ผลกระทบของปริมาณสารอินทรีย์ต่อคุณภาพน้ำแม่น้ำระยอง

นาง เฮเลน อารมย์ดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530

ISBN 974-567-565-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015688

I10298320

Impact of Organic Loading on Water Quality of Rayong River

Mrs. Helen Arromdee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Inter-Department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

ISBN 974-567-565-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของปริมาณสารอินทรีย์ต่อคุณภาพน้ำแม่น้ำระยอง

โดย นาง เฮเลน อารมย์ดี

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพรัช สายเชื้อ)

..... กรรมการ

(ดร. ชาญชัย ติยะมณี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของปริมาณสารอินทรีย์ต่อคุณภาพน้ำแม่น้ำระยอง

ชื่อ นาง เฮเลน อารมย์ดี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

ปีการศึกษา 2529

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของปริมาณสารอินทรีย์ที่มีต่อคุณภาพน้ำแม่น้ำระยอง โดยการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ที่อาจมีผลกระทบต่อแม่น้ำทั้งทางกายภาพและเคมี ผลที่ได้จากการวิเคราะห์และจากข้อมูลทุติยภูมิของคุณภาพน้ำแม่น้ำระยอง จำนวนประชากร การใช้พื้นที่ และอื่น ๆ นี้ ได้นำมาใช้ในการศึกษาผลกระทบโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Streeter และ Phelps แสดงให้เห็นว่าในขณะที่แม่น้ำมีอัตราการไหลสูง (High Flow) ปานกลาง (Intermediate Flow) และต่ำ (Low Flow) สัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1) และสัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ (k_2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.48 - 0.74, 0.46 - 1.08 วัน$^{-1}$, 0.21 - 0.28, 0.19 - 0.43 วัน$^{-1}$ และ 0.12, 0.43 - 0.95 วัน$^{-1}$ ตามลำดับ ความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์สูงสุดที่แม่น้ำสามารถรับได้โดยยังคงรักษาให้ปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 4.00 ppm มีค่าอยู่ระหว่าง 12,502 - 22,312, 3,607 - 8,469 และ 314 - 483 กิโลกรัมต่อวัน และปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 2.00 ppm มีค่าอยู่ระหว่าง 22,419 - 37,666, 6,879 - 13,873 และ 448 - 702 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ได้จากการคาดการณ์โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และจากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลสูง และปานกลาง ส่วนในขณะที่แม่น้ำมีอัตราการไหลต่ำจะให้ผลที่แตกต่างกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ทิ้งลงสู่แม่น้ำนี้ย่อมก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่อแหล่งน้ำ หากไม่มีการจำกัดปริมาณของเสียให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม โดยเฉพาะในขณะที่แม่น้ำมีอัตราการไหลต่ำ

Thesis Title	Impact of Organic Loading on Water Quality of Rayong River
Name	Mrs. Helen Arromdee
Thesis Advisor	Assistant Professor Suthirak Sujarittanonta, Ph.D.
Inter-Department	Environmental Science
Academic Year	1986

Abstract

The study on impact of organic loading on water quality of Rayong river was made. Analyses of physical and chemical characteristics of wastewater being discharged from factories which located along the river were made. The results of wastewater characteristics and the secondary data of water quality of Rayong river, population, land use characteristics, etc. were used as basis for Oxygen Sag Model by Streeter and Phelps. It is found that the deoxygenation coefficient (k_1) and the reaeration coefficient (k_2) are between the range of 0.48 - 0.74, 0.46 - 1.08 day^{-1}, 0.21 - 0.28, 0.19 - 0.43 day^{-1} and 0.12, 0.43 - 0.95 day^{-1} during high flow, intermediate flow and low flow period of the river, respectively. The maximum organic loading that may be introduced into the river without causing the oxygen concentration downstream to fall below 4.00 ppm are 12,502 - 22,312, 3,607 - 8,469 and 314 - 483 kilograms per day and 2.00 ppm are 22,419 - 37,666, 6,879 - 13,873 and 448 - 702 kilograms per day, respectively. Comparison of predicted DO to the observed DO indicated that during the high flow and intermediate flow period of the river, the results are not significantly different. However, during the

