

ปัจจัยที่มีผลต่อออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ



นายเศวต บุญเมือง

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

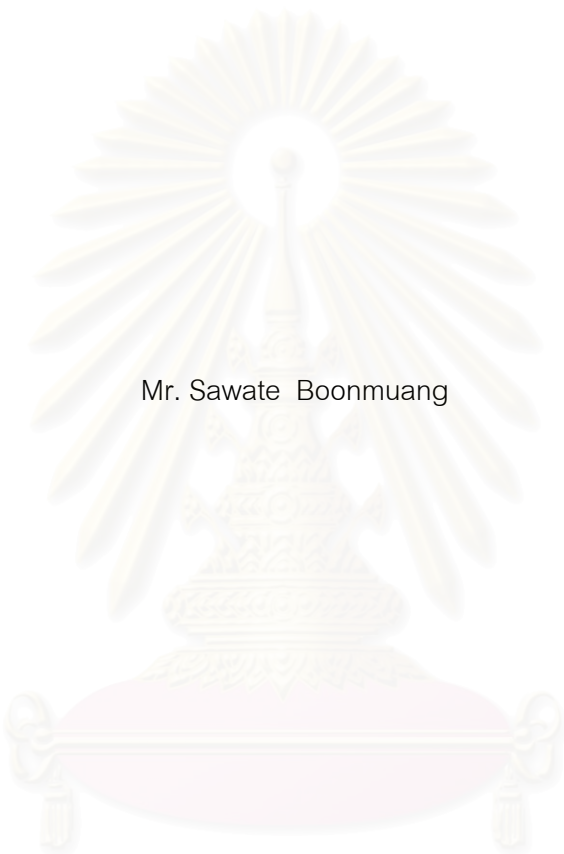
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6493-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FACTORS INFLUENCING ON DISSOLVED OXYGEN IN
DRAINAGE CHANNEL

Mr. Sawate Boonmuang



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6493-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ปัจจัยที่มีผลต่อออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ

โดย

นายเศวต บุญเมือง

สาขาวิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเขียว)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.มนัสกร ราชากรกิจ)

เศวต บุญเมือง : ปัจจัยที่มีผลต่อออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ. (FACTORS INFLUENCING ON DISSOLVED OXYGEN IN DRAINAGE CHANNEL) อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์ , 108 หน้า. ISBN 974-17-6493-6.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยและอิทธิพลที่มีผลต่อการเพิ่ม และลดออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ และเพื่อเสนอแนวทางในการป้องกันปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากทำการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการและในสถานที่จริง โดยกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำ คือ สահร่าย การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ปลา ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ และน้ำเสียที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำ

การทดลองในครั้งนี้ได้ทำการวัดอัตราการลด หรือเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับเวลาโดยควบคุมให้ปัจจัยที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำ ทำการส่งผลทีละปัจจัย ซึ่งอัตราการลด หรือเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแต่ละปัจจัยจะนำมาผวนกันเพื่อใช้สร้างเป็นแบบจำลอง หลังจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองกับผลการปฏิบัติงานของทางระบายน้ำจริง

ผลการทดลองที่ได้พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำคือ สահร่าย และการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการลดออกซิเจนละลายน้ำคือ สահร่าย ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ ปลา น้ำเสียที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำ และการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ซึ่งสահร่ายมีอิทธิพลมากที่สุดในการเพิ่มและลดความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ สำหรับค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ออกซิเจนของตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำมีค่าเท่ากับ 7.42 มก./ล.-ตร.ม.-ชม. ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ออกซิเจนของน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 0.000448 1/ล.-ชม. ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ออกซิเจนของปลาเท่ากับ 19.65 มก./ล.-กก.ของน้ำหนักปลา-ชม. ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้และผลิตออกซิเจนของสահร่ายจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ส่วนค่าเฉลี่ยของอัตราการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ จะแปรเปลี่ยนไปตามผลต่างระหว่างความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดอิมิตัวกับความเข้มข้นของออกซิเจนในเวลานั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4570571021 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD: DISSOLVED OXYGEN / DRAINAGE CHANNEL / FACTOR / MODELLING

SAWATE BOONMUANG: FACTORS INFLUENCING ON DISSOLVED OXYGEN IN DRAINAGE CHANNEL. THESIS ADVISOR: PICHAYA RACHDAWONG, Ph.D., 108 pp. ISBN 974-17-6493-6.

Factors influencing on dissolved oxygen level were investigated for suggestion to prevent low dissolved oxygen level by modelling. The laboratory and field study were used to investigate the factors. The processes modelled were consumption and production of dissolved oxygen by algae, reaeration, fish, sediment oxygen demand and wastewater.

The rate of production and utilization of dissolved oxygen of factors was separated and later combined for modelling. Subsequently this modelling results were checked with actual dissolved oxygen values at the study site.

From the studies, factors influencing increased dissolved oxygen level were algae and reaeration. Factors influencing decreased dissolved oxygen level were algae, sediment oxygen demand, fish, wastewater and oxygen transfer. Primary production and utilization of dissolved oxygen by algae was found to dominate the oxygen balance. The average rate of utilization of sediment oxygen demand was $7.42 \text{ mg}/(\text{l}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h})$, synthesized wastewater was $0.000448 \text{ l}/\text{h}$ and fish was $19.65 \text{ mg}/\text{l}\cdot\text{kg}$ of fish weight-h. The rate of production and utilization by algae varied with chlorophyll-a value. The rate of dissolved oxygen increase and decrease by reaeration and deaeration varied according to the difference in saturation concentration of dissolved oxygen and concentration of dissolved oxygen at any time.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Environmental Engineering Student's Signature.....

Field of study Environmental Engineering Advisor's Signature.....

Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

คุณความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้แก่บิดามารดา ผู้ที่มีพระคุณอย่างสูงยิ่ง ซึ่งให้การเลี้ยงดู การอบรม การศึกษา มาตั้งแต่เยาว์วัย และยังได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และกำลังใจที่ดีที่สุด ในระหว่างการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอดจนเสร็จสมบูรณ์ในที่สุด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้จากความช่วยเหลืออย่างดีของ อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ถ่ายทอด วิชาความรู้ในด้านต่างๆ และแก้ไขในสิ่งที่บกพร่อง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ในที่สุด จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ.โอกาสนี้

ขอขอบคุณประธานกรรมการ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ให้เกียรติมาทำการสอบและให้คำแนะนำตลอดจนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ เพื่อการแก้ไขและปรับปรุง ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่มอบทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยปริญญาโท และห้องปฏิบัติการของเสียอันตรายภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณอาจารย์ จันทวรรณ ตันเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยอำนวยความสะดวกในด้านการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณพี่ ๆ ห้องธุรการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้เสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านของผู้เขียน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้ ขอขอบคุณ นะ เจฟ และหิว ที่ให้กำลังใจและเป็นที่ยกย่องที่ดี ขอขอบคุณ เพื่อนๆในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พี่ตรี พี่เอ็กซ์ พี่แซร์ ซิกี้ ใฮ้ต เซนต์ และก๊าก ที่ให้การช่วยเหลือ คำปรึกษาและกำลังใจที่ดี ในระหว่างการทำวิจัยมาโดยตลอด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. ชื่อวิทยานิพนธ์.....	1
1.2. คำสำคัญ.....	1
1.3. คำนำ.....	1
บทที่ 2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษาวิจัย.....	3
2.1. วัตถุประสงค์.....	3
2.2. ขอบเขตการวิจัย.....	3
2.3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
3.1. คุณภาพน้ำในทางระบายน้ำ.....	5
3.2. ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในทางระบายน้ำ.....	6
3.2.1. การทับถมของตะกอน.....	6
3.2.2. การแปลงรูปทางชีววิทยา.....	6
3.2.3. การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ.....	10
3.3. ปัจจัยที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ.....	11
3.3.1. สหรัาย.....	11
3.3.2. การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ.....	13
3.3.3. ปลา.....	17
3.3.4. ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ.....	19
3.3.5. น้ำเสียที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำ.....	19
3.4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 4 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย.....	23

	หน้า
4.1. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	23
4.2. รายละเอียดของสถานที่ในการทำวิจัย.....	25
4.3. แผนการทดลอง.....	25
4.4. การดำเนินการวิจัย.....	26
4.4.1. การวัดอัตราการการใช้และผลผลิตออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดจากสาหร่าย.....	26
4.4.2. การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดจากปลา.....	27
4.4.3. การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำในส่วนของน้ำเสีย.....	28
4.4.4. การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำในส่วนของตะกอน บนพื้นทางระบายน้ำ.....	28
4.4.5. การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำที่ทางระบายน้ำ ที่ตั้งอยู่ใกล้คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....	29
4.4.6. การวัดอัตราการถ่ายเทออกซิเจนละลายน้ำ ในส่วนของ การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ.....	29
4.4.7. การสร้างแบบจำลองและเทียบค่า	30
4.4.8. การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง.....	31
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
5.1. ผลการศึกษาอัตราการใช้และผลผลิตออกซิเจนในแต่ละปีวิจัย.....	33
5.1.1. ผลการศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ.....	33
5.1.2. ผลการศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียสังเคราะห์.....	34
5.1.3. ผลการศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากปลา.....	34
5.1.4. ผลการศึกษาอัตราการใช้และผลผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย.....	38
5.2. ผลการศึกษาการนำแบบจำลองมาใช้ในกรณีสมมติ.....	41
5.2.1. กรณีสมมติให้มีแสงแดดจ้าตลอดทั้งวัน.....	41
5.2.2. กรณีสมมติให้มีแสงแดดน้อยมากตลอดทั้งวัน.....	43
5.2.3. กรณีสมมติให้ช่วงเช้ามีแสงแดดจ้าส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดน้อยมาก.....	44
5.2.4. กรณีสมมติให้ช่วงเช้ามีแสงแดดน้อยมากส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดจ้า.....	45
5.3. ผลการศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายผลเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง.....	47
5.3.1. การศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 1	47

