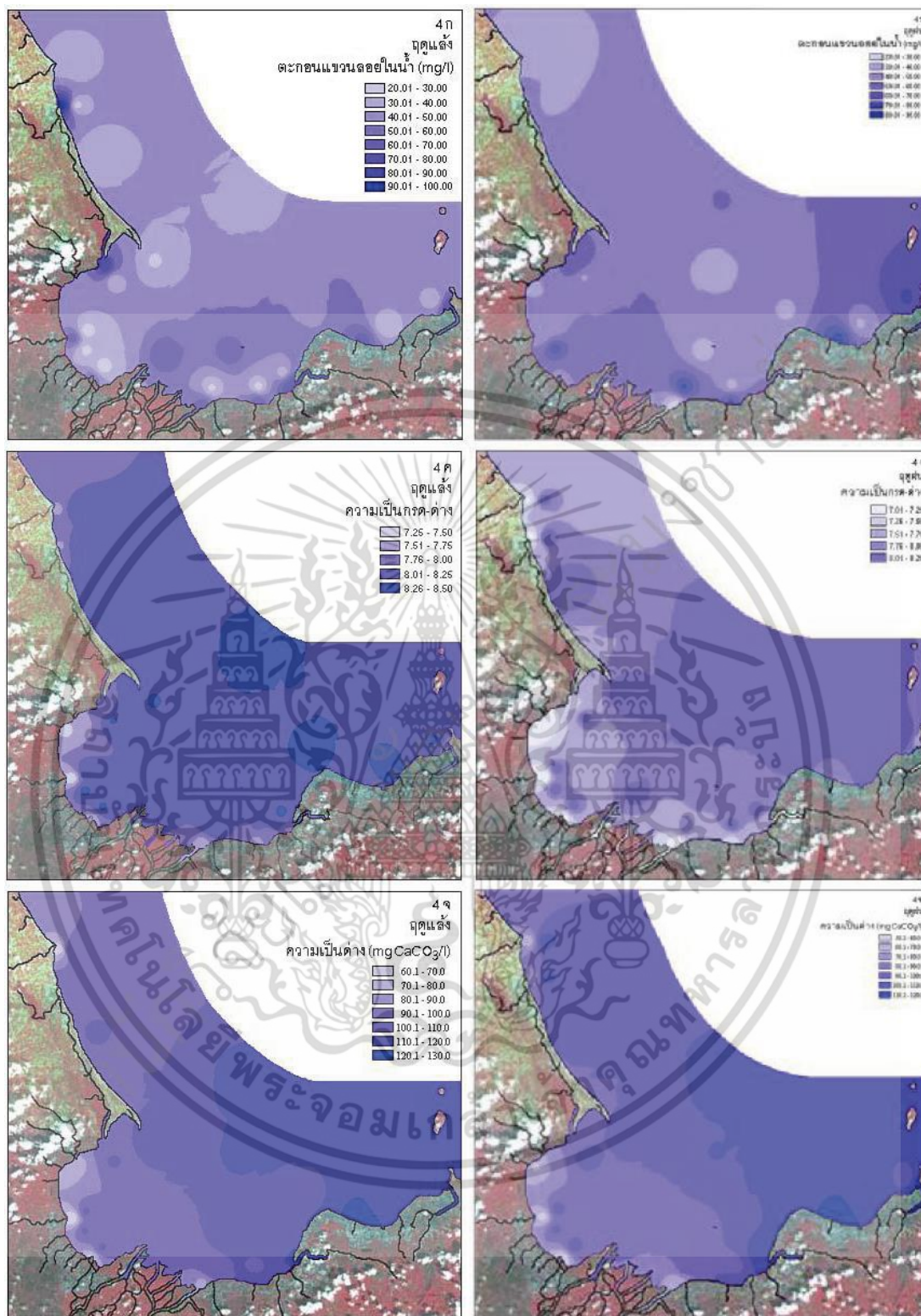


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานีเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน แสดงชั้นความลึก (3ก, 3ข) ความเค็ม (3ค, 3ง) และความโปร่งใสของน้ำ (3จ, 3ฉ) ที่มา : ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ และคณะ (2549)

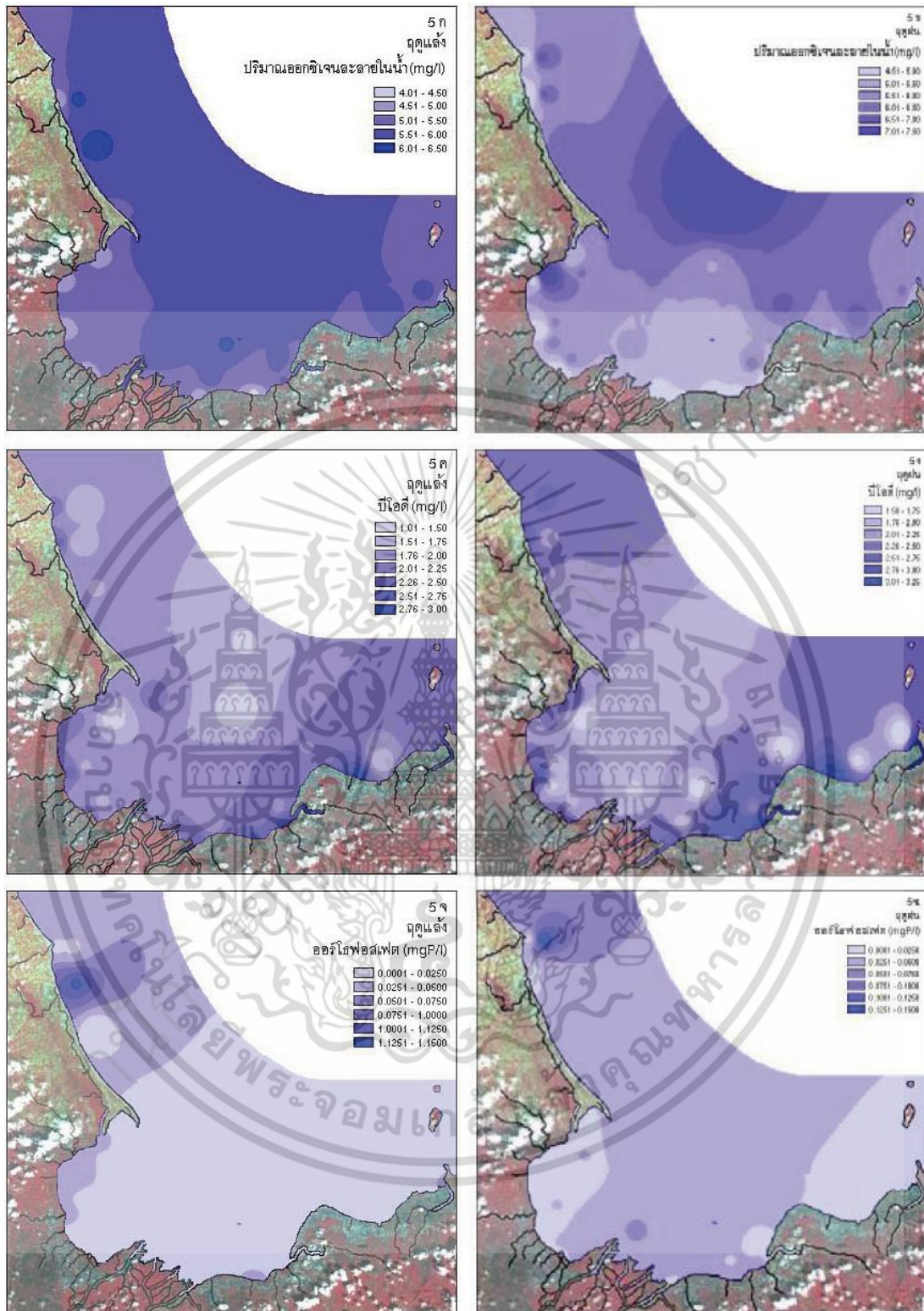
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานีเปรียบเทียบกับระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำ (4ก, 4ข) ความเป็นกรด-ด่าง (4ค, 4ง) และ ความเป็นด่าง (4จ, 4ฉ)

ที่มา : ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ และคณะ (2549)

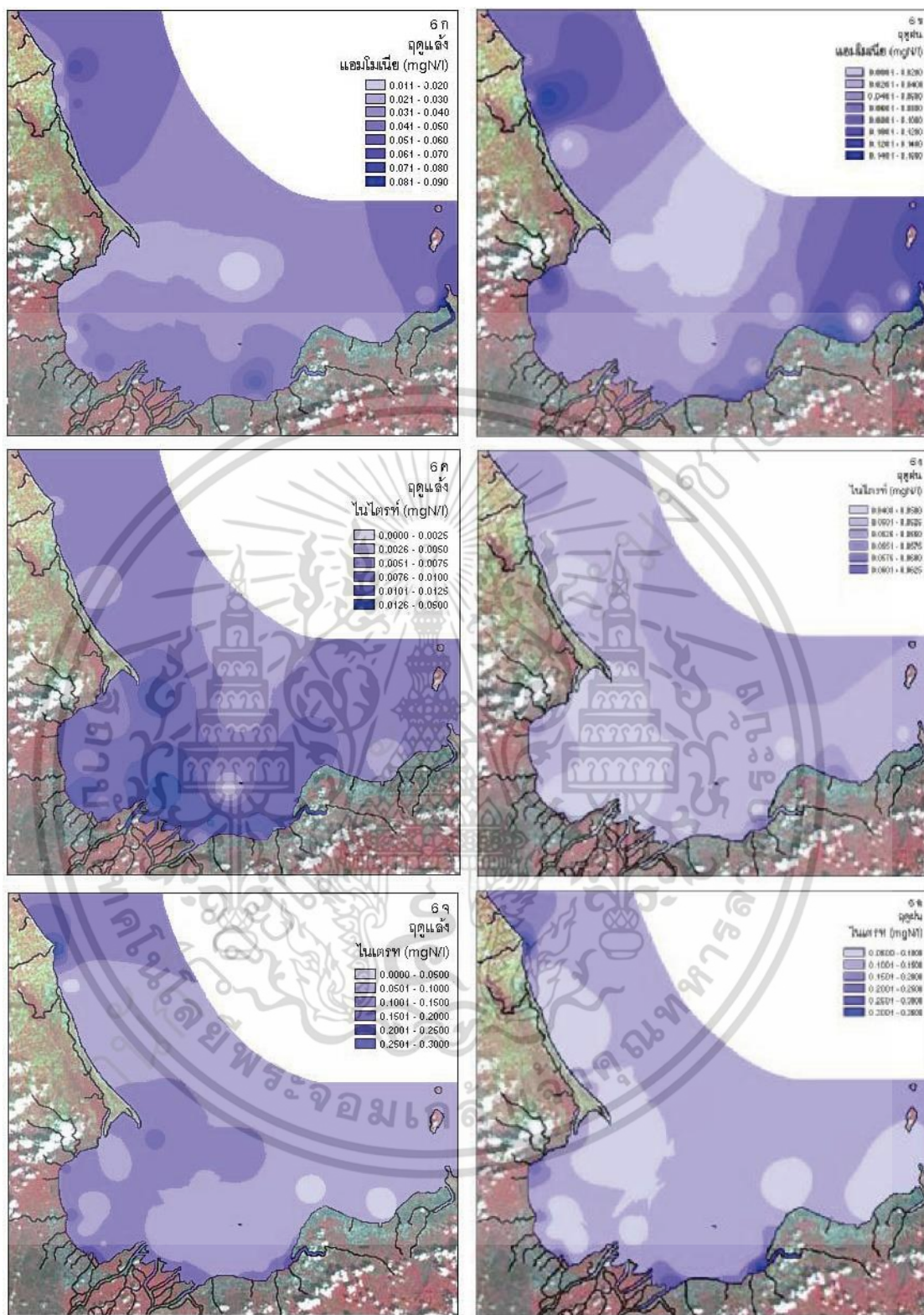
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานีเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน แสดงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (5ก, 5ข) บีโอดี (5ค, 5ง) และปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำ (5จ, 5ฉ)

ที่มา: ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ และคณะ (2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 คุณภาพน้ำทะเลสาบจังหวัดสุราษฎร์ธานีเปรียบเทียบระหว่างจุดแล้งกับจุดฝน แสดงปริมาณแอมโมเนีย(6ก, 6ข) ไนไตรท์ (6ค, 6ง) และไนเตรท (6จ, 6ฉ)

ที่มา : ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ และคณะ (2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.4. ปริมาณแพลงก์ตอน

การสำรวจแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 13 สถานี ระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี 2541 พบแพลงก์ตอนทั้งหมด 80 สกุล เป็นแพลงก์ตอนพืช 65 สกุล ใน 4 ดิวิชัน ได้แก่ Chromophyta (36 สกุล) Chlorophyta (21 สกุล) Cyanophyta (5 สกุล) และ Crysophyta (3 สกุล) และเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ 15 สกุล ใน 4 ไฟลัม ได้แก่ Protozoa (9 สกุล) Arthropoda (4 สกุล) Rotifera (1 สกุล) และ Mollusca (1 สกุล) มีความหนาแน่นเฉลี่ย 39,268 cell/l สกุล ที่ พบ มาก ได้แก่ *Nitzschia* spp. *Chaetoceros* spp. *Pluerosigma* spp. และ *Coscinodiscus* spp. (ธีรยาช่วยสุรินทร์ และประดิษฐ์ หนุนชั้นชอบ. 2546)

## 2.3 โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศ

### 2.3.1 โครงสร้างของระบบนิเวศ

ระบบนิเวศทุก ๆ ระบบจะมีโครงสร้างที่กำหนดโดยชนิดของสิ่งมีชีวิตเฉพาะอย่างที่อยู่ในระบบนั้น ๆ โครงสร้างประกอบด้วยจำนวนและชนิดของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เหล่านี้ และการกระจายตัว ถึงแม้ว่าระบบนิเวศ บนโลกจะมีความหลากหลายแต่มีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกันคือประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

2.3.1.1 ส่วนประกอบที่ไม่มีชีวิต (abiotic component) แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

- (1) อนินทรีย์สาร เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และออกซิเจน
- (2) อินทรีย์สาร เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน เป็นต้น
- (3) สภาพแวดล้อมทางกายภาพ เช่น แสง อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม และความชื้น

2.3.1.2 ส่วนประกอบที่มีชีวิต (biotic component) แบ่งออกได้เป็น

- (1) ผู้ผลิต (producer) คือ พวกที่สามารถนำเอาพลังงานจากแสงอาทิตย์มาสังเคราะห์ อาหารขึ้นได้เอง จากแร่ธาตุและสารที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ได้แก่ พืชสีเขียว สาหร่ายแพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรีย บางชนิด พวกผู้ผลิตนี้มีความสำคัญมาก เพราะเป็นส่วนเริ่มต้นและเชื่อมต่อระหว่างส่วนประกอบ ที่ไม่มีชีวิตกับส่วนที่มีชีวิตอื่น ๆ ในระบบนิเวศ

- (2) ผู้บริโภค (consumer) คือ พวกที่ได้รับอาหารจากการกินสิ่งที่มีชีวิตอื่น ๆ อีกทอดหนึ่ง ได้แก่พวกสัตว์น้ำต่าง ๆ แบ่งได้เป็น ผู้บริโภคปฐมภูมิ (primary consumer) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัตว์น้ำที่กินพืช หรือผู้ผลิตขั้นต้นเป็นอาหาร เช่น ปลาที่กินพืชเล็ก ๆ ฯลฯ ผู้บริโภครดับทุติยภูมิ (secondary consumer) เป็นสัตว์น้ำ ที่ได้รับอาหารจากการกินเนื้อสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร เช่น ปลา กินเนื้อ ฯลฯ ผู้บริโภครดับตติยภูมิ (tertiary consumer) เป็นพวกสัตว์น้ำที่กินทั้งสัตว์กินพืช และสัตว์กิน สัตว์ นอกจากนี้ยังได้แก่สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระดับขั้นการกินสูงสุดซึ่งหมายถึงสัตว์ที่ไม่ถูกกินโดยสัตว์ อื่น ๆ ต่อไป เป็นสัตว์ที่อยู่ในอันดับสุดท้ายของการถูกกินเป็นอาหาร

(3) ผู้ย่อยสลาย (decomposer) เป็นพวกไม่สามารถสังเคราะห์อาหารได้ แต่จะกินอาหาร โดยการผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายแร่ธาตุต่าง ๆ ในส่วนประกอบของสิ่งที่มี ชีวิตให้เป็นสารโมเลกุลเล็กแล้วจึงดูดซึมไปใช้เป็นสารอาหารบางส่วน ส่วนที่เหลือปลดปล่อยออกไปสู่ระบบนิเวศ ซึ่งผู้ผลิตจะสามารถเอาไปใช้ต่อไป จึงนับว่าผู้ย่อยสลายเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ สารอาหารสามารถหมุนเวียนเป็นวัฏจักรได้

### 2.3.2 หน้าที่ของระบบนิเวศ

ในระบบนิเวศธรรมชาติมีสิ่งมีชีวิตทั้งกลุ่มผู้ผลิต กลุ่มผู้บริโภคและผู้ย่อยสลาย ทำให้เกิดกลไกความสัมพันธ์ต่อกันในเชิงระบบ และระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมซึ่งสามารถ อธิบายความสัมพันธ์ที่มีต่อกันนั้นได้โดยผ่านทางกลไก 3 ประการ ได้แก่

2.3.2.1 ห่วงโซ่อาหาร คือ การกินกันอย่างเป็นลำดับขั้น เรียกแต่ละลำดับขั้นนั้นว่า ลำดับขั้นอาหาร (trophic level) และจะมีลำดับการกินต่อกันเป็นทอด ๆ สามารถแสดง ความสัมพันธ์ของแต่ละระดับอาหารที่กินกันเป็นทอด ๆ นี้ได้ในลักษณะห่วงโซ่อาหาร (food chain) และสายใยอาหาร (food web)

2.3.2.2 การถ่ายทอดพลังงาน คือ การถ่ายทอดพลังงานจากการกินอาหารกันอย่างเป็น ลำดับขั้น พลังงานที่ถ่ายทอดไปตามระดับอาหารการถ่ายทอดพลังงานจากลำดับขั้นอาหารต้น ไปสู่ลำดับอาหารสุดท้ายนั้น ระดับพลังงานจะลดน้อยลงไปเรื่อย ๆ ตามลำดับการกิน

2.3.2.3 วัฏจักรสารอาหารในระบบนิเวศ คือ ผลที่ตามมาเกิดมาจากการย่อยสลาย ของกลุ่มผู้ย่อยสลาย ในระบบนิเวศ ทำให้เกิดการหมุนเวียนถ่ายเทสารอาหารที่จำเป็นสำหรับ สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ซึ่งจะปรากฏ ในรูปแบบของการหมุนเวียนของธาตุต่าง ๆ โดยแต่ละธาตุ มีการหมุนเวียนแตกต่างกัน โดยวัฏจักรสารอาหารสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

- (1) การหมุนเวียนของสารประกอบ ได้แก่ วัฏจักรของน้ำ
- (2) การหมุนเวียนของธาตุที่เป็นก๊าซ ได้แก่ ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และคาร์บอน

(3) วัฏจักรชีวิตเริ่มมีการหมุนเวียนของธาตุที่สะสมอยู่บนผิวโลกพบในลักษณะ การตกตะกอน การละลาย การสะสมในรูปแบบต่าง ๆ และถูกปล่อยออกมาด้วยกระบวนการกัดกร่อน ได้แก่ ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โพแทสเซียม ฯลฯ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2559)

มีการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพในบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นระบบนิเวศที่มีความเปราะบาง ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ กระแสน้ำขึ้น-ลง และคลื่นลม ทำให้สิ่งมีชีวิตที่เข้ามาอาศัยอยู่ในบริเวณนี้ต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงมีจำนวนชนิดน้อยเมื่อเทียบกับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำจืดและทะเล อย่างไรก็ตาม บริเวณปากแม่น้ำก็เป็นระบบนิเวศที่มีความอุดมสมบูรณ์ระบบหนึ่งในบริเวณชายฝั่ง เนื่องจากบริเวณนี้ เป็นแหล่งอาหารจากแผ่นดินที่แม่น้ำ ได้พัดพามาและในน้ำจะมีสารแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งสารแขวนลอยเหล่านี้เป็นสารอาหารที่สำคัญ ของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นผู้ผลิตขั้นต้นที่สำคัญในห่วงโซ่อาหาร และในระบบยังมีความหลากหลายทางชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของผู้บริโภคชั้นต่าง ๆ (จิตติมา อายุตะตะกะ. 2544)

เนื่องจากปากแม่น้ำเป็นบริเวณที่มีอาหารหลากหลายชนิดอย่างอุดมสมบูรณ์และเป็นบริเวณที่มีกำบังคลื่นลม ทำให้เกิดแหล่งที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมสำหรับอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนของปลา และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเล บางชนิดใช้เป็นแหล่งพักพิงชั่วคราวเพื่อการวางไข่ไม่ว่าจะเป็นสัตว์ ที่อพยพจากแหล่งน้ำจืดออกสู่ทะเล (catadromous migration) หรือจากทะเลไปสู่แหล่งน้ำจืด (anadromous migration) ซึ่งเป็นช่วงหนึ่งในวงจรชีวิตและเพื่อการดำรงพันธุ์ และเป็นบริเวณที่มีกำบังคลื่นลม ทำให้ได้รับอิทธิพลของคลื่นลมไม่รุนแรง รวมทั้งการไหลของกระแสน้ำส่งผลให้ตะกอนขนาดต่างๆ ตกทับถม ในบริเวณปากแม่น้ำนี้ หลังจากนั้นพืชต่าง ๆ ที่สามารถทนต่อความเค็มได้ก็จะเติบโตสร้างสังคมพืช เมื่อพัฒนาถึงระดับหนึ่งสัตว์ก็จะเข้ามาอาศัยเกิดเป็นประชาคมสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ และอุดมสมบูรณ์ (จิตติมา อายุตะตะกะ. 2544)

## 2.4 การศึกษาห่วงโซ่ประกอบของอาหารที่ถูกบริโภค

### 2.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหาร

การวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ มีการศึกษาได้สองแนวทาง คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ซึ่งสามารถดำเนินการได้หลายวิธี โดย Hyslop (1980) (อ้างในมณฑรพ ทากแก้ว. 2551; ชุกรี ทะยีสานแม. 2551) จำแนกออกเป็น 5 วิธีการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1 วิธีการประเมินการพบหรือไม่พบ (occurrence method) เป็นวิธีที่ทำงานที่สุดเพื่อทราบภาพรวมกว้าง ๆ ของอาหารที่ปลากิน ไม่ต้องพิจารณาตรวจสอบว่าพบในปริมาณหรือสัดส่วนเท่าไรทำให้ทราบความถี่สัมพัทธ์ในการพบอาหารชนิดนั้น (frequency of occurrence) โดยเป็นวิธีการประเมินที่ใช้เวลาน้อย ทำได้ง่ายไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์มาก แต่มีข้อด้อยคือการได้รับข้อมูลที่หายาก เอาไปใช้ประโยชน์ในระดับสูงได้น้อย

2.4.1.2 วิธีการนับจำนวน (numerical method) เป็นการนับจำนวนเป็นตัวหรือจำนวนชิ้นของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของตัวอย่างปลาหรือสัตว์น้ำที่ศึกษา และแสดงข้อมูลสัดส่วนจำนวนอาหารแต่ละชนิดในรูปแบบค่าร้อยละตามจำนวนที่พบ หากปลาหรือสัตว์น้ำที่ศึกษานั้นกินอาหารที่มีขนาดที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันวิธีการนี้นับว่าเหมาะสมมาก อย่างไรก็ตามกรณีที่ปลานั้นกินอาหารที่มีขนาดแตกต่างกันไม่ว่าขนาดดังกล่าวจะแตกต่างกันแต่จะปรากฏเพียงหน่วยนับเดียวเท่ากัน ทำให้อาจเข้าใจผิดได้ว่าอาหารสองกลุ่มนั้นมีอิทธิพลเท่ากันต่อปลาที่ศึกษานอกจากนี้หากปลาหรือสัตว์น้ำที่ศึกษานั้นกินอาหารกลุ่มสาหร่ายขนาดใหญ่ หรือ ซากเน่าเปื่อย (detritus) ซึ่งไม่สามารถใช้วิธีการนี้นับจำนวนของอาหารนั้นได้เลย

2.4.1.3 วิธีการวัดปริมาตร (volumetric method) เป็นการคำนวณปริมาตรของอาหารแต่ละกลุ่มที่อยู่ในกระเพาะอาหารของปลา ซึ่งหากเป็นการประเมินโดยตรงจะใช้วิธีแทนที่น้ำ ทำโดยนำเอาอาหารแต่ละกลุ่มที่พบใส่ลงในขวดวัดปริมาตร จุดอ่อนคือไม่สามารถทำได้กับอาหารที่มีขนาดเล็กมาก และการดูดซึมของน้ำอาจทำให้เกิดความผิดพลาดต่อการประเมิน หากเป็นการประเมินทางอ้อมจะทำการประเมินปริมาตรของอาหารใช้หน่วยเป็นร้อยละ โดยให้ค่ากลุ่มอาหารทั้งหมดที่อยู่ในภาชนะเป็น 100 ส่วน แล้วทำการประเมินค่าสัดส่วนของอาหารแต่ละกลุ่มเป็นร้อยละต่ออาหารทั้งหมด อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจไม่เหมาะสมกับปลาในกลุ่มที่กินซากเน่าเปื่อยหรือแพลงก์ตอน

2.4.1.4 วิธีการชั่งน้ำหนัก (gravimetric method) เป็นการนำเอาอาหารที่พบในกระเพาะอาหารมาแยกชนิดหรือกลุ่มแล้วชั่งน้ำหนัก ซึ่งสามารถดำเนินการโดยการชั่งน้ำหนักเปียก หรือน้ำหนักแห้ง เนื่องจากการชั่งน้ำหนักแห้งมีขั้นตอนที่ยุ่งยากจะปฏิบัติเมื่อต้องการศึกษาในระดับแคลอรีของอาหาร เมื่อต้องการค่าที่ถูกต้องแม่นยำมาก หรือการศึกษาเกี่ยวกับปลาที่กินแพลงก์ตอนเป็นอาหาร เป็นต้น กรณีการชั่งน้ำหนักเปียกทำโดยการนำเอาอาหารแต่ละกลุ่มออกมาชั่งให้แห้งด้วยกระดาษชำระ หรือปล่อยให้แห้ง หรือ วางบน warming plate หรือทำการปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ซึ่งการประเมินอาหารแต่ละกลุ่มนั้นทำในรูปแบบของร้อยละโดยน้ำหนักของอาหารกลุ่มนั้นๆ ต่ออาหารที่มีทั้งหมด

2.4.1.5 วิธีการเฉพาะเจาะจง อาทิเช่น วิธีการให้ค่าเป็นหน่วยจุด (point method) เป็นวิธีการที่ประยุกต์ขึ้นมาใช้ประเมินปริมาตรของอาหารแต่ละชนิดในกระเพาะอาหารให้อยู่ในรูปแบบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเอกสารนี้ได้นำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละต่ออาหารทั้งหมด โดยการประเมินด้วยสายตา และให้ค่าเป็นหน่วยจุดให้แก่สัดส่วนของอาหารชนิดใด ๆ ที่พบในกระเพาะอาหารทำได้โดยเอาอาหารที่พบทั้งหมดใส่ลงในจานทดลองส่องผ่านกล้องกำลังขยายต่ำ ทำการประเมินด้วยสายตา และให้ค่าตามวิธีของ Hynes (1950)

#### 2.4.2 การศึกษาองค์ประกอบของอาหารด้วยวิธีไอโซโทป และขบวนการทางชีวเคมี

มีการศึกษาเพื่อดูวิธีการข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของการหาองค์ประกอบในกระเพาะอาหาร โดยใช้วิธีการทดลองในรูปแบบต่างกัน คือ การหาองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหาร การวิเคราะห์ไอโซโทป และขบวนการทางชีวเคมี เพื่อดูผลจากการทดลองทั้ง 3 แบบ ถึงวิธีการที่เหมาะสมในการศึกษาลำดับการกินอาหาร (trophic level) และสายใยอาหาร (food web) ของระบบนิเวศบริเวณปากแม่น้ำ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหารเหมาะสมกับกลุ่มสัตว์น้ำที่เป็นปลา ในขณะที่กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังการวิเคราะห์ไอโซโทปจะเป็นวิธีการที่เหมาะสม และมีความแม่นยำที่สุด ส่วนขบวนการทางชีวเคมี มีความแม่นยำ และเหมาะสมกับกลุ่มสัตว์น้ำในระดับการกินอาหารที่ไม่สูงเนื่องจากการเผาผลาญตามขบวนการทางชีวเคมีได้ง่ายกว่า (Pasquaud *et al.* 2007) จากการตรวจสอบระดับการกินอาหารและสายใยอาหารของกลุ่มปลาบริเวณปากแม่น้ำ Gironde ทางตะวันตกของประเทศฝรั่งเศส โดยใช้การวิเคราะห์ไอโซโทป  $^{15}\text{N}$  เพื่อดูระดับการกินอาหาร และใช้การวิเคราะห์ไอโซโทป  $^{13}\text{C}$  เพื่อดูการปฏิสัมพันธ์ของสารอินทรีย์มาเปรียบเทียบกับองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหาร เพื่อพิจารณาลำดับการกินอาหาร และปฏิสัมพันธ์ของสารอินทรีย์พบว่าผลที่ได้มีความแม่นยำ ถึงแม้ในระบบนิเวศบริเวณปากแม่น้ำจะมีความซับซ้อนในกลุ่มของสิ่งมีชีวิตอยู่มาก (Pasquaud *et al.* 2008) ได้มีศึกษาลำดับการกินอาหารของปลาบริเวณดังกล่าว โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหาร และการวิเคราะห์ไอโซโทปของ  $^{15}\text{N}$  อีกครั้งเพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งพบว่าวิธีการวิเคราะห์ไอโซโทปของ  $^{15}\text{N}$  เป็นวิธีที่พบว่าผลที่ได้มีความแม่นยำสามารถบอกลำดับการกินอาหารของกลุ่มปลาได้ดี (Pasquaud *et al.* 2010)