low flow period, the values of predicted DO and observed DO are differed to some extent. Thus, it can be concluded that the limitation of organic loading discharged to the river is necessary, especially in the low flow period.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลือของท่านอาจารย์หลายท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์ ที่ท่านได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งท่านได้กรุณาแก้ไขเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ประสบความสำเร็จ รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์ รองศาสตราจารย์ ไพรัช สายเชื้อ และ ดร. ชาญชัย ติยะมณี ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และให้การแนะนำตรวจสอบ เพื่อความสมบูรณ์แก่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้อนุเคราะห์เงินทุนอุดหนุนงานวิจัยในครั้งนี้ คุณจักรกฤษณ์ มโนธรรม และคุณสุชาติ กิตติมีชัยศรี แห่ง กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ที่ได้กรุณาให้ความสะดวกในด้านข้อมูลการใช้ที่ดิน ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดระยองเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณปรานอม รุจิรวณิชเทพ และเพื่อน ๆ ฝ่ายอนุรักษ์ลำน้ำบางปะกง กองสิ่งแวดล้อม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนอุปกรณ์และสถานที่ในการทำการวิจัยด้วยดีตลอดมา คุณนพรัตน์ สุรพฤกษ์ และคุณแสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล ที่ได้ให้ข้อแนะนำ ช่วยเหลือในการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในการทำวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ในศูนย์ทุกท่านที่ได้ให้ความสะดวกตลอดมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ คุณละมัย อารมย์ดี เด็กชาย ปรเมศร์ อารมย์ดี และ พี่ เพื่อน น้อง ๆ อีกหลายท่านที่มิได้กล่าวนามออกมา ณ ที่นี้ ที่ได้ช่วยเป็นกำลังใจ ช่วยเหลือ และแนะนำในการทำวิจัยในครั้งนี้จนประสบผลสำเร็จ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 3

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 3

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

ผลกระทบของน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์ต่อคุณภาพน้ำแม่น้ำ 5

แหล่งที่มาของน้ำทิ้ง 8

ดัชนีคุณภาพน้ำ 13

ความสมดุลย์ของปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ 20

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 25

ประโยชน์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 33

3. สภาพทั่วไปของจังหวัดระยอง 35

ข้อมูลพื้นฐานและลักษณะทั่วไปทางกายภาพของจังหวัดระยอง 35

แหล่งน้ำผิวดิน 41

ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ที่ทำการศึกษา 43

สถานการณ์แม่น้ำระยองในปัจจุบัน 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

4. วิธีดำเนินงาน 73
การกำหนดบริเวณที่จะทำการศึกษา 73
การศึกษาสภาพทั่วไปของแม่น้ำระยอง 73
การกำหนดสถานที่และการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม 73
การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม 74
การวิเคราะห์ข้อมูล 74

5. ผลการวิเคราะห์และการวิจารณ์ 85
การวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
ทั้งทางกายภาพและทางเคมี 85
การวิเคราะห์ผลกระทบของปริมาณสารอินทรีย์ต่อคุณภาพน้ำแม่น้ำระยอง
โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 90
- การหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1) และสัมประสิทธิ์
การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ (k_2) 90
- การหาความเข้มข้นของปริมาณมลสารในแม่น้ำ (BOD) ปริมาณของ
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ที่มีความเปลี่ยนแปลงจากบริเวณต้นน้ำ
จนถึงบริเวณท้ายน้ำ 93
- การเปรียบเทียบผลของปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการ
คาดการณ์ (Predicted DO) และจากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ
น้ำ (Observed DO) 109