5.3.2. การศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 2	49
5.3.3. การศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 3	51
5.3.4. การศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 4	53
5.3.5. การศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 5	55
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	57
6.1. สรุปผลการวิจัย.....	57
6.2. ข้อเสนอแนะ.....	59
รายการอ้างอิง.....	60
ภาคผนวก.....	63
ภาคผนวก ก. ผลการศึกษาอัตราการใช้และผลผลิตออกซิเจนละลายน้ำ ของแต่ละปีวิจัย.....	64
ภาคผนวก ข. ข้อมูลแสดงอัตราที่ได้จากแบบจำลอง ที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในกรณีสมมติ 4 กรณี และที่นำไปเทียบกับการวัดจริง.....	78
ภาคผนวก ค. ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้และผลผลิตออกซิเจนละลายน้ำ ที่ใช้ในแบบจำลอง.....	96
ภาคผนวก ง. รูปแสดงตัวอย่างการนำพารามิเตอร์ไปแทนค่าในแบบจำลอง.....	101
ภาคผนวก จ. รูปแสดงการนับจำนวนปลาในพื้นที่การทำวิจัย.....	103
ภาคผนวก ฉ. ตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ.....	106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	108

สารบัญตาราง

ญ

ตารางที่	หน้า
3.1	7
3.2	13
3.3	17
3.4	18
3.5	18
3.6	20
4.1	26
4.2	28
4.3	28
4.4	29
5.1	33
5.2	35
5.3	36
5.4	37
5.5	39
5.6	41
5.7	42
5.8	44
5.9	44
5.10	46
5.11	47
5.12	48
5.13	49
5.14	50
5.15	51

ตารางที่	หน้า
5.16 ข้อมูลการวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ ของข้อมูลชุดที่ 3.....	52
5.17 พารามิเตอร์ที่ทำการวิจัยเพื่อแทนค่าลงในแบบจำลองของข้อมูลชุดที่ 4.....	53
5.18 ข้อมูลการวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ ของข้อมูลชุดที่ 4.....	54
5.19 พารามิเตอร์ที่ทำการวิจัยเพื่อแทนค่าลงในแบบจำลองของข้อมูลชุดที่ 5.....	55
5.20 ข้อมูลการวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ ของข้อมูลชุดที่ 5.....	56
ก.1 ผลการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ ในแต่ละวัน.....	65
ก.2 ผลการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียสังเคราะห์ ในแต่ละวัน.....	67
ก.3 ผลการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากปลา ในแต่ละวัน.....	69
ก.4 ผลการวัดอัตราการใช้และผลผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย ในแต่ละวัน.....	70
ข.1 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 1 ที่มีแสงแดดจ้าตลอดทั้งวัน.....	79
ข.2 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 2 ที่มีแสงแดดน้อยมากตลอดทั้งวัน.....	82
ข.3 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 3 ที่ช่วงเช้ามีแสงแดดจ้าส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดน้อยมาก.....	85
ข.4 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 4 ที่ช่วงเช้ามีแสงแดดน้อยมากส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดจ้า.....	88
ข.5 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ของข้อมูลชุดที่ 1.....	91
ข.6 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ของข้อมูลชุดที่ 2.....	92
ข.7 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ของข้อมูลชุดที่ 3.....	93
ข.8 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ของข้อมูลชุดที่ 4.....	94
ข.9 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง ของข้อมูลชุดที่ 5.....	95
ค.1 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้และผลผลิตออกซิเจนที่เกิดจาก การแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ.....	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ฎ

ตารางที่	หน้า
ค.2 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ.....	97
ค.3 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียสังเคราะห์.....	98
ค.4 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากปลา.....	99
ค.5 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย.....	99
ค.6 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย.....	100
ด.1 ตัวอย่างประกอบการคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ.....	107



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่	หน้า
3.1 การเปลี่ยนแปลงประจำวันของออกซิเจนละลายน้ำในตออบน (0 – 0.5 เมตร) ของบ่อที่มี แพลงค์ตอนพีชอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง และสูง.....	11
3.2 ระดับออกซิเจนละลายน้ำที่ลดต่ำลง เนื่องจากท้องฟ้ามีครึ้มติดต่อกัน 2 วัน ทำให้สาหร่ายไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้อย่างเต็มที่.....	12
3.3 การหาค่า K_d จากกราฟที่ได้จากการทดลอง.....	16
4.1 การติดตั้งขวดบีโอดีในบ่อ.....	27
5.1 อัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ต่างกัน.....	38
5.2 อัตราการผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอและความเข้มแสงที่ต่างกัน.....	40
5.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 1.....	42
5.4 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 2.....	43
5.5 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 3.....	45
5.6 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 4.....	46
5.7 ผลการทำนายค่าออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของข้อมูลชุดที่ 1.....	48
5.8 ผลการทำนายค่าออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของข้อมูลชุดที่ 2.....	50
5.9 ผลการทำนายค่าออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของข้อมูลชุดที่ 3.....	52
5.10 ผลการทำนายค่าออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของข้อมูลชุดที่ 4.....	54
5.11 ผลการทำนายค่าออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของข้อมูลชุดที่ 5.....	56
ง.1 ตัวอย่างของพารามิเตอร์ที่นำไปแทนค่าในแบบจำลอง.....	102
จ.1 การนับจำนวนปลาในเขตที่1 โดยใช้โปรแกรมตกแต่งภาพ ช่วยในการนับจำนวนปลา.....	104
จ.2 การนับจำนวนปลาในเขตที่2 โดยใช้โปรแกรมตกแต่งภาพ ช่วยในการนับจำนวนปลา.....	104
จ.3 การนับจำนวนปลาในเขตที่3 โดยใช้โปรแกรมตกแต่งภาพ ช่วยในการนับจำนวนปลา.....	105
จ.4 การนับจำนวนปลาในเขตที่4 โดยใช้โปรแกรมตกแต่งภาพ ช่วยในการนับจำนวนปลา.....	105

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ชื่อวิทยานิพนธ์

ภาษาไทย : ปัจจัยที่มีผลต่อออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ

ภาษาอังกฤษ : Factors influencing on dissolved oxygen in drainage channel.

1.2 คำสำคัญ

ออกซิเจนละลายน้ำ, ปัจจัย, การจำลอง, ทางระบายน้ำ

1.3 คำนำ

สิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำ ไม่ว่าจะเป็น ปลา เต่า หรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่นๆ ล้วนต้องการออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเพื่อการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิตในน้ำบริโภคออกซิเจนตลอดเวลาและในขณะเดียวกัน อากาศก็จะถ่ายเทออกซิเจนให้กับน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาเช่นกัน ดังนั้นถ้าอัตราการใช้และการผลิตออกซิเจนละลายน้ำเกิดขึ้นในอัตราเร็วเท่ากันปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำก็จะไม่เกิดขึ้น แต่ถ้าอัตราการใช้สูงกว่าอัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ การขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำก็จะเกิดขึ้น และถ้าเกิดสภาวะการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำขึ้นเป็นเวลานาน สิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำก็จะตกอยู่ในอันตรายและอาจเสียชีวิตได้

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำที่มีอัตราการไหลต่ำและมีการรับน้ำทิ้งจากตึกเป็นช่วงๆ ซึ่งในทางระบายน้ำแห่งนี้มีปลาอาศัยอยู่ค่อนข้างหนาแน่น และปลาที่พบส่วนใหญ่จะเป็นปลานิล สำหรับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในทางระบายน้ำ ที่ทำการศึกษาที่สำคัญคือ ปัญหาเรื่องปลาตาย ซึ่งก่อนที่ปลาจะตายนั้นปลาจะขึ้นมาสูบอากาศบริเวณผิวน้ำ และน้ำในบ่อในขณะนั้นมีค่าความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำต่ำ จึงทำให้ทราบได้ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ น่าจะเนื่องมาจากการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำ ดังนั้นการศึกษาถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มและลดออกซิเจนละลายน้ำ และนำมาสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อให้เกิดความเข้าใจและจะได้สามารถควบคุมให้มีความเข้มข้นออกซิเจนละลาย

น้ำให้เพียงพอซึ่งอาจจะเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาคต่อไปได้ สำหรับปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเพิ่ม และลดความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำมีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน เช่น สหรัย การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ และปลา ซึ่งในแต่ละปัจจัยหลักจะมีปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและมีอิทธิพล เช่น พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ อุณหภูมิ และความเข้มแสง เป็นต้น ซึ่งปัญหาปลาตายที่เกิดขึ้นทำให้ทราบได้ว่าคุณภาพของน้ำในคลองระบายน้ำ มีลักษณะที่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในทางระบายน้ำ และสิ่งแวดล้อมภายนอก

สำหรับแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำมาใช้ในการทำนายปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ ดังนั้นผลที่ได้จากแบบจำลองจึงอาจเป็นแนวทางให้ผู้ที่ดูแลทางระบายน้ำ สามารถควบคุมปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษาวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์

- 2.1.1. เพื่อศึกษาปัจจัยและอิทธิพลที่มีผลต่อการเพิ่ม และลดออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ
- 2.1.2. เพื่อเสนอแนวทางในการป้องกันปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.2 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงแนวทาง ในการแก้ไขปัญหการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ ซึ่งตั้งอยู่บริเวณหน้าสระว่ายน้ำ 50 เมตร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีความต้องการที่จะสร้างรูปแบบทั่วไปของแบบจำลองนี้ และหาค่าที่เฉพาะเจาะจงที่จะใช้ให้กับทางระบายน้ำแห่งนี้ ณ สภาพอากาศที่จำกัด ซึ่งมีขอบเขตการวิจัยเพื่อที่จะทำการวิจัยในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทางระบายน้ำข้างคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้อย่างเหมาะสม และสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