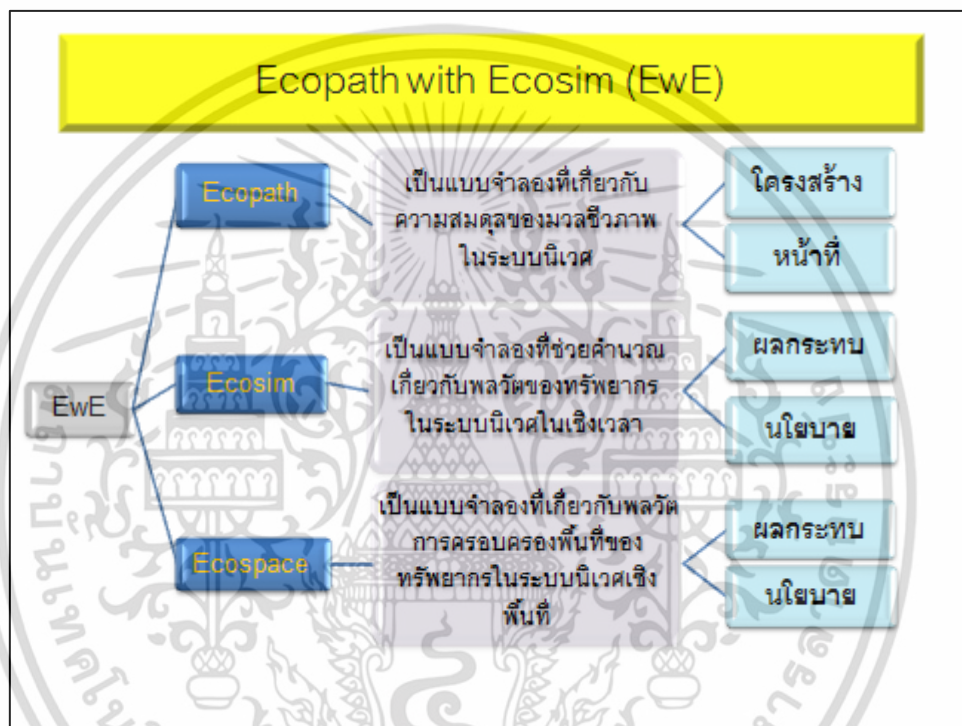
### 2.5 หลักการของแบบจำลองอีโคพาธ

#### 2.5.1 ความสามารถของแบบจำลองอีโคพาธ

แบบจำลองอีโคพาธเป็นแบบจำลองเพื่อการศึกษาโครงสร้าง การทำงานของระบบนิเวศ โครงสร้างสายใยอาหารในระบบนิเวศ และยังใช้ในการคาดการณ์ผลกระทบจากการทำประมง การปกป้องพื้นที่ในการทำประมงซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำหรับวิเคราะห์ระบบนิเวศ 3 ด้าน (ภาพที่ 2.11) คือ แบบจำลอง Ecopath เป็นแบบจำลองที่เกี่ยวกับ ความสมดุลของมวลชีวภาพ หรือผลกระทบของระบบนิเวศ แบบจำลอง Ecosim เป็นแบบจำลองที่ช่วยคำนวณเกี่ยวกับพลวัต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของทรัพยากรในระบบนิเวศในเชิงเวลา เพื่อช่วยในการจัดการทรัพยากร และแบบจำลอง Ecospace เป็นแบบจำลองที่เกี่ยวกับพลวัตการครอบครองพื้นที่ของทรัพยากรในระบบนิเวศ ที่ออกแบบมาเพื่อสำรวจผลกระทบและการปกป้องพื้นที่ของทรัพยากรในระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตหนึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งอย่างไร ผลจากแบบจำลองสามารถคาดการณ์ถึงระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อม และผลกระทบจากการทำประมง ซึ่งเป็นแนวทางในการจัดการ ความสมดุลของทรัพยากรในอนาคตได้ (Pauly *et al.* 2000)



ภาพที่ 2.11 แสดงองค์ประกอบของแบบจำลองอีโคพาธ ความสามารถของแบบจำลอง และการประมวลผลของแบบจำลอง

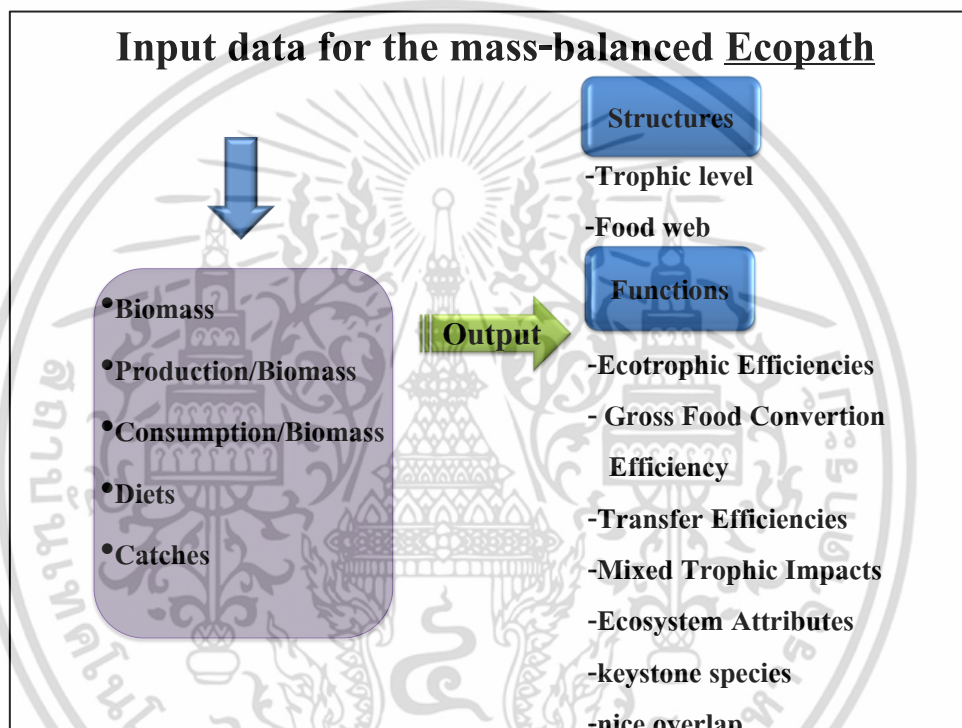
ที่มา : ดัดแปลงจาก Pauly *et al.* (2000)

### 2.5.2 ข้อมูลที่ต้องใช้เพื่อนำเข้าในแบบจำลอง

ข้อมูลที่ต้องการใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง (for the mass - balanced Ecopath) ประกอบด้วยชุดข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ (Christensen *et al.* 2008)

2.5.2.1 อีโคพาธ (Ecopath) ข้อมูลที่ต้องนำเข้าในส่วนของอีโคพาธ (ภาพที่ 2.12) ประกอบไปด้วยมวลชีวภาพ (biomass) ผลผลิตต่อมวลชีวภาพ (production/biomass) การบริโภคต่อมวลชีวภาพ (consumption/biomass) องค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะ (diets) และผลการจับสัตว์น้ำ (catches) โดยผลที่ได้จากแบบจำลองในส่วนของอีโคพาธ คือ โครงสร้าง (structure) ของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนิเวศจะแสดงในรูปของลำดับชั้นอาหาร (trophic level) สายใยอาหาร (food web) และหน้าที่ (function) แสดงในรูปการถ่ายทอดพลังงาน (transfer efficiencies) ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts) คุณลักษณะของระบบนิเวศ (ecosystem attributes) ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (ecotrophic efficiencies) ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขึ้นต้น (gross food conversion efficiency) ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบนิเวศ (keystone species) การซ้อนทับกันทางบทบาทการบริโภคของผู้ล่า และเหยื่อในระบบนิเวศ (niche overlap)

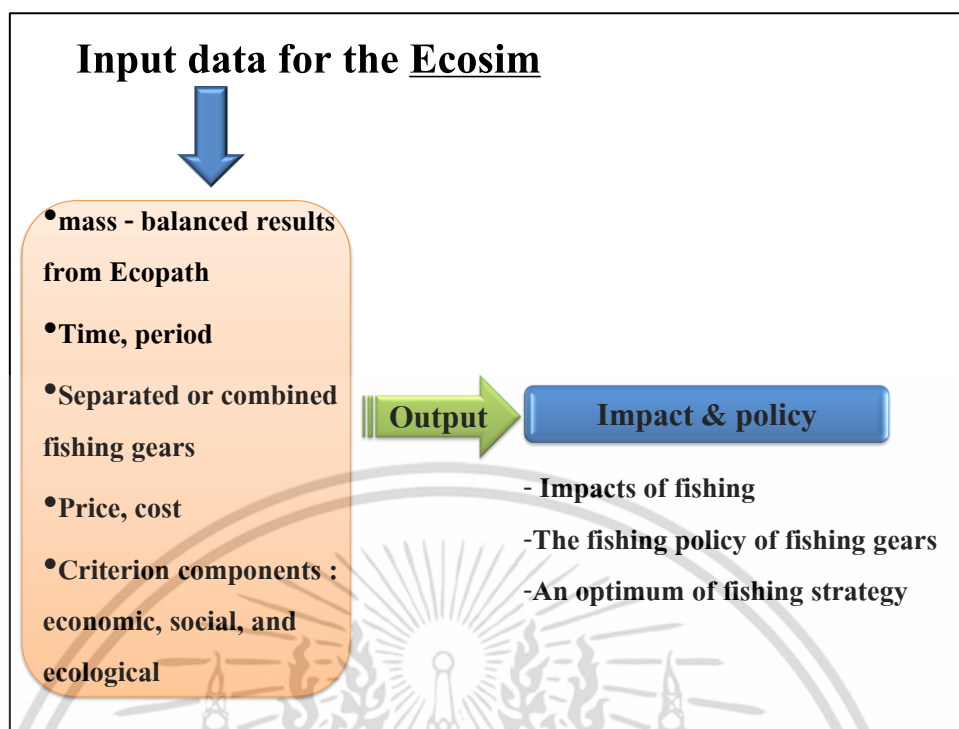


ภาพที่ 2.12 ข้อมูลที่ต้องนำเข้าไปในส่วนของอีโคพาธ และการประมวลผลของแบบจำลอง

ที่มา : ดัดแปลงจาก Christensen *et al.* (2008)

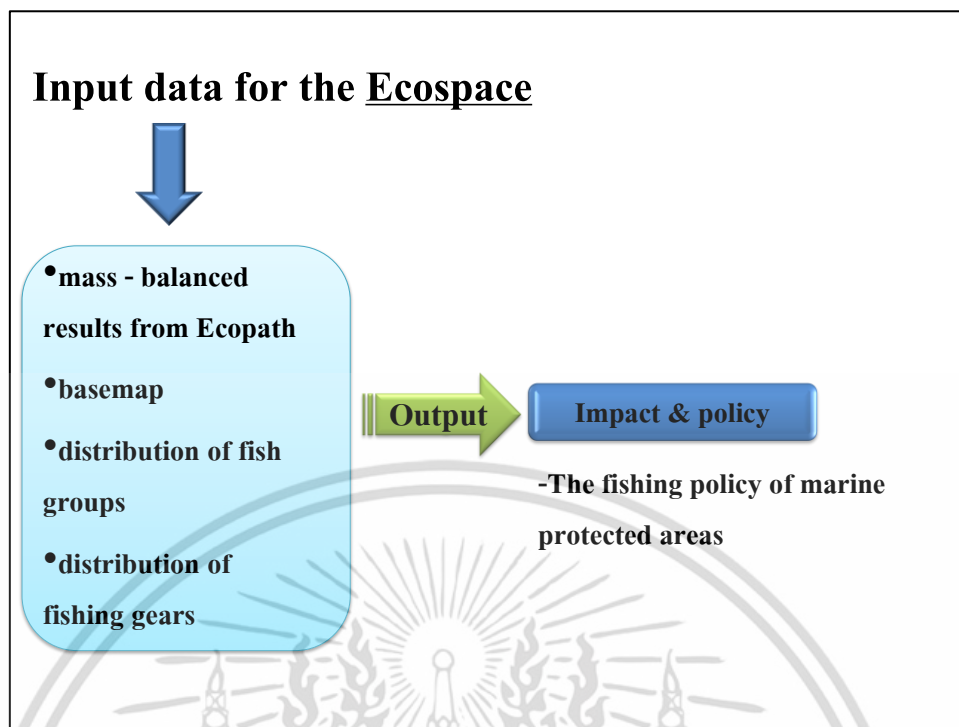
2.5.2.2 อีโคซิม (Ecosim) ข้อมูลที่ต้องนำเข้าไปในส่วนของอีโคซิม (ภาพที่ 2.13) ผลการประมวลของสมการสมดุลมวลสารในส่วนของอีโคพาธ (mass balanced Ecopath) ระยะเวลา หรือช่วงเวลา (time, period) เครื่องมือที่ใช้ทำประมง (fishing gear) ราคาสัตว์น้ำ (price) ต้นทุนการทำประมง (cost) เกณฑ์องค์ประกอบทาง เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (economic, social and ecological) ในส่วนของอีโคซิมจะมีการประมวลผลถึง ผลกระทบจากการทำประมง (impacts of fishing) นโยบายกำหนดเครื่องมือในการทำประมง (fishing policy of fishing gears) กำหนดกลยุทธ์ระดับการทำประมงที่เหมาะสม (optimum of fishing strategy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.13 ข้อมูลที่ต้องนำเข้าไปในส่วนของอีโคซิม และการประมวลผลของแบบจำลอง  
ที่มา : ดัดแปลงจาก Christensen *et al.* (2008)

2.5.2.3 อีโคสเปซ (Ecospace) ข้อมูลที่ต้องนำเข้าไปในส่วนของอีโคสเปซ (ภาพที่ 2.14) ผลการประมวลผลของสมการสมดุลมวลสารในส่วนของอีโคพาธ (mass balanced Ecopath) แผนที่ (basemap) การแพร่กระจายของสัตว์น้ำ (distribution of fish groups) การใช้เครื่องมือทำประมงในแต่ละพื้นที่ (distribution of fishing gears) ในส่วนของอีโคสเปซจะมีการประมวลผลถึงผลกระทบจากการทำประมง (impacts of fishing) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายการคุ้มครองพื้นทางทะเลจากการใช้เครื่องมือแต่ละชนิดในการทำประมง



ภาพที่ 2.14 ข้อมูลที่ต้องนำเข้าไปในส่วนของอีโคสเปซ และการประมวลผลของแบบจำลอง  
ที่มา : ดัดแปลงจาก Christensen *et al.* (2008)

## 2.6 การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการจัดการสัตว์น้ำ

ประเทศไทยเริ่มมีศึกษาการใช้แบบจำลองอีโคพาธ เพื่อศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ที่ถูกสร้างขึ้นตั้งแต่ ปี 2507 โดยผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างจากการศึกษาในอ่างเก็บน้ำ ที่ประเทศแอฟริกา ได้ผลเป็นสัตว์น้ำกลุ่มเป้าหมายซึ่งปลาที่กินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร ยังสามารถอธิบายถึงวิวัฒนาการของกลุ่มปลาที่อาศัยในบริเวณอ่างเก็บน้ำในระยะยาวได้ (Chookajorn *et al.* 1994) และมีการใช้แบบจำลอง Ecopath with Ecosim ศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดการประมงบริเวณ เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ โดยการใช้อ็องค์ประกอบของ Ecopath with Ecosim ทั้ง 3 ด้าน คือ แบบจำลอง Ecopath เพื่อดูโครงสร้างของระบบนิเวศ และข้อมูลทางชีววิทยาของสิ่งมีชีวิตหลังจากมีการสร้างเขื่อน และใช้แบบจำลอง Ecosim เพื่อคาดการณ์โอกาสในการทำประมงบริเวณแหล่งน้ำในเชิงทางด้านเศรษฐกิจ การลงแรงทำประมง และสิ่งแวดล้อม โดยมีการตั้งสมมุติฐานจากการใช้แบบจำลอง Ecospace เพื่อใช้ในการคุ้มครองพื้นที่ในการทำประมงจากการใช้เครื่องประมงต่างๆ (Thapanand *et al.* 2007) และมีการใช้แบบจำลอง Ecopath เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศภายในเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ผลจากแบบจำลองได้ค่ามวลชีวภาพของปลา 10.1 ตันต่อตารางเมตร ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับ อ่างเก็บน้ำสิรินธร และเขื่อนน้ำจี้มที่มีค่ามวลชีวภาพ 28.5 และ 20.8 ตันต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ แต่มีค่าสูงกว่าอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ที่มีค่ามวลชีวภาพ 6.56 ตันต่อตารางเมตร (Thapanand *et al.* 2009) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความสมดุลของระบบนิเวศบริเวณลุ่มน้ำปากพนัง เมื่อมีการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำ โดยการใช้แบบจำลอง Ecopath เป็นเครื่องมือในการศึกษา โครงสร้างของลำดับการกินอาหาร และการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำในแหล่งน้ำ 2 บริเวณ ได้แก่ บริเวณอ่าวปากพนัง และแม่น้ำปากพนังตอนล่าง ภายใต้การจัดการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำอุทก วิทยาประสิทธิ์ จากการศึกษาในระบบนิเวศ ค่าประมาณต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึง ความสมบูรณ์ของระบบนิเวศโดยพิจารณาได้จากค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการส่งผ่านพลังงาน ในแต่ละลำดับขั้นที่มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 10 ถึง 15 ค่าลำดับขั้นการกินอาหารทั้งสองบริเวณมีค่า ตั้งแต่ 1.0 จากผู้ผลิต จนถึง 3.0 ในขั้นผู้ล่าสูงสุด (Sawusdee *et al.* 2009)

อ่าวไทยมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศในทะเล โดยใช้แบบจำลอง Ecopath with Ecosim เพื่อคาดการณ์ระบบนิเวศที่ได้รับผลกระทบจากการทำประมงที่มีการลงแรงเพิ่มขึ้น จากแบบจำลองจะเห็นได้ว่าชนิด และปริมาณสัตว์น้ำที่เป็นกลุ่มเป้าหมายที่จับได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง (Christensen *et al.* 1998) Vibunpant *et al.* (2003) ทำการสำรวจสัตว์น้ำด้วยเครื่องมืออวนลาก ในพื้นที่บริเวณอ่าวไทย และสอบถามข้อมูลผลการจับสัตว์น้ำที่แปปลาจากเครื่องมือทำประมง 6 ชนิด โดยนำข้อมูล ที่ได้มาใช้ในแบบจำลอง Ecopath with Ecosim เพื่อเป็นแนวทางการจัดการ ประมงจากการลงแรงทำประมง เพื่อเป็นแนวทางที่จะทำการศึกษาผลกระทบจากการทำประมง Premcharoen (2012) มีการศึกษาระบบนิเวศบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง โดยใช้แบบจำลอง Ecopath เพื่อดูโครงสร้างของระบบนิเวศที่ได้รับผลกระทบจากการที่ป่าชายเลนถูกบุกรุกทำลาย เพื่อชดเชย เลี้ยงกุ้ง ผลจากการศึกษาพบว่าระบบนิเวศป่าชายเลน มีความสำคัญเนื่องจากเป็นฐานการผลิต เบื้องต้นซึ่งควรให้ความสำคัญ และต้องมีการอนุรักษ์ไว้

มีการใช้แบบจำลอง Ecopath เพื่อศึกษาระดับการกินอาหาร และการไหลเวียนของพลังงาน บริเวณชายฝั่งที่จำลองขึ้นมา ในทางตอนเหนือของอ่าวหางโจว ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศ จีน ตัวอย่างที่นำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง มี 13 กลุ่ม พบว่าผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับทฤษฎี ระบบนิเวศของ Odum ถึงแม้จะเป็นระบบนิเวศ ที่สร้างเลียนแบบธรรมชาติ (Xu *et al.* 2011) และมีการศึกษาผลกระทบจากการทำประมงในบริเวณนี้ โดยใช้แบบจำลอง Ecosim จากการศึกษา พบว่าถ้ามีการลงแรงทำการประมงเพิ่มเป็นสองเท่าในระยะเวลาไม่ถึง 10 ปี กลุ่มปลากินเนื้อจะมี ผลผลิตลดลง (Chen *et al.* 2011) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลกระทบจากการทำประมงบริเวณ อ่าวไบบู ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของทะเลจีนใต้ โดยใช้แบบจำลอง Ecopath with Ecosim จากการใช้ เครื่องมืออวนลากผลจากแบบจำลองสามารถใช้คาดการณ์ผลกระทบจากการทำประมง โดยในแบบจำลองสามารถจำลองผลกระทบทั้งทางด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม (การลงแรง) ด้านสิ่งแวดล้อม และทั้ง 3 ด้านรวมกัน เพื่อเป็นการคาดการณ์การทำประมงที่ได้ผลดีที่สุด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ต้องไม่ทำลายระบบนิเวศ และเป็นการลงแรงทำประมงที่ระดับเหมาะสมด้วย (Chen *et al.* 2008 a) และมีการคาดการณ์ผลกระทบจากการลงแรงทำประมงอวนลากที่เพิ่มขึ้น ผลจากแบบจำลองที่ระยะเวลา 10 ปี แสดงให้เห็นถึงการจับสัตว์น้ำกลุ่มเป้าหมายได้ลดลง ในขณะที่ถ้ามีการลดการลงแรงทำประมงลงในระยะเวลา 10 ปี ผลที่เกิดขึ้นจะสามารถจับสัตว์น้ำกลุ่มเป้าหมายได้เพิ่มมากขึ้น (Chen *et al.* 2008 b) และมีการศึกษาการคุ้มครองพื้นที่ทางทะเลจากการทำประมงโดยใช้แบบจำลอง Ecospace ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลอง Ecopath with Ecosim ผลจากการศึกษาสามารถนำไปกำหนดเป็นนโยบายเพื่อคุ้มครองพื้นที่ทางทะเลจากการทำประมงได้จากการกำหนดระยะทาง และเครื่องมือที่ใช้ทำการประมง หากมีการใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงในการทำประมงบริเวณใกล้ฝั่ง และบริเวณแหล่งวางไข่และเจริญเติบโตของสัตว์น้ำโดยจำลองระยะเวลาที่ 5, 10 และ 20 ปี จะจับสัตว์น้ำกลุ่มเป้าหมายได้ลดลงตามลำดับ (Chen *et al.* 2009)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

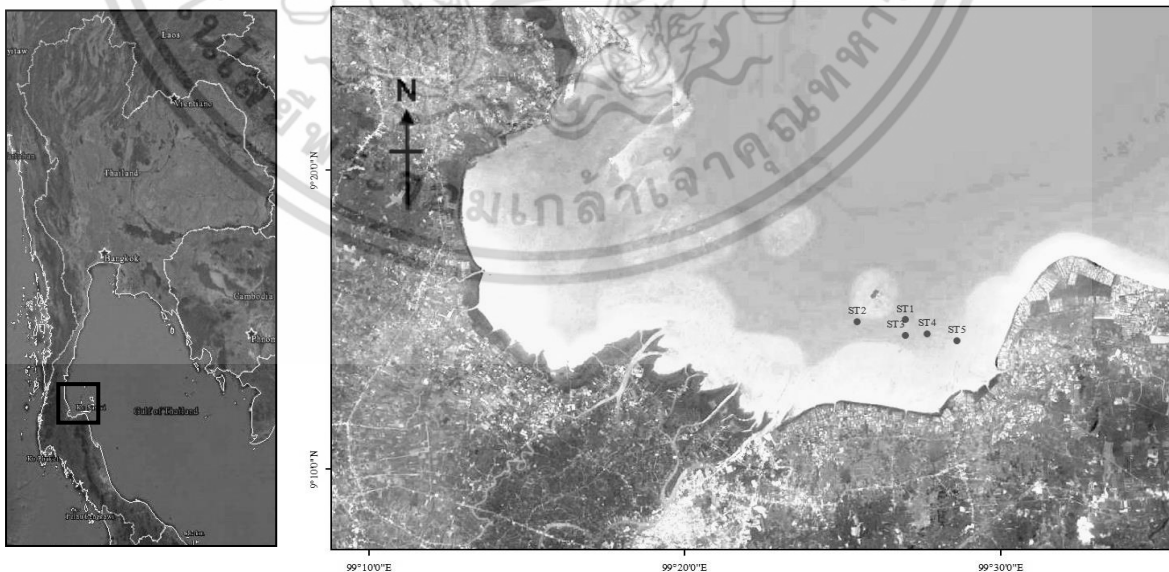
## บทที่ 3

### วิธีการศึกษา

#### 3.1 สถานที่ศึกษา

อ่าวบ้านดอน เป็นอ่าวปิดอยู่บริเวณตอนกลางของอ่าวไทย บริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 9 องศา 10 ลิปดาเหนือ ถึงละติจูดที่ 9 องศา 40 ลิปดาเหนือ ลองจิจูด ที่ 99 องศา 20 ลิปดา ตะวันออก ถึงลองจิจูดที่ 99 องศา 60 ลิปดาตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 480 ตารางกิโลเมตร ตั้งแต่ อำเภอไชยา ท่าฉาง พุนพิน เมือง กาญจนดิษฐ์ และดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีความยาวชายฝั่งทะเล เป็นระยะทางประมาณ 120 กิโลเมตร อ่าวบ้านดอนเป็นอ่าวที่ค่อนข้างตื้น และความลาดชันค่อยๆ ลาดลง มีความลึกน้ำตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 5 เมตร โดยมีความลึกเฉลี่ย 2.9 เมตร ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แบ่งเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน และฤดูฝน ลักษณะน้ำขึ้น น้ำลงเป็นแบบน้ำผสมชนิดน้ำคู่ (semi-diurnal tide) (Jarempomnipat *et al.* 2004)

พื้นที่ทำการศึกษามีบริเวณแหล่งทำประมงชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี ในอ่าวบ้านดอน ในเขตอำเภอ เมือง อำเภอพุนพิน และอำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำจาก เรือประมงที่ทำประมงบริเวณดังกล่าว และปัจจัยสิ่งแวดล้อม จำนวน 5 จุด (ภาพที่ 3.1) ด้วยเครื่องมือออก พิกัดทางภูมิศาสตร์ยี่ห้อ Germin รุ่น GPSMAP 76S ดำเนินการ ทุกสองเดือน ระหว่างเดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558



ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ปากแม่น้ำตาปี และแหล่งทำประมงชายฝั่ง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ที่มา : [www.maps.google.co.th](http://www.maps.google.co.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่าง

### 3.2.1 การเก็บตัวอย่าง

รวบรวมตัวอย่างสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งในบริเวณ ปากแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี 2557 ถึงเดือนสิงหาคม ปี 2558 โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ สองเดือน รวม 6 ครั้ง จากเรือประมงชายฝั่ง อย่างน้อย 5 ลำต่อเครื่องมือ โดยเก็บตัวอย่าง อย่างน้อย 3 กิโลกรัมต่อลำ จากการทำประมงด้วยเครื่องมืออวนลอย ลอบ และเบ็ด เพื่อจำแนกชนิด ชั่งน้ำหนัก นำปลาที่รวบรวมได้มาชั่งน้ำหนัก (กรัม) พร้อมสอบถามชาวประมงเกี่ยวกับชนิด เครื่องมือที่ทำประมง วิธีทำการประมง แหล่งการทำประมง ปริมาณการจับ ปริมาณการลงแรง จำนวนวัน ทำประมง จำนวนชั่วโมงในการทำประมง จากนั้นรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ข้อมูล องค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำ ขนาดความยาว โดยจำแนกชนิดสัตว์น้ำและวัดความยาวตลอดตัว (เซนติเมตร) ด้วยกระดาษวัดความยาวที่มีอันตรภาคชั้น 0.5 เซนติเมตร ทำการจำแนกชนิดใน ภาคสนาม สำหรับตัวอย่างที่สามารถจำแนกได้ในเบื้องต้น ถ่ายรูปตัวอย่างสัตว์น้ำที่รวบรวมได้ จากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างสัตว์น้ำที่ยังไม่สามารถจำแนกชนิด ได้ทันทีในภาคสนามในน้ำยา ฟอर्मาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง ก่อนนำมาวิเคราะห์และจำแนกชนิดสัตว์น้ำใน ห้องปฏิบัติการต่อไป

### 3.2.2 การจำแนกชนิด

นำตัวอย่างสัตว์น้ำที่รวบรวมได้มาจำแนกชนิดในภาคสนาม สำหรับตัวอย่างที่สามารถ จำแนกได้ในเบื้องต้น ถ่ายรูปตัวอย่างที่จับได้ และเก็บรักษาตัวอย่างสัตว์น้ำที่ยังไม่สามารถจำแนก ชนิดได้ทันที ในภาคสนามในน้ำยาฟอर्मาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง ก่อนนำมา วิเคราะห์ และจำแนกชนิดสัตว์น้ำตัวอย่างตามวิธีการของ Carpenter and Niem (1998, 1999a, 1999b, 2001a และ 2001b) ในห้องปฏิบัติการ

## 3.3 การวิเคราะห์ชนิดของอาหารในกระเพาะอาหาร

ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหาร (stomach content analysis) นำปลาที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง 30 ตัวต่อชนิดสัตว์น้ำ โดยนำตัวอย่างปลาที่ได้มาชั่งน้ำหนัก (กรัม) และวัดความยาวตลอดตัว (เซนติเมตร) ผ่าช่องท้องเพื่อเก็บตัวอย่างกระเพาะอาหารของปลา แต่ละตัว นำกระเพาะอาหารที่ได้มาเก็บรักษาในน้ำยาฟอर्मาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ นำตัวอย่างกระเพาะ ที่ได้มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบของอาหารในห้องปฏิบัติการ โดยทำการล้างฟอर्मาลิน ออกด้วยน้ำกลั่น หลังจากนั้นทำการผ่าเปิดกระเพาะเพื่อนำอาหาร ที่อยู่ภายในออกมาจำแนกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารตามวิธีการของ Carpenter and Niem (1998, 1999a, 1999b, 2001a และ 2001b) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) ชั่งน้ำหนักของอาหารที่พบในกระเพาะทั้งหมด (กรัม) จากนั้นชั่งน้ำหนักอาหารแต่ละชนิดที่พบ (กรัม) ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method)