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ 118

เอกสารอ้างอิง 122

ภาคผนวก 127

ประวัติผู้เขียน 186

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ลักษณะสมบัติน้ำทิ้งชุมชน	9
2.2	ปริมาณน้ำใช้จากชุมชนประเภทต่าง ๆ แบ่งตามลักษณะการใช้ที่ดิน	10
2.3	ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท	12
2.4	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ	15
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และเวลาของปฏิกิริยาของ BOD_5	15
2.6	ปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปโดยปลาและสัตว์น้ำบางชนิด	22
3.1	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในคาบ 30 ปี	37
3.2	สัดส่วนประชากรรายอำเภอในจังหวัดระยอง	38
3.3	อัตราการเพิ่มประชากรจังหวัดระยอง	38
3.4	ความหนาแน่นประชากรในเขตชุมชนจังหวัดระยอง	40
3.5	จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	42
3.6	ปริมาณ BOD Loading ที่มาจากน้ำทิ้งชุมชน	55
3.7	ปริมาณ BOD Loading ที่มาจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม	55
3.8	ปริมาณ BOD Loading ที่มาจากน้ำทิ้งเกษตรกรรม	55
3.9	อัตราการไหลของน้ำที่สถานีต่าง ๆ ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม, 2527	57
4.1	รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในบริเวณแม่น้ำระยอง	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.2	จำนวนประชากรที่อาศัยอยู่และข้อมูลการใช้ที่ดินเกษตรกรรมในพื้นที่ 3 อำเภอ โดยแบ่งตามสถานีที่ใช้ศึกษา.....	77
4.3	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของจังหวัดระยองปี 2527.....	79
4.4	ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำ อัตราการไหล ความลึก ความเร็วของกระแสน้ำ ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลสูง ปานกลาง และต่ำ.....	81
4.5	ค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ คือ BOD, DO จากโรงงานอุตสาหกรรมที่ทิ้งลงสู่แม่น้ำระยอง.....	84
5.1	ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำจากการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม...	87
5.2	ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1) และสัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ (k_2) ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลสูง ปานกลาง และต่ำ.....	92
5.3	อัตราการไหลของน้ำทิ้งและปริมาณ BOD Loading จากแหล่งชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลสูง.....	95
5.4	อัตราการไหลของน้ำทิ้งและปริมาณ BOD Loading จากแหล่งชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลปานกลาง.....	96
5.5	อัตราการไหลของน้ำทิ้งและปริมาณ BOD Loading จากแหล่งชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลต่ำ.....	97
5.6	ปริมาณสารอินทรีย์สูงสุดที่แม่น้ำระยองสามารถรับได้ในการรักษาคุณภาพน้ำให้มีปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 4.00 และ 2.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลสูง.....	103
5.7	ปริมาณสารอินทรีย์สูงสุดที่แม่น้ำระยองสามารถรับได้ในการรักษาคุณภาพน้ำให้มีปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 4.00 และ 2.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลปานกลาง.....	104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.8	ปริมาณสารอินทรีย์สูงสุดที่แม่น้ำระยองสามารถรับได้ในการรักษาคุณภาพน้ำให้มีปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 4.00 และ 2.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลต่ำ.....	105
5.9	ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1), ค่าสัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ (k_2) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการคาดการณ์ (Predicted DO) และจากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Observed DO) ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลสูง.....	110
5.10	ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1), ค่าสัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ (k_2) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการคาดการณ์ (Predicted DO) และจากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Observed DO) ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลปานกลาง.....	111
5.11	ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1), ค่าสัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ (k_2) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการคาดการณ์ (Predicted DO) และจากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Observed DO) ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลต่ำ.....	112