- 2.2.1 กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำ คือ สหรัย การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ปลา ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ และน้ำเสียที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำ
- 2.2.2 ทำการวัดอัตราการลด หรือเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับเวลาโดยจะควบคุมให้ปัจจัยที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำ ทำการส่งผลที่ละปัจจัย ยกเว้นปัจจัยที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำ 1 ปัจจัย คือ การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ซึ่งจะนำค่าอัตราการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำที่ได้ของปัจจัยนี้จากการวิจัยที่ใกล้เคียงกันมาใช้
- 2.2.3 อัตราการลด หรือเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ ที่ได้จากแต่ละปัจจัยจะนำมาผนวกกันเพื่อใช้สร้างเป็นแบบจำลอง

- 2.2.4 กำหนดให้ถังปฏิกรณ์สี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 50x25x30 ซม. และตลอดการวิจัยจะทำการทดลองเป็นแบบที่ละเท
- 2.2.5 ปลาที่นำมาใช้ทำวิจัยเป็นปลานิล เนื่องจากเป็นปลาที่มีอยู่มากในบ่อบ่มของทางระบายน้ำแห่งนี้ ซึ่งจะใช้ปลาจำนวน 4 ตัว มีขนาดความยาวประมาณ 7 เซนติเมตร
- 2.2.6 น้ำเสียที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำจะใช้น้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้สารอินทรีย์ย่อยง่ายเป็นตัวจำลองน้ำเสีย
- 2.2.7 ทำการวิจัยหาอัตราการลด หรือเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับเวลาที่เกิดจากปัจจัยทั้งหมด คือ สหรัย การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ปลา ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ และน้ำเสียที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำโดยการวัดรวม
- 2.2.8 ทำการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองกับผลการปฏิบัติงานของทางระบายน้ำจริง

2.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 2.3.1. ทราบถึงปัจจัยและอิทธิพลที่มีผลต่อการเพิ่ม และลดออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ ในเชิงปริมาณ
- 2.3.2. ทำให้สามารถควบคุมระดับออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 คุณภาพน้ำในทางระบายน้ำ

น้ำในทางระบายน้ำจำเป็นต้องมีคุณภาพน้ำ ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำตามแหล่งน้ำผิวดิน ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่คงสภาพดีเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ และฟื้นฟูคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรม หรือมีแนวโน้มของการเสื่อมโทรมให้มีสภาพที่ดีขึ้น ซึ่งแหล่งน้ำผิวดินสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) คือ

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติ โดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคบริโภคโดยตรงผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
2. การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
3. การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำทิ้งที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคบริโภคโดยตรงผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
2. การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
3. การประมง
4. การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำทิ้งที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
2. การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำทิ้งที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
2. การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำทิ้งที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ทางระบายน้ำที่ใช้เป็นสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งตั้งอยู่บริเวณหน้าสระว่ายน้ำ 50 เมตร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาจจัดได้ว่าเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 เนื่องจากมีการปล่อยน้ำเสียลงในทางระบายน้ำ และยังมีสัตว์น้ำอาศัยอยู่ค่อนข้างหนาแน่น ซึ่งมีค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังตารางที่ 3.1

3.2 ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในทางระบายน้ำ

ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในทางระบายน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

3.2.1 การทับถมของตะกอน

การทับถมของตะกอนเกิดจาก การตกตะกอนและการรวมตะกอนทางชีวะ (Biofloculation) เป็นส่วนใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามยังมีการตกตะกอนที่เกิดจากการรวมตะกอนที่เกิดขึ้นเอง (Autofloculation) และการทับถมที่เกิดโดยสัตว์มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก

3.2.2 การแปลงรูปทางชีววิทยา

การแปลงรูปทางชีววิทยาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อยดังนี้

ตารางที่ 3.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

ดัชนีคุณภาพน้ำ ^{1/}	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด ^{2/} ตามการแบ่ง				
			ประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1.สี กลิ่นและรส (Colour, Odour and Taste)	-	-	ก	ก'	ก'	ก'	-
2.อุณหภูมิ (Temperature)	°ซ	-	ก	ก'	ก'	ก'	-
3.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	ก	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	-
4.ออกซิเจนละลาย (DO) ^{2/}	มก./ล.	P20	ก	6.0	4.0	2.0	-
5.บีโอดี (BOD)	มก./ล.	P80	ก	1.5	2.0	4.0	-
6.แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ก	5,000	20,000	-	-
7.แบคทีเรียกลุ่มฟิเคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ก	1,000	4,000	-	-
8.ไนเตรต (NO ₃) ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ก	5.0		-	
9.แอมโมเนีย (NH ₃) ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ก	0.5		-	
10.ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	-	ก	0.005		-	
11.ทองแดง (Cu)	มก./ล.	-	ก	0.1		-	
12.นิกเกิล (Ni)	มก./ล.	-	ก	0.1		-	
13.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	-	ก	1.0		-	
14.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	-	ก	1.0		-	
15.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	-	ก	0.005* 0.05**		-	
16.โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)	มก./ล.	-	ก	0.05		-	
17.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	-	ก	0.05		-	
18.ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก./ล.	-	ก	0.002		-	
19.สารหนู (As)	มก./ล.	-	ก	0.01		-	
20.ไซยาไนด์ (Cyanide)	มก./ล.	-	ก	0.005		-	

ตารางที่ 3.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

ดัชนีคุณภาพน้ำ ^{1/}	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด ^{2/} ตามการแบ่ง				
			ประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
21.กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) -ค่ารังสีแอลฟา(Alpha) -ค่ารังสีเบตา(Beta)	เบคเคอเรล/ล.	-	ธ		0.1 1.0		-
22.สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	มก./ล.	-	ธ		0.05		-
23.ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		1.0		-
24.บีเฮกซ์คลอรีนแอลฟา (Alpha-BHC)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		0.02		-
25.ดีลด์ริน (Dieldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		0.1		-
26.อัลดริน (Aldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		0.1		-
27.เฮปตาคลอริลและเฮปตาคลออีปอกไซด์ (Heptachor & Heptachlorepoxide)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		0.2		-
28.เอนดริน (Endrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

หมายเหตุ ;

^{1/}กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

^{2/} ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ'อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO₃ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO₃ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ซ องศาเซลเซียส

P 20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

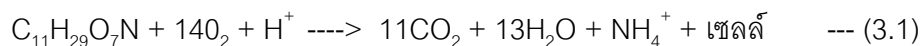
P 80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

1.) แอโรบิคออกซิเดชัน

ในทางระบายน้ำสารอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียในสภาวะที่มีออกซิเจน ดังสมการต่อไปนี้



ออกซิเดชันของ NH_3 เป็น NO_3^- เกิดได้ยากมากเพราะว่า NH_3 จะกลายเป็นก๊าซแยกออกจากน้ำ ถูกใช้ไปโดยสาหร่ายหรือตกตะกอนในระหว่างพีเอชสูง ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่ต้องการเพื่อที่จะออกซิไดซ์สารอินทรีย์จะประมาณจากสมการที่ 3.1 ได้เท่ากับ 1.56 เท่าของน้ำหนักสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์

เมื่อพีเอชมากกว่า 7 NH_4^+ จะแตกตัวเป็น NH_3 กับ H^+ ซึ่ง NH_3 จะแยกตัวออกจากน้ำดังสมการที่ 3.2



2.) การย่อยแบบแอนแอโรบิค

การย่อยแบบแอนแอโรบิค เป็นการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งให้เป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งธรรมชาติของการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบแอนแอโรบิคแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนคือ กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) กระบวนการอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis) กระบวนการอะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis) และกระบวนการสร้างมีเทน (Methanogenesis)

ในกระบวนการย่อยแบบแอนแอโรบิคนี้จะต้องมีบัฟเฟอร์เพียงพอ มิฉะนั้นกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะทำให้พีเอชลดลง จนแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนไม่สามารถทนได้ และเกิดการล้มเหลวของกระบวนการขึ้น (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2534)

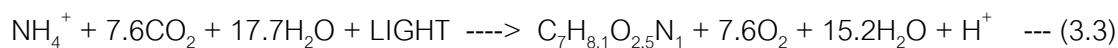
3.) การสังเคราะห์แสง

การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายถือได้ว่า เป็นแหล่งสำคัญของออกซิเจนสำหรับแอโรบิคออกซิเดชัน ซึ่งสาหร่ายเป็นจุลินทรีย์ที่มีคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เมื่อได้รับแสงมันสามารถใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตสาหร่ายใหม่ออกมาและในขณะเดียวกันก็จะให้ออกซิเจนออกมาด้วย สำหรับสูตรทางเคมีของสาหร่ายมีหลายแบบด้วยกัน เช่น $C_7H_{8.1}O_{2.5}N_1$ และ

$C_{106}H_{180}O_{45}N_{16}P$ เป็นต้น (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2534)

ปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงของสาหร่ายอาจเขียนได้ดังนี้

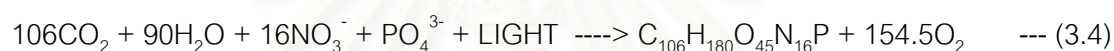
สาหร่าย



จากปฏิกิริยาที่ได้จากสมการที่ 3.3 จะได้ว่าในการผลิตออกซิเจน 1 กรัม จะเกิดสาหร่ายขึ้นมาใหม่ 0.60 กรัม

หรือในกรณีที่ใช้สูตรของสาหร่ายเป็น $C_{106}H_{180}O_{45}N_{16}P$ ก็อาจเขียนปฏิกิริยาได้ดังนี้

สาหร่าย



จากปฏิกิริยาที่ได้จากสมการที่ 3.4 จะได้ว่า อัตราส่วนระหว่างปริมาณออกซิเจนที่ผลิตได้ กับสาหร่ายใหม่ที่เกิดขึ้นแตกต่างกันออกไปคือ ในการผลิตออกซิเจน 1 กรัม จะเกิดสาหร่ายใหม่ 0.50 กรัม

3.2.3 การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ

อัตราการถ่ายเทออกซิเจนที่เต็มเข้าไปตรงผิวสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ อาจประมาณได้จากสมการที่ 3.5 (มันลิน ตันทุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544)

$$\frac{dD}{dt} = -K_d D \quad (3.5)$$

โดยที่ $\frac{dD}{dt}$ = อัตราการถ่ายเทออกซิเจน (มก./ชม.)