การหาค่าประกอบในรูปน้ำหนัก (weight composition: %W) หรือสัดส่วนในรูปน้ำหนักของอาหารแต่ละชนิด (Espinoza and Wehrmann, 2008)

$$\% W_i = (T_i / \Sigma T) \times 100$$

เมื่อ

$\% W_i$  = สัดส่วนในรูปน้ำหนักของอาหารชนิด

$T_i$  = น้ำหนักของอาหารชนิด  $i$

$\Sigma T$  = น้ำหนักของอาหารที่พบทั้งหมดทุกชนิด

### 3.4 การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความชุกชุมของสัตว์น้ำ

#### 3.4.1 คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำบางประการที่ตรวจวัดในบริเวณที่ทำการศึกษานี้ ได้แก่ ความลึก ความโปร่งแสง อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ ส่วนคุณภาพน้ำที่ต้องนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณออร์โธฟอสเฟต ปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงที่น้ำขึ้น เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ ปริมาตร 500 มิลลิลิตร นำตัวอย่างน้ำไปเก็บรักษาในถังเก็บความเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.1.1 ความลึก (depth) วัดด้วยเครื่องมือวัดความลึกของน้ำ (portable sonar system meter) ยี่ห้อ HawkEye รุ่น H22PX โดยวัดในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำทันที มีหน่วยวัดเป็นเมตร (m)

3.4.1.2 ความโปร่งแสง (transparency) วัดด้วยเครื่องมือวัดความโปร่งแสง (secchi disc) โดยวัดในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำทันที มีหน่วยวัดเป็นเซนติเมตร (cm)

3.4.1.3 อุณหภูมิ (temperature) วัดด้วย DO meter ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI 9146 โดยวัดในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำทันที มีหน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส (°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.4 ความเค็ม (salinity) วัดด้วยเครื่องวัดความเค็มแบบชนิดหักเหแสง (salinity refractometer) รุ่น FG-201 โดยวัดในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำทันที มีหน่วยวัดเป็นส่วนในพันส่วน (ppt)

3.4.1.5 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) วัดด้วย DO meter ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI 9146 โดยวัดในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำทันที มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)

3.4.1.6 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ วัดด้วย pH meter ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI 98128 โดยวัดในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำทันที

3.4.1.7 ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) วิเคราะห์ด้วยวิธี Colorimetric method ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) วิเคราะห์ด้วยวิธี Cadmium reduction method โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ Thermo scientific รุ่น Genesys 10S VIS ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร สำหรับปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน

3.4.1.8 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll-*a*) ใช้ถังตวงน้ำทะเลปริมาตร 30 ลิตร ผ่านตุ้กรองแพลงก์ตอนขนาดตา 25 ไมครอน ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางปากถุง 30 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างน้ำที่กรองได้ในขวดเก็บตัวอย่าง นำไปเก็บรักษาในถังเก็บความเย็นที่อุณหภูมิ 4 °c เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Trichromatic method โดยกรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรอง Whatman GF/C ขนาดตา 0.45 ไมครอน โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ Thermo scientific รุ่น Genesys 10S VIS มีหน่วยวัดเป็นไมโครกรัมต่อลิตร ( $\mu\text{g/L}$ ) วัดความยาวคลื่นที่ 630, 645, 663 และ 750 นาโนเมตร

3.4.1.9 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (soluble reactive phosphate) วิเคราะห์ด้วยวิธี Ascorbic acid-single reagent method โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ Thermo scientific รุ่น Genesys 10S VIS มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) วัดความยาวคลื่นที่ 880 นาโนเมตร

### 3.5 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในช่วงที่น้ำกำลังขึ้น โดยใช้ถังตวงน้ำทะเลปริมาตร 30 ลิตร ผ่านตุ้กรองแพลงก์ตอนขนาดตา 25 ไมครอน สำหรับเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช และขนาดตา 60 ไมครอน สำหรับเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางปากถุง 30 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนที่กรองได้ในขวดเก็บตัวอย่าง และรักษาสภาพด้วยน้ำยาฟอร์มอลินความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ นำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเขย่าให้เปล่งก่ตอนในขวดเก็บตัวอย่างกระจายทั่วกัน แล้วใช้ dropper คูดตัวอย่าง  
ใส่ลงใน Sedgwick-Rafter counting cell ขนาดความจุ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดด้วย cover glass  
แล้วนำไปจำแนกสกุล (genus) และนับจำนวนตามวิธีของลัดดา วงศ์รัตน์ (2542 ; 2543) ภายใต้  
กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงยี่ห้อ Olympus นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยปริมาณเปล่งก่ตอนแต่ละสกุล  
ในน้ำ 1 ลิตร ตามสมการ ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นของเปล่งก่ตอนพืชหรือเปล่งก่ตอนสัตว์ (เซลล์ต่อลิตร)} = (AB/C) \times 1000$$

เมื่อ

A = ปริมาณของเปล่งก่ตอนพืชหรือเปล่งก่ตอนสัตว์ที่นับได้โดยใช้สไลด์นับเปล่งก่ตอน (เซลล์)

B = ปริมาตรน้ำในขวดเก็บตัวอย่างหลังจากการกรองผ่านถุงเปล่งก่ตอน (มิลลิลิตร)

C = ปริมาตรน้ำที่กรองผ่านถุงเปล่งก่ตอน (มิลลิลิตร)

### 3.6 การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

3.6.1 ทำการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุด้วยวิธีการเผา (Ignition loss method)  
โดยชั่งน้ำหนักดินในถ้วยอะลูมิเนียมประมาณ 50 กรัม แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส  
เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.6.2 นำดินที่ผ่านการอบมาทำการชั่งน้ำหนัก ประมาณ 20 กรัม แล้วบันทึก  
(ในกรณีที่ไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้ทันทีให้นำมาตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้น)

3.6.4 นำดินมาเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 520 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

3.6.4 นำดินที่ผ่านการเผามาทำการชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึก นำค่าที่ได้มาคำนวณหา  
ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดิน ตามสูตร (ในกรณีที่ไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้ทันทีให้นำมาตั้งทิ้ง  
ไว้ในโถดูดความชื้น)

$$\% \text{ organic content} = (W_b - W_a) \times 100 / W_b$$

เมื่อ

% organic content = สัดส่วนของปริมาณอินทรีย์วัตถุเป็นร้อยละของน้ำหนักทั้งหมด

$W_b$  = น้ำหนักก่อนเผา

$W_a$  = น้ำหนักหลังเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 หลักการทำงานของแบบจำลอง

แบบจำลอง ECOPATH เป็นแบบจำลองที่สามารถคำนวณไหลคได้โดยไม่มีลักษณะที่ [http:// www.ecopath.org](http://www.ecopath.org) ซึ่งมีการพัฒนาแบบจำลองให้สอดคล้องกับการใช้งานอย่างต่อเนื่อง โดยมีการปรับปรุงระบบการทำงาน ณ ปัจจุบันถึง ระดับที่ 6.5 โดยมีหลักการทำงานอยู่บนพื้นฐานของสมการสมดุลมวลสาร (mass balance) ที่ใช้ใน โปรแกรม (Christensen *et al.* 2008) โดยมีการปรับค่าตัวแปรบางตัวดังนี้

$$P_i - B_i M2_i - P_i (1 - EE_i) - EX_i = 0 \quad (1)$$

เมื่อ

$P_i$  หมายถึง ผลผลิตของกลุ่ม  $i$

$B_i$  หมายถึง มวลชีวภาพเป็นต้น (น้ำหนักเปียก)

$M2_i$  หมายถึง การตายจากผู้ล่า

$EE_i$  หมายถึง ประสิทธิภาพของลำดับชั้นอาหาร

$EX_i$  หมายถึง การส่งออกของพลังงาน โดยนำตัวแปรต่าง ๆ มาปรับใหม่

เพื่อใช้ในโปรแกรม ECOPATH ดังนี้ (Pauly *et al.* 2000)

$$B_i (P/B)_i (EE_i) = Y_i + \sum B_j (Q/B)_j DC_{ji} \quad (2)$$

เมื่อ

$B_i$  หมายถึง มวลชีวภาพเหยื่อเป็นต้น (น้ำหนักเปียก)

$P/B_i$  หมายถึง สัดส่วนการผลิตต่อมวลชีวภาพเหยื่อ

$EE_i$  หมายถึง ประสิทธิภาพของลำดับชั้นอาหาร

$Y_i$  หมายถึง อัตราการจับ

$\sum B_j$  หมายถึง มวลชีวภาพผู้ล่าเป็นต้น (น้ำหนักเปียก)

$Q/B_j$  หมายถึง สัดส่วนการบริโภคต่อมวลชีวภาพผู้ล่า ,

$DC_{ji}$  หมายถึง การถูกบริโภคของเหยื่อ  $i$  โดยผู้ล่า  $j$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.8 การนำเข้าข้อมูลของแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง ECOPATH ต้องมีการนำเข้าข้อมูลโดยใช้ข้อมูลของสัตว์น้ำจากการคำนวณดังนี้

#### 3.8.1 Biomass (B)

คือ มวลชีวภาพ โดยมีการประเมินตามสมการดังนี้

3.8.1.1 มวลชีวภาพของสัตว์น้ำ (ตัน/ตารางกิโลเมตร) คำนวณตามวิธีการของ Van *et al.* (2010) ดังสมการที่ 3

$$B = Y / F \quad (3)$$

เมื่อ

F หมายถึง อัตราการตายจากการทำประมง

Y หมายถึง ปริมาณการจับสัตว์น้ำ

ข้อมูลมวลชีวภาพได้จากการหาผลการจับสัตว์น้ำโดยชั่งน้ำหนักสดของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงและสอบถามจำนวนครั้งที่ทำการประมง โดยค่าผลจับสัตว์น้ำที่ได้มาหารด้วยสัมประสิทธิ์การตายโดยการทำประมงของสัตว์น้ำแต่ละชนิด

3.8.1.2 มวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช โดยการวัดค่ารงควัตถุของคลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) (Parson *et al.* 1984) และประเมินตาม ค่าสัมประสิทธิ์ 0.3 มิลลิกรัมของคลอโรฟิลล์ เอ ต่อ 100 มิลลิกรัมของมวลชีวภาพแพลงก์ตอนพืช (Chen *et al.* 2011 และ Xu *et al.* 2011) วิธีการหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll-a) โดยใช้ถึงดวงน้ำทะเลปริมาตร 30 ลิตร ผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 25 ไมครอน ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางปากถุง 30 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างน้ำที่กรองได้ในขวดเก็บตัวอย่าง นำไปเก็บรักษาในถังน้ำแข็งเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Trichromatic method โดยใช้เครื่อง spectrophotometer จากการศึกษาระดับความลึกเฉลี่ยที่แสงส่องถึง 0.9 เมตร

3.8.1.3 มวลชีวภาพของแพลงก์ตอนสัตว์ เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ โดยใช้ถึงดวงน้ำทะเลปริมาตร 30 ลิตร ผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 60 ไมครอน ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางปากถุง 30 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนที่กรองได้ในขวดเก็บตัวอย่าง นำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ประเมินโดยการแทนที่ปริมาตร ตาม Ahlstrom and Thrailkill (1960) Chen *et al.* (2011) และ Xu *et al.* (2011)

3.8.1.4 มวลชีวภาพของเศษซาก (detritus) ประเมินจากผู้ผลิตขั้นต้น (primary production) กับระดับความลึกที่แสงสว่างส่องถึง (euphotic depth) ตามวิธีของ Christensen and Pauly (1993) ตามสมการที่ 4

$$\text{Log } D = -2.41 + 0.954 \log \text{PP} + 0.863 \log E \quad (4)$$

เมื่อ

D หมายถึง มวลชีวภาพของเศษซาก

PP หมายถึง ผู้ผลิตขั้นต้น

E หมายถึง ระดับความลึกที่แสงสว่างส่องถึง โดยคำนวณ ค่า E หรือ  $D_{eu}(\text{PAR})$  ได้จากสมการที่ 5 ตาม Zhang *et al.* (2006) จากการศึกษา ระดับความลึกเฉลี่ยที่แสงส่องถึง 0.9 เมตร

$$D_{eu}(\text{PAR}) = 4.605 / (0.0626\text{TSS} + 1.6068) \quad (5)$$

เมื่อ

$D_{eu}(\text{PAR})$  หรือ E หมายถึง ระดับความลึกที่แสงสว่างส่องถึง  
TSS หมายถึง ปริมาณ สารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ (total suspended solids, TSS) โดยวิธีกรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรอง whatman GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.47 มิลลิเมตร แล้วอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึก

### 3.8.2 Production/Biomass (P/B)

คือ ผลผลิตต่อมวลชีวภาพ ซึ่งมีค่าเท่ากับ ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) (Allen, 1971) โดยกลุ่มปลาใช้ข้อมูลการแจกแจงความถี่ของความยาว คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) จากวิธี length converted catch curves ด้วยโปรแกรม FiSAT (Pauly *et al.* 2000) ตามภาพผนวกที่ 6 คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) ซึ่งเป็นผลรวมของสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (fishing mortality; F) กับสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (natural mortality; M) ตามสมการที่ 6 กลุ่มสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ใช้ข้อมูลจากการศึกษาของ Christensen (1998); Fröese and Pauly (2014) และ Villanueva *et al.* (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z = F+M \quad (6)$$

เมื่อ

F หมายถึง สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง

M หมายถึง สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ และคำนวณสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (natural mortality; M) โดยใช้โปรแกรม FiSAT ตามภาพผนวกที่ 7 หรือคำนวณตาม Pauly (1980) ตามสมการที่ 7

$$M = K 0.65 \cdot L_{\infty}^{-0.279} \cdot T^{0.463} \quad (7)$$

เมื่อ

K หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต

$L_{\infty}$  หมายถึง ค่าความยาวอนันต์

T หมายถึง อุณหภูมิผิวน้ำเฉลี่ย ที่ 29.5 องศาเซลเซียส (จากการศึกษา)

### 3.8.3 Consumption/Biomass (Q/B)

คือ การบริโภคต่อหน่วยชีวมวลต่อปี กลุ่มปลาทำการคำนวณจากสมการของ Palomares and Pauly (1989; 1998) ตามสมการที่ 8 หรือใช้ฐานข้อมูลจาก FishBase (Fröese and Pauly. 2014) ตามภาพผนวกที่ 8x กลุ่มชนิดสัตว์น้ำอื่นๆ ใช้ข้อมูลจากการศึกษาของ Pauly *et al.* (1993)

$$Q/B = 3 \cdot W_{\infty}^{-0.2} \cdot T^{0.6} \cdot AR^{0.5} \cdot 3 e^{Ft} \quad (8)$$

เมื่อ

$W_{\infty}$  หมายถึง ค่าน้ำหนักอนันต์

T หมายถึง อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลขณะทำการศึกษา

$Ft$  หมายถึง ชนิดของอาหารที่กลุ่มตัวอย่างบริโภค แทนค่าตามการทำนายการกินอาหาร (แทนค่า 0 ในกลุ่มสัตว์กินสัตว์ เป็นอาหาร และแทนค่า 1 กลุ่มสัตว์ที่กินพืชและเศษซากเป็นอาหาร)

$A_R$  หมายถึง ค่า aspect ratio หรือใช้ค่าจากการศึกษาของ Vibunpant *et al.* (2003) (ตารางผนวกที่ 3ข) หรือใช้ฐานข้อมูลจาก FishBase (Fröese and Pauly. 2014) โดยค่า  $A_R$  คำนวณได้ตามสมการที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_R = H^2/S \quad (9)$$

เมื่อ

$H^2$  หมายถึง ความสูงของครีบทอง

$S$  หมายถึง พื้นที่ที่ครีบทองสัมผัสน้ำ

### 3.8.4 Diet composition (DC)

คือ การถูกบริโภคของเหยื่อ โดยผู้ล่า โดยการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะในรูปสัดส่วนน้ำหนักของอาหารแต่ละชนิด (Hyslop. 1980; Pasquaud *et al.* 2007) และข้อมูลการศึกษาจาก Sawusdee *et al.* (2009); Yamashita *et al.* (1987); Froese and Pauly (2014) โดยนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ใส่ในตารางเมื่อรายชื่อในแนวตั้งคือกลุ่มของเหยื่อที่ถูกบริโภค และตัวเลขในแนวนอนคือกลุ่มของผู้ล่า ทำการใส่สัดส่วนองค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะ ให้ผลรวมองค์ประกอบของอาหารที่พบทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1 ในแบบจำลอง ภาพผนวกที่ 10

## 3.9 การประมวลผลของแบบจำลอง

### 3.9.1 ลำดับชั้นอาหาร (trophic level)

Odum and Heald (1975). ได้ให้คำจำกัดความของลำดับชั้นอาหารว่า ลำดับชั้นอาหารที่ 1 (TL 1) คือลำดับชั้นอาหารของผู้ผลิตขั้นต้น และเศษซาก โดยลำดับชั้นอาหารถัดไป (TL 1+) เป็นลำดับชั้นอาหารน้ำหนักเฉลี่ยของเหยื่อที่ถูกบริโภคจากผู้ล่าตามลำดับ

โดยมีการคำนวณตามการบริโภคอาหาร หากมีการกินพืช 40% plants (TL = 1) และ 60% herbivores (TL = 2) จะมีลำดับชั้นอาหาร trophic level  $1 + [0.4 \cdot 1 + 0.6 \cdot 2] = 2.6$ .

### 3.9.2 ประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (ecotrophic efficiencies)

Christensen *et al.* (2005) ได้ตรวจสอบความสมดุลของโปรแกรม (balancing the model) จากสมมติฐานสมดุลสมการที่ 2 ถึงความสมเหตุสมผลของความสมดุลของสมการมวลสารว่าได้รับการรับรองความถูกต้อง ประกอบด้วยสองขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก การตรวจสอบความสมจริงของรูปแบบเป็นเพื่อตรวจสอบว่า EE (ecotrophic efficiencies) คือ ค่าประสิทธิภาพของระบบคำนวณ โดยโปรแกรมต้องมีค่าน้อยกว่า 1.0 สำหรับทุกกลุ่มเนื่องจากถูกตั้งข้อสันนิษฐานว่า ประชากรในกลุ่มไม่ควรถูกบริโภคเกินจากการผลิตภายในกลุ่ม และ EE ควรจะใกล้เคียงกับ 1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุดสำหรับทุกกลุ่ม ในการศึกษาคั้งนี้ EE มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 0.95 สะท้อนให้เห็นถึงการทำประมงอย่างหนาแน่นในพื้นที่นี้ ตามสมการที่ 10 ขั้นตอนที่สองคือการตรวจสอบว่า GE (gross food conversion efficiency) หรือ P/Q (production/consumption) อยู่ในช่วงของ 0.1-0.3 โดยทั่วไป GE ไม่สามารถสูงกว่าประสิทธิภาพสุทธิได้ ยกเว้นอาจมีค่าต่ำกว่าสำหรับผู้ล่าสูงสุด และมีค่าสูงขึ้นสำหรับกลุ่มปลาวัยอ่อน (Christensen *et al.* 2005)

$$EE_i = (B_i * M2_i + C_i + NM_i + BA_i) / P_i \quad (10)$$

เมื่อ

$B_i$  หมายถึง มวลชีวภาพ

$P_i$  หมายถึง การผลิต

$M2_i$  หมายถึง การตายจากผู้ล่า

$C_i$  หมายถึง ผลจับสัตว์น้ำ

$NM_i$  หมายถึง การย้ายออกสุทธิ (net migration)

$BA_i$  หมายถึง มวลชีวภาพโดยรวม

### 3.9.3 ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food conversion efficiency)

ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food conversion efficiency; GE) หรือการผลิตต่อการบริโภค (production/consumption; P/Q) เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ทำให้เกิดความสมดุลในระบบนิเวศ มักมีค่าอยู่ในช่วงของ 0.1-0.3 ซึ่งอาจมีค่าต่ำกว่า 0.1 ในผู้ล่าสูงสุด (top predator) หรือมีค่าสูงกว่า 0.3 ในกลุ่มของลูกปลาวัยอ่อน หรือแบคทีเรียเป็นต้น ( $0 < GE < 0.3$ )

$$GE_i = (P_i/B_i) / (Q_i/B_i) \quad (11)$$

เมื่อ

$GE_i$  หมายถึง ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น

$P_i$  หมายถึง การผลิต

$B_i$  หมายถึง มวลชีวภาพ

$Q_i$  หมายถึง การบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.9.4 การซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อในระบบนิเวศ (niche overlap)

ประเมินการซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อในระบบนิเวศ มีการดัดแปลงวิธีการหาดัชนีการซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อจาก Pianka, 1973 (Christensen *et al.*, 2005)

โดยมีค่าระหว่าง 0 (เป็นค่าต่ำสุดที่แสดงถึงไม่มีการซ้อนทับกัน หรือใช้ทรัพยากรร่วมกันของผู้ล่าและเหยื่อ) ถึง 1 (เป็นค่าสูงสุดที่แสดงถึงมีการซ้อนทับ หรือใช้ทรัพยากรร่วมกันของผู้ล่าและเหยื่อ)

$$O_{jk} = 2 * \sum_i (p_{ji} * p_{ki}) / \sum_i (p_{ji}^2 + p_{ki}^2) \quad (12)$$

เมื่อ

$O_{jk}$  หมายถึง ดัชนีการซ้อนทับ

$p_{ji}$  หมายถึง สัดส่วนของ  $i$  ที่มีการใช้ทรัพยากรโดย  $j$

$p_{ki}$  หมายถึง สัดส่วนของ  $i$  ที่มีการใช้ทรัพยากรโดย  $k$

### 3.9.5 ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบนิเวศ (keystone species)

โปรแกรมอีโคพาธ ได้ระบุชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบต่อผลกระทบโดยรวมค่าดัชนีความสำคัญ (keystones index) ที่เข้าใกล้ 0 คือชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญที่สุด (Libralato *et al.* 2006)

$$KS_i = \log[\varepsilon_i(1 - p_i)] \quad (13)$$

เมื่อ

$KS_i$  หมายถึง ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญ

$\varepsilon_i$  หมายถึง ความสัมพันธ์ของสัตว์น้ำแต่ละชนิดในระบบ

$p_i$  หมายถึง การออกจากกลุ่มมวลชีวภาพในระบบ

### 3.9.6 ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts)

Ulanowicz and Puccia (1990). ได้วิเคราะห์ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (MTI) จากผลกระทบของสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยค่าที่ได้แบ่งผลกระทบเชิงบวก และผลกระทบเชิงลบ (+1 ถึง -1)

$$MTI_{i,j} = DC_{i,j} - FC_{j,i} \quad (14)$$

เมื่อ

$DC_{i,j}$  หมายถึง องค์ประกอบในกระเพาะอาหารของ  $i$  ที่มีการบริโภค  $j$   
 $FC_{j,i}$  หมายถึง สัดส่วนของผู้ล่า  $j$  ต่อเหยื่อ  $i$

### 3.9.7 ผลกระทบจากการทำประมง

การหาผลกระทบจากการทำประมงทำในส่วนของอีโคซิม (ECOSIM) ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยในโปรแกรมอีโคพาธ ใช้ในการจำลองการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของทรัพยากรในเชิงเวลา เมื่อมีการลงแรงทำประมงที่ระยะเวลาต่างๆ (Walters *et al.* 1997) โปรแกรมจะประเมินผลมวลชีวภาพของสัตว์น้ำที่อยู่ในระบบนิเวศที่ศึกษา เป็นการพยากรณ์ถึงมวลชีวภาพของสัตว์น้ำที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาต่างกัน

$$dB_i / dt = g_i \sum C_{ji} - \sum C_{ij} + I_i - (M_i + F_i + e_i) B_i \quad (15)$$

เมื่อ

$dB_i/dt$  หมายถึง อัตราการเติบโตของมวลชีวภาพของ  $i$  ที่ระยะเวลาต่างไป  
 $B_i, g_i$  หมายถึง ประสิทธิภาพสุทธิการแปลงอาหารขึ้นต้น  
 $M_i$  หมายถึง อัตราการตายโดยธรรมชาติ  
 $F_i$  หมายถึง อัตราการตายโดยการทำประมง  
 $e_i$  หมายถึง อัตราการอพยพออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

#### 4.1 โครงสร้าง และหน้าที่เชิงระบบนิเวศของสัตว์น้ำ

##### 4.1.1 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำ

ผลการศึกษาดังกล่าวสัตว์น้ำในระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี พบชนิดสัตว์น้ำที่รวบรวมได้จากการทำประมงพื้นบ้านบริเวณชายฝั่ง แยกเป็นกลุ่มสัตว์น้ำตามตารางที่ 4.1 แยกเป็นองค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำที่พบตามกลุ่มชนิดสัตว์ ตามภาพผนวกที่ 1-4

ตารางที่ 4.1 แสดงชนิดสัตว์น้ำที่รวบรวมได้จากการทำประมงพื้นบ้านบริเวณชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี

	ชื่อวงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญไทย
Pelagic fishes	Polynemidae	<i>Eleutheronema tetradactylum</i>	ปลากระรอก
	Scatophagidae	<i>Scatophagus argus</i>	ปลาตะกรับ
	Engraulidae	<i>Thryssa</i> sp.	ปลาแมว
	Carangidae	<i>Megalaspis cordyla</i>	ปลาแข่งไก่อ
	Clupeidae	<i>Anodontostoma chacunda</i>	ปลาตะเพียนน้ำเค็ม
	Scombridae	<i>Rastrelliger brachysoma</i>	ปลาทู
	Mugilidae	<i>Liza</i> sp.	ปลากระบอก
Demersal fishes	Gobiidae	<i>Parapocryptes serperaster</i>	ปลาทองเที้ยว
	Ariidae	<i>Arius</i> sp.	ปลากดทะเล
	Plotosidae	<i>Plotosus canius</i>	ปลาคูกทะเล
	Sciaenidae	<i>Johnius</i> sp.	ปลาจวด
	Gobiidae	<i>Taenioides</i> sp.	ปลาเข็
	Cynoglossidae	<i>Cynoglossus</i> sp.	ปลาขอดม่วง
	Dasyatidae	<i>Himantura</i> ssp.	ปลากะเบน
Crabs	Portunidae	<i>Portunus pelagicus</i>	ปูม้า
	Portunidae	<i>Scylla</i> sp.	ปูทะเล
Shrimps and Sergestid shrimp	Penaeidae	<i>Metapenaeus brevicornis</i>	กุ้งหัวมัน
	Penaeidae	<i>Penaeus merguensis</i>	กุ้งแชบ๊วย
Cephalopods	Loliginidae	<i>Photololigo</i> spp.	หมึกกล้วย
	Sepiidae	<i>Sepia</i> spp.	หมึกกระดอง
	Loliginidae	<i>Sepioteuthis</i> sp.	หมึกหอม
	Octopodidae	<i>Amphioctopus</i> sp.	หมึกสาย

จากข้อมูลชนิดของสัตว์น้ำที่พบจากการทำประมงพื้นบ้านบริเวณชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี ได้เลือกตัวแทนชนิดสัตว์น้ำที่มีการพบตลอดการเก็บตัวอย่างทั้ง 6 ครั้ง และเป็นตัวอย่างที่มีจำนวนเพียงพอที่จะนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อนำเข้าแบบจำลองอีโคพาร์ ผลจากการศึกษามีค่าความยาวสูงสุด ( $L_{\infty}$ ) ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (K) สัมประสิทธิ์การตายโดยการทำประมง (F) ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (M) ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) ผลผลิตสัตว์น้ำ (Y) และสัดส่วนการใช้ประโยชน์ (E) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ต้องนำเข้าไปในแบบจำลองอีโคพาร์ ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความยาวสูงสุด ( $L_{\infty}$ ) ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (K) สัมประสิทธิ์การตายโดยการทำประมง (F) ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (M) ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) ผลผลิตสัตว์น้ำ (Y) สัดส่วนการใช้ประโยชน์ (E)

Biological groups	$L_{\infty}$	K	M(yr <sup>-1</sup> )	F(yr <sup>-1</sup> )	Z(yr <sup>-1</sup> )	Y	E	References
<i>Eleutheronema tetradactylum</i>	71.4	0.65	1.1	0.07	1.17	0.043	0.06	
<i>Scatophagus argus</i>	25	1.2	2.14	1.06	3.19	0.026	0.33	
<i>Thryssa</i> sp.	22.9	1.32	2.42	0.03	2.45	0.005	0.01	
<i>Megalaspis cordyla</i>	52.5	0.79	1.27	0.71	1.98	0.087	0.36	
<i>Anodontostoma chacunda</i>	18.1	1.3	2.39	1.37	3.76	0.108	0.36	
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	27.6	1.62	2.63	2.47	5.10	0.388	0.48	
<i>Parapocryptes serperaster</i>	24.2	0.27	0.66	12.12	12.78	0.255	0.95	
<i>Arius</i> sp.	82.6	0.41	0.74	0.05	0.79	0.017	0.06	
<i>Plotosus canius</i>	67.3	0.1	0.27	0.49	0.76	0.022	0.64	
<i>Liza</i> sp.	51.5	0.17	0.41	0.61	1.02	0.040	0.60	
<i>Johnius</i> sp.	46.9	0.47	0.94	0.03	0.97	0.026	0.03	
<i>Himantura</i> spp.				0.25	0.5	0.014	0.50	Premcharoen (2012)
benthic fauna				2.5	5	2.403	0.50	Sawusdee (2009)
<i>Photololigo</i> spp.	23	2.25	3.35	4.41	7.76	0.692	0.57	อำนาจ และคณะ (2553)
<i>Portunus pelagicus</i>	20.3	1.64	2.82	8.84	11.66	4.597	0.76	Premcharoen (2012)
<i>Penaeus merguensis</i>	24.1	1.51	2.54	4	6.54	3.840	0.61	Premcharoen (2012)
<i>Metapenaeus brevicornis</i>				2.5	5	0.345	0.50	Premcharoen (2012)
Zooplankton					40			Sawusdee (2009)
Phytoplankton					200			Sawusdee (2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่น่าเข้าแบบจำลองยังประกอบไปด้วยค่าผลผลิตต่อมวลชีวภาพ (P/B) หรือค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) ค่าบริโภคต่อมวลชีวภาพ (Q/B) ซึ่งใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของ FishBase ในส่วนของการบริโภคอาหารของสัตว์น้ำกลุ่มปลา ส่วนกลุ่มสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ มีการใช้ข้อมูลจากการศึกษาตามการอ้างอิง และค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (EE) มีการประมวลผลจากแบบจำลองมีเพียงค่าของ *Photololigo* spp. ที่มีการใช้ค่าคงที่เพื่อให้สมการในแบบจำลองเกิดความสมดุล (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 แหล่งการนำเข้าข้อมูล (P/B and Q/B) ของกลุ่มสัตว์น้ำ