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ผลของสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดปัญหามลภาวะต่อแหล่งน้ำ	7
2.2	ปฏิกิริยาการเกิด BOD จากสารอินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนที่สัมพันธ์กับเวลา	18
2.3	รูปแบบทั่วไปของ Dissolved Oxygen Sag Curve	27
3.1	แผนที่แสดงความหนาแน่นของประชากรและชุมชน	39
3.2	แผนที่แสดงเขตการปกครองของอำเภอเมือง จังหวัดระยอง	44
3.3	แผนที่ตั้งของชุมชนต่าง ๆ ของอำเภอเมือง จังหวัดระยอง	45
3.4	แผนที่แสดงเขตการปกครองของอำเภอบ้านค่าย	46
3.5	แผนที่แสดงเขตโครงการชลประทานบ้านค่าย	48
3.6	แผนที่แสดงเขตการปกครองของอำเภอปลวกแดง	49
3.7	แผนที่แสดงที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดระยอง	51
3.8	แผนที่แสดงที่ตั้งโรงงานน้ำปลาในจังหวัดระยอง	52
3.9	แผนที่แสดงที่ตั้งโรงงานในบริเวณแม่น้ำระยอง	53
3.10	กราฟแสดงอัตราเฉลี่ยการไหลของน้ำในแม่น้ำระยองที่ไหลล้นฝายบ้านค่าย, คลองหนองปลาไหล และคลองใหญ่ ในช่วงปี 2521-25	56
3.11	กราฟแสดงอัตราเฉลี่ยการไหลของน้ำในแม่น้ำระยอง และคลองสาขาช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม 2527	58
3.12	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิของน้ำตามระยะทางและช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	60
3.13	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำตามระยะทาง และช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.14	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของความเค็มของน้ำตามระยะทางและช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	62
3.15	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของความเป็นด่างของน้ำตามระยะทางและช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	62
3.16	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของความกระด้างของน้ำตามระยะทางและช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	64
3.17	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของตะกอนแขวนลอยของน้ำตามระยะทางและช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	64
3.18	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของความขุ่นของน้ำตามระยะทางและช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	65
3.19	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของออกซิเจนละลายของน้ำตามระยะทางและช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	67
3.20	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของ BOD ของน้ำตามระยะทางและช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	67
3.21	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำตามระยะทาง และช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	68
3.22	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของไนเตรทของน้ำตามระยะทางและช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	68
3.23	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของฟอสเฟตของน้ำตามระยะทางและช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	70
3.24	กราฟแสดงความแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำตามระยะทาง และช่วงเดือนต่าง ๆ ในแม่น้ำระยอง	71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาหาปริมาณสารอินทรีย์จากแหล่งชุมชนและเกษตรกรรมที่ทิ้งลงสู่แม่น้ำระยอง	78
4.2	แผนที่แสดงที่ตั้งของ Station ต่าง ๆ ของแม่น้ำระยอง	83
5.1	แผนผังการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจำนวน 11 โรงงาน	86
5.2	แสดงปริมาณสารอินทรีย์สูงสุดที่แม่น้ำสามารถรับได้เมื่อปริมาณ DO เท่ากับ 4.00 และ 2.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลสูง	100
5.3	แสดงปริมาณสารอินทรีย์สูงสุดที่แม่น้ำสามารถรับได้เมื่อปริมาณ DO เท่ากับ 4.00 และ 2.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลปานกลาง	101
5.4	แสดงปริมาณสารอินทรีย์สูงสุดที่แม่น้ำสามารถรับได้เมื่อปริมาณ DO เท่ากับ 4.00 และ 2.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลต่ำ	102
5.5	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1), สัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ (k_2) และปริมาณสารอินทรีย์ (La) สูงสุดในการรักษาคุณภาพน้ำให้มีปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 4.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลสูง	106
5.6	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1), สัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ (k_2) และปริมาณสารอินทรีย์ (La) สูงสุดในการรักษาคุณภาพน้ำให้มีปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 2.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลสูง	106
5.7	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1), สัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ (k_2) และปริมาณสารอินทรีย์ (La) สูงสุดในการรักษาคุณภาพน้ำให้มีปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 4.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลปานกลาง	107

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.8 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1), สัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ (k_2) และปริมาณสารอินทรีย์ (La) สูงสุดในการรักษาคุณภาพน้ำให้มีปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 2.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลปานกลาง..... 107

5.9 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1), สัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ (k_2) และปริมาณสารอินทรีย์ (La) สูงสุดในการรักษาคุณภาพน้ำให้มีปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 4.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลต่ำ..... 108

5.10 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1), สัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ (k_2) และปริมาณสารอินทรีย์ (La) สูงสุดในการรักษาคุณภาพน้ำให้มีปริมาณ DO ไม่ต่ำกว่า 2.00 ppm ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลต่ำ..... 108

5.11 แสดงปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการเปรียบเทียบผลจากการคาดคะเน (Predicted DO) กับผลที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ (Observed DO) จากบริเวณต้นน้ำจนถึงท้ายน้ำ ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลสูง..... 113

5.12 แสดงปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการเปรียบเทียบผลจากการคาดคะเน (Predicted DO) กับผลที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ (Observed DO) จากบริเวณต้นน้ำจนถึงท้ายน้ำ ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลปานกลาง..... 114

5.13 แสดงปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการเปรียบเทียบผลจากการคาดคะเน (Predicted DO) กับผลที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ (Observed DO) จากบริเวณต้นน้ำจนถึงท้ายน้ำ ในขณะแม่น้ำมีอัตราการไหลต่ำ..... 115