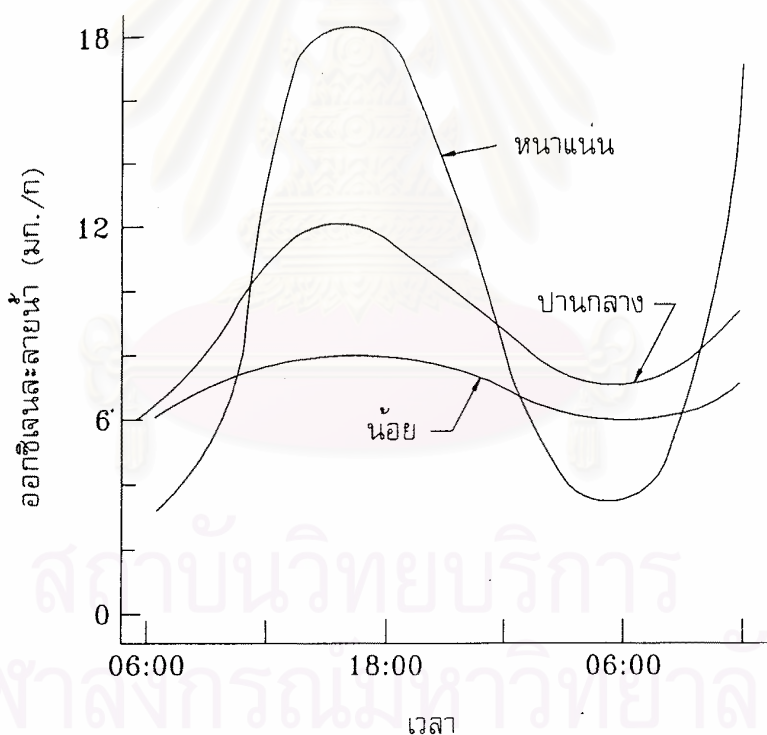
K_d = สัมประสิทธิ์รวมของการถ่ายเท (ชม.⁻¹)

D = ระดับออกซิเจนที่ต่างจากจุดอิ่มตัว (มก./ล.)

3.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ

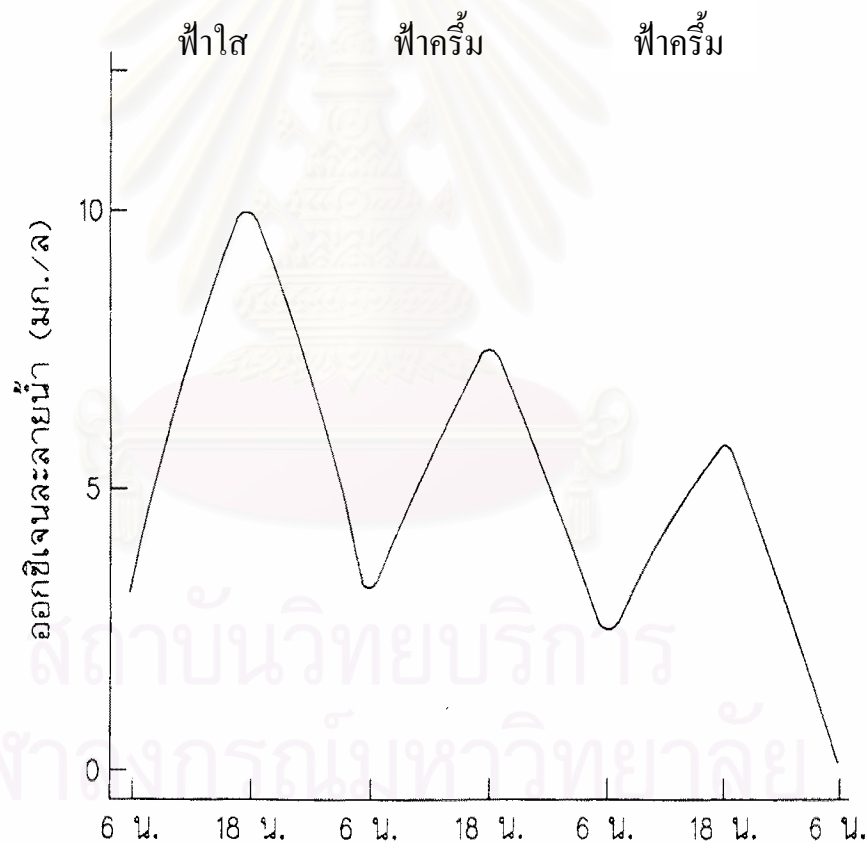
3.3.1 สาหร่าย

สาหร่ายที่อยู่ในทางระบายน้ำถือได้ว่าเป็นแพลงค์ตอนพืชชนิดหนึ่ง ซึ่งพวกแพลงค์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่มีสีเขียวของคลอโรฟิลล์ และสามารถผลิตออกซิเจนได้จากการสังเคราะห์แสง ซึ่งอัตราเร็วของปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงนั้นขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายและความเข้มแสง (มันสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544) ถ้าสมมติว่ามีความเข้มแสงคงที่ ออกซิเจนที่ผลิตได้โดยการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของสาหร่ายดังแสดงในรูปที่ 3.1 และความหนาแน่นของสาหร่ายจะเป็นตัวกำหนดระยะส่องทะลุของแสง จึงปรากฏอยู่เสมอว่ามีสาหร่ายอย่างอุดมสมบูรณ์อยู่เฉพาะในน้ำระดับตื้น ๆ เท่านั้นและออกซิเจนละลายน้ำก็พบได้มากในระดับดังกล่าว



รูปที่ 3.1 การเปลี่ยนแปลงประจำวันของออกซิเจนละลายน้ำในตอนบน (0 – 0.5 เมตร) ของบ่อที่มี แพลงค์ตอนพืชอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับตื้น ปานกลาง และสูง (มันสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544)

สืบเนื่องมาจากอิทธิพลของการหายใจและการสังเคราะห์แสง รวมทั้งอัตราการถ่ายเทออกซิเจนอย่างเชื่องช้า จึงทำให้ออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา กล่าวคือ ระดับออกซิเจนจะมีค่าต่ำที่สุดในช่วงใกล้สว่างและเพิ่มขึ้นในช่วงกลางวัน จนกระทั่งมีค่าสูงสุดในช่วงบ่าย จากนั้นออกซิเจนจะลดต่ำลงในเวลากลางคืน (ดูรูปที่ 3.1 ประกอบ) ซึ่งถ้าทางระบายน้ำมีปริมาณสาหร่ายอุดมสมบูรณ์มากย่อมมีระดับออกซิเจนละลายน้ำสูงมากในช่วงบ่าย แต่การใช้ออกซิเจนของสาหร่ายก็จะมากเช่นกันในเวลากลางคืน ในวันที่มีเมฆหมอกและสลัว การสังเคราะห์แสงย่อมเกิดขึ้นได้น้อย ออกซิเจนละลายน้ำจึงต่ำด้วย ทำให้มีออกซิเจนไม่มากพอที่จะสำรองไว้ใช้ในตอนกลางคืน หากเกิดขึ้นหลายวันติดต่อกันอาจเกิดการขาดแคลนออกซิเจนในน้ำได้ (มันสิน ตันสกุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544) ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ระดับออกซิเจนละลายน้ำที่ลดต่ำลง เนื่องจากท้องฟ้ามีครึ้มติดต่อกัน 2 วัน ทำให้สาหร่ายไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้อย่างเต็มที่ (มันสิน ตันสกุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544)

3.3.2 การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ

ออกซิเจนในอากาศซึ่งมีประมาณ 20.95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (กรีท จิวแฮมม, 2544) เป็นแหล่งจ่ายออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนพื้นโลก ซึ่งออกซิเจนสามารถละลายน้ำถึงจุดอิ่มตัวได้ประมาณ 9.2 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 20 °ซ ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 3.2 ระดับออกซิเจนในน้ำอาจเปลี่ยนแปลงไปจากระดับอิ่มตัวพอดีก็ได้ ถ้ามีออกซิเจนน้อยกว่าจุดอิ่มตัว ออกซิเจนจากอากาศจะเติมให้กับน้ำจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว แต่ถ้ามีออกซิเจนในน้ำสูงกว่าจุดอิ่มตัว ออกซิเจนจะหนีจากน้ำและคายให้กับอากาศ การเคลื่อนที่ของออกซิเจนจะต้องแพร่กระจายผ่านชั้นฟิล์มที่อยู่ระหว่างน้ำและอากาศ แผ่นฟิล์มเป็นความต้านทานต่อการแพร่กระจายออกซิเจน ปัจจัยใด ๆ ที่ช่วยลดความต้านทานต่อการแพร่กระจายของออกซิเจนได้ จะช่วยทำให้ออกซิเจนถึงจุดอิ่มตัวได้เร็วยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3.2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ความดันอากาศ 1 บรรยากาศ ที่อุณหภูมิ และปริมาณความเข้มข้นของคลอไรด์ละลายน้ำค่าต่าง ๆ (Sawyer, McCarty และ Parkin, 1994)

TABLE 21-1
Solubility of dissolved oxygen in water in equilibrium with dry air
at 760 mm Hg and containing 20.9 percent oxygen*