Group	P/B	Q/B	EE
<b>Fish group</b>			
<i>Eleutheronema tetradactylum</i>	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Scatophagus argus</i>	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Thryssa</i> sp.	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Megalaspis cordyla</i>	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Anodontostoma chacunda</i>	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Parapocryptes serperaster</i>	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Arius</i> sp.	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Plotosus canius</i>	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Liza</i> sp.	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Johnius</i> sp.	empirical by model	Fröese and Pauly (2014)	Computed by ECOPATH
<i>Himantura</i> spp.	Premcharoen (2012)	Premcharoen (2012)	Computed by ECOPATH
<b>Non-fish group</b>			
Benthic fauna	Sawusdee <i>et al.</i> (2009)	Sawusdee <i>et al.</i> (2009)	Computed by ECOPATH
<i>Photololigo</i> spp.	อำนาจ กงพรหม และ กณิษ (2553)	Fröese and Pauly (2014)	A fixed value
<i>Portunus pelagicus</i>	Premcharoen (2012)	Premcharoen (2012)	Computed by ECOPATH
<i>Penaeus merguensis</i>	Premcharoen (2012)	Premcharoen (2012)	Computed by ECOPATH
<i>Metapenaeus brevicornis</i>	Premcharoen (2012)	Premcharoen (2012)	Computed by ECOPATH
Zooplankton	Sawusdee <i>et al.</i> (2009)	Sawusdee <i>et al.</i> (2009)	Computed by ECOPATH
Phytoplankton	Sawusdee <i>et al.</i> (2009)	-	Computed by ECOPATH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ

ผลการศึกษาก่อนองค์ประกอบชนิดของอาหารในกระเพาะโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะในรูปสัดส่วนน้ำหนักของอาหารแต่ละชนิด และข้อมูลการศึกษาจากระบบนิเวศที่พบชนิดสัตว์น้ำเดียวกันอ้างตาม Sawusdee *et al.* (2009); Yamashita *et al.* (1987); Froese and Pauly (2014) ซึ่งองค์ประกอบของประเภทอาหารที่พบส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกันกับรายงานที่เคยมีการศึกษามาก่อนนี้ โดยลำดับสัตว์น้ำที่อยู่ในตารางตามแนวตั้งเป็นเหยื่อ (prey) ซึ่งถูกบริโภคโดยผู้ล่า (predator) ตามลำดับในแนวนอน (ตารางที่ 4.4) พบมีองค์ประกอบของอาหารที่พบตามตารางผนวกที่ 2ก และการบริโภคชนิดของอาหารหรือเหยื่อในระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี ดังนี้

- 1 ปลาอุรา (*E. tetradactylum*) มีการบริโภคปลาแข่งไก่อ่ (*M. cordyla*) ปลาตะเพียนน้ำเค็ม (*A. chacunda*) ปลาทุ (*R. brachysoma*) กุ้งหัวมัน (*M. brevicornis*) และพบเศษซาก (detrius)
- 2 ปลาตะกรับ (*S. argus*) มีการบริโภคแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)
- 3 ปลาแมว (*Thryssa sp.*) มีการบริโภคกุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) กุ้งหัวมัน (*M. brevicornis*) และพบเศษซาก (detrius)
- 4 ปลาแข่งไก่อ่ (*M. cordyla*) มีการบริโภคแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)
- 5 ปลาตะเพียนน้ำเค็ม (*A. chacunda*) มีการบริโภคแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)
- 6 ปลาทุ (*R. brachysoma*) มีการบริโภคแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)
- 7 ปลาทองเที้ยว (*P. serperaster*) มีการบริโภคสัตว์หน้าดิน (benthic fauna) กุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) กุ้งหัวมัน (*M. brevicornis*) และพบเศษซาก (detrius)
- 8 ปลากดทะเล (*Arius sp.*) มีการบริโภคปลาทองเที้ยว (*P. serperaster*) สัตว์หน้าดิน (benthic fauna) กุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) กุ้งหัวมัน (*M. brevicornis*) และพบเศษซาก (detrius)
- 9 ปลาคูกทะเล (*P. canius*) มีการบริโภคปลากระบอก (*Liza sp.*) สัตว์หน้าดิน (benthic fauna) ปลูม่า (*P. pelagicus*) และพบเศษซาก (detrius)
- 10 ปลากระบอก (*Liza sp.*) มีการบริโภคแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)
- 11 ปลาจวด (*Johnius sp.*) มีการบริโภคสัตว์หน้าดิน (benthic fauna) ปลูม่า (*P. pelagicus*) กุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) กุ้งหัวมัน (*M. brevicornis*) และพบเศษซาก (detrius)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 ปลากระเบน (*Himantura* spp.) มีการบริโภคปลาทองเที้ยว (*P. serperaster*) ปลาจวด (*Johnius* sp.) สัตว์หน้าดิน (benthic fauna) กุ้งหัวมัน (*M. brevicornis*) และพบเศษซาก (detrius)

13 สัตว์หน้าดิน (benthic fauna) มีการบริโภคแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)

14 หมึกกล้วย (*Photololigo* spp.) มีการบริโภคหมึกกล้วย (*Photololigo* spp.) ปูม้า (*P. pelagicus*) กุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) และพบเศษซาก (detrius)

15 ปูม้า (*P. pelagicus*) มีการบริโภคสัตว์หน้าดิน (benthic fauna) ปูม้า (*P. pelagicus*) แพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)

16 กุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) การบริโภคแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)

17 กุ้งหัวมัน (*M. brevicornis*) การบริโภคแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)

18 แพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) การบริโภคแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)

#### 4.1.3 ข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ผลการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำเข้าสู่แบบจำลอง ตามตารางผนวกที่ 3ก

ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบของอาหารที่พบในสัตว์น้ำ ค่าที่แสดงเป็นสัดส่วน โดยมีผลรวมเท่ากับ 1 ตามวิธีการนำเข้าสู่แบบจำลอง

Prey	Predator																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 <i>Eleutheronema tetradactylum</i>																		
2 <i>Scatophagus argus</i>																		
3 <i>Thryssa</i> sp.													0.05					
4 <i>Megalaspis cordyla</i>	0.03																	
5 <i>Anodontostoma chacunda</i>	0.02																	
6 <i>Rastrelliger brachysoma</i>	0.03																	
7 <i>Parapocryptes serperaster</i>							0.10					0.05						
8 <i>Arius</i> sp.																		
9 <i>Plotosus canius</i>																		
10 <i>Liza</i> sp.									0.02									
11 <i>Johnius</i> sp.												0.27						
12 <i>Himantura</i> spp.																		
13 Benthic fauna							0.13	0.20	0.4		0.09	0.2			0.25			
14 <i>Photololigo</i> spp.														0.10				
15 <i>Portunus pelagicus</i>									0.05		0.14			0.25	0.06			
16 <i>Penaeus merguensis</i>			0.23				0.15	0.10			0.21			0.10				
17 <i>Metapenaeus brevicornis</i>	0.05		0.30				0.17	0.30			0.31	0.1						
18 Zooplankton		0.20		0.03	0.30	0.40				0.07			0.50		0.15			
19 Phytoplankton		0.70		0.9	0.60	0.50				0.80			0.40		0.40	0.50	0.50	1.0
20 Detritus	0.87	0.10	0.47	0.07	0.10	0.10	0.55	0.30	0.53	0.13	0.25	0.38	0.10	0.50	0.14	0.50	0.50	

#### 4.1.4 ลำดับชั้นอาหาร (trophic level)

การนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลองต้องมีการใส่ค่ามวลชีวภาพของสัตว์น้ำ (B) ค่าการผลิตต่อมวลชีวภาพ (P/B) และค่าการบริโภคต่อมวลชีวภาพ (Q/B) ตามวิธีการศึกษาที่กล่าวมาแล้ว ส่วนค่าลำดับชั้นอาหาร (TL) ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (EE) และค่าประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (GE) หรือค่าการผลิตต่อการบริโภค (P/Q) จะถูกประมวลผลโดยแบบจำลองจากการศึกษาแบบจำลองอีโคพาธได้แสดงลำดับชั้นอาหาร (TL) ของกลุ่มสัตว์น้ำในระบบนิเวศที่ทำการศึกษา (ตารางที่ 4.5) ลำดับชั้นอาหารที่ได้จากแบบจำลองมีค่าอยู่ระหว่าง 1.000 - 2.984 โดยลำดับชั้นอาหารที่มีค่าสูงสุดได้แก่ ปลากระเบน (*Himantura* spp.) ปลาจวด (*Johnius* sp.) ปลาดุกทะเล (*P. canius*) และปลากดทะเล (*Arius* sp.) ซึ่งมีค่า 2.984, 2.882, 2.852 และ 2.758 ตามลำดับ ส่วนสัตว์น้ำที่เป็นกลุ่มผู้บริโภคลำดับที่ 1 (primary consumer) ได้แก่ กุ้งแชบ๊วย และ กุ้งหัวมัน (*P. merguensis*, *M. brevicornis*) โดยแพลงก์ตอนสัตว์อยู่ในลำดับชั้นอาหารที่ 2 (TL 2.000) ลำดับชั้นอาหารที่มีค่าต่ำสุดได้แก่ แพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นต้น (primary producer) และเศษซาก (detritus) (TL 1.00)

#### 4.1.5 ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (ecotrophic efficiencies)

ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (ecotrophic efficiencies; EE) มีค่าระหว่าง 0-1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างการใช้ทรัพยากรในระบบ เป็นค่าแสดงความสามารถในการใช้ประโยชน์ขององค์ประกอบต่างๆ ในระบบนิเวศ ว่าสามารถใช้ประโยชน์ หรือถูกกินโดยกลุ่มอื่นได้มากน้อยเพียงใด จากหลักการของแบบจำลองอีโคพาธ ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าชนิดของสัตว์น้ำมีการถูกล่าจากผู้ล่าเพื่อเป็นอาหาร หรือถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมงอย่างมาก จากการศึกษาค่าที่ได้มีความแตกต่างกัน (มีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 0.927) โดยค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารของปลาที่ศึกษาในครั้งนี้ พบว่าค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร มีค่าค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 4.5) ยกเว้นปลาทองเทียว (*P. serperaster*) มีค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารสูง (0.927) อาจเนื่องมาจากมีการถูกล่าโดยผู้ล่า และมีการถูกใช้ประโยชน์อย่างมากจากการทำประมง จากค่าสัมประสิทธิ์การตายของปลาทองเทียว เมื่อนำมาพิจารณาถึงสัดส่วนการใช้ประโยชน์ (exploitation rate; E) มีค่า 0.95 ต่อปี (ตารางที่ 4.2) ซึ่งนับว่ามีการนำปลาทองเทียว มาใช้ประโยชน์มากเกินไปจนเกินจุดที่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากจุดที่เหมาะสมของประชากรที่นำมาใช้ประโยชน์ควรจะมีค่าสัดส่วนการใช้ประโยชน์ประมาณ 0.5 และถ้าสัดส่วนการใช้ประโยชน์มีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าประชากรของสัตว์น้ำถูกนำมาใช้ประโยชน์มากเกินไป การผลิต ส่วนค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารของหมึกกล้วย (0.900) เป็นค่าที่ถูกกำหนดเพื่อใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแบบจำลองเพื่อความสะดวกของแบบจำลอง เนื่องจากค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารต้องมีค่าไม่เกิน 1 เมื่อแบบจำลองทำการประมวลแล้วพบว่าค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารของหมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) มีค่ามากกว่า 1 แบบจำลองจึงประมวลผลต่อไม่ได้ จึงมีการแนะนำให้ใส่ค่าใหม่คือ 0.900 จากการศึกษาที่มีค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร ของปลาบางชนิด ได้แก่ ปลาตุ๋รา (*E. tetradactylum*) ปลาตะกรับ (*S. argus*) ปลากระดูก (Arius sp.) ปลาตุ๋ราทะเล (*P. canius*) และปลากระเบน (*Himantura spp.*) มีค่าเท่ากับ 0.00 เนื่องจากไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์ในระบบ ทั้งไม่ถูกกินโดยผู้ล่า และไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากเกินไปเกินศักยภาพการผลิต ยกเว้นปลาตุ๋ราทะเลที่มีค่าสัดส่วนการใช้ประโยชน์ (0.64) (ตารางที่ 4.2) ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารเท่ากับ 0.00 เห็นได้ว่าการทำประมงปลาตุ๋ราทะเลค่อนข้างมาก พิจารณาจากอัตราการตายโดยการทำประมง (ตารางที่ 4.2) ส่วนปลู่ม้า (*P. pelagicus*) กุ้งหัวมัน (*M. brevicornis*) และแพลงก์ตอนพืชพบมีค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารค่อนข้างสูง (0.513, 0.483, 0.467) เนื่องจากถูกใช้ประโยชน์ในระบบนิเวศค่อนข้างมากเพราะเป็นองค์ประกอบหลักของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของกลุ่มสัตว์น้ำ

#### 4.1.6 ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food conversion efficiency)

ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food conversion efficiency; GE) หรือการผลิตต่อการบริโภค (production/consumption; P/Q) เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ทำให้เกิดความสมดุลในระบบนิเวศ มักมีค่าอยู่ในช่วงของ 0.1-0.3 ซึ่งอาจมีค่าต่ำกว่า 0.1 ในผู้ล่าสูงสุด (top predator) หรือมีค่าสูงกว่า 0.3 ในกลุ่มของลูกปลาวัยอ่อน หรือแบคทีเรียเป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้นของสัตว์น้ำมีค่าระหว่าง 0.041-0.675 (ตารางที่ 4.5) ในกลุ่มปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ ค่าที่ประเมินโดยแบบจำลองอยู่ในระดับที่สมดุล มีเพียงปลาทองเทียว (*P. serperaster*) กุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) และหมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) ที่ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้นมีค่า 0.524, 0.625 และ 0.675 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลสัตว์น้ำในระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปีที่นำเข้าไปในแบบจำลองอีโคพาร์  
ตัวเลขในวงเล็บเป็นการประมวลผลของแบบจำลอง

Biological groups	TL	B (t km <sup>-2</sup> )	P/B ( <sup>1</sup> year)	Q/B ( <sup>1</sup> year)	EE	GE (P/Q)
1 <i>Eleutheronema tetradactylum</i>	(2.149)	0.617	1.71	8.6	(0.000)	(0.199)
2 <i>Scatophagus argus</i>	(2.200)	0.024	3.19	45.5	(0.000)	(0.070)
3 <i>Thryssa</i> sp.	(2.530)	0.168	2.45	13.9	(0.219)	(0.176)
4 <i>Megalaspis cordyla</i>	(2.030)	0.122	1.98	48.3	(0.659)	(0.041)
5 <i>Anodontostoma chacunda</i>	(2.300)	0.079	3.76	46.8	(0.357)	(0.080)
6 <i>Rastrelliger brachysoma</i>	(2.400)	0.157	5.1	46.6	(0.199)	(0.109)
7 <i>Parapocryptes serperaster</i>	(2.515)	0.021	12.78	24.4	(0.927)	(0.524)
8 <i>Arius</i> sp.	(2.852)	0.345	0.79	7	(0.000)	(0.113)
9 <i>Plotosus canius</i>	(2.703)	0.044	0.76	8.8	(0.000)	(0.086)
10 <i>Liza</i> sp.	(2.070)	0.066	1.02	19.8	(0.115)	(0.052)
11 <i>Johnius</i> sp.	(2.882)	0.863	0.97	21.4	(0.046)	(0.045)
12 <i>Himantura</i> spp.	(2.984)	0.058	0.5	2.5	(0.000)	(0.200)
13 benthic fauna	(2.500)	0.961	5	25	(0.191)	(0.200)
14 <i>Photololigo</i> spp.	(2.758)	0.157	7.76	11.5	0.900	(0.675)
15 <i>Portunus pelagicus</i>	(2.622)	0.520	3	12	(0.513)	(0.250)
16 <i>Penaeus merguensis</i>	(2.000)	0.960	10	16	(0.032)	(0.625)
17 <i>Metapenaeus brevicornis</i>	(2.000)	0.138	5	20	(0.483)	(0.250)
18 Zooplankton	(2.000)	17.300	40	160	(0.025)	(0.250)
19 Phytoplankton	(1.000)	30.000	200		(0.467)	
20 Detritus	(1.000)	10.000			(0.006)	

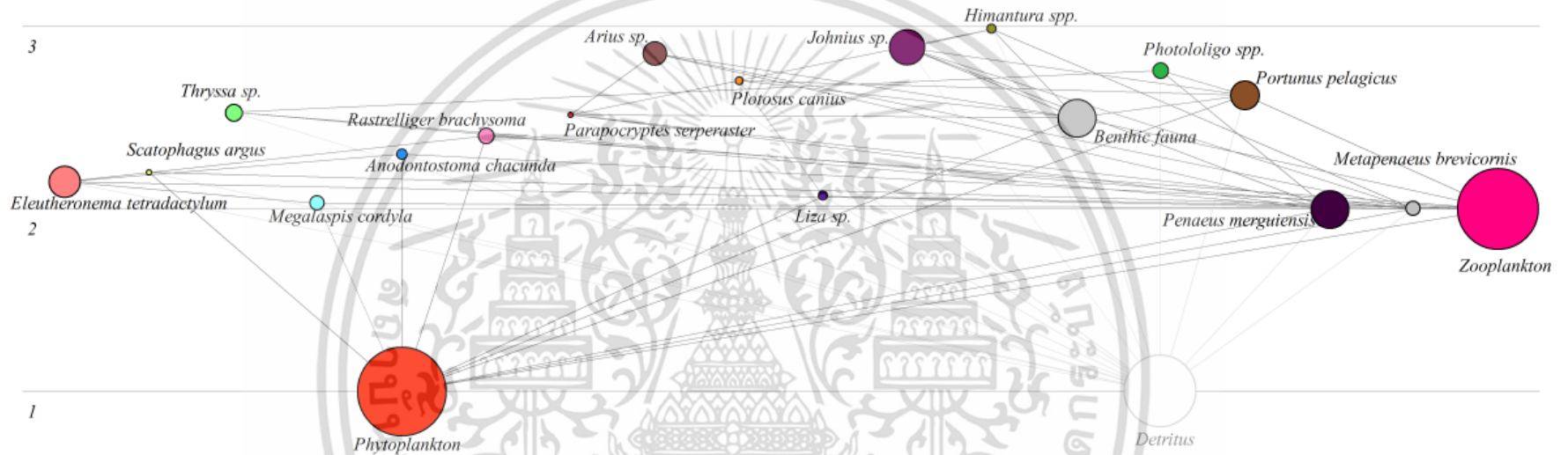
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.7 ความสัมพันธ์ของสายใยอาหารในระบบนิเวศ (relationship of food web)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสายใยอาหารในระบบนิเวศโดยการทำงานผ่านแบบจำลองอีโคพาทมีการแสดงภาพของลำดับชั้นอาหาร (Trophic levels; TLs) และสายใยอาหาร (food web) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่า (predator) และผู้ถูกล่า (prey) ภาพจะแสดงขนาดของรูปร่างกลมซึ่งแทนขนาดของมวลชีวภาพ (ภาพที่ 4.1) จากการศึกษาลำดับชั้นอาหาร 1.000 เป็นของผู้ผลิตขั้นต้น และเศษซาก ลำดับชั้นอาหาร 2.984 เป็นของผู้ล่าสูงสุด (top predator) คือ ปลากระเบน (ตารางที่ 4.5) แผนภาพยังแสดงให้เห็นถึงสัตว์น้ำหลายกลุ่มอยู่ในลำดับชั้นอาหารเดียวกัน ดังเช่น กลุ่มปลา (ปลาตะกรับ, ปลาตะเพียนน้ำเค็ม, ปลาแฉ่งไก่, ปลาทุ และปลากระบอก) ที่มีการบริโภคแพลงก์ตอนเป็นอาหาร ส่วนใหญ่อยู่ในลำดับชั้นอาหารที่สอง โดยสายใยอาหารของกลุ่มปลาในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี ในลำดับชั้นอาหารที่สอง ที่พบมีทั้งกลุ่มปลาผิวน้ำ และกลุ่มปลาหน้าดินหลายชนิดอยู่ในลำดับชั้นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทของกลุ่มปลาผิวน้ำ และกลุ่มปลาหน้าดินมีความสำคัญทั้งการเป็นผู้ล่าและการผู้ถูกล่า ผลจากการจำลองด้วยแบบจำลองอีโคพาทแสดงสายใยอาหารและลำดับชั้นอาหารของ สัตว์น้ำหน้าดิน (benthic fauna) ที่อยู่ในลำดับชั้นอาหารที่ค่อนข้างสูง (TL 2.500) เนื่องจากมีบทบาทการเป็นอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อมของสัตว์น้ำหลายชนิดในระบบนิเวศ

ส่วนกลุ่มสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังชนิดอื่น เช่น หมึกกล้วย (*Photololigo* spp.) และปูม้า (*P. pelagicus*) ซึ่งโดยปกติมีพฤติกรรมล่าเหยื่อที่มีชีวิตเป็นอาหารอยู่ในลำดับชั้นอาหารที่สูงกว่ากลุ่มปลาชนิดอื่นๆ ที่ได้จากการศึกษา (TL 2.758 และ 2.622) ยกเว้นกลุ่มกุ้ง (*P. merguensis*, *M. brevicornis*) ที่อยู่ในลำดับชั้นอาหารที่ 2 (TLs 2.000) อยู่ในสายใยอาหารที่เป็นผู้บริโภคอันดับที่หนึ่ง และมักเป็นอาหารของผู้บริโภคอันดับถัดไป (ตารางที่ 4.5)

**Trophic level**



ภาพที่ 4.1 แสดงสายใยอาหาร (food web) และลำดับชั้นอาหารของสัตว์น้ำในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี ระหว่างเดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558

#### 4.1.8 การซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อ (niche overlap)

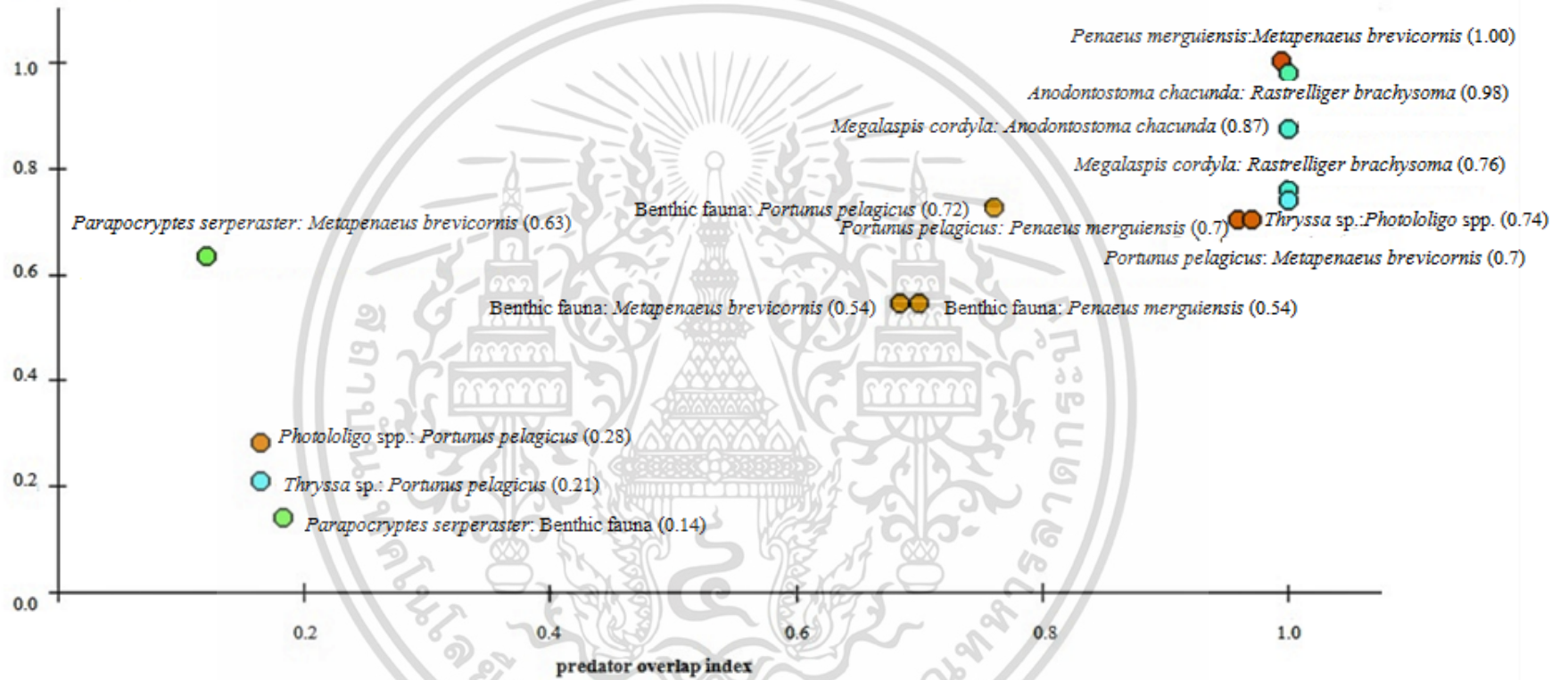
ผลการจำลองแบบจำลองอิทธิพลได้ประเมินการซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อในระบบนิเวศโดยมีค่าระหว่าง 0 (เป็นค่าต่ำสุดที่แสดงถึงไม่มีการซ้อนทับกัน หรือใช้ทรัพยากรร่วมกันของผู้ล่าและเหยื่อ) ถึง 1 (เป็นค่าสูงสุดที่แสดงถึงมีการซ้อนทับ หรือใช้ทรัพยากรร่วมกันของผู้ล่าและเหยื่อ)

การซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคในระบบนิเวศ แบ่งออกเป็น การเป็นผู้ถูกล่าหรือเหยื่อ (prey) ซ้อนทับกันในระบบนิเวศ (prey overlap) และการเป็นผู้ล่า (predator) ซ้อนทับกัน (predator overlap) จากการศึกษา (ภาพที่ 4.2) พบว่าคู่ของ *P. merguensis*: *M. brevicornis* มีดัชนีการซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภค (niche overlap index) เป็น 1.00 ซึ่งเป็นดัชนีซ้อนทับที่สูงสุด หมายความว่า คู่ของ *P. merguensis*: *M. brevicornis* มีความซ้อนทับของบทบาททั้งการบริโภคอาหารชนิดเดียวกัน และถูกบริโภคเป็นอาหารจากกลุ่มผู้ล่าเหมือนกันทั้งหมด เช่นเดียวกับคู่ของ *A. chacunda*: *R. brachysoma* ที่มีดัชนีซ้อนทับสูงถึง 0.98 ส่วนชนิดสัตว์น้ำอื่น ได้แก่ คู่ของ *M. cordyla*: *A. chacunda*, *M. cordyla*: *R. brachysoma*, *Thryssa sp.*: *Photololigo spp.*, benthic fauna: *P. pelagicus*, *P. pelagicus*: *P. merguensis*, *P. pelagicus*: *M. brevicornis* และคู่ของ *P. serperaster*: *M. brevicornis* มีดัชนีการซ้อนทับของบทบาทที่ค่อนข้างสูง (0.87, 0.76, 0.74, 0.72, 0.7, 0.7 0.63, 0.54 และ 0.54 ตามลำดับ) ดัชนีชี้ให้เห็นถึงการถูกบริโภคเป็นอาหารและเป็นผู้ล่าในชนิดสัตว์น้ำที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่คู่ของ *Photololigo spp.*: *P. pelagicus*, *Thryssa sp.*: *P. pelagicus* และ *P. serperaster*: benthic fauna มีค่าดัชนีซ้อนทับของบทบาทค่อนข้างต่ำ (0.28, 0.21 และ 0.14 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่ามีการบริโภคอาหารที่ต่างกันและไม่ถูกล่าโดยผู้ล่ากลุ่มเดียวกัน

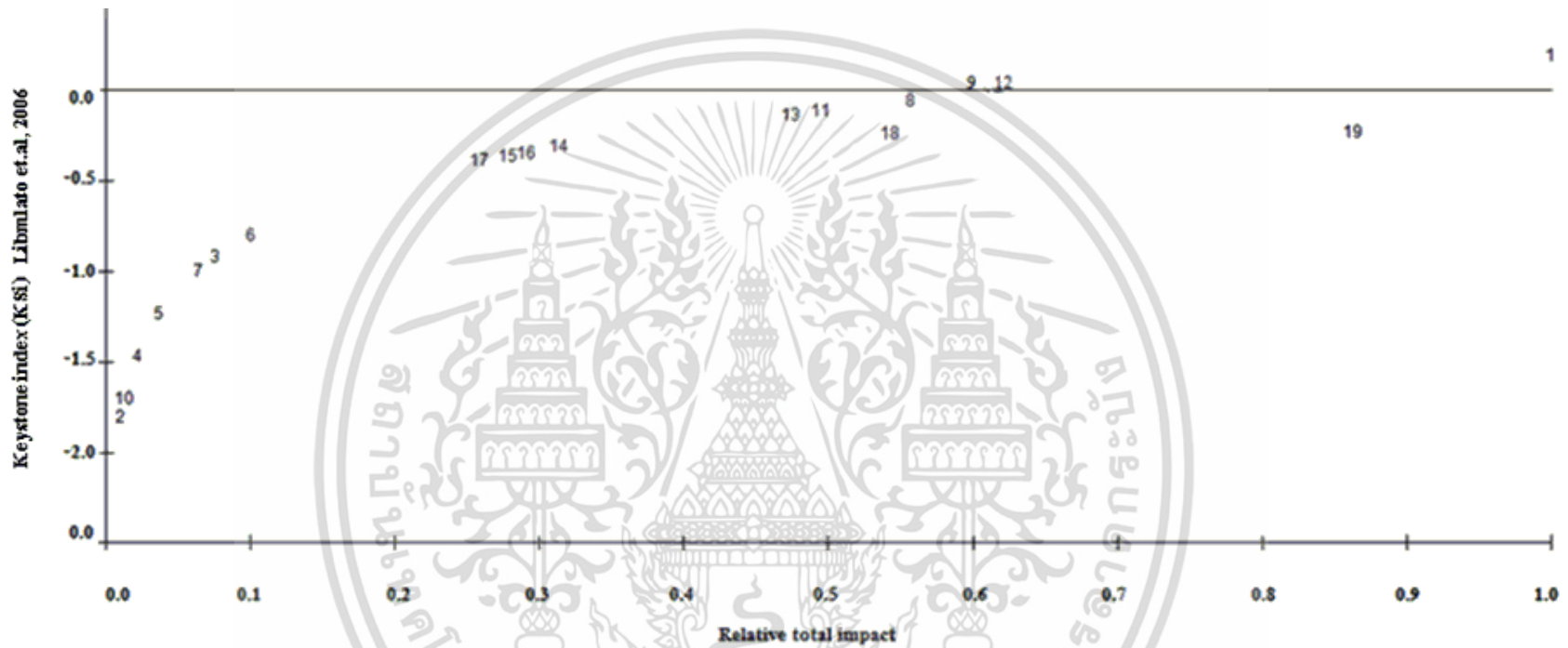
#### 4.1.9 ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบนิเวศ (keystone species)

ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบนิเวศ หมายถึงสัตว์น้ำที่มีบทบาทค่อนข้างเด่นในระบบนิเวศ ถึงแม้ว่าบางครั้งจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นอาจจะต่ำก็ตาม ถ้าสัตว์น้ำชนิดนั้นไม่อยู่ในระบบนิเวศนั้นๆ แล้วจะทำให้โครงสร้างสายใยอาหารและระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไปหรือเสถียรลดลงได้ จากการแสดงผลของแบบจำลองอิทธิพลได้ระบุชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบนิเวศต่อผลกระทบโดยรวม (ภาพที่ 4.3) ค่าดัชนีความสำคัญ (keystone index) ที่เข้าใกล้ 0 คือชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญที่สุด จากการศึกษาพบว่าปลาฉลามทะเล (*P. canius*) และปลากระเบน (*Himantura spp.*) มีค่าดัชนีชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบนิเวศเข้าใกล้ 0 มากที่สุด รองลงมาคือปลาฉลามทะเล (*Arius sp.*) และปลาจวดตามลำดับ (*Johnius sp.*)

prey overlap index



ภาพที่ 4.2 แสดงดัชนีการซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อ (niche overlap) ของสัตว์น้ำในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าดัชนีการซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภค แทนที่ค่าการซ้อนทับกันของเหยื่อ แกนนอนแสดงค่าการซ้อนทับกันของผู้ล่า



ภาพที่ 4.3 ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญ (keystone spices)ในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี ตัวเลขในกราฟแทนชนิดสัตว์น้ำ

หมายเหตุ: 1 *Eleutheronema tetradactylum* 2 *Scatophagus argus* 3 *Thyssa* sp. 4 *Megalaspis cordyla* 5 *Anodontostoma chacunda* 6 *Rastrelliger brachysoma*

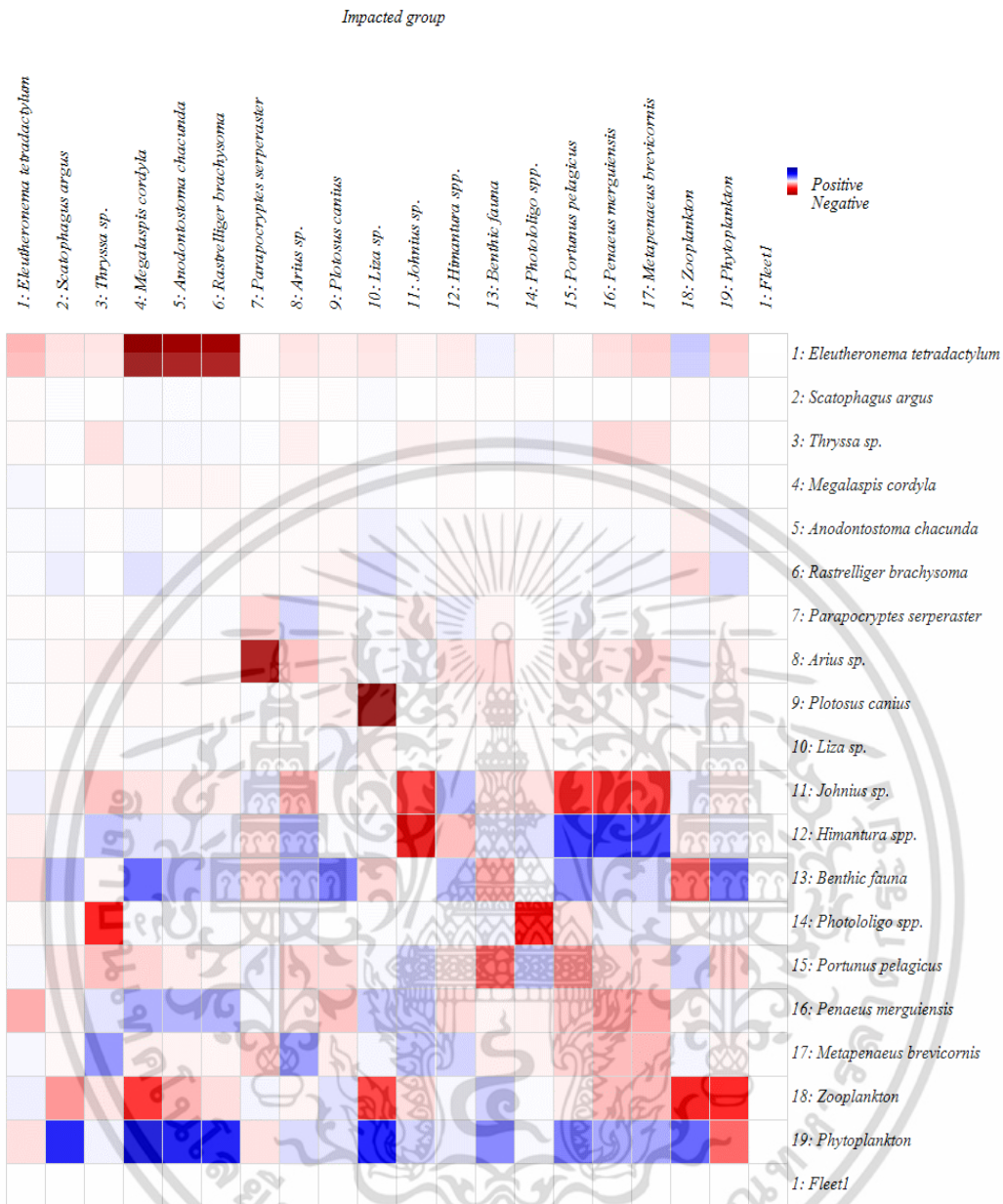
7 *Parapocryptes serperaster* 8 *Arius* sp. 9 *Plotosus canius* 10 *Liza* sp. 11 *Johnius* sp. 12 *Himantura* spp. 13 benthic fauna 14 *Photololigo* spp.

15 *Portunus pelagicus* 16 *Penaeus merguensis* 17 *Metapenaeus brevicornis* 18 Zooplankton 19 Phytoplankton

#### 4.1.10 ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts)

ผลจากการจำลองด้วยแบบจำลองอีโคพาธ สามารถนำมาวิเคราะห์หาผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ เพื่อช่วยในการตัดสินใจ ในการเลือกวิธีการควบคุมลำดับชั้นอาหารควรใช้วิธีควบคุมจากบนลงล่าง ('top-down' control) ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมลำดับชั้นอาหารที่สูงสุด ซึ่งได้แก่ กลุ่มของผู้ล่าให้มีปริมาณที่เหมาะสม และมีความสมดุลในสายใยอาหาร หรือการควบคุมลำดับชั้นอาหารวิธีควบคุมจากล่างสู่บน ('bottom-up' control) เป็นวิธีควบคุมลำดับชั้นอาหารจากล่างที่ลำดับชั้นอาหารที่ 1 (trophic level 1) ซึ่งได้แก่ กลุ่มแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารทั้งทางตรง และทางอ้อมให้มีปริมาณที่เหมาะสมเพียงพอต่อสายใยอาหารในระบบนิเวศ

จากการจำลองภาพแสดงผลกระทบทั้งเชิงบวกและลบ เมื่อมีการเพิ่มมวลชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในรายชื่อทางขวามือส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแถวแนวดิ่งซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบ แดบสีน้ำเงินแสดงผลกระทบเชิงบวก ขณะที่แถบสีแดงแสดงการเกิดผลกระทบเชิงลบ (ภาพที่ 4.4) จากผลการจำลองของแบบจำลองอีโคพาธ พบว่าแพลงก์ตอนพืชแสดงผลทางบวกกับสิ่งมีชีวิตเกือบทั้งหมด ที่มีการกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร เช่น ปลาตะกรับ (*S. argus*) ปลาแมว (*Thryssa* sp.) กระจับอก (*Liza* sp.) ปลาทู (*R. brachysom*) และปลาแข่งไก่ (*M. cordyla*) เป็นต้น ยกเว้น ปลากระเบน (*E. tetradactylum*) ปลาทองเทียว (*P. serperaster*) ซึ่งแพลงก์ตอนพืชไม่ได้เป็นอาหารของปลาทั้งสองชนิดนี้ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารทางอ้อมเท่านั้น จึงทำให้แพลงก์ตอนพืชแสดงผลเชิงลบแต่เพียงเล็กน้อย ส่วนแพลงก์ตอนพืชที่แสดงผลกระทบเชิงลบกับแพลงก์ตอนพืชด้วยกัน อาจเนื่องมาจากต้องมีการแย่งสารอาหารเพื่อการเติบโต ขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์ที่แสดงผลกระทบเชิงลบกับทุกสิ่งมีชีวิตนั้นเนื่องมาจากแพลงก์ตอนสัตว์ไม่ใช่อาหารกลุ่มหลัก และที่ส่งกระทบเชิงลบกับแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยกันเองเพราะเกิดการแย่งอาหารกันเอง จากการประมวลผลของแบบจำลองผู้ล่าสูงสุดในคือ ปลากระเบน (*Himantura* spp.) รองลงมาคือ ปลาจวด (*Johnlus* sp.) ซึ่งมีลำดับชั้นอาหาร 2.984 และ 2.882 ตามลำดับ พบว่าปลากระเบนส่งผลกระทบเชิงลบกับปลาจวดค่อนข้างสูง และส่งผลกระทบเชิงลบกับปลากระเบนในระดับปานกลาง ส่วนปลาจวดยังส่งผลกระทบเชิงบวกกับปลากระเบน อาจเป็นเพราะปลาจวดถูกบริโภคเป็นอาหารจากปลากระเบน



ภาพที่ 4.4 ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี สีน้ำเงินแสดงผลกระทบเชิงบวก สีแดงแสดงผลกระทบเชิงลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 สมดุลพลังงาน และประสิทธิภาพการไหลของมวลชีวภาพ

### 4.2.1 ผลผลิต และการไหลของมวลชีวภาพในระบบนิเวศ (system statistics)

ผลจากการประเมินสมดุลพลังงานจากการจำลองด้วยแบบจำลองอีโคพาทมีการประเมินคุณลักษณะของระบบนิเวศออกมาเป็นสถิติ (ตารางที่ 4.6) โดยอ้างอิงค่าคุณลักษณะของระบบนิเวศตามทฤษฎีระบบนิเวศของ Odum (1969) ที่มีค่าแสดงถึงระบบนิเวศที่มีการพัฒนาแล้วหรือระบบนิเวศกำลังพัฒนา เปรียบเทียบค่าจากการประเมินของแบบจำลองกับตามทฤษฎีระบบนิเวศของ Odum (ตารางผนวกที่ 1ข) จากการศึกษาผลผลิตของระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี มีค่าปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ (TST) 13,347.400 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณการกินอาหารทั้งหมด ปริมาณการส่งออกทั้งหมด ปริมาณการหายใจทั้งหมด และปริมาณการไหลของซากพืชซากสัตว์ มีค่า 2,867.08, 4,437.139, 1,579.404 และ 4,463.769 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ตามลำดับ โดยมีปริมาณการจับสัตว์น้ำทั้งหมด 10.49 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ค่าเฉลี่ยของลำดับขั้นการจับ (TL) 2.27 ประสิทธิภาพมวลรวมของการประมงขึ้นปฐมภูมิ (GE) 0.00175

ส่วนดัชนีนี้แสดงการพัฒนาเชิงนิเวศซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตขึ้นปฐมภูมิทั้งหมดกับการหายใจทั้งหมด (TPP/TR) อัตราส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตขึ้นปฐมภูมิกับมวลชีวภาพทั้งหมด (TPP/TB) อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพทั้งหมดกับปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ (TB/TT) มีค่า 3.799, 114.068 และ 0.004 ต่อปี ตามลำดับ ส่วนดัชนีการกินอาหารพืชและสัตว์ของทั้งระบบ (SOI) ดัชนีแสดงความเชื่อมโยง (CI) และดัชนีความหลากหลาย (Shannon diversity index) มีค่า 0.192, 0.178 และ 1.151 ตามลำดับ ซึ่งเป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงความสมดุลของระบบนิเวศ (ตารางผนวกที่ 2ข)

ตารางที่ 4.6 ผลผลิต และการไหลของมวลชีวภาพของระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปีระหว่าง  
เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558

Parameter	Value	Units
Sum of all consumption (ปริมาณการกินอาหารทั้งหมด)	2,867.085	t/km <sup>2</sup> /year
Sum of all exports (ปริมาณการส่งออกทั้งหมด)	4,437.139	t/km <sup>2</sup> /year
Sum of all respiratory flows (ปริมาณการหายใจทั้งหมด)	1,579.404	t/km <sup>2</sup> /year
Sum of all flows into detritus (ปริมาณการไหลของซากพืชซากสัตว์)	4,463.769	t/km <sup>2</sup> /year
Total system throughput (TST) (ปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ)	13,347.400	t/km <sup>2</sup> /year
Sum of all production (ปริมาณผลผลิตทั้งหมด)	6,714.264	t/km <sup>2</sup> /year
Total catch (ปริมาณการจับทั้งหมด)	10.49	t/km <sup>2</sup> /year
Mean trophic level of catch (TL <sub>c</sub> ) (ค่าเฉลี่ยของลำดับขั้นการจับ)	2.27	
Gross efficiency (GE, catch/ net p.p.) (ประสิทธิภาพมวลรวมของการประมงขั้นปฐมภูมิ)	0.00175	
Calculated total net primary production (PP) (ปริมาณสุทธิของการผลิตขั้นปฐมภูมิ)	6,000.00	t/km <sup>2</sup> /year
Total primary production/ total respiratory (TPP/TR) (ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมด/การหายใจทั้งหมด)	3.799	
Net system production (ปริมาณสุทธิของผลผลิต)	4,420.596	t/km <sup>2</sup> /year
Total primary production/ total biomass (TPP/TB) (ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมด/มวลชีวภาพทั้งหมด)	114.068	
Total biomass/total throughput (TB/TT) (มวลชีวภาพทั้งหมด/ปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ)	0.004	/year
Total biomass (excluding detritus) (ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด)	52.600	t/km <sup>2</sup>
Connectance index (CI) (ดัชนีความเชื่อมโยง)	0.178	
System omnivory index (SOI) (ดัชนีการกินอาหารทั้งพืชและสัตว์ทั้งหมด)	0.192	
Shannon diversity index (ดัชนีความหลากหลาย)	1.151	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 การถ่ายทอดพลังงาน (energy flow)

การถ่ายทอดพลังงานในระดับผู้ย่อยสลาย หรือการถ่ายทอดพลังงานของเศษซาก (flows to detritus) ประกอบด้วย ปริมาณ ของอาหารที่ไม่ถูกดูดซึม (non-assimilated food) การตายโดยธรรมชาติ (natural mortality) และการเกิดโรค (other mortality or 1-EE) จากการศึกษาการถ่ายทอดพลังงานของเศษซาก (ตารางที่ 4.7) มีค่ามากที่สุดได้แก่ แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ 3,197.832 และ 1,228.125 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ตามลำดับ โดยค่าการถ่ายทอดพลังงานของเศษซาก ที่มีค่าน้อยสุด คือ ปลากระเบน (*Himantura* spp.) มีค่า 0.058 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ส่วนค่าประสิทธิภาพสุทธิ (net efficiency) หรือการถ่ายทอดพลังงานสุทธิในระดับผู้บริโภคจากการศึกษามีค่าน้อยกว่าหนึ่ง และไม่มีค่าใดติดลบเนื่องจากประสิทธิภาพสุทธิต้องมีค่าไม่น้อยกว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นพลังงาน (gross food conversion efficiency) โดยมีค่ามากที่สุดคือ หมึกกล้วย (*Photololigo* spp.) และ กุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) (0.843 และ 0.781)

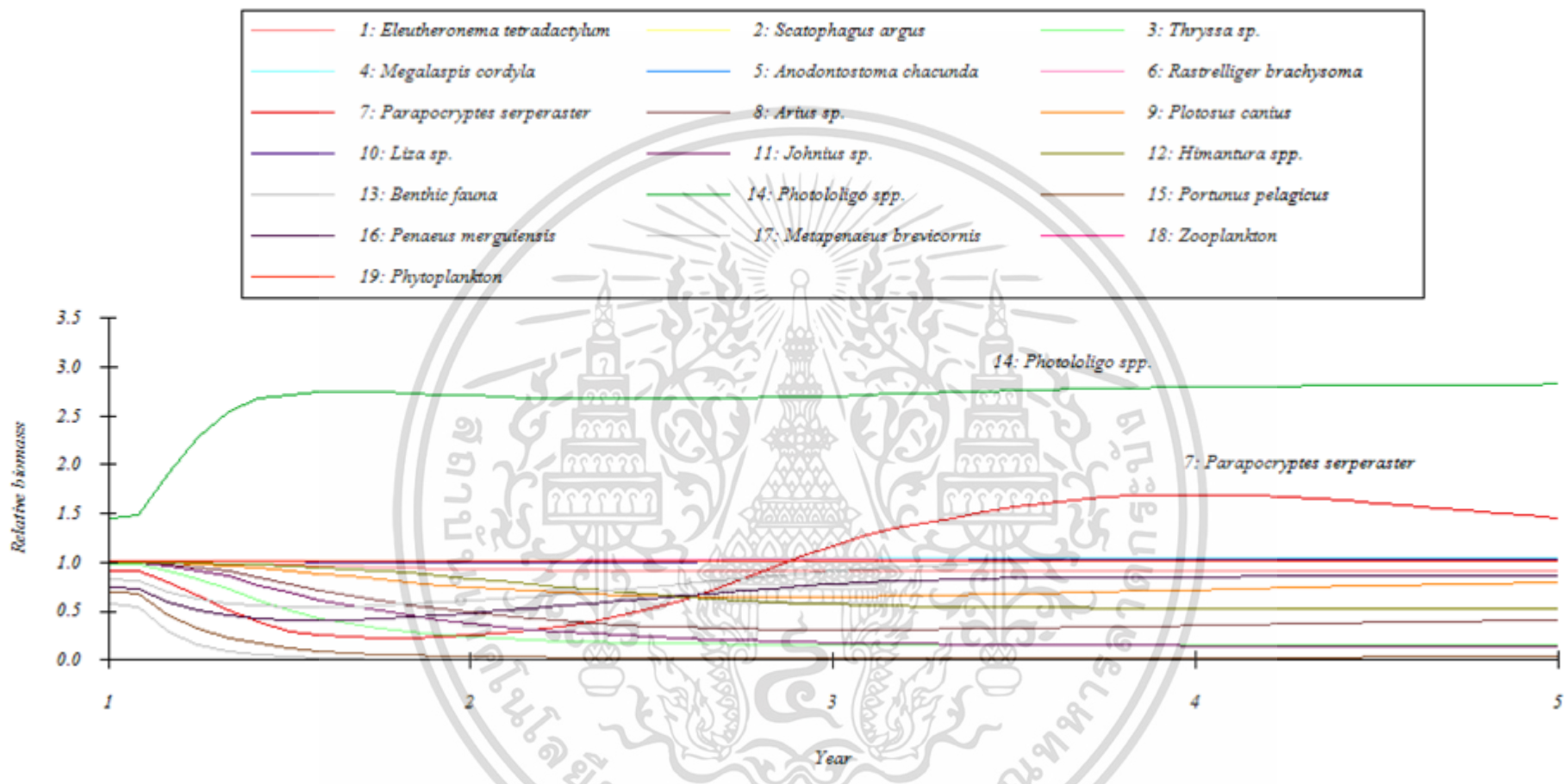
ตารางที่ 4.7 ค่าการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปี ระหว่างเดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558

	Group name	Flow to detritus (t/km <sup>2</sup> /year)	Net efficiency
1	<i>Eleutheronema tetradactylum</i>	2.115	0.249
2	<i>Scatophagus argus</i>	0.300	0.088
3	<i>Thryssa</i> sp.	0.788	0.220
4	<i>Megalaspis cordyla</i>	1.261	0.051
5	<i>Anodontostoma chacunda</i>	0.930	0.100
6	<i>Rastrelliger brachysoma</i>	2.105	0.137
7	<i>Parapocryptes serperaster</i>	0.122	0.655
8	<i>Arius</i> sp.	0.756	0.141
9	<i>Plotosus canius</i>	0.111	0.108
10	<i>Liza</i> sp.	0.321	0.064
11	<i>Johnius</i> sp.	4.493	0.057
12	<i>Himantura</i> spp.	0.058	0.250
13	Benthic fauna	8.690	0.250
14	<i>Photololigo</i> spp.	0.483	0.843
15	<i>Portunus pelagicus</i>	2.008	0.313
16	<i>Penaeus merguensis</i>	12.362	0.781
17	<i>Metapenaeus brevicornis</i>	0.909	0.313
18	Zooplankton	1228.125	0.313
19	Phytoplankton	3197.832	
20	Detritus		

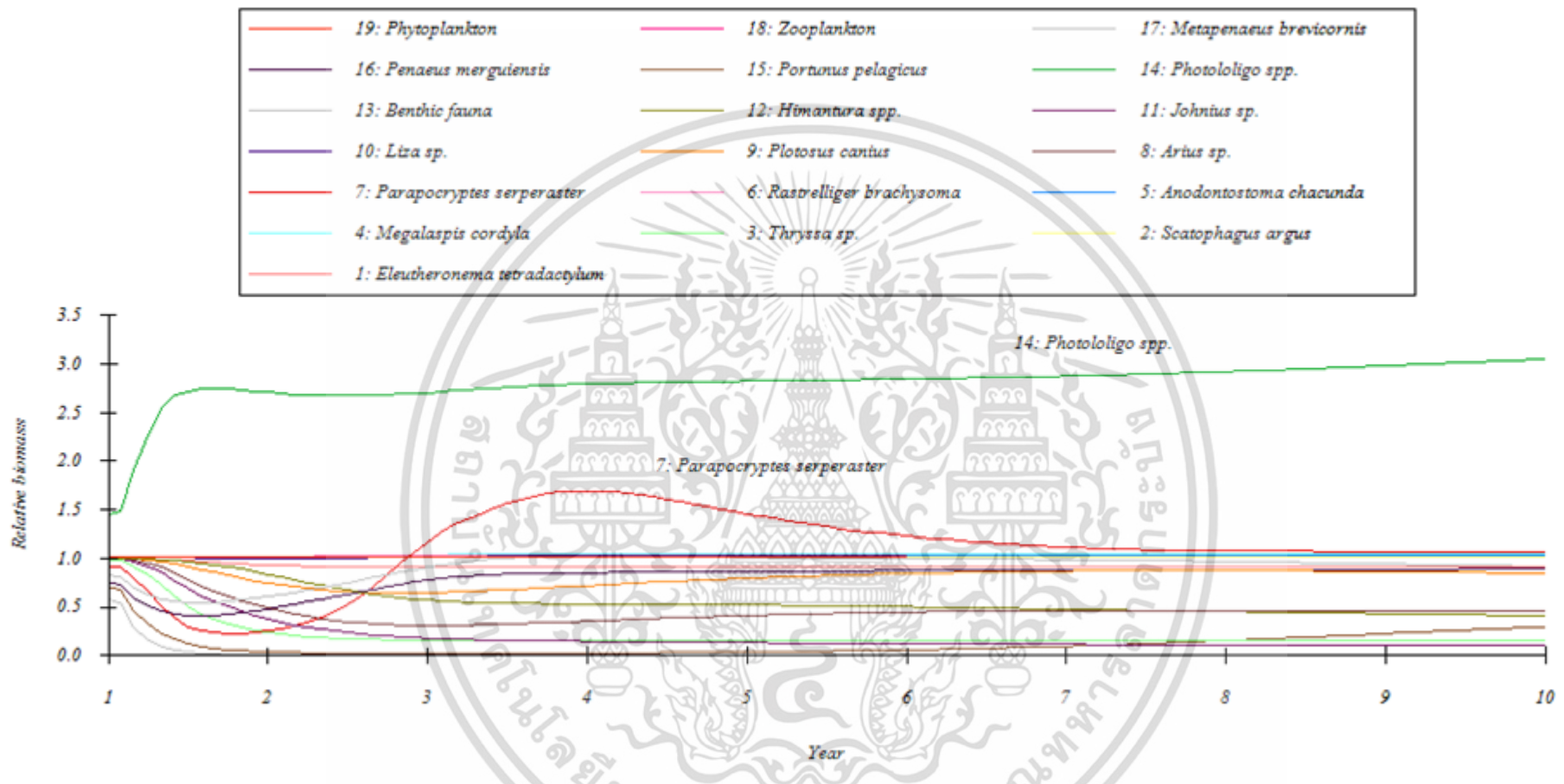
### 4.3 ผลกระทบจากการทำประมง

จากการศึกษาผลกระทบจากการทำประมง คำนวณโดยใช้แบบจำลอง Ecopath with Ecosim ได้จำลองผลการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของสัตว์น้ำเชิงเวลาที่ระยะเวลา 5 ปี และ 10 ปี เส้นกราฟแสดงสัตว์น้ำแต่ละชนิด จากภาพที่ 4.5 เมื่อมีการลงแรงทำประมง พบว่าที่ระยะเวลา 5 ปี มวลชีวภาพสัมผัสของหมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) ตั้งแต่ระยะเวลาปีแรกมีค่าเพิ่มขึ้นและคงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี ในขณะที่ปลาทองเที้ยว (*P. serperaster*) จากการจำลองพบมวลชีวภาพสัมผัสมีค่าลดลงในช่วง 2 ปี แรก หลังจากนั้นก็มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงปีที่ 4

เมื่อมีการจำลองระยะเวลาถึง 10 ปี ภาพที่ 4.6 พบมวลชีวภาพสัมผัสของหมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) ตั้งแต่ระยะเวลาปีแรกที่มีค่าเพิ่มขึ้น และยังคงที่ตลอดจนถึงระยะเวลา 10 ปี ต่างจากปลาทองเที้ยว (*P. serperaster*) พบว่ามวลชีวภาพสัมผัสเริ่มมีการลดลงตั้งแต่ปีที่ 5 เป็นต้นไป ส่วนสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ผลจากการจำลองผลกระทบจากการทำประมงทั้งที่ระยะเวลา 5 และ 10 ปี ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพมากนัก



ภาพที่ 4.5 จำลองผลการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพของสัตว์น้ำที่ระยะเวลา 5 ปี



ภาพที่ 4.6 จำลองผลการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพของสัตว์น้ำที่ระยะเวลา 10 ปี

## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการศึกษา

#### 5.1 โครงสร้าง และหน้าที่เชิงระบบนิเวศของสัตว์น้ำ

Odum and Heald (1975). ได้ให้คำจำกัดความของลำดับชั้นอาหารว่า ลำดับชั้นอาหารที่ 1 (TL 1) คือลำดับชั้นอาหารของผู้ผลิตขั้นต้น และเศษซาก โดยลำดับชั้นอาหารถัดไป (TL 1+) เป็นลำดับชั้นอาหารน้ำหนักเฉลี่ยของเหยื่อที่ถูกบริโภคจากผู้ล่าตามลำดับ ค่าลำดับชั้นอาหาร (trophic level) ของกลุ่มสัตว์น้ำในระบบนิเวศที่ทำการศึกษา มีค่าระหว่าง 1.000-2.984 สอดคล้องกับ Duldic *et al.* (1997) ได้รายงานถึงลำดับชั้นอาหาร ในระบบนิเวศปากแม่น้ำมักประกอบด้วยชนิดสัตว์น้ำที่มีลำดับชั้นอาหารค่อนข้างต่ำ แต่มีประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (ecological efficiency) และผลผลิตเบื้องต้นที่สูง (productivity) ซึ่งทำให้มีผู้บริโภคลำดับที่หนึ่ง (primary consumer) มาก และผู้บริโภคลำดับที่หนึ่งก็เป็นอาหารให้แก่ผู้บริโภคลำดับ (secondary consumer) ถัดไป สอดคล้องกับผลการศึกษาโครงสร้างของสัตว์น้ำในระบบนิเวศชายฝั่งปากแม่น้ำตาปีที่พบว่า สัตว์น้ำส่วนใหญ่มีลำดับชั้นอาหารที่ค่อนข้างต่ำ โดยผู้ล่าสูงสุด (top predator) ของการศึกษา คือปลากระเบน มีลำดับชั้นอาหาร 2.984 ซึ่งค่าลำดับชั้นอาหารที่น้อยกว่า 3.000 ประกอบด้วยสองปัจจัย คือ มีจำนวนสัตว์น้ำที่มีการบริโภคแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร และมีการเพิ่มของชนิดสัตว์น้ำที่บริโภคแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารในระบบนิเวศมากขึ้น (MacIntyre *et al.* 2000) และใกล้เคียงกับการศึกษาของ Lin *et al.* (2007) ที่ศึกษาบริเวณปากแม่น้ำ Danshuei ในประเทศไต้หวัน ซึ่งพบลำดับชั้นอาหารที่สูงสุดคือ 3.000 เป็นกลุ่มปลาที่บริโภคเนื้อสัตว์ และบริโภคปลาด้วยกันเป็นอาหาร (carnivorous and piscivorous fishes) ขณะที่ลำดับชั้นอาหารที่มาก (TL 3.000+) มักพบในระบบนิเวศที่มีกลุ่มสัตว์น้ำที่เลี้ยงลูกด้วยนม (mammal) (Mohamed *et al.* 2005)

ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (ecotrophic efficiencies) เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นส่วนของการผลิตที่ถูกบริโภคโดยผู้ล่า หรือถูกส่งออก ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 (Christensen *et al.* 2005) แสดงให้เห็นว่าชนิดของสัตว์น้ำมีการถูกล่าจากผู้ล่าเพื่อเป็นอาหาร หรือถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมงอย่างมาก จากการศึกษาครั้งนี้ เมื่อแบบจำลองประมวลผลพบหมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) มีค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารมากกว่า 1 จึงต้องมีการกำหนดค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารที่ 0.90 ตามข้อเสนอแนะของ Christensen and Pauly (1992) เพื่อให้สมการของแบบจำลองเกิดความสมดุล นอกจากนี้ยังพบว่าปลาทองเที่ยว (*P. serperaster*) มีค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารสูง (0.927) อาจเนื่องมาจากมีการถูกล่าโดยผู้ล่า และถูกใช้ประโยชน์อย่างมากจากการทำประมง ( $F=12.12$ ) เมื่อพิจารณาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงสัดส่วนการใช้ประโยชน์ (exploitation rate; E) ที่มีค่า 0.95 ต่อปี ซึ่งนับว่ามีการนำปลาทองเที่ยวมาใช้ประโยชน์มากเกินไปจนเกินจุดที่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากจุดที่เหมาะสมของประชากรที่นำมาใช้ประโยชน์ควรมีค่าสัดส่วนการใช้ประโยชน์ประมาณ 0.5 และถ้าสัดส่วนการใช้ประโยชน์มีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าประชากรของสัตว์น้ำถูกนำมาใช้ประโยชน์มากเกินไปจนเกินศักยภาพการผลิต (ทิวรัตน์ สีนอนันต์. 2555; Pauly. 1984) ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารมักมีค่าค่อนข้างต่ำในกลุ่มผู้ล่าสูงสุด (top predator) (Christensen *et al.* 2005; Ullah *et al.* 2012) และจากการศึกษาในครั้งนี้ พบค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารของปลาบางชนิดมีค่าเท่ากับ 0.00 ซึ่งได้แก่ ปลาทุเรธา (*E. tetradactylum*) ปลาตะกรับ (*S. argus*) ปลาคอดทะเล (*Arius sp.*) ปลาคูกทะเล (*P. canius*) และปลากระเบน (*Himantura spp.*) เนื่องจากไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์ในระบบทั้งไม่ถูกกินโดยผู้ล่าและไม่ส่งผลกระทบต่อศักยภาพการผลิต ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารของแพลงก์ตอนพืชมีค่าไม่สูงมาก (0.467) และยังเป็นองค์ประกอบหลักของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของกลุ่มปลาผิวน้ำหลายชนิดรวมถึงกุ้งแชบ๊วย กุ้งหัวมัน ปูม้า และสัตว์หน้าดินอีกด้วย ทั้งนี้ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารของแพลงก์ตอนพืชและเศษซากมีค่าน้อยกว่า 1 ตามทฤษฎีของ Christensen and Pauly (1992) เนื่องจากเป็นผู้ผลิตขั้นต้น (primary producer) นอกจากนี้ ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารของเศษซาก (0.006) ซึ่งเป็นค่าแสดงถึงสัดส่วนการไหลออกของเศษซากต่อการไหลเข้าของเศษซาก (detritus) ในระบบ มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ามีปริมาณการไหลเข้าของเศษซากมากกว่าการไหลออกจากระบบนิเวศ อาจเนื่องมาจากในระบบนิเวศมีผู้บริโภคลำดับที่หนึ่งมากเกินไป (โดยเฉพาะแพลงก์ตอนสัตว์) หรือมีกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่ต้องการอินทรีย์สารจากสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (Lin *et al.* 2007)

ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food conversion efficiency; GE) หรือการผลิตต่อการบริโภค (production/consumption; P/Q) มักมีค่าอยู่ในช่วงของ 0.1-0.3 ซึ่งอาจมีค่าต่ำกว่า 0.1 ในผู้ล่าสูงสุด (top predator) หรือมีค่าสูงกว่า 0.3 ในกลุ่มของลูกปลาวัยอ่อน หรือแบคทีเรีย (Christensen *et al.* 2005) ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้นของสัตว์น้ำมีค่าระหว่าง 0.041-0.675 ในกลุ่มปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ ค่าที่ประเมินโดยแบบจำลองอยู่ในระดับที่สมมูล มีเพียงปลาทองเที่ยว (*P. serperaster*) กุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) และหมีกกล้วย (*Photololigo spp.*) ที่มีค่ามากกว่า 0.3 อาจเนื่องมาจากมีสัดส่วนการผลิต (P) มากเกินกว่าครึ่งของการบริโภค (Q) (Christensen *et al.* 2005)

การซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อในระบบนิเวศ (niche overlap) พิจารณาจาก Pianka index (Pianka. 1973) โดย niche overlap มีการแบ่งออกเป็น การตกเป็นเหยื่อล่าหรือเหยื่อซ้อนทับกัน (prey overlap) และการเป็นผู้ล่าซ้อนทับกัน (predator overlap)

(Hurlbert. 1978; Loman. 1986) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าคู่ของ *P. merguensis*:*M. brevicornis* เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีดัชนีการซ้อนทับ (niche overlap index) เป็น 1.00 ซึ่งมีค่าสูงสุด โดยเป็นผู้ถูกล่าที่มีการซ้อนทับกัน (prey overlap) สอดคล้องกับการศึกษาของ Nabi and Ullah. (2012) ที่พบว่าผู้ถูกล่าที่มีการซ้อนทับกันหรือถูกบริโภคเป็นอาหารเหมือนกันที่มีค่าการซ้อนทับสูงสุด มักเป็นกลุ่มสัตว์น้ำที่มีขนาดกลาง และขนาดเล็กอาศัยอยู่บริเวณหน้าดิน และกลุ่มกุ้ง เป็นต้น ส่วนสัตว์น้ำอื่น ได้แก่ คู่ของ *M. cordyla*: *A. chacunda*, *M. cordyla*: *R. brachysoma* มีดัชนีการเป็นผู้ล่าซ้อนทับ (predatory overlap) สังกัดได้จากบริโภคอาหารและเป็นผู้ล่าในชนิดสัตว์น้ำที่ใกล้เคียงกัน หรือการชอบกินอาหารที่เหมือนกัน (food preference) (Meyer and Smale. 1991)

ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบนิเวศ (keystone species) มีบทบาทค่อนข้างมากในระบบนิเวศ ถึงแม้ว่าบางครั้งจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นอาจจะต่ำก็ตาม ถ้าสัตว์น้ำชนิดนั้นไม่อยู่ในระบบนิเวศนั้นๆ แล้วจะทำให้โครงสร้างสายใยอาหารและระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไปหรือเสียสมดุลได้ (Power *et al.* 1996; Libralato *et al.* 2006) แบบจำลองอีโคพาธได้ระบุชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบต่อผลกระทบโดยรวม ค่าดัชนีความสำคัญที่เข้าใกล้ 0 คือชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญที่สุด จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ากระเบน (*Himantura* spp.) ซึ่งเป็นผู้ล่าสูงสุดจากการศึกษาครั้งนี้ และปลาฉลามทะเล (*P. canius*) ค่าดัชนีความสำคัญเข้าใกล้ 0 มากที่สุดต่างจากการศึกษาของ Chen *et al.* (2011) ที่ผู้ล่าสูงสุดไม่ใช่ชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญแต่เป็นกลุ่มของแพลงก์ตอนสัตว์ รongลงมาจึงเป็นผู้ล่าสูงสุด

การบริโภคอาหารของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศสามารถนำมาประเมินทำผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศได้ (mixed trophic impacts) (Christensen and Walters. 2004) และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพของสิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่นเช่นกัน (Ulanowicz and Puccia. 1990) โดยผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น สามารถช่วยในการตัดสินใจการเลือกวิธีการควบคุมลำดับชั้นอาหารควรรใช้วิธีคุมจากบนสู่ล่าง ('top-down' control) (Carpenter *et al.* 1985) ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมลำดับชั้นอาหารที่สูงสุด ซึ่งได้แก่กลุ่มของผู้ล่าให้มีปริมาณที่เหมาะสมและมีความสมดุลในสายใยอาหารหรือการควบคุมลำดับชั้นอาหารวิธีควบคุมจากล่างสู่บน ('bottom-up' control) (McQueen *et al.* 1986) ซึ่งเป็นวิธีควบคุมลำดับชั้นอาหารจากล่างที่ลำดับชั้นอาหารชั้นที่ 1 (trophic level 1) ได้แก่กลุ่มแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อมให้มีปริมาณที่เหมาะสมเพียงพอต่อสายใยอาหารในระบบนิเวศ จากการศึกษา พบว่าแพลงก์ตอนพืชแสดงผลทางบวกกับสิ่งมีชีวิตเกือบทั้งหมด ที่มีการกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร เช่น ปลาตะกรับ (*S. argus*) ปลาระบอก (*Liza* sp.) ปลาทุ (*R. brachysom*) และปลาแซ่ไก่ (*M. cordyla*) เป็นต้น สอดคล้องกับ

ผลการศึกษาในระบบนิเวศอ่าวเบงกอลที่กล่าวว่าแพลงก์ตอนพืชแสดงผลกระทบทางบวกต่อกลุ่ม  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการวิจัย  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดสัตว์น้ำเกือบทั้งหมด (Ullah *et al.* 2012) และถ้ามวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณเพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลกระทบต่อแพลงก์ตอนสัตว์ และกลุ่มปลาที่มีการบริโภคแพลงก์ตอนเป็นอาหาร (Islam *et al.* 1993) ขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์ที่แสดงผลกระทบเชิงลบกับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดนั้น เนื่องมาจากแพลงก์ตอนสัตว์ไม่ใช่อาหารกลุ่มหลัก และที่ส่งกระทบเชิงลบกับแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยกันเองเพราะเกิดการแย่งอาหารกันเอง ตลอดจนมีแพลงก์ตอนสัตว์ที่โตเต็มวัยกินแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยกันเป็นอาหาร (Lonsdale *et al.* 1979; Turner. 1984)

## 5.2 สมดุลพลังงาน และประสิทธิภาพการไหลของมวลชีวภาพ

Odum (1969) ได้ศึกษา ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อการหายใจรวม (TPP/TR) ว่ามีผลต่อการพัฒนาของระบบนิเวศ ถ้าระบบนิเวศมีความสมบูรณ์ ค่าที่ได้ต้องมีมากกว่า 1 เนื่องจากผลผลิตต้องมีค่ามากกว่าค่าการหายใจ แต่ค่าที่เข้าใกล้ 1 จะแสดงถึงระบบนิเวศเข้าสู่เชิงพัฒนา (a mature system) จากการศึกษา ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อการหายใจรวม พบว่าระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี มีค่า 3.79 ซึ่งมีค่ามากกว่าหนึ่ง แต่ค่าที่ได้ไม่เข้าใกล้ 1 สอดคล้องกับการศึกษาระบบนิเวศของปากแม่น้ำเพิร์ล (Pearl River Delta) ในประเทศจีน ที่มีค่าปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อการหายใจรวม 2.867 (Duan *et al.* 2009) ซึ่งเป็นเกณฑ์ชี้ให้เห็นว่าระบบนิเวศกำลังพัฒนาในระดับแรกเริ่ม อาจเนื่องมาจากมีการรบกวน และระบบนิเวศได้รับผลกระทบมากเกินไป (Fetahi and Mengistou. 2007) แตกต่างกับการศึกษาบริเวณอ่าวเบงกอล (Bengal Bay) (Ullah *et al.* 2012) และ ปากแม่น้ำจีน (Seine estuary) ใน ประเทศฝรั่งเศส (Rybarczyk and Elkam. 2003) ที่พบค่าปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อการหายใจรวม มีค่า 1.351 และ 1.37 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 ซึ่งระบบนิเวศบริเวณนี้เข้าสู่เชิงพัฒนาแล้ว จากค่าปริมาณสุทธิของผลผลิต (Net system production) ของระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี พบมีค่าที่สูงมาก (6,000 t/km<sup>2</sup>/year) เช่นเดียวกับ ระบบนิเวศปากแม่น้ำเพิร์ล (Duan *et al.* 2009) (4,821.405 t/km<sup>2</sup>/year) แสดงให้เห็นถึงมีปริมาณของธาตุอาหารที่ไหลเข้าสู่ระบบนิเวศจากการไหลตามแม่น้ำ และแหล่งเลี้ยงหอย ตลอดจนบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกสู่บริเวณปากแม่น้ำ

ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อมวลชีวภาพทั้งหมด (TPP/TB) จากการศึกษา มีค่าที่สูง (114.068) เมื่อเปรียบเทียบกับอ่าวเบงกอล (Ullah *et al.* 2012) ปากแม่น้ำเพิร์ล (Duan *et al.* 2009) และ ปากแม่น้ำจีน (Rybarczyk and Elkam. 2003) (14.694, 18.143 และ 38.26 ตามลำดับ) เช่นเดียวกับค่ามวลชีวภาพทั้งหมดต่อปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ (TB/TT) ที่มีค่า 0.004 (/year) ส่วนอ่าวเบงกอล ระบบนิเวศปากแม่น้ำเพิร์ล และระบบนิเวศปากแม่น้ำจีน (0.026,

0.017 และ 0.01 ตามลำดับ) ที่มีค่าสูงกว่า จึงเห็นได้ว่าระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปียังเป็นระบบนิเวศที่กำลังพัฒนา (developing ecosystem) (Odum, 1969) อาจเนื่องมาจากระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี มีการลงแรงทำการประมงอย่างมากในบริเวณปากแม่น้ำ (estuary) (Sawusdee, 2009) ตลอดจนมีการเลี้ยงหอยเป็นจำนวนมาก (หอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่) (Jarernpornnipat *et al.* 2004) ซึ่งเป็นการส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเชิงนิเวศอย่างมาก สอดคล้องกับผลกระทบเชิงนิเวศในอ่าวไทย ที่มีการลงแรงทำประมงอย่างหนาแน่น โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำซึ่งเป็นแหล่งวางไข่ และอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน (Christensen, 1998; Christensen and Pauly, 1998)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะของระบบนิเวศ

<b>Parameter</b>	<b>Tapi estuary</b> (This study)	<b>Bengal Bay</b> (Ullah <i>et al.</i> 2012)	<b>Pearl River Delta</b> (Duan <i>et al.</i> 2009)	<b>Seine estuary</b> (Rybarczyk and Elkam, 2003)
Sum of all consumption (t/km <sup>2</sup> /year)	2,867.085	1,219.445	4,969.926	1,110.25
Sum of all exports (t/km <sup>2</sup> /year)	4,437.139	264.235	3,139.809	548.43
Sum of all respiratory flows (t/km <sup>2</sup> /year)	1,579.404	753.128	1,681.569	623.19
Sum of all flows into detritus (t/km <sup>2</sup> /year)	4,463.769	390.913	5,452.147	1,321.35
Total system throughput (t/km <sup>2</sup> /year)	13,347.400	2,628	15,243	3,603.22
Total net primary production (t/km <sup>2</sup> /year)	6,000.00	1,017.363	4,821.405	853.41
Total primary production/ total respiratory	3.799	1.351	2.867	1.37
Net system production (t/km <sup>2</sup> /year)	4,420.596	264.235	3,139.837	230.22
Total primary production/ total biomass	114.068	14.694	18.143	38.26
Total biomass/total throughput (/year)	0.004	0.026	0.017	0.01
Total biomass (excluding detritus) (t/km <sup>2</sup> )	52.600	69.241	265.875	22.30
Climate	Tropical	Tropical	Subtropical	Temperate

### 5.3 ผลกระทบจากการทำประมง

จากการศึกษาผลกระทบจากการทำประมงโดยใช้แบบจำลอง Ecopath with Ecosim จากการศึกษาในอ่าวไทยพบว่าเมื่อมีการลงแรงทำประมงมากขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปจะมีการลดลงของมวลชีวภาพของสัตว์น้ำ (Christensen, 1998) การศึกษาครั้งนี้ได้จำลองผลการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของสัตว์น้ำเชิงเวลาที่ระยะเวลา 5 ปี และ 10 ปี เมื่อมีการลงแรงทำประมงบริเวณปากแม่น้ำตาปีพบว่าที่ระยะเวลา 5 ปี มวลชีวภาพสัมผัสของหมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) ตั้งแต่ระยะเวลาปีแรกมีค่าเพิ่มขึ้นและคงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี ในขณะที่ปลาทองเทียว (*P. serperaster*) จากการจำลองพบมวลชีวภาพสัมผัสมีค่าลดลงในช่วง 2 ปี แรก หลังจากนั้นก็มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงปีที่ 4 แต่เมื่อมีการจำลองระยะเวลาถึง 10 ปี พบมวลชีวภาพสัมผัสของหมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) ตั้งแต่ระยะเวลาปีแรกที่มีค่าเพิ่มขึ้น และยังคงที่ตลอดจนถึงระยะเวลา 10 ปี ต่างจากปลาทองเทียว (*P. serperaster*) พบว่ามวลชีวภาพสัมผัสเริ่มมีการลดลงตั้งแต่ปีที่ 5 เป็นต้นไป สอดคล้องกับการศึกษาบริเวณอ่าวเบงกอล ที่จำลองระยะเวลาการทำประมงที่ระยะเวลา 5 ปี และ 10 ปี เมื่อลงแรงทำประมงเพิ่มเป็นสองเท่ามวลชีวภาพของกลุ่มครัสเตเชียนมีการลดลงอย่างเล็กน้อยในระยะเวลา 4 ปีแรก หลังจากนั้นมวลชีวภาพของกลุ่มปลาบางชนิด (shark and small demersal fish) จะมีการลดลงเมื่อจำลองระยะเวลาที่ 10 ปี (Nabi and Ullah, 2012)

ส่วนสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ผลจากการจำลองผลกระทบจากการทำประมงทั้งที่ระยะเวลา 5 และ 10 ปี ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพมากนัก มีเพียงกุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) และกุ้งหัวมัน (*M. brevicornis*) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากมีลงแรงทำประมงมาก สอดคล้องการศึกษาบริเวณทะเลอาราเบีย (Arabian) ในประเทศอินเดีย (Mohamed *et al.* 2005) และ Christensen (1998) ที่ศึกษาในอ่าวไทยพบเมื่อมีการลงแรงทำประมงจากอวนลากมาก ส่งผลให้มวลชีวภาพของกลุ่มกุ้ง (sergested shrimps) ครัสเตเชียน (crustaceans) และหมึก (cephalopods) เพิ่มขึ้น

## บทที่ 6

# สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

### 6.1 โครงสร้าง และหน้าที่เชิงระบบนิเวศของสัตว์น้ำ

องค์ประกอบทางชนิดของอาหารในกระเพาะ พบว่าองค์ประกอบของประเภทอาหารที่พบส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกันกับรายงานจากระบบนิเวศที่พบชนิดสัตว์น้ำเดียวกัน ซึ่งสามารถแยกชนิดของปลาซึ่งเป็นโครงสร้างตามลำดับการกินในสายใยอาหารในระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี ได้ชัดเจน นั่นคือ ผู้ล่าสูงสุด คือ ปลากระเบน (*Himantura* spp.) จัดเป็นพวกกินสัตว์ (carnivore fish) ซึ่งบริโภคปลาที่ทองเทียว (*P. serperaster*) ปลาจวด (*Johnius* sp.) สัตว์หน้าดิน (benthic fauna) กลุ่มกุ้ง (*P. merguiensis*, *M. brevicornis*) และเศษซาก (detritus) ส่วนลำดับการกินต่ำสุด คือ แพลงก์ตอนพืชและเศษซาก ซึ่งเป็นกำลังผลิตหรือแหล่งอาหารในสายใยอาหารของระบบนิเวศชายฝั่งอ่าวบ้านดอนบริเวณปากแม่น้ำตาปีที่มีการพัดพาธาตุอาหาร และปริมาณอินทรีย์วัตถุจากแหล่งเลี้ยงหอยลงสู่ปากแม่น้ำ

ลำดับชั้นอาหาร (TL) ของกลุ่มสัตว์น้ำในระบบนิเวศที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 1.000- 2.984 โดยลำดับชั้นอาหารที่มีค่าสูงได้แก่ กลุ่มปลากระเบน (*Himantura* spp.) ปลาจวด (*Johnius* sp.) ปลาคูกทะเล (*P. canius*) และ ปลาคดทะเล (*Arius* sp.) ซึ่งมีค่า 2.984, 2.882, 2.852 และ 2.758 ตามลำดับ ส่วนสัตว์น้ำที่อยู่ในลำดับชั้นอาหารที่ 2 ได้แก่ กลุ่มกุ้ง (*P. merguiensis*, *M. brevicornis*) และแพลงก์ตอนสัตว์ ลำดับชั้นอาหารที่มีค่าต่ำสุดได้แก่ แพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นต้น (primary producer) และเศษซาก (detritus) (TL 1.00) ซึ่งเป็นไปตามลำดับชั้นอาหารของระบบนิเวศปากแม่น้ำ (estuary ecosystem) และระบบนิเวศชายฝั่ง (coastal ecosystem) ที่ลำดับชั้นอาหารสูงสุดมักมีค่าไม่มาก (TL 3.000) ขณะที่ลำดับชั้นอาหารที่มาก (TL 3.000+) มักพบในระบบนิเวศที่มีกลุ่มสัตว์น้ำที่เลี้ยงลูกด้วยนม (mammal)

ค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหาร (EE) จากการศึกษามีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 0.927 โดยค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารของปลาที่ศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ประสิทธิภาพของระบบ มีค่าค่อนข้างต่ำ ยกเว้นปลาที่ทองเทียว (*P. serperaster*) มีค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารสูง (0.927) อาจเนื่องมาจากมีการถูกล่าโดยผู้ล่า และมีการถูกใช้ประโยชน์อย่างมากจากการทำประมง จากค่าสัมประสิทธิ์การตายของปลาที่ทองเทียว มีค่าสัดส่วนการใช้ประโยชน์ (E) 0.95 ต่อปี ซึ่งนับว่ามีการนำปลาที่ทองเทียวมาใช้ประโยชน์มากเกินจุดที่เหมาะสม ส่วนค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารของหมึกกล้วย (*Photololigo* spp.) (0.90) เป็นค่าที่ถูกกำหนดเพื่อใช้ในโปรแกรมเพื่อความสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแบบจำลอง จากการศึกษาที่มีค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารของปลาบางชนิด ได้แก่ ปลากระเบน (*E. tetradactylum*) ปลาตะกรับ (*S. argus*) ปลาคตทะเล (*Arius* sp.) ปลาคตทะเล (*P. canius*) และปลากระเบน (*Himantura* spp.) มีค่าเท่ากับ 0.00 เนื่องจากไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์ในระบบและถูกกินโดยผู้ล่า ส่วนกึ่งหัวมัน (*M. brevicornis*) ปูม้า (*P. pelagicus*) และแพลงก์ตอนพืชพบว่า มีค่าประสิทธิภาพลำดับชั้นอาหารค่อนข้างสูง (0.483, 0.513, 0.467) เนื่องจากถูกใช้ประโยชน์ในระบบนิเวศค่อนข้างมากเนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของกลุ่มสัตว์น้ำ โดยเฉพาะกึ่งหัวมัน (*M. brevicornis*) ที่มีการทำประมงในกลุ่มกึ่งบริเวณปากแม่น้ำตาปีเป็นจำนวนมาก โดยมีการนำกึ่งหัวมัน มาใช้ประโยชน์ทั้งการทำเป็นกุ้งแห้ง และกะปิ เป็นต้น

สายใยอาหาร (food web) และลำดับชั้นอาหาร (TL) แสดงความสัมพันธ์ของผู้ล่า (predator) และผู้ถูกล่า (prey) จากการศึกษาครั้งนี้ลำดับชั้นอาหารที่ระดับ 1.000 เป็นของผู้ผลิตขั้นต้น และเศษซาก ลำดับชั้นอาหาร 2.984 เป็นของผู้ล่าสูงสุด (top predator) คือ ปลากระเบน (*Himantura* spp.) และยังมีสัตว์น้ำหลายกลุ่มอยู่ในลำดับชั้นอาหารเดียวกัน (TL 2.000+) ดังเช่น กลุ่มปลา *S. argus*, *M. cordyla*, *A. chucunda*, *R. brachysoma* และ *Liza* sp. ที่มีการบริโภคแพลงก์ตอนเป็นอาหาร โดยสายใยอาหารของกลุ่มปลาในระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี ในลำดับชั้นอาหาร TL 2.000+ พบมีทั้งกลุ่มปลาผิวน้ำ และกลุ่มปลาหน้าดินหลายชนิดอยู่ในลำดับชั้นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทของกลุ่มปลาผิวน้ำ และกลุ่มปลาหน้าดินที่มีความสำคัญทั้งการเป็นผู้ล่า และการผู้ถูกล่า ส่วนกึ่งหัวมัน (*M. brevicornis*) กุ้งแชบ๊วย (*P. merguiensis*) ที่อยู่ในลำดับชั้นอาหารที่ 2 (TL 2.000) และมักเป็นอาหารของผู้บริโภคอันดับถัดไป

การซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภค (niche overlap) ในระบบนิเวศ จากการศึกษาพบว่าค่าของ *P. merguiensis*: *M. brevicornis* มีดัชนีการซ้อนทับเป็น 1.00 ซึ่งเป็นดัชนีซ้อนทับที่สูงสุดหมายความว่า มีการบริโภคอาหารชนิดเดียวกัน และถูกบริโภคเป็นอาหารจากกลุ่มผู้ล่าเหมือนกันทั้งหมด เช่นเดียวกับค่าของ *A. chucunda*: *R. Brachysoma* ที่มีดัชนีซ้อนทับสูงถึง 0.98 ดัชนีชี้ให้เห็นถึงการถูกบริโภคเป็นอาหารและเป็นผู้ล่าในชนิดสัตว์น้ำที่ใกล้เคียงกัน

สัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบนิเวศ (keystones species) จากการศึกษาชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในระบบต่อผลกระทบโดยรวม ค่าดัชนีความสำคัญที่เข้าใกล้ 0 พบว่าปลาคตทะเล (*P. canius*) และกระเบน (*Himantura* spp.) มีค่าดัชนีความสำคัญเข้าใกล้ 0 มากที่สุด รองลงมาคือ ปลาคตทะเล (*Arius* sp.) และปลาจวด (*Johnius* sp.) ตามลำดับ

ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts) พบว่าแพลงก์ตอนพืชแสดงผลทางบวกกับสิ่งมีชีวิต เกือบทั้งหมด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีการกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร เช่นปลาตะกรับ (*S. argus*) กระจับปี่ (*Liza* sp.) ปลาหู  
 (R. brachysom) ปลาตะเพียนน้ำเค็ม (*A. chacunda*) และปลาข้างไก่อ (*M. cordyla*) เป็นต้น  
 ยกเว้น ปลาตุลา (*E. tetradactylum*) ปลาทองเทียว (*P. serperaster*) ซึ่งแพลงก์ตอนพืชไม่ใช่อาหาร  
 ของปลาทั้งสองชนิดนี้ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารทางอ้อมเท่านั้น จึงทำให้แพลงก์ตอนพืช  
 แสดงผลเชิงลบแต่เพียงเล็กน้อย ส่วนแพลงก์ตอนพืชที่แสดงผลกระทบกระเชิงลบกับแพลงก์ตอนพืช  
 ด้วยกัน อาจเนื่องมาจากต้องมีการแย่งสารอาหารเพื่อการเติบโต ขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์ที่แสดงผล  
 กระทบเชิงลบกับทุกสิ่งมีชีวิตนั้นเนื่องมาจากแพลงก์ตอนสัตว์ไม่ใช่อาหารกลุ่มหลัก และ  
 ที่ส่งกระทบเชิงลบกับแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยกันเองเพราะเกิดการแย่งอาหารกันเอง และอาจเกิดการ  
 กินกันเองของแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีขนาดโตเต็มวัย หรือแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีขนาดใหญ่กว่า

## 6.2 สมดุลพลังงาน และประสิทธิภาพการไหลของมวลชีวภาพ

ผลผลิตของระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี มีค่าปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ  
 (TST) 13,347.400 ตัน/ตารางกิโลเมตร/ปี ซึ่งเป็นผลรวมของ ปริมาณการกินอาหารทั้งหมด  
 ปริมาณการส่งออกทั้งหมด ปริมาณการหายใจทั้งหมด และปริมาณการไหลของซากพืชซากสัตว์  
 มีค่า 2,867.08, 4,437.139, 1,579.404 และ 4,463.769 ตัน/ตารางกิโลเมตร/ปี ตามลำดับ  
 โดยมีปริมาณการจับสัตว์น้ำทั้งหมด 10.49 ตัน/ตารางกิโลเมตร/ปี ค่าเฉลี่ยของลำดับขั้นการจับ  
 (TL) 2.27 จากผลการศึกษาตามทฤษฎีระบบนิเวศของ Odum พบว่าระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี  
 ยังเป็นระบบนิเวศที่กำลังพัฒนา อาจเนื่องมาจากมีการลงแรงทำประมงที่หนาแน่น และยังมีพื้นที่  
 เลี้ยงหอยเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นการรบกวนระบบนิเวศทำให้ระบบนิเวศไม่มีความสมดุลเพียงพอ  
 ส่วนดัชนีแสดงการพัฒนาเชิงนิเวศซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมด  
 ต่อการหายใจรวม (TPP/TR) อัตราส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิ ต่อมวลชีวภาพรวม  
 (TPP/TB) อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพทั้งหมดต่อปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ  
 (TB/TT) มีค่า 3.799, 114.068 และ 0.004 ต่อปี ตามลำดับ ยังแสดงได้ชัดเจนถึงการใช้ประโยชน์  
 จากระบบนิเวศมากเกินไป ขณะที่ดัชนีการกินอาหารพืชและสัตว์ของทั้งระบบ (SOI) ดัชนีแสดง  
 ความเชื่อมโยง (CI) และดัชนีความหลากหลาย (Shannon diversity index) มีค่า 0.192, 0.178 และ  
 1.151 ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นถึงการกินอาหารของสัตว์น้ำส่วนใหญ่ในระบบนิเวศปากแม่น้ำตาปี  
 ไม่ค่อยมีการเลือกกินอาหาร อาจเนื่องมาจากการมีชนิดของสัตว์น้ำที่มีความหลากหลาย