Temperature, °C	Chloride concentration, mg / l				
	0	5000	10,000	15,000	20,000
0	14.6	13.8	13.0	12.1	11.3
1	14.2	13.4	12.6	11.8	11.0
2	13.8	13.1	12.3	11.5	10.8
3	13.5	12.7	12.0	11.2	10.5
4	13.1	12.4	11.7	11.0	10.3
5	12.8	12.1	11.4	10.7	10.0
6	12.5	11.8	11.1	10.5	9.8
7	12.2	11.5	10.9	10.2	9.6
8	11.9	11.2	10.6	10.0	9.4
9	11.6	11.0	10.4	9.8	9.2
10	11.3	10.7	10.1	9.6	9.0
11	11.1	10.5	9.9	9.4	8.8
12	10.8	10.3	9.7	9.2	8.6
13	10.6	10.1	9.5	9.0	8.5
14	10.4	9.9	9.3	8.8	8.3
15	10.2	9.7	9.1	8.6	8.1
16	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0
17	9.7	9.3	8.8	8.3	7.8
18	9.5	9.1	8.6	8.2	7.7
19	9.4	8.9	8.5	8.0	7.6
20	9.2	8.7	8.3	7.9	7.4
21	9.0	8.6	8.1	7.7	7.3
22	8.8	8.4	8.0	7.6	7.1
23	8.7	8.3	7.9	7.4	7.0
24	8.5	8.1	7.7	7.3	6.9
25	8.4	8.0	7.6	7.2	6.7
26	8.2	7.8	7.4	7.0	6.6
27	8.1	7.7	7.3	6.9	6.5
28	7.9	7.5	7.1	6.8	6.4
29	7.8	7.4	7.0	6.6	6.3
30	7.6	7.3	6.9	6.5	6.1

สำหรับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่จุดอิ่มตัว (DO_s) จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม และความดัน ซึ่งถ้าเป็นน้ำที่ปราศจากความเค็มหรือไม่มีคลอไรด์เลย ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่จุดอิ่มตัวสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการของความสัมพันธ์ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ที่ระดับน้ำทะเล ดังสมการที่ 3.6 (APHA, 1998)

$$DO_s = \text{Exp} \{ -139.34411 + [(1.575701 \times 10^5)/T] - [(6.642308 \times 10^7)/T^2] + [(1.243800 \times 10^{10})/T^3] - [(8.621949 \times 10^{11})/T^4] \} \quad \text{--- (3.6)}$$

โดยที่ T = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

$$T(^{\circ}\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.150 \quad \text{--- (3.7)}$$

โดยที่ $T(^{\circ}\text{K})$ = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

$$T(^{\circ}\text{C}) = \text{อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)}$$

ปัจจัยที่ทำให้มีการถ่ายเทของออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศคือ ความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในอากาศและในน้ำ (มันซิน ตันทูลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544) เมื่อมีสมดุลเกิดขึ้นระหว่างออกซิเจนในน้ำและอากาศ ดังเช่นที่เกิดในธรรมชาติจะไม่มีมีการถ่ายเทออกซิเจนเกิดในระหว่างน้ำและอากาศ แต่ถ้ามีเหตุการณ์ทำให้สูญเสียสมดุล ออกซิเจนจะถูกถ่ายเทจากแหล่งที่มีออกซิเจนมากกว่าสมดุลไปให้กับแหล่งอื่นเสมอ

$$\text{ถ้าให้ } D = DO_s - DO_M \quad \text{--- (3.8)}$$

โดยที่ DO_s = ออกซิเจนละลายน้ำที่จุดอิ่มตัว (มก./ล.)

$$DO_M = \text{ออกซิเจนละลายน้ำที่วัดได้ (มก./ล.)}$$

$$D = \text{ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ต่างจากจุดอิ่มตัว (มก./ล.)}$$

ถ้า DO_M ต่ำกว่า DO_s แสดงว่า ออกซิเจนละลายน้ำยังไม่ถึงจุดอิ่มตัว ออกซิเจนในอากาศจะเพิ่มให้กับน้ำ ถ้า DO_M สูงกว่า DO_s แสดงว่าออกซิเจนละลายน้ำมีเกินจุดอิ่มตัว ออกซิเจนในน้ำจะถ่ายเทให้กับอากาศ ซึ่งออกซิเจนจะเคลื่อนตัวเข้าหรือออกจากน้ำโดยผ่านชั้นฟิล์มบาง ๆ ที่อยู่ระหว่างรอยเชื่อมต่อระหว่างน้ำและอากาศ อัตราการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศขึ้นกับค่า D ซึ่งเป็นความแตกต่างจากระดับอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำ ถ้า D สูงอัตรา

การถ่ายเทออกซิเจนก็ยิ่งสูงตาม นั่นคือ แรงผลักดันที่ทำให้เกิดการถ่ายเทออกซิเจนคือระดับออกซิเจนที่ต่างจากจุดอิ่มตัว(D)นอกจากนี้ ปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทออกซิเจน ได้แก่ พื้นที่ผิวสัมผัสของน้ำและอากาศ อุณหภูมิ และเวลาสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ (มันลีน ตันทูลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544)

อัตราการถ่ายเทออกซิเจน ($\frac{dD}{dt}$) อาจเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ 3.5 ดังนี้

$$\frac{dD}{dt} = -K_d D \quad \text{--- (3.5)}$$

โดยที่ K_d เป็นสัมประสิทธิ์รวมของการถ่ายเทออกซิเจน ซึ่งขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัส อุณหภูมิ และเวลาสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ (มันลีน ตันทูลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544)

$$K_d = \frac{K \cdot t \cdot A}{V} \quad \text{--- (3.9)}$$

โดยที่ K = ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับความปั่นป่วนของน้ำ (ม./ชม.²)

A = พื้นที่ผิวรวมสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ (ตร.ม.)

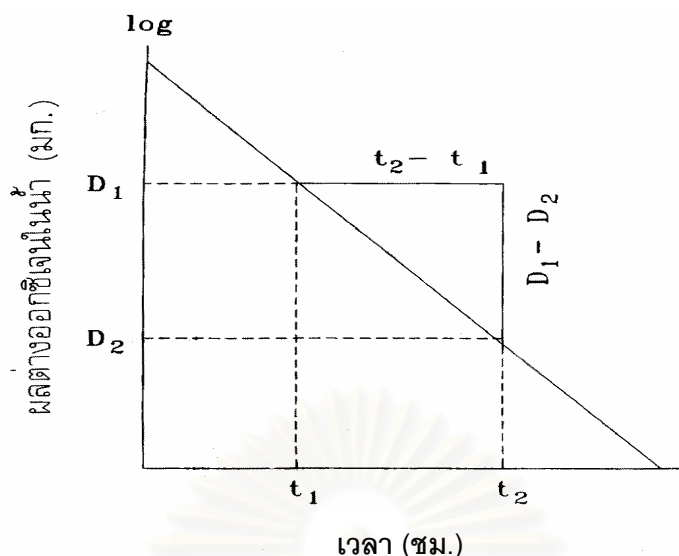
V = ปริมาตรน้ำที่มีการถ่ายเทออกซิเจน (ลบ.ม.)

t = เวลาสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ (ชม.)

ค่า A แปรเปลี่ยนไปตามความปั่นป่วนของน้ำ และไม่มีค่าตัวใดที่สามารถวัดได้โดยตรง (มันลีน ตันทูลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544) การคำนวณค่า K_d จึงใช้วิธีแบบเอมไพริคัล โดยใช้หลักคณิตศาสตร์จากการอินทิเกรตให้กับสมการที่ 3.3 ระหว่างเวลา t_1 และ t_2 จะได้ดังสมการที่ 3.10

$$K_d = \frac{\ln D_1 - \ln D_2}{t_1 - t_2} \quad \text{--- (3.10)}$$

เมื่อทดลองเติมอากาศให้กับน้ำที่ไม่มีออกซิเจนละลายน้ำเลย ($DO_M = 0$) และวัดออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ กราฟที่พล็อตระหว่าง เวลาและออกซิเจนละลายน้ำ บนกราฟแบบ Semi - log จะได้เส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ K_d ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การหาค่า K_d จากกราฟที่ได้จากการทดลอง (มันลิน ตันฑุลเวศม์ และ ไพพรรณพรประภา, 2544)

อัตราการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศอาจหาได้จากความสัมพันธ์ในรูปอื่นอีก ดังสมการที่ 3.11 ซึ่งในตารางที่ 3.3 ได้แสดงตัวอย่างของค่า K_d^* จากแหล่งต่าง ๆ

$$\frac{dD}{dt} = K_d^* A \quad \text{--- (3.11)}$$

โดยที่ $\frac{dD}{dt}$ = อัตราการถ่ายเทออกซิเจน (มก./ชม.)

K_d^* = อัตราการถ่ายเทออกซิเจนต่อหน่วยพื้นที่ (ก.ออกซิเจน/ตร.ม.-ชม.)

A = พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ (ตร.ม.)

การวัดอัตราการถ่ายเทออกซิเจนของน้ำในบ่อไม่สามารถกระทำได้ง่าย เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของระดับออกซิเจนเกิดขึ้นตลอดเวลา ในช่วงเช้าตรู่ออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำต่ำกว่าจุดอิ่มตัวเนื่องจากการใช้ออกซิเจนในเวลากลางคืน ต่อมาในช่วงบ่ายกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชผลิตออกซิเจนให้กับน้ำมาก จนกระทั่งทำให้มีความเข้มข้นสูงกว่าจุดอิ่มตัวด้วยเหตุนี้ น้ำจึงรับออกซิเจนจากอากาศในช่วงเช้า และปล่อยออกซิเจนให้กับอากาศในช่วงบ่าย (มันลิน ตันฑุลเวศม์ และ ไพพรรณพรประภา, 2544)

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างค่า K_d^* จากแหล่งต่าง ๆ (มันลิน ตันทูลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544)

แหล่งที่มา	K_d^* ก.ออกซิเจน / ตร.ม.-ชม.
1. น้ำนิ่งในถังทดลอง	0.03 - 0.08
2. น้ำปั่นป่วนในถังทดลอง	0.74
3. บ่อปลาในอิสราเอล	0.01 - 0.05
4. บ่อปลาในรัฐจอร์เจีย	0.1 - 0.5
5. บ่อปลาลึก 1 เมตร	0.01 - 0.05

3.3.3 ปลา

สัตว์น้ำส่วนใหญ่ต้องการปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอย่างน้อย 1 มก./ล. เพื่อมีชีวิตรอด โดยระดับที่เหมาะสมหรือเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป เช่น ความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่า 2 – 3 มก./ล. เป็นระดับที่อันตรายสำหรับปลาที่อาศัยอยู่ในเขตหนาว ขณะที่ปลาในเขตร้อนจะเป็นอันตรายเมื่อมีความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่า 0.5 – 1.0 มก./ล. อย่างไรก็ตามปลาที่อยู่ในเขตร้อนจะเริ่มเครียด (Stress) เมื่อมีความเข้มข้นออกซิเจนน้ำต่ำกว่า 2 มก./ล. ยกเว้นปลาบางชนิด เช่น ปลาหมอ ปลาสลิค ปลาช่อน และปลาดุก ซึ่งปลาเหล่านี้มีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจ จึงสามารถดึงก๊าซออกซิเจนจากอากาศได้โดยตรง ทำให้สามารถอยู่ได้ในสภาพที่มีความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (วิรัช จิวแหยม, 2544) อย่างไรก็ตามปริมาณออกซิเจนน้ำที่ปริมาณต่าง ๆ ก็ส่งผลกระทบต่อปลาต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3.5

ปลานิลสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างตั้งแต่ 11 – 42 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียสได้ นอกจากนี้ปลานิลยังมีความคงทนต่อสภาพความเป็นกรดเป็นด่างได้ดี โดยสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วง พีเอช 6.5 – 8.5 ได้ (ปัญญา โพธิ์รัฐรัตน์, 2530) ซึ่งตารางที่ 3.6 ได้แสดงถึงระดับพีเอชค่าต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อปลา สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุดที่ทำให้ปลานิลตายมีค่า 0.8 – 1.2 มก./ล. (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ อ้างถึงใน ศักดิ์ชัย ชูโชติ, 2536)

ตารางที่ 3.4 อิทธิพลของระดับออกซิเจนละลายน้ำที่มีต่อปลา ที่ปริมาณความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำค่าต่าง ๆ (มันลิน ตันฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544)

ออกซิเจนละลายน้ำ	อิทธิพลที่มีต่อปลา
< 1 มก./ล.	อาจถึงตายถ้าเกิดขึ้นเป็นเวลานานหลาย ๆ ชั่วโมง
1 - 5 มก./ล.	ปลามีชีวิตอยู่ได้ แต่ถ้าเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปลาจะเจริญเติบโตช้า และไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ดี
> 5 มก./ล. แต่ไม่เกินระดับอิ่มตัว	เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์

อัตราการบริโภคออกซิเจน (การหายใจ) ของปลาแปรเปลี่ยนไปตามประเภท และขนาดของปลา คุณภูมิของน้ำและปัจจัยอื่น ๆ เช่น ที่อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ปลาดุกขาว (White Catfish) ที่กำลังว่ายน้ำใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นจาก 60 มก./กก.-ชม. ที่อุณหภูมิ 11 °ซ เป็น 276 มก./กก.-ชม. ที่อุณหภูมิ 25 °ซ (มันลิน ตันฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544) ทั้งนี้การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำจะมีผลทำให้เมตาโบลิซึมของร่างกายปลาเพิ่มขึ้น ปลาจึงจำเป็นต้องใช้ปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น (นันทาวดี กิตติศรี, 2535)

ตารางที่ 3.5 อิทธิพลที่มีต่อปลาที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (มันลิน ตันฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา , 2544)

ระดับพีเอช	อิทธิพลที่มีต่อปลา
ต่ำกว่า 4	ตาย
4 - 5	ไม่สืบพันธุ์
4 - 6	เติบโตช้า
6.5 - 9	เติบโตได้ดี
9 - 11	เติบโตช้า
9.5 - 11	ไม่สืบพันธุ์
สูงกว่า 11	ตาย

เพื่อประโยชน์ในการคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ปลาต้องใช้ SCHROEDER ได้เสนอสูตรการคำนวณไว้ดังนี้ (มันสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544)

$$Y = 0.001W^{0.82} \quad \text{---(3.12)}$$

โดยที่ Y = ออกซิเจนที่ปลาใช้ในการหายใจในน้ำที่มี

อุณหภูมิ 20 – 30 °ซ (กรัม/ชม.)

W = น้ำหนักของปลา (กรัม)

3.3.4 ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ

น้ำในทางระบายน้ำ ถ้าไม่มีการหมุนเวียนเพื่อกระจายออกซิเจนไปยังน้ำระดับลึก ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำในชั้นล่างจะลดลงเรื่อย ๆ ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินโคลนบนพื้นทางระบายน้ำใช้ออกซิเจนในกระบวนการย่อยสลาย โดยไม่มีการผลิตออกซิเจนขึ้นมาทดแทน จนในที่สุดบริเวณดังกล่าวจะอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งอัตราการใช้ออกซิเจนของตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณแพลงค์ตอนที่เกิดขึ้นในบ่อ (วิรัช จิวแหยม, 2544) ทั้งนี้เนื่องจากแพลงค์ตอนมีวงจรชีวิตสั้น ดังนั้นถ้าแพลงค์ตอนที่เกิดขึ้นหนาแน่นบริเวณผิวน้ำและตายภายในระยะเวลาอันสั้น ตกตะกอนและสะสมอยู่บริเวณก้นทางระบายน้ำ จนในที่สุดจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ ทำให้มีการใช้ออกซิเจนของตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำเกิดขึ้น

สำหรับการวัดค่าความต้องการออกซิเจน ของตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำให้ได้ถูกต้อง เป็นที่น่าเชื่อถือไม่สามารถทำได้โดยง่าย ความต้องการออกซิเจนของตะกอนก้นบ่อจึงอาจจะถูกสมมติให้มีค่าประมาณ 61 มก./ตร.ม.-ชม. (มันสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544)

3.3.5 น้ำเสียที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำ

น้ำที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำนอกจากจะเป็นน้ำทิ้งทั่วไปแล้ว ยังมีน้ำเสียที่มาจากอาคารที่อยู่ติดกับทางระบายน้ำอีกด้วย เนื่องจากในทางระบายน้ำไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่ชัดได้ว่ามีน้ำเสียไหลเข้ามาจากจุดใดบ้าง และไม่ทราบปริมาณการระบิโอดีที่แน่ชัด การวิจัยในครั้งนีจึงใช้น้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้สารอินทรีย์ย่อยง่ายเป็นตัวจำลองน้ำเสียแทนน้ำเสียจริง

ตารางที่ 3.6 ความต้องการออกซิเจนของตะกอนก้นบ่อจากแหล่งต่าง ๆ (มันดิน ตัดทูลเวศม์ และ
ไพพรรณ พรประภา, 2544)

แหล่งที่มา	อัตราการบริโภคออกซิเจน มก./ตร.ม.-ชม.
1. บ่อปลารัฐอลาบามาบ่อที่1	8 - 70
2. บ่อปลารัฐอลาบามาบ่อที่2	20 - 114
3. บ่อปลาในอิสราเอล	42 - 125
4. ค่าเฉลี่ยจากข้อมูล 2 แหล่ง	61

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Portielje และ Lijklema (1995) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดจากการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ และสาหร่ายต่อสมดุลออกซิเจนในบ่อขุด โดยกำหนดปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสมดุลออกซิเจนที่ทำการศึกษาคือ การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ การผลิตออกซิเจนของสาหร่าย ออกซิเจนที่ใช้ในกระบวนการหายใจ และความต้องการออกซิเจนของตะกอนก้นบ่อ โดยจากการศึกษาพบว่า อัตราการผลิตออกซิเจนจากสาหร่ายในชั้นน้ำและก้นบ่อมีค่า 0.12 กรัม ออกซิเจน/ลบ.ม.-ชม. และ 0.76 กรัม ออกซิเจน/ตร.ม.-ชม. ตามลำดับ อัตราการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจในชั้นน้ำและก้นบ่อมีค่า 0.032 กรัม ออกซิเจน/ลบ.ม.-ชม. และ 0.078 กรัม ออกซิเจน/ตร.ม.-ชม. อัตราการใช้ออกซิเจนของตะกอนก้นบ่อมีค่า 0.75 กรัม ออกซิเจน/ลบ.ม.-ชม. สำหรับอัตราการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศมีค่า K_d เท่ากับ 0.006 ชม.^{-1} ที่ความเร็วลมน้อยกว่า 1.1 เมตร/วินาที และ $0.0387W - 0.0377 \text{ ชม.}^{-1}$ ที่ความเร็วลมมากกว่า 1.1 เมตร/วินาที เมื่อ W คือความเร็วลมมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

Kayombo และคณะ (2000) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองเพื่อที่จะนำมาอธิบายผลที่เกิดจาก ความเข้มแสง พีเอช อุณหภูมิ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ส่งผลต่อกระบวนการเพิ่มและลดออกซิเจนละลายน้ำในบ่อแพคัลเทที่ฟบ่อที่ 2 โดยกำหนดปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเพิ่มความเข้มข้นออกซิเจนละลายในน้ำ คือ น้ำเสียจากบ่อแพคัลเทที่ฟบ่อแรก และกระบวนการสังเคราะห์แสง ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดความเข้มข้นออกซิเจนละลายในน้ำ คือ ปฏิกริยาออกซิเดชัน และกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ สำหรับปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ คือ การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ได้สมมติว่ามีค่าน้อยมากและไม่นำมาคิดในแบบจำลองนี้ โดยจากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิ ความเข้มแสง และพีเอช มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง ความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงในช่วงกลางวันและลดต่ำลงในช่วงกลางคืน เนื่องมาจากความเข้มแสงที่เปลี่ยนไป และออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดขึ้นมีค่า 1.599 มก.ของออกซิเจนละลายน้ำ/มก.ของน้ำหนักแห้งของสาหร่าย หรือคิดเป็น 35.905 มก.ของออกซิเจนละลายน้ำ/มก.ของchlorophyll-a และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับบ่อ ในส่วนของการทำนายผลของออกซิเจนละลายที่เกิดขึ้นได้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน(Regression coefficient) เท่ากับ 0.87

Kayombo และคณะ (2002) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบ่อปรับเสถียร (Stabilization Ponds) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ส่งผลต่อกันอย่างไรและเพื่อคำนวณหาอัตราการเพิ่มและลดออกซิเจนละลาย

น้ำ สำหรับพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ และความเข้มข้นแสง โดยจากการศึกษาพบว่า พีเอชสามารถนำมาเป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ โดยถ้าพีเอชมีค่าสูงกว่า 8 การผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นนั้น จะใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการหายใจ และการย่อยสลายจนหมด แต่ถ้าพีเอชต่ำกว่า 8 กระบวนการสังเคราะห์แสงจะไม่สามารถใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ทั้งหมด ทำให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลืออยู่มาก และจากการศึกษายังพบอีกว่าที่พีเอชสูงกว่า 8 มีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียอยู่สูงซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง เนื่องจากสาหร่ายซึ่งเป็นปัจจัยหลัก ในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจากกระบวนการสังเคราะห์แสงได้รับพิษจากแอมโมเนีย สำหรับอัตราการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.02 - 0.36 มก./ลิตร-ชม. และอัตราการลดออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.016 - 0.435 มก./ลิตร-ชม.