การถ่ายทอดพลังงานในระดับผู้ย่อยสลาย หรือการถ่ายทอดพลังงานของเศษซาก  
 (flows to detritus) จากการศึกษาการไหลของเศษซากมีค่ามากที่สุดได้แก่ แพลงก์ตอนพืช และ  
 แพลงก์ตอนสัตว์ 3,197.832 และ 1,228.125 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ตามลำดับ โดยค่าการไหล  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเศษซากที่มีค่าน้อยคือ ผู้ล่าสูงสุด (top predator) 0.058 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ส่วนค่าประสิทธิภาพสุทธิ (net efficiency) หรือการถ่ายทอดพลังงานสุทธิในระดับผู้บริโภครวม โดยมีค่ามากที่สุดคือ หมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) และ กุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) (0.843 และ 0.781)

### 6.3 ผลกระทบจากการทำประมง

จากการศึกษาผลกระทบจากการทำประมง โดยจำลองผลการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของสัตว์น้ำเชิงเวลาที่ระยะเวลา 5 ปี และ 10 ปี เมื่อมีการลงแรงทำประมงเพิ่มขึ้น พบว่าที่ระยะเวลา 5 ปี มวลชีวภาพสัมพัทธ์ของหมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) ตั้งแต่ระยะเวลาปีแรกมีค่าเพิ่มขึ้นและคงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี ในขณะที่ปลาทองเทียว (*P. serperaster*) จากการจำลองพบมวลชีวภาพสัมพัทธ์มีค่าลดลงในช่วง 2 ปี แรก หลังจากนั้นค่าเพิ่มขึ้นจนถึงปีที่ 4 แต่เมื่อมีการจำลองระยะเวลาถึง 10 ปี พบมวลชีวภาพสัมพัทธ์ของหมึก ตั้งแต่ระยะเวลาปีแรกที่มีค่าเพิ่มขึ้น และยังคงที่ตลอดจนถึงระยะเวลา 10 ปี ต่างจากปลาทองเทียว พบว่ามวลชีวภาพสัมพัทธ์เริ่มมีการลดลงตั้งแต่ปีที่ 5 เป็นต้นไป ส่วนสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ผลจากการจำลองผลกระทบจากการทำประมงทั้งที่ระยะเวลา 5 และ 10 ปี ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพมากนัก มีเพียงกุ้งแชบ๊วย (*P. merguensis*) และ กุ้งหัวมัน (*M. brevicornis*) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากมีลงแรงทำประมงมากเมื่อชนิดสัตว์น้ำที่มีการบริโภคกลุ่มกุ้ง โคนลงแรงทำประมงเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้มวลชีวภาพของกลุ่มกุ้งมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่เพิ่มขึ้น

## บรรณานุกรม

- จิตติมา อายุตตะกะ. 2544. การศึกษาเบื้องต้นประชาคมสิ่งมีชีวิตพื้นทะเล. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชุกรี ทะยีสานแม. 2551. นิเวศวิทยาของปลา. ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. โรงพิมพ์มิตรภาพ, อำเภอเมือง, จังหวัดปัตตานี. 183 หน้า.
- ทิวรัตน์ สินอนันต์. 2555. “การประเมินสถานะทรัพยากรปูม้า (*Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758)) บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก.” เอกสารวิชาการฉบับที่ 43/2555. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (ระยอง), สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 44 หน้า.
- ธนัญญา ทรรพนันท์ ใจดี และอมรศักดิ์ สวัสดิ์. 2550. คู่มือชีววิทยาประมง: ภาคปฏิบัติ (Handbook of Fishery Biology: A practical Approach). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธีรยา ช่วยสุรินทร์ และประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ. 2546. “การแพร่กระจายและความชุกชุมของแพลงก์ตอนบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดสุราษฎร์ธานี.” เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2546. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 21 หน้า.
- นนุช อังยุริกุล สุทธิจิตต์ เจริญทอง และสายทิพย์ ไสรัตน์. 2556. ขุมทรัพย์สัตว์น้ำ: คุณค่าแห่งชีวิต และวิถีชุมชนอ่าวบ้านดอน. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ. 2549. “ปริมาณและการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี.” เอกสารวิชาการฉบับที่ 43/2549. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 15 หน้า.
- ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ วราภรณ์ แก้วไทย ธีรยา ช่วยสุรินทร์ สุพาภร แก้วอักษร สำรวัย ชุมวรรฐายี สมพร เกื้อสกุล ชัชวาล อุบลไพศาล รัชดาภรณ์ เอี่ยมสำอางค์ และชะอุ่ม สุขช่วย. 2549. “คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่าง พ.ศ. 2542– 2544.” เอกสารวิชาการฉบับที่ 35/2549. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 24 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริทัศน์ เจริญสิทธิ์. 2550. “การสำรวจพื้นที่ก้นทะเลชายฝั่งทะเลในฤดูมรสุม บริเวณอ่าวไทยฝั่ง ตะวันออกตั้งแต่จังหวัดชุมพรถึงจังหวัดปัตตานี ระหว่างเดือนธันวาคม 2549-มกราคม 2550.”

เอกสารเผยแพร่สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ฉบับที่ 28. กรมทรัพยากรทาง ทะเลและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 79 หน้า.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. **เพลงก่ตอนพีช**. กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2543. **เพลงก่ตอนสัตว์**. กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2559. องค์ประกอบของระบบนิเวศ (online)

Available: <http://www.ku.ac.th>.

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 2550. **รายงานฉบับสมบูรณ์ การวางแผนการจัดการอ่าวบ้านดอน และ เกาะนอกชายฝั่ง : การวิเคราะห์และวินิจฉัยระบบชายฝั่ง. โครงการจัดการทรัพยากรชายฝั่ง.** 272 หน้า.

มณฑรพ กากแก้ว. 2551. “ฤดูกาลและความซ้ำซ้อนของการกินอาหารของปลาบางชนิด ในทุ่งสาม ร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.” **เอกสารวิชาการฉบับที่ 73/2551**. สถาบันวิจัยและพัฒนา ประมงน้ำจืด. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 95 หน้า.

มาลา สุพงษ์พันธุ์ และ เจริญ นิตธรรมขง. 2544. การประเมินสถานะทรัพยากรสัตว์น้ำในเขตร้อน เล่มที่ 1 คู่มือ. แปลจาก Sparre P. and S.C. Venema. **เอกสารวิชาการประมง 306/1**. ฉบับ ปรับปรุงครั้งที่ 2. องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ สำนักงานประจําภูมิภาคเอเชีย และแปซิฟิก. 517 หน้า.

อำนวยการพิมพ์ นิภา กุลานุกรี อุดมสิน อักษรพอบ และกฤษฎา ชงศิลา. 2553. “การประเมิน สภาวะทรัพยากรหมึกกล้วยชนิด *Photololigo chinensis* และ *P. duvaucelii* ในอ่าวไทย”. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2553**. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน (ภูเก็ต), สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 53หน้า.

Ahlstrom, E., H. and J. R., Thrailkill. 1960. “Plankton volume loss with time of preservation.” **CalCOFI Rep.** 9:57-73.

Allen, K. R. 1971. “Relation between production and biomass.” **Journal of Fisheries Research Board of Canada.** 28:1573-1581.

Anh, P. V., Laender, F. D., Everaert, G., Vinh, C. T. and Goethals, P. 2014. “An integrated food web model to test the impact of fisheries management scenarios on the coastal ecosystem of Vietnam.” **Ocean & Coastal Management.** 92: 74-86.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bacalso, R., T., M. and Wolff, M. 2014. "Trophic flow structure of the Danajon ecosystem (Central Philippines) and impacts of illegal and destructive fishing practices." **Journal of Marine Systems**. 139: 108-118.
- Chen, Z., Qiu, Y., Jia, X. and Xu, S. 2008 a. "Simulating fisheries management options for the Beibu Gulf by means of an ecological modeling optimization routine." **Fishery Research**. 89: 257-265.
- Chen, Z., Qiu, Y., Jia, X. and Xu, S. 2008 b. "Using an ecosystem modeling approach to explore possible ecosystem impacts of fishing in the Beibu Gulf, northern South China Sea." **Ecosystems**. 11: 1318-1334.
- Chen, Z., Xu, S., Qiu, Y., Lin, Z. and Jia, X. 2009. "Modeling the effects of fishery management and marine protected areas on the Beibu Gulf using spatial ecosystem simulation". **Fishery Research**. 100: 222-229.
- Chen, Z., Xu, S. and He, P. 2011. "An ecological model of the artificial ecosystem (northern Hangzhou Bay, China): analysis of ecosystem structure and fishing impacts." **Marine Resources**. 65: 217-231.
- Chookajorn, T., Leenanond, Y., Moreau, J. and Sricharoendham, B. 1994. "Evolution of Tropical Relationships in Ubolratana Reservoir (Thailand) as Described Using a Multispecies Trophic Model." **Asian Fisheries Science**. 7: 201-213.
- Chouvelon, T., Spitz, J., Caurant, F., Mèndez-Fernandez, P., Autier, J., Lassus-Débat, A., Chappuis, A. and Bustamante, P. 2012. "Enhanced bioaccumulation of mercury in deep-sea fauna from the Bay of Biscay (north-east Atlantic) in relation to trophic positions identified by analysis of carbon and nitrogen stable isotopes." **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**. 65: 113-124.
- Carpenter, S. R., J.F., Kitchell and J. R., Hodgson. 1985. "Cascading trophic interactions and lake productivity." **Bioscience**. 35:634-639.
- Christensen, V. 1998. "Fishery-induced changes in a marine ecosystem: insight from models of the Gulf of Thailand." **Journal of Fish Biology**. 53: 128-142.
- Christensen, V., C., Walters and D., Pauly. 2005. **Ecopath with Ecosim: a User's Guide**. Fisheries Centre Report, 130 pp. Fisheries Center, University of British Columbia, Vancouver, Canada and available at: <http://www.ecopath.org>.

- Christensen, V., C., Walters, D., Pauly and R., Forrest. 2008. **Ecopath with Ecosim version 6: user's guide**. Vancouver, BC: Fisheries Centre of University of British Columbia. Available at: <http://www.ecopath.org>.
- Christensen, V and D., Pauly . 1993. "Trophic models of aquatic ecosystems." 26.390 In: **ICLARM conference proceedings**.
- Christensen, V., Pauly, D., 1992. "Ecopath II—software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics". **Ecol. Model.** 61:169–185.
- Christensen, V. 1998. "Fishery-induced changes in a marine ecosystem: insight from models of the Gulf of Thailand." **Journal of Fish Biology.** 53: 128-142.
- Christensen, V., Walters, C.J., 2004. "Ecopath with Ecosim: methods, capabilities, and limitation." **Ecol. Model.** 172: 109-139.
- Carpenter, K. E. and Niem, V. H. (eds.). 1998. **FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 2. Cephalopods, crustaceans, holothurians and sharks**. FAO. Rome, Italy.
- Carpenter, K. E. and Niem, V. H. (eds.). 1999a. **FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 3. Batoid fishes, chimaeras and bony fishes part 1 (Elopidae to Linophryniidae)**. FAO. Rome, Italy.
- Carpenter, K. E. and Niem, V. H. (eds.). 1999b. **FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 4. bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae)**. FAO. Rome, Italy.
- Carpenter, K. E. and Niem, V. H. (eds.). 2001a. **FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 5. bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae)**. FAO. Rome, Italy.
- Carpenter, K. E. and Niem, V. H. (eds.). 2001b. **FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 6. bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals**. FAO. Rome. Italy.
- Duan, L.J., Li, S.Y., Liu, Y., Jiang, T. and Failler, P. 2009. "A trophic model of the Pearl River Delta coastal ecosystem." **Ocean & Coastal Management.** 52:359-367.

- Dyer, L. A., and D., Letourneau. 2003. "Top-down and bottom-up diversity cascades in detrital vs. living food webs." **Ecology Letters**. 6: 60–68.
- Duldic, J., M. Kraljevic, B. Grbec and A. Pallaoro. 1997. "Composition and temporal fluctuations of inshore juvenile fish populations in the Kornati Archipelago, eastern middle Adriatic." **Mar. Bio.** 129:267-277.
- Espinoza, M. and I.S. Wehrtmann. 2008. "Stomach content analyses of the threadfin anglerfish *Lophiodes spilurus* (Lophiiformes: Lophiidae) associated with deepwater shrimp fisheries from the central Pacific of Costa Rica." **Rev. Biol. Trop.** (Int. J. Trop. Biol.) 56(4): 1959-1970.
- Froese, R., and D., Pauly. 2014. "**Fishbase Worldwide Web Electronic Publication.**" Available at:[http:// www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).
- Gulland, J. A. 1971. "The fish resources of the ocean." Fishing News (for the Food and Agriculture Organization). **West Byfleet**. 255 pp.
- Jarernpornnipat, A., Pedersen, O., Jensen, K.R., Boromthanasat, S., Vongvisessomjai, S. and Choncheanchob, P. 2004. "Sustainable management of shellfish resources in Bandon Bay, Gulf of Thailand." **Journal of Coastal Conservation**. 9: 135-146.
- Hynes, H.B. N. 1950. "The food of the freshwater sticklebacks (*Gastrosteus aculeatus*) and *Pygosteus pungitius* with a review of methods used in studies of the food of fishes." **J. Anim. Ecol.** 19: 36-58.
- Hyslop, E.J. 1980. "Stomach contents analysis-a review of methods and their application." **Journal of Fishery Biology**. 17: 411-429.
- Libralato, S., Christensen, V. and Pauly, D. 2006. "A method for identifying keystone species in food web models." **Ecol. Model.** 195: 153–171.
- Lin, H., J., Shao, K. T., Jan, R. Q., Hsieh, H. L., Chen, C. P., Hsieh, L. Y. and Hsiao, Y. T. 2007. "A trophic model for the Danshuei River Estuary, a hypoxic estuary in northern Taiwan." **Marine Pollution Bulletin**. 54:1789-1800.
- Loman, J. 1986. "Use of overlap indices as competition coefficients: tests with field data." **Ecol. Model.** 34:231-243.
- Meyer, M. and Smale, M.J. 1991. "Predation patterns of demersal teleosts from the Cape south and west coasts of South Africa. 2. Benthic and epibenthic predators." **J. Mar. Sci.** 11 (1):409-442.

- Mohamed, K., S., Zacharia, P., U., Muthiah, C., Abdurahiman, K., P. and Nayak, T., H. 2005. "A Trophic Model of the Arabian Sea Ecosystem off Karnataka and Simulation of Fishery Yields for its Multigear Marine Fisheries." **CMFRI Publication**, Central Marine Fisheries Research Institute, Kerala, India, 83 pp.
- Nabi, M., R., U., and Ullah, M., H. 2012. "Effects of Set Bagnet fisheries on the shallow coastal ecosystem of the Bay of Bengal." **Ocean & Coastal Management**. 67:75-86.
- Hurlbert, S.H. 1978. "The measurement of niche overlap and some relatives." **Ecology** 59: 67-77.
- Roberts, C.M. 1995. "Effects of fishing on the ecosystem structure of coral reefs." **Conservation Biology**. 9: 988-995.
- Rybarczyk, H. and Elkaïm, B. 2003. "An analysis of the trophic network of a macrotidal estuary: the Seine Estuary (Eastern Channel, Normandy, France)." **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 58: 775-791.
- Odum, E., P. 1969. "The strategy of ecosystem development." **Science**. 104:262-270.
- Odum, W. E., and Heald, E. J. 1975. "The detritus-based food web of an estuarine mangrove community." **In Estuarine Research**, vol. 1, Academic Press, New York, pp. 265-286.
- Pasquaud, S., Elie, P., Jeantet, C., Billy, I., Martinez, P. and Girardin, M. 2008. "A preliminary investigation of the fish food web in the Gironde estuary, France, using dietary and stable isotope analyses." **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 78: 267-279.
- Palomares, M.L.D., and D., Pauly. 1989. "A multiple regression model for predicting the food consumption of marine fish populations." **Journal of Marine and Freshwater Research**. 40:259-273.
- Palomares, M.L.D., and D., Pauly. 1998. "Predicting food consumption of fish populations as functions of mortality, food type, morphometrics, temperature and salinity." **Marine and Freshwater Research**. 49(5): 447-453.
- Parsons, T. R., Y., Maita, and C. M., Lalli . 1984. **A manual of chemical and biological methods for seawater analysis**. Pergamon Press, Oxford, pp 3-122.
- Pasquaud, S., J., Lobry and P., Elie. 2007. "Facing the necessity of describing estuarine ecosystem: a review of food web ecology study techniques." **Hydrobiologia**. 588: 159-172.

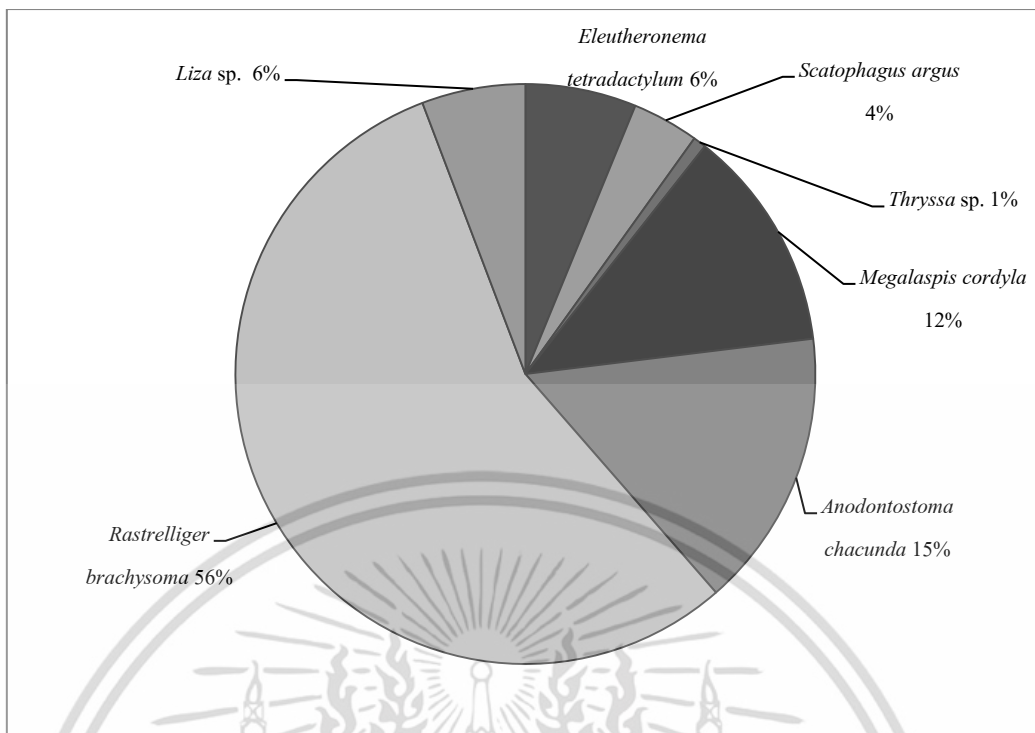
- Pauly, D. 1980. "On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks." **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer** 3:175–192.
- Pauly, D. 1984. "Some sample methods for the assessment of tropical fish stock." **FAO Fisheries Technical Paper 324**. 52 pp.
- Pauly D. 1988. "Some definitions of overfishing relevant to coastal zone management in southeast Asia." **Tropical Coast Area Manatement** 3:14–15.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. and Torres Jr., F., 1998. "Fishing down marine food webs". **Science**. 279:860-863.
- Pauly D, Sambilay Jr D V. and Opitz S. .1993. "Estimates of relative food consumption by fish and invertebrate populations required for modeling the Bolinao Reef Ecosystem, Philippines." p. 236 - 251. In V. Christensen and D. Pauly (eds.) Trophic models of aquatic ecosystems, **ICLARM Conference Proceedings** 16, Manila, Philippines.
- Pasquaud, S., Pillet, M., David, V., Sautour, B. and Elie, P. 2010. "Determination of fish trophic levels in an estuarine system." **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 86: 237-246.
- Pianka, E. R. 1973. "The structure of lizard communities." **Ann.Rev. Ecol. Syst.** 4: 53-74.
- Premcharoen, S. 2012. "Ecopath Model of the Mae Klong Estuary, Inner Gulf of Thailand." **Global Progress in Ecosystem-Based Fisheries Management**. Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks. 381 pp.
- Pauly, D., Christensen, V. and Walters, C. 2000. "Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries." **Journal of Marine Science**. 57: 697-706.
- Power, M.E., Tilman, D., Estes, J.A., Menge, B., Bond, W., Mills, L., Daily, G., Castilla, J.C., Lubchenco, J. and Paine, R.T. 1996. "Challenges in the quest for keystones." **Bioscience** 46: 609–620.
- Rybarczyk, H. and Elkaim, B. 2003. "An analysis of the trophic network of a macrotidal estuary: the Seine Estuary (Eastern Channel, Normandy, France)." **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 58: 775–791.
- Sawusdee, A., Jutagate, T., Thapanand Chaidee, T., Tongkhoa, S. and Chotipuntu, P. 2009. "Fishes in the Pak Panang River and Bay in relation to the anti-salt dam operation, Part II: Trophic Model." **Kasetsart Journal (Natural Science)** 43: 107-119.

- Sawusdee, A. 2010. "Fishing Status and Management Proposal in Bandon Bay, Suratthani Province, Thailand." **Walailak Journal of Science & Technology**. 7(2): 89- 101.
- Sawusdee, A. 2007. **Bandon Bay and its offshore islands management planning project: Analysis and diagnosis of the coastal production systems (Fisheries sector)**. Coastal habitats and resources management project (CHARM). p.1-119.
- Thapanand, T., Jacques, M., Jutagate ,T., Wongrat, P., Lekcholayut, T., Meksumpun, C., Janekitkarn, S., Rodloi, A., Dulyapruk, V. and Wongrat, L. 2007. "Towards possible fishery management strategies in a newly impounded man-made Lake in Thailand." **Ecological Modelling**. 204: 143-155.
- Thapanand, T., Jutagate,T., Wongrat, P., Lekcholayut,T., Meksumpun, C., Janekitkarn, S., Rodloi, A., Moreau, J. and Wongrat, L. 2009. "Trophic relationships and ecosystem characteristics in a newly-impounded man-made lake in Thailand." **Fisheries Management and Ecology**. 16: 77-87.
- Tam, J., Marc H. T., Verónica B., Pepe E., R. M., B., Erich D., Claudia W., M., Juan A., Sara P., Patricia A., Luis Q., Dimitri G., Elisa G., Noemi O. and M., Wolff . 2008. "Trophic modeling of the Northern Humboldt Current Ecosystem, Part I: Comparing trophic linkages under La Niña and El Niño conditions." **Progress in Oceanography**. 79: 352–365.
- Ulanowicz, R.E. and C.J., Puccia. 1990. "Mixed trophic impacts in ecosystems." **Coenoses** 5:7-16.
- Ullah, M., H., Nabi. M., R.,U. and Mamun, M., A., A. 2012. "Trophic model of the coastal ecosystem of the Bay of Bengal using mass balance Ecopath model." **Ecological Modelling**. 225:82-94.
- Van, M.V., N.T., Phuong, T.D., Dinh, M., Villanueva and J., Moreau. 2010. "A Mass-Balance Ecopath Model of Coastal Areas in the Mekong Delta, Vietnam." **Asian Fisheries Science** 23:208-223.
- Vibunpant, S., Khongchai, N., Seng-eid, J., Eiamsa-ard, M. and Supongpan, M. 2003. "Trophic model of the coastal fisheries ecosystem in the Gulf of Thailand." 365 – 386. in **World Center Conference Proceedings**.

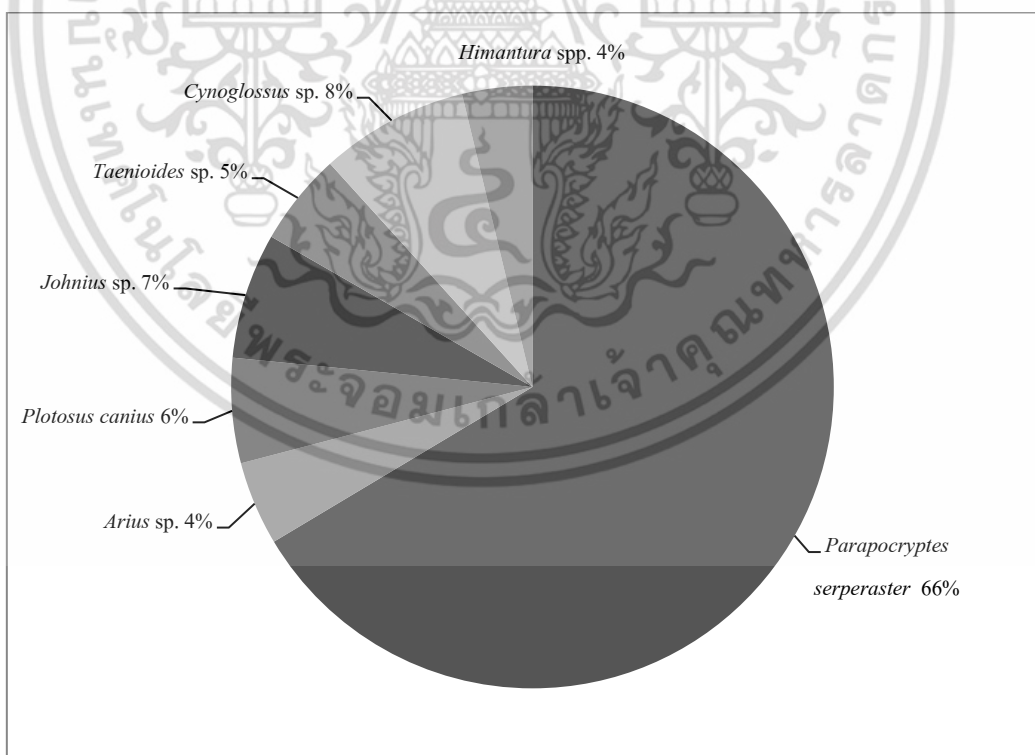
- Villanueva, M.C., J., Moreau, U.S., Amarasinghe and F., Schiemer. 2008. "Foodweb and the trophic structure of two Asian reservoirs using Ecopath with Ecosim and Ecospace: A comparative study." pp. 413-434. In: Schiemer F., Simon D., Amarasinghe U.S. and Moreau J. (eds.) **Aquatic Ecosystems and Development: Comparative Asian Perspectives**. Backhuys Publishers, Leiden.
- Wattayakorn, G., Prapong, P. and Noichareon, D. 2001. "Biogeochemical budgets and process in Bandon bay, Suratthane, Thailand." **Journal of Sea Research**. 46: 133-142.
- Wattayakorn, G., Aksornkoae, S., Tingsabath, C., Sathirathai, S., Piumsomboon, A. and Praphavasit, N. 1999. "Economic evaluation and biogeochemical modeling of Bandon Bay, Surat Thani, Thailand." **Synthesis Report: Thailand Core Research Sit**. Sarcs/wotro/loicz project, Bangkok, Thailand.
- Walters, C., Christensen, V. and Pauly, D. 1997. "Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments." **Rev. Fish Biol. Fish.** 7: 139-172.
- Xu, S., Chen, Z., Li, S. and He, P. 2011. "Modeling trophic structure and energy flows in a coastal artificial ecosystem using mass-balance Ecopath model." **Estuaries and Coasts**. 34: 351-363.
- Yamashita, Y., K., Mochizuki, and M., Piamthipmanus. 1987. "Gut contents analysis of fishes sampled from the Gulf of Thailand." pp.33-35. In: K. Kawagushi (ed.). *Studies on the Mechanism of Marine Productivity in the Shallow Waters Around the South China Sea, with special reference to the Gulf of Thailand*, Ministry of Education, Science and Culture of Japan, Tokyo. **Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography (Japan)**.
- Zhang, Y., Q., Boqiang, H., Weiping, W., Sumin, C., Yuwei, and Weimin, C. 2006. "Temporal-spatial variations of euphotic depth of typical lake regions in Lake Taihu and its ecological environmental significance". **Science in China: Series D Earth Sciences**. 49(4): 431-442.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

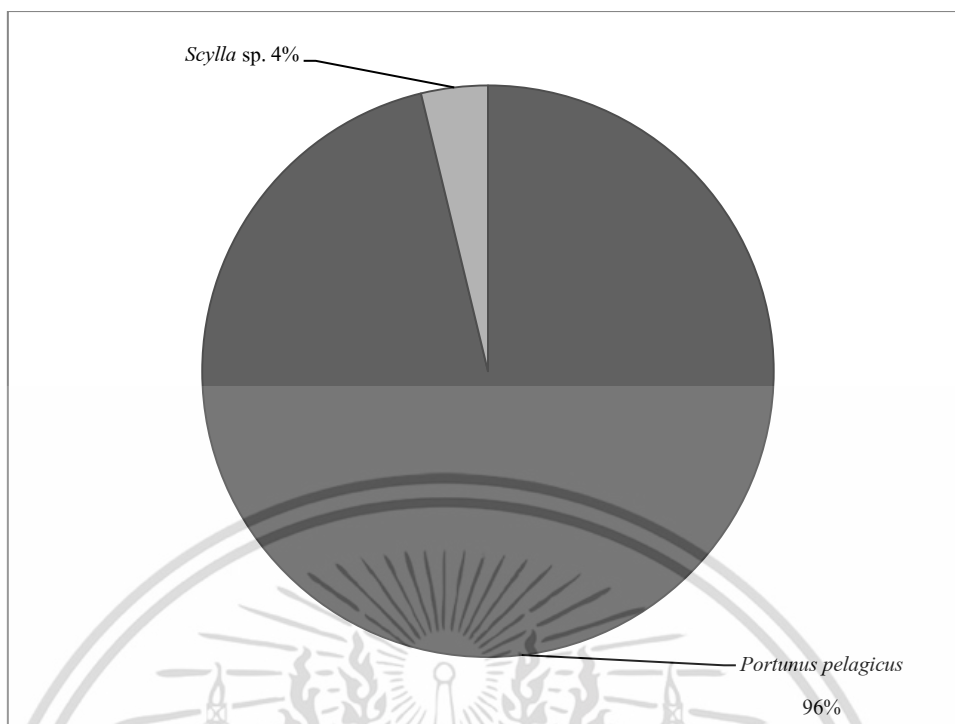


ภาพผนวกที่ 1ก ร้อยละองค์ประกอบของปลาผิวน้ำที่รวบรวมได้จากการทำประมงพื้นบ้าน บริเวณปากแม่น้ำตาปี



ภาพผนวกที่ 2ก ร้อยละองค์ประกอบของปลาหน้าดินที่รวบรวมได้จากการทำประมงพื้นบ้าน บริเวณปากแม่น้ำตาปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

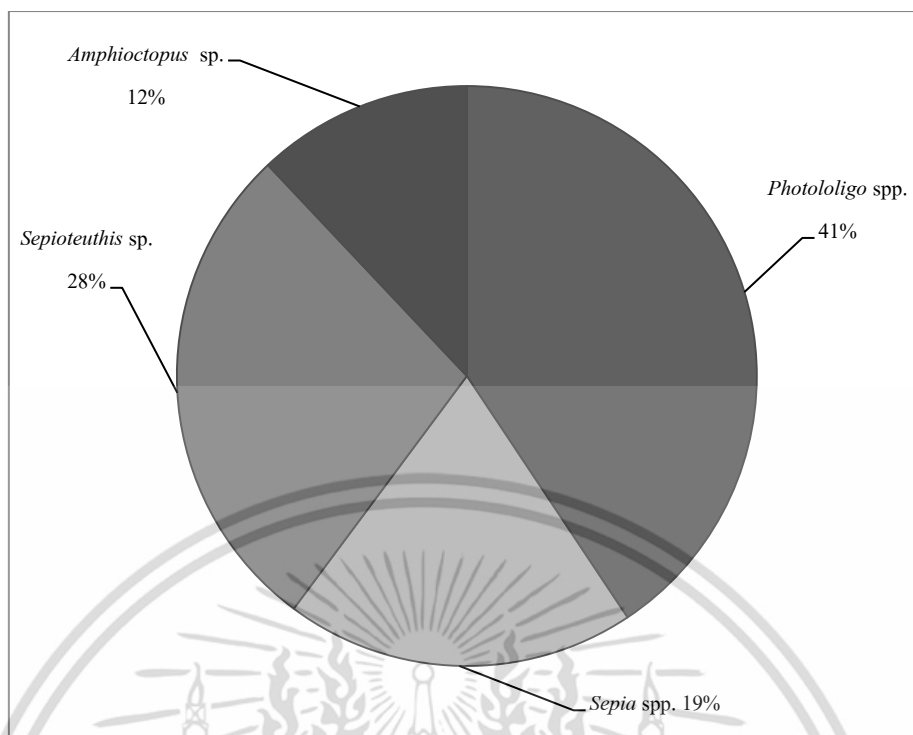


ภาพผนวกที่ 3ก ร้อยละองค์ประกอบของกลุ่มปูที่รวบรวมได้จากการทำประมงพื้นบ้านบริเวณปากแม่น้ำตาปี



ภาพผนวกที่ 4ก ร้อยละองค์ประกอบของกลุ่มกุ้งที่รวบรวมได้จากการทำประมงพื้นบ้านบริเวณปากแม่น้ำตาปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 5ก ร้อยละองค์ประกอบของกลุ่มหมึกที่รวบรวมได้จากการทำประมงพื้นบ้านบริเวณปากแม่น้ำตาปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1ก แสดงชนิด ความยาวเฉลี่ย และน้ำหนักเฉลี่ยของสัตว์น้ำที่ใช้เป็นตัวแทน  
การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองอีโคพาท (ตัวเลขในวงเล็บคือต่ำสุด-สูงสุด)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญไทย	จำนวน (ตัว)	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)
<i>Eleutheronema tetradactylum</i>	ปลาทุเรธา	63	32.78 (16.00-68.00)	405.03 (40.00-2000.00)
<i>Scatophagus argus</i>	ปลาตะกรับ	204	11.62 (6.75-19.80)	45.47 (9.50-125)
<i>Thryssa</i> sp.	ปลาแมว	155	18.01 (16.00-21.00)	42.90 (34.28-67.39)
<i>Megalaspis cordyla</i>	ปลาแจ่งไก่อ	176	16.50 (14.50-19.34)	45.23 (34.50-68.21)
<i>Anodontostoma chacunda</i>	ปลาตะเพียนน้ำเค็ม	112	10.54 (8.25-11.50)	13.73 (7.87-17.75)
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	ปลาทู	173	18.51 (14.60-22.40)	79.97 (50.00-135.00)
<i>Liza</i> sp.	ปลากระบอก	198	21.88 (14.60-29.00)	126.97 (50.00-300.00)
<i>Parapocryptes serperaster</i>	ปลาทองเทียว	206	13.92 (10.00-17.26)	21.84 (10.00-69.77)
<i>Arius</i> sp.	ปลากดทะเล	194	22.80 (14.00-34.20)	127.90 (30.00-400.00)
<i>Plotosus canius</i>	ปลาคูกทะเล	40	43.72 (32.2-62.2)	459.50 (160.00-1280.00)
<i>Johnius</i> sp.	ปลาจวด	210	13.54 (10.00-17.26)	28.73 (10.00-69.77)
<i>Himantura</i> spp.	ปลากระเบน	102	19.87 (9.40-170.00)	227.45 (35.00-3500.00)
<i>Portunus pelagicus</i>	ปูม้า	175	89.05 (48.00-119.00)	50.28 (10.00-135.00)
<i>Photololigo</i> spp.	หมึกกล้วย	180	13.76 (9.00-27.50)	86.41 (35.00-180.00)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2ก แสดงองค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะสัตว์น้ำที่ใช้เป็นตัวแทน  
การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองอีโคพาท

Diet of <i>Eleutheronema tetradactylum</i>	
Food contents	Proportion
<i>Megalaspis cordyla</i>	0.03
<i>Anodontostoma chacunda</i>	0.02
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	0.03
<i>Penaeus merguensis</i>	0.05
Detritus	0.87
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>63</b>

Diet of <i>Scatophagus argus</i>	
Food contents	Proportion
Zooplankton	0.20
Phytoplankton	0.70
Detritus	0.10
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>180</b>

Diet of <i>Thryssa</i> sp.	
Food contents	Proportion
<i>Penaeus merguensis</i>	0.23
<i>Metapenaeus brevicornis</i>	0.30
Detritus	0.47
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>155</b>

Diet of <i>Megalaspis cordyla</i>	
Food contents	Proportion
Zooplankton	0.03
Phytoplankton	0.9
Detritus	0.07
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>176</b>

Diet of <i>Anodontostoma chacunda</i>	
Food contents	Proportion
Zooplankton	0.30
Phytoplankton	0.60
Detritus	0.10
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>112</b>

Diet of <i>Rastrelliger brachysoma</i>	
Food contents	Proportion
Zooplankton	0.40
Phytoplankton	0.50
Detritus	0.10
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>173</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2ก แสดงองค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะสัตว์น้ำที่ใช้เป็นตัวแทน  
การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองอีโคพาร์ (ต่อ)

Diet of <i>Parapocryptes serperaster</i>		Diet of <i>Arius</i> sp.	
Food contents	Proportion	Food contents	Proportion
benthic fauna	0.13	<i>Parapocryptes serperaster</i>	0.10
<i>Parapocryptes serperaster</i>	0.15	benthic fauna	0.20
<i>Metapenaeus brevicornis</i>	0.17	<i>Parapocryptes serperaster</i>	0.10
Detritus	0.55	<i>Metapenaeus brevicornis</i>	0.30
		Detritus	0.30
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>	<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>180</b>	<b>No. of samples</b>	<b>180</b>

Diet of <i>Plotosus canius</i>		Diet of <i>Liza</i> sp.	
Food contents	Proportion	Food contents	Proportion
<i>Liza</i> sp.	0.02	Zooplankton	0.07
benthic fauna	0.40	Phytoplankton	0.08
<i>Portunus pelagicus</i>	0.05	Detritus	0.13
Detritus	0.53		
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>	<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>40</b>	<b>No. of samples</b>	<b>180</b>

Diet of <i>Johnius</i> sp.		Diet of <i>Himantura</i> sp.	
Food contents	Proportion	Food contents	Proportion
benthic fauna	0.09	<i>Parapocryptes serperaster</i>	0.05
<i>Portunus pelagicus</i>	0.14	<i>Johnius</i> sp.	0.27
<i>Penaeus merguensis</i>	0.21	benthic fauna	0.20
<i>Metapenaeus brevicornis</i>	0.31	<i>Metapenaeus brevicornis</i>	0.10
Detritus	0.25	Detritus	0.38
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>	<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>180</b>	<b>No. of samples</b>	<b>102</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2ก แสดงองค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะสัตว์น้ำที่ใช้เป็นตัวแทน  
การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองอีโคพาท (ต่อ)

Diet of benthic fauna*	
Food contents	Proportion
Zooplankton	0.50
Phytoplankton	0.40
Detritus	0.10
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>0</b>

Diet of <i>Photololigo</i> spp.	
Food contents	Proportion
<i>Thryssa</i> sp.	0.05
<i>Photololigo</i> spp.	0.10
<i>Portunus pelagicus</i>	0.25
<i>Penaeus merguensis</i>	0.10
Detritus	0.5
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>80</b>

Diet of <i>Portunus pelagicus</i>	
Food contents	Proportion
benthic fauna	0.25
<i>Portunus pelagicus</i>	0.06
Zooplankton	0.15
Phytoplankton	0.40
Detritus	0.14
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>125</b>

Diet of <i>Penaeus merguensis</i> *	
Food contents	Proportion
Phytoplankton	0.50
Detritus	0.50
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>0</b>

Diet of <i>Metapenaeus brevicornis</i> *	
Food contents	Proportion
Phytoplankton	0.50
Detritus	0.50
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>0</b>

Diet of Zooplankton*	
Food contents	Proportion
Phytoplankton	1.00
<b>Sum</b>	<b>1.00</b>
<b>No. of samples</b>	<b>0</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3ก แสดงผลปัจจัยสิ่งแวดล้อมจากการศึกษาบริเวณปากแม่น้ำตาปี ระหว่างเดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558

(ตัวเลขในวงเล็บ คือค่าต่ำสุด-สูงสุด)

เดือน	ค.ลึก (m.)	DO (mg/L)	อุณหภูมิ (°C)	pH	ความเค็ม (psu)	ความโปร่งแสง (cm.)	Chlorophyll a ×10 <sup>5</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SRP (mg/L)	TSS	อินทรีย์วัตถุ ในดิน (%)
ต.ค. 2557	3.10	5.76	30.50	7.67	12.27	84.75	12.75	0.00	0.011	57.34	5.09
	(2.87-3.38)	(5.49-6.00)	(30.50-30.90)	(7.55-7.9)	(12.00-12.60)	(76.9-90.00)	(2.61-20.54)	(0.00-0.00)	(0.05-0.18)	(47.2-65.50)	(3.71-6.36)
ธ.ค. 2557	2.27	5.61	27.26	7.36	7.20	25.6	0.90	0.017	0.055	68.87	7.88
	(1.92-2.57)	(5.73-6.06)	(27.10-27.50)	(7.31-7.40)	(5.00-11.00)	(19.00-27.50)	(0.44-14.60)	(0.05-0.98)	(0.045-0.069)	(47.02-80.67)	(7.7-8.04)
ก.พ. 2558	3.12	6.06	27.63	7.42	31.20	89.9	7.10	0.00	0.02	50.00	10.17
	(2.90-3.42)	(5.47-6.47)	(27.50-27.90)	(5.49-7.96)	(30.00-32.00)	(76.00-98.25)	(4.82-9.48)	(0.00-0.00)	(0.007-0.120)	(41.22-62.56)	(8.79-11.27)
เม.ย. 2558	3.04	5.60	29.58	8.01	32.00	71.8	0.90	0.00	0.007	46.27	13.39
	(2.87-3.00)	(5.42-5.91)	(29.30-29.80)	(7.79-8.13)	(32.00-32.00)	(62.00-84.00)	(0.61-1.25)	(0.00-0.00)	(0.005-0.011)	(42.44-50.00)	(7.71-27.47)
มิ.ย. 2558	2.17	5.78	31.50	7.14	19.03	59.85	1.33	0.00	0.03	30.12	9.14
	(2.09-2.35)	(5.49-6.06)	(31.00-32.00)	(7.00-7.20)	(18.70-19.03)	(59.90-60.50)	(0.08-5.52)	(0.00-0.00)	(0.008-0.073)	(29.06-31.06)	(8.04-10.13)
ส.ค. 2558	1.70	6.01	30.57	7.21	18.60	54.2	20.56	0.002	0.009	39.43	10.56
	(1.65-1.8)	(5.97-6.03)	(30.5-31.5)	(7.06-7.34)	(18.20-18.90)	(50.00-56.40)	(0.44-28.15)	(0.00-0.02)	(0.005-0.016)	(23.00-55.23)	(10.13-11.65)
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>2.57</b>	<b>6.09</b>	<b>29.5</b>	<b>7.47</b>	<b>20.05</b>	<b>64.35</b>	<b>8.71</b>	<b>0.01</b>	<b>0.015</b>	<b>48.67</b>	<b>11.25</b>



ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ใช้อ้างอิงจากคุณลักษณะนิเวศ  
และการเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1x อ้างอิงข้อมูลคุณลักษณะถึงสถานะของระบบนิเวศตามทฤษฎีของ Odum  
เทียบกับผลของ ECOPATH

Ecosystem attribute	Developing	Mature	Estimated by ECOPATH
Total primary product/total respiration	<1>	~1	TPP/TR
Total primary product/total biomass	high	low	TPP/TB
Total biomass/total throughput	low	high	TB/TST
Net production	high	low	PLS
Food chains	linear	web-like	CI
Organic matter	small	~1	TB/TDET
Niche specialize	broad	narrow	SOI
Mineral cycles	open	closed	FCI
Detritus	unimportant	important	TDC/TC
Growth form	“r”	“k”	TB/TST
Stability	poor	good	O
Information	low	high	A

ที่มา: ดัดแปลงจาก Odum (1969)

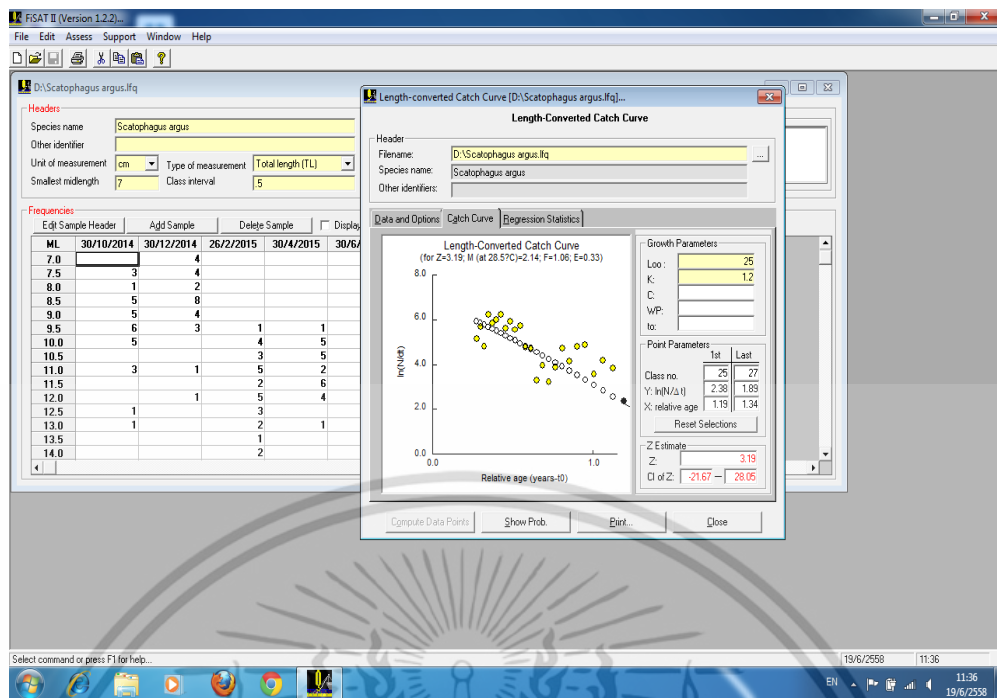
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางผนวกที่ 2 ข คำอธิบายการประมวลผลของแบบจำลองแสดงดัชนีของระบบนิเวศ

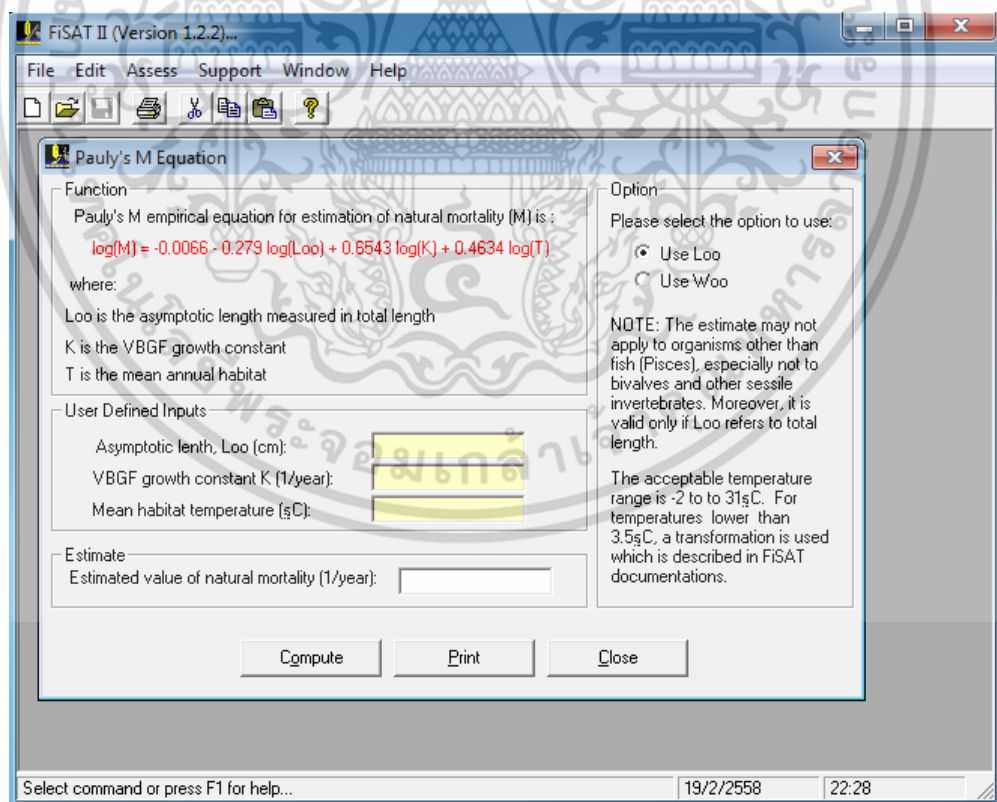
Parameter	Description (Bacalso and Wolff. 2014)
Total system throughput (T)	An index of ecosystem size in terms flows (Ulanowicz.1986)
Mean trophic level of catch (TL <sub>c</sub> )	Weighted average TL of harvested species/groups; an index of fishing impact (Christensen <i>et al.</i> 2005; Pauly <i>et al.</i> 1998)
Gross efficiency (GE, catch/ net p.p.)	Sum of all realized fisheries catches relative to the total primary production; tends to be higher in systems targeting low trophic level resources (Christensen <i>et al.</i> 2005)
Total net primary production (PP)	Summed primary production from all producers (Christensen <i>et al.</i> 2005)
Total primary production/ total respiratory (PP/TR)	An indicator of system maturity; ratio approaches 1 toward more mature systems (Odum. 1969)
Net system production	The difference between total primary production and total respiration; approaches zero in mature systems (Christensen <i>et al.</i> 2005)
Total primary production/ total biomass (PP/B)	An indicator of system maturity; ratio declines as biomass is expected to accumulate over time or as a system matures (Christensen <i>et al.</i> 2005)
Total biomass/total throughput (B/T)	An indicator of system maturity; increases as a system matures (Christensen.1995)
Connectance index (CI)	Ratio of the number of actual trophic links to the number of possible links; correlated with system maturity as food chains are expected to shift from linear to more web-like as a system matures (Odum.1969)
System Omnivory index (SOI)	Average omnivory index of all consumers weighted by the logarithm of each consumer's food intake; an alternative measure to characterize web-like feeding interactions in systems (Christensen <i>et al.</i> 2005)

ที่มา: Bacalso and Wolff. (2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 6x แสดงการหาค่าจำนวนค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) จากวิธี length converted catch curves ด้วยโปรแกรม FiSAT II




ภาพผนวกที่ 7x วิธีหาค่า natural mortality (M) ด้วยโปรแกรม FiSAT II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Life History Data on *Rastrelliger brachysoma* Short mackerel

<b>Family:</b>	Scombridae	Mackerels, tunas, bonitos
<b>Max. length (Lmax):</b>	<input type="text" value="34.5"/> cm FL	
<b>L infinity (Linf):</b>	= <input type="text" value="28.1"/> cm TL <span style="font-size: small;">▼</span>	<input type="button" value="Recalculate"/>
<b>K:</b>	<input type="text" value="1.45"/> /year $\phi'$ = <input type="text" value="3.06"/>	<input type="button" value="Recalculate"/> <small>Growth &amp; mortality data</small>
<small>Median <math>\phi'</math> value with related Linf. and K.</small>		

	<input type="text" value="46.1"/> <small>times the body weight per year</small>	<p style="font-size: small;">Enter Winf, temperature, aspect ratio (A), and food type to estimate Q/B</p> <p>Winf = <input type="text" value="275.4"/> g    Temp. = <input type="text" value="29.5"/> °C</p> <p>A = <input type="text" value="1.9"/></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"> <input type="radio"/> Detrivore    <input checked="" type="radio"/> Herbivore    <input type="radio"/> Omnivore    <input type="radio"/> Carnivore         </p>	<input type="button" value="Recalculate"/>
--	--	--	--

ภาพผนวกที่ 8x แสดงวิธีการหาค่า บริโภคต่อมวลชีวภาพ (Q/B) โดยใช้ฐานข้อมูลจาก FishBase

Start Basic input		Define groups... Edit multi-stanza...							
	Group name	Habitat area (fraction)	Biomass in habitat area (t/km <sup>2</sup> )	Production / biomass (year)	Consumption / biomass (year)	Ecotrophic Efficiency	Other mortality	Production / consumption	Unassim. consumption
1	Eleutheronema tetradia								0.000
2	Scatophagus argus								0.000
3	Thryssa sp.								0.000
4	Megalaspis cordyla								0.000
5	Anodostoma chacu								0.000
6	Rastrelliger brachyso								0.000
7	Parapocryptes serpera								0.000
8	Arius sp.								0.000
9	Plotosus canius								0.000
10	Liza sp.								0.000
11	Johnius sp.								0.000
12	Dasyatidae								0.000
13	Benthic fauna								0.000
14	Cephalopods								0.000
15	Crabs								0.000
16	Shrimp								0.000
17	Sergestid shrimp								0.000
18	Zooplankton								0.000
19	Phytoplankton								0.000
20	Detritus								0.000

ภาพผนวกที่ 9x ข้อมูล Biomass (B) Production/Biomass (P/B) Consumption/Biomass (Q/B) ที่ต้องนำเข้าไปในแบบจำลองอีโคพาธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Start Basic input Diet composition			Sum diets to one																Set: 0.001
Prey \ predator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1 Eleutheronema tetradactylum																			
2 Scatophagus argus																			
3 Thyryssa sp.																			
4 Megalaspis cordyla																			
5 Anodontostoma chacunda																			
6 Rastrelliger brachysoma																			
7 Parapocryptes serperaster																			
8 Arius sp.																			
9 Plotosus canius																			
10 Liza sp.																			
11 Johnius sp.																			
12 Dasyatidae																			
13 Benthic fauna																			
14 Cephalopods																			
15 Crabs																			
16 Shrimp																			
17 Sergestid shrimp																			
18 Zooplankton																			
19 Phytoplankton																			
20 Detritus																			
21 Import	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
22 Sum	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
23 (1 - Sum)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

ภาพผนวกที่ 10 ข การนำเข้าข้อมูลสัดส่วนองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะแบบจำลองอีโคพาธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำอธิบายข้อมูลเพื่อนำเข้าในแบบจำลอง

ข้อมูลที่ต้องการใช้ในการคำนวณของแบบจำลอง (for the mass - balanced Ecopath) ประกอบด้วยชุดข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ (Christensen *et al.* 2008)

1. Functional groups กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา ซึ่งเป็นกลุ่มที่ทำหน้าที่ หรือเป็นโครงสร้างต่าง ๆ ในระบบนิเวศ อาทิ เช่น แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน ครัสตาเซียน หมึก และปลา เป็นต้น

2. Biomass ( $B_i$ ) มวลชีวภาพของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาโดยแยกเป็นแต่ละหน่วยของโครงสร้าง

3. Production/Biomass ( $P_i/B_i$ ) สัดส่วนผลผลิตต่อมวลชีวภาพ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของการตายจากการทำประมงกับการตายจากธรรมชาติ

4. Consumption/Biomass ( $Q_i/B_i$ ) สัดส่วนการบริโภคต่อหน่วยมวลชีวภาพ เป็นการกินอาหารของกลุ่มตัวอย่างแต่ละโครงสร้าง

5. Food composition ( $DC_{ji}$ ) องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะแต่ละชนิดของกลุ่มตัวอย่างเป็นอัตราส่วนร้อยละ

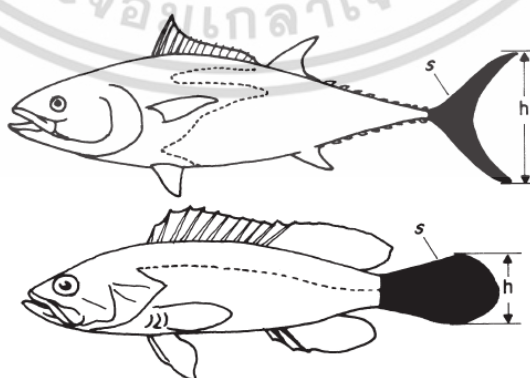
6. การบริโภคต่อมวลชีวภาพ (consumption/biomass) Multiple regression (Palomares and Pauly, 1998) ค่า  $A_R$  (aspect ratio) มีการคำนวณตาม Vibunpant *et al.* (2003) ซึ่งแสดงค่าตามตารางที่ 2.6

$$A_R = H^2/S$$

เมื่อ

$H^2$  คือ ความสูงของครีบหาง

$S$  คือ พื้นที่สัมผัสน้ำ



ภาพผนวกที่ 11x แสดงค่าของตัวแปรในการคำนวณ aspect ratio

ที่มา : Palomares and Pauly (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3x ค่า aspect ratio ของปลาทะเลในบริเวณอ่าวไทย (1998)

Species	N	Caudal fin height (cm)	Caudal fin surface area (cm <sup>2</sup> )	Aspect ratio(A <sub>r</sub> ) (h <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> )
<i>Atule mate</i>	10	6.53	9.23	4.62
<i>Chirocentrus dorab</i>	6	9.70	21.51	4.37
<i>Pampus niger</i>	10	8.95	17.65	4.54
<i>Rastelliger spp.</i>	10	4.84	5.70	4.11
<i>Scomberomorus commerson</i>	12	10.22	23.80	4.39
<i>Selaroides leptolepis</i>	10	2.91	3.36	2.52
<i>Epinephelus aureolatus</i>	8	6.31	23.73	1.68
<i>Epinephelus sexfasciatus</i>	9	2.53	5.70	1.12
<i>Lutjanus lineolatus (Lutjanus lutjanus**)</i>	9	5.09	10.10	2.57
<i>Lutjanus malabaricus</i>	11	7.96	37.46	1.69
Mullidae	6	7.28	12.23	4.33
<i>Nemipterus hexodon</i>	10	5.83	10.44	3.26
<i>Nemipterus mesoprion</i>	10	4.84	6.83	3.43
<i>Nemipterus peronii</i>	10	7.03	11.21	4.41
<i>Priacanthus macracanthus</i>	3	6.43	14.40	2.87
<i>Priacanthus tayenus</i>	10	6.56	14.58	2.90
Platycephalidae	12	3.74	8.01	1.75
<i>Saurida elongata</i>	6	8.13	17.50	3.78
<i>Saurida undosquamis</i>	10	6.70	11.11	4.04
<i>Scolopsis taeniopterus</i>	10	6.15	11.43	3.31
Siganidae	10	4.42	7.04	2.78
<i>Nemipterus tambuloides</i>	10	6.74	11.05	4.11
<i>Rachycentron canadus</i>	7	11.40	45.48	2.86
<i>Epinephelus morrhua</i>	9	5.52	19.34	1.58
<i>Euthynnus affinis</i>	10	9.61	15.07	6.13
<i>Thunnus tonggol</i>	9	10.38	19.98	5.39

\*\* ค้นหาค่าชื่อในฐานข้อมูล Fishbase 2000

ที่มา : Vibunpant *et al.* (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล                      นางสาวชนพิศ ใจแก้ว  
 วัน เดือน ปีเกิด                    27 สิงหาคม 2520 ที่ลพบุรี  
 ที่อยู่                                    23/674 ตำบลบางเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270  
 ประวัติการศึกษา                    2542 วิทยาศาสตรบัณฑิต คณะประมง สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ  
     มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสบการณ์ทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ. 2556 – ปัจจุบัน              ชวนพิศ ใจแก้ว และอนัญญา เจริญพรนิพัทธ์. 2560. “ การวิเคราะห์  
 โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของปลาฝิวน้ำในอ่าวบ้านดอน  
 จังหวัดสุราษฎร์ธานี” วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. ปีที่ 35 ฉบับที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้