Böhme (2004) ได้ทำการศึกษการผลิตและใช้ออกซิเจนโดยมีแพลงค์ตอนพืชเป็นปัจจัยหลัก เพื่อที่จะวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ และเพื่อประมาณการผลิตและใช้ออกซิเจนในแม่น้ำสปรี (River Spree) ตอนล่าง ที่กรุงเบอร์ลิน ประเทศเยอรมัน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ในปี ค.ศ. 1989 มีอัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.1 มก./ลิตร-วัน และมีอัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 มก./ลิตร-วัน ซึ่งปัจจัยสำคัญในการผลิตออกซิเจนคือพวกแพลงค์ตอนพืช และปัจจัยสำคัญในการใช้ออกซิเจนคือกระบวนการหายใจในชั้นตะกอน

Mitnik (2002) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำโดยการใช้แบบจำลองของบ่อในลุ่มแม่น้ำแอนดอสคอกกิน (River Androscoggin) ซึ่งตั้งอยู่ในประเทศเยอรมัน และได้กำหนดขอบเขตของพื้นที่ทำการศึกษเฉพาะบริเวณบ่อกัฟไอส์แลนด์ (Gulf Island Pond) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าอัตราต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในแบบจำลองมีค่าดังนี้คือ อัตราการใช้ออกซิเจนของตะกอนมีค่า 0.5 ก./ตร.ม.-วัน อัตราการใช้ออกซิเจนของสาหร่ายมีค่า 2 มก. ของออกซิเจน/มก. ของคลอโรฟิล เอ และอัตราการผลิตออกซิเจนของสาหร่ายมีค่า 1.6 มก. ของออกซิเจน/มก. ของคลอโรฟิล เอ

Mitnik (2004) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำโดยการใช้แบบจำลองในแม่น้ำอารูสทูก (River Aroostook) โดยทำการศึกษตั้งแต่เมืองแอสแลนด์จนถึงพรมแดนระหว่างประเทศอเมริกาและแคนาดา รวมระยะทาง 58 ไมล์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าอัตราต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในแบบจำลองมีค่าดังนี้คือ อัตราการใช้ออกซิเจนของตะกอนมีค่า 10 - 150 มก./ตร.ฟุต-วัน อัตราการใช้ออกซิเจนของสาหร่ายมีค่า 2 มก. ของออกซิเจน/มก. ของคลอโรฟิล เอ และอัตราการผลิตออกซิเจนของสาหร่ายมีค่า 20 มก. ของออกซิเจน/มก. ของคลอโรฟิล เอ

บทที่ 4

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

4.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- 4.1.1. ถังปฏิกรณ์สี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 50x25x30 ซม. พร้อมฝาปิดที่มีรูด้านบน สามารถเปิด-ปิดได้
- 4.1.2. เครื่องวัด pH อุณหภูมิ และ DO
- 4.1.3. เครื่องวัดความเข้มแสง
- 4.1.4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 4.1.5. จานระเหย
- 4.1.6. เตาเผา ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 550 ± 50 °ซ
- 4.1.7. ตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 103 - 105 °ซ
- 4.1.8. เครื่องอิงไอน้ำ
- 4.1.9. เดซิเคเตอร์ (Desiccator)
- 4.1.10. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 4.1.11. กระดาษกรอง Whatman GF/C เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร
- 4.1.12. เครื่องกรองบุคเนอร์ ความจุ 100 มิลลิลิตร
- 4.1.13. เครื่องดูดอากาศ
- 4.1.14. ขวดบีโอดี ขนาด 300 ลบ.ซม. ที่มีฝาแก้วปิด
- 4.1.15. ขวดวัดปริมาตรขนาด 200 ลบ.ซม.
- 4.1.16. ขวดรูปกรวยขนาด 500 ลบ.ซม.

- 4.1.17. บิวเรต
- 4.1.18. หลอดย่อยสลายน ขนาด 16 x 100 มม. ที่มีฝาเกลียวชนิดที่เอพี
- 4.1.19. ขีตติงบล็อด ลึก 45 – 50 มม. มีรูพอดีกับหลอดย่อยสลายน ขนาด 16 x 100 มม.
- 4.1.20. ตู้เพาะเชื้อ ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20 ± 1 °ซ
- 4.1.21. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 4.1.22. อุปกรณ์ตัดเนื้อเยื่อ
- 4.1.23. เครื่องหมุนเหวี่ยง
- 4.1.24. อุปกรณ์ยึดขวดบีโอดี
- 4.1.25. ฝาครอบทรงพีระมิด ขนาด 45 x 45 x 45 เซนติเมตร
- 4.1.26. สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.1 N ($K_2Cr_2O_7$)
- 4.1.27. สารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4)
- 4.1.28. สารละลายเฟอร์โรอิน อินดิเคเตอร์
- 4.1.29. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$)
- 4.1.30. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
- 4.1.31. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$)
- 4.1.32. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)
- 4.1.33. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$)
- 4.1.34. สารละลายกรดและสารละลายต่าง 1 N
- 4.1.35. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.25 N (Na_2SO_3)
- 4.1.36. 2-chloro-6-pyridine

- 4.1.37. สารละลายกลูโคส – กลูตามิกแอซิด
- 4.1.38. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4$)
- 4.1.39. สารละลายอัลคาไลด์ – ไอโอไดด์ – เอไซด์
- 4.1.40. น้ำแข็ง
- 4.1.41. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$)
- 4.1.42. สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไปโอไอเดต ($KH(IO_3)_2$)
- 4.1.43. สารละลายโปตัสเซียมฟลูออไรด์ (KF)
- 4.1.44. สารแขวนลอยแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$)
- 4.1.45. สารละลายอะซีโตน (C_3H_6O)

4.2 รายละเอียดของสถานที่ในการทำวิจัย

ทางระบายน้ำที่ทำการวิจัย เป็นทางระบายน้ำที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นแบบสี่เหลี่ยมคางหมูและมีปลานิลอาศัยอยู่ค่อนข้างหนาแน่น ตั้งอยู่บริเวณหน้าสระว่ายน้ำ 50 เมตร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับน้ำที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำแห่งนี้จะมีทั้งน้ำเสียจากอาคารและน้ำทิ้งภายในมหาวิทยาลัย เนื่องจากทางระบายน้ำแห่งนี้มีขนาดยาวมากประมาณ 130 เมตร ผู้ทำการวิจัยจึงแบ่งช่วงในการทำวิจัยออกมาเพียงส่วนหนึ่งซึ่งมีความยาว 13.35 เมตร และมีรายละเอียดของหน้าตัดทางระบายน้ำ คือ มีความสูง 1.2 เมตร ความกว้างที่พื้นทางระบายน้ำ 1.4 เมตร มีค่าความชันของตลิ่งเท่ากับ 1:1

4.3 แผนการทดลอง

- 4.3.1 เก็บตัวอย่างน้ำ และทำการหาอัตราการเพิ่มหรือลดออกซิเจนละลายน้ำของปัจจัยที่มีผลต่อออกซิเจนละลายน้ำ คือ สำหรับราย ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ ปลา และน้ำเสียในทางระบายน้ำ ในห้องปฏิบัติการ และที่ทางระบายน้ำโดยการวัดอิทธิพลของแต่ละปัจจัย ยกเว้นปัจจัยที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำ 1 ปัจจัย คือ การถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ จะนำค่าอัตราการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากการวิจัยที่ใกล้เคียงกันมาใช้

- 4.3.2 สร้างแบบจำลองจากอัตราข้างต้น เพื่อตรวจสอบสมดุลมวลของออกซิเจนละลายน้ำ
- 4.3.3 วัดค่าออกซิเจนละลายน้ำจริงในทางระบายน้ำข้างคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และนำมาเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง

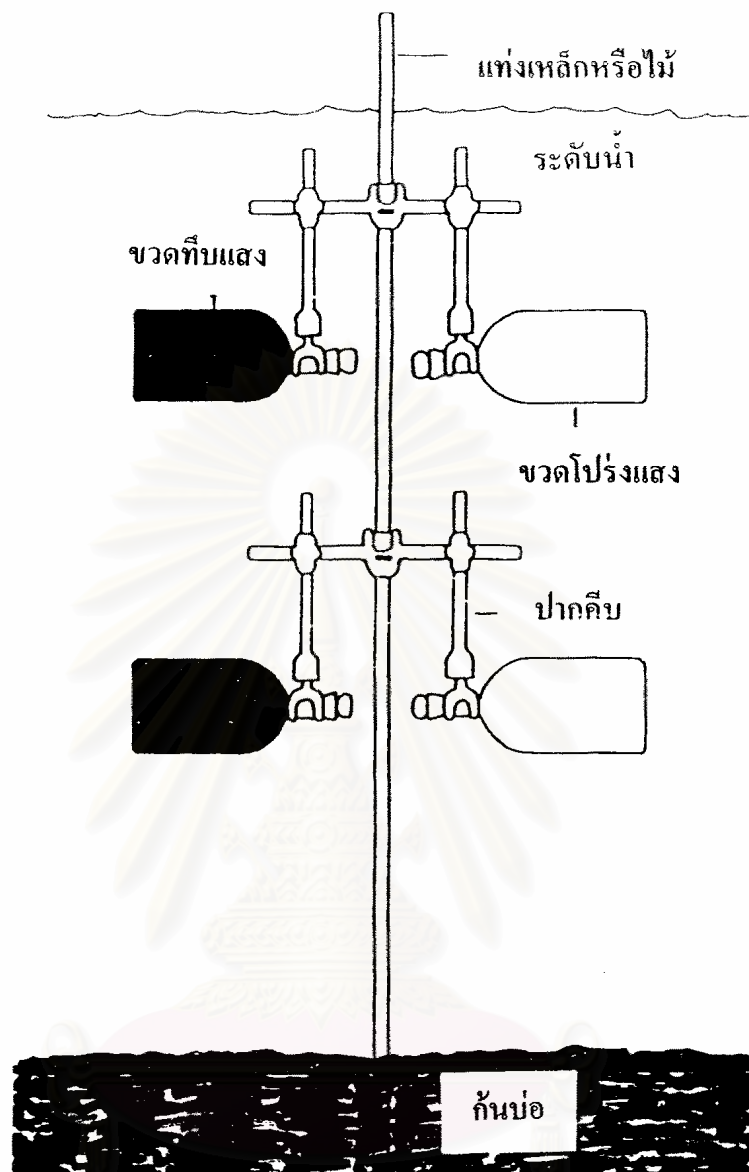
4.4 การดำเนินการวิจัย

- 4.4.1 การวัดอัตราการใช้และผลิตออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดจากสาหร่าย (Boyd, 1979 อ้างถึงใน วิรัช จิวแหยม, 2544)

นำน้ำเสียที่ได้จากทางระบายน้ำข้างคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มาหาค่าดังแสดงในตารางที่ 4.1 หลังจากนั้นจึงนำน้ำเสียไปหาค่าความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำ โดยใช้ Secchi disk หาค่าความโปร่งแสง จากนั้นคูณค่าที่ได้ด้วย 2 จะได้ช่วงความลึกที่มีปริมาณแสงเพียงพอสำหรับการสังเคราะห์แสง จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำจากระดับความลึก 1/5 ของช่วงความลึกที่ได้ โดยใช้ขวดบีโอดี ใส 4 ขวด และ ทึบแสงอีก 2 ขวด ซึ่งขวดใส 2 ขวดแรกนำมาหาค่าออกซิเจนละลายน้ำส่วนที่เหลือนำกลับไปบ่มที่ระดับความลึกเดิมนาน 4 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.1 หลังจากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์หาค่าออกซิเจนละลายน้ำ โดยการทดลองจะเริ่มทำการทดลองในช่วงเวลา 12.00 – 16.00 น. และทำการทดลอง 14 ซ้ำ

ตารางที่ 4.1 วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทำวิจัยในส่วนของสาหร่าย

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้วิเคราะห์
1. DO/TEMPERATURE	1. DO METER
2. pH	2. pH METER
3. TSS	3. Standard Method 2540 D
4. TDS	4. Standard Method 2540 C
5. COD	5. Standard Method 5220 C
6. Chlorophyll – a	6. Standard Method 10200 H
7. ความเข้มแสง	7. PHOTOMETER



รูปที่ 4.1 การติดตั้งขวดปิเอไดในบ่อ (Boyd, 1979 อ้างถึงใน วิรัช จิวแหยม, 2544)

4.4.2 การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดจากปลา

นำน้ำประปาที่ผ่านการกำจัดคลอรีนแล้วมาเติมลงในถังปฏิกรณ์ 2 ใบให้เต็ม จากนั้นจึงนำปลาจากทางระบายน้ำ หน้าสระว่ายนํ้า 50 เมตร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมาใส่ลงในถังปฏิกรณ์ และแยกเก็บถังปฏิกรณ์ไว้ในที่มืดและที่ที่มีแสงสว่าง ซึ่งพารามิเตอร์ที่ทำการวัดได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 โดยจะทำการวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำตอนเริ่มต้นและทำการวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำทุก ๆ ชั่วโมงนาน 4 ชั่วโมง และทำการทดลอง 4 ซ้ำ

ตารางที่ 4.2 วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทำวิจัยในส่วนของปลา

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้วิเคราะห์
1 DO/TEMPERATURE	1 DO METER
2 ความเข้มแสง	2 PHOTOMETER

4.4.3 การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำในส่วนของน้ำเสีย

นำน้ำเสียส่งเคราะห์มาเติมลงในน้ำที่ได้จากทางระบายน้ำ โดยปริมาณน้ำเสียที่เติมลงในน้ำที่ได้จากทางระบายน้ำจะคงที่แต่ความเข้มข้นของน้ำเสียส่งเคราะห์จะเข้มข้นขึ้น ซึ่งสัดส่วนในการผสมจะใช้ปริมาณน้ำเสียส่งเคราะห์ 0.5 ลิตร และน้ำที่ได้จากทางระบายน้ำ 4 ลิตร แล้วนำมาหาค่าดังแสดงในตารางที่ 4.3 หลังจากนั้นนำน้ำเสียไปเติมในขวดบีโอดี 10 ขวด โดยจะทำการวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำตอนเริ่มต้นและทำการวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำทุก ๆ ชั่วโมงนาน 4 ชั่วโมง และทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.3 วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทำวิจัยในส่วนของน้ำเสีย

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้วิเคราะห์
1 DO/TEMPERATURE	1 DO METER
2 pH	2 pH METER
3 TSS	3 Standard Method 2540 D
4 TDS	4 Standard Method 2540 C
5 COD	5 Standard Method 5220 C
6 Chlorophyll – a	6 Standard Method 10200 H

4.4.4 การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำในส่วนของตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ (Portielje และ Lijklema ,1995)

นำฝาครอบทรงพีระมิดขนาด 45 x 45 x 45 เซนติเมตร ที่ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับยึดและแก้ว DO-probe มาครอบปิดผิวหน้าชั้นตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ หลังจากนั้นจึงทำการบันทึกค่าการออกซิเจนละลายน้ำที่ลดลงทุก ๆ ชั่วโมง นาน 4 ชั่วโมง โดยการทดลองจะเริ่มทำการทดลองในช่วงเวลา 13.00 – 17.00 น. และทำการทดลอง 7 ซ้ำ

4.4.5 การวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ทางระบายน้ำ ที่ตั้งอยู่ใกล้คณะ
วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำการวัดความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ ที่ทางระบายน้ำข้างคณะ
วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งทำการวัดโดยใช้เครื่องวัด DO สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ
ที่ทำการวัดค่าและวิธีการวัด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 โดยการทดลองจะเริ่มทำการทดลองใน
ช่วงเวลา 10.00 – 19.00 น. และทำการทดลอง 5 ชุดการทดลอง

ตารางที่ 4.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวัดค่าและวิธีการวัด สำหรับการวัดความเข้มข้นของออกซิเจน
ละลายน้ำจากทางระบายน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้วิเคราะห์
1. DO/TEMPERATURE	1. DO METER
2. pH	2. pH METER
3. TSS	3. Standard Method 2540 D
4. TDS	4. Standard Method 2540 C
5. COD	5. Standard Method 5220 C
6. Chlorophyll – a	6. Standard Method 10200 H
7. ความเข้มแสง	7. PHOTOMETER

4.4.6 การวัดอัตราการถ่ายเทออกซิเจนละลายน้ำ ในส่วนของการถ่ายเท
ออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ

อัตราการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ จะใช้ค่าที่ได้จากสมการที่ 3.5

$$\frac{dD}{dt} = -K_d D \quad \text{--- (3.5)}$$

โดยที่ $\frac{dD}{dt}$ = อัตราการถ่ายเทออกซิเจน (มก./ชม.)

K_d = สัมประสิทธิ์รวมของการถ่ายเท (ชม.⁻¹)

D = ระดับออกซิเจนที่ต่างจากจุดอิ่มตัว (มก./ล.)

ซึ่งค่า K_d จะใช้ค่าที่ได้จากการวิจัยของ Portielje และ Lijklema (1995) ซึ่งมีค่า
 K_d เท่ากับ -0.006 ชม.^{-1}

4.4.7 การสร้างแบบจำลองและเทียบค่า

1.) สมมติให้อัตราการใช้ออกซิเจนของปลา ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ และน้ำเสียสังเคราะห์คั้งที่ ส่วนอัตราการถ่ายเทออกซิเจนที่เกิดจากน้ำและอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์รวมของการถ่ายเท(K_D) มีค่าคั้งที่

2.) รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองแล้วนำมาสร้างแบบจำลอง โดยอัตราการเพิ่มและลดออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยที่ได้จากแต่ละปัจจัย จะถูกทำให้อยู่ในหน่วยเดียวกันก่อนจะนำมาผนวกกันดังสมการที่ 4.1 เพื่อสร้างแบบจำลอง

$$\frac{dD}{dt}_{all} = \text{Algae}_p \pm \text{Transfer} - \text{Fish} - \text{SOD} - \text{Algae}_U - \text{Wastewater} \quad \text{---(4.1)}$$

โดยที่ $\frac{dD}{dt}_{all} =$ อัตราการถ่ายเทออกซิเจนรวม (มก./ล.-ชม.)

$\text{Algae}_p =$ อัตราการผลิตออกซิเจนจากสาหร่าย (มก./ล.-ชม.)

$\text{Algae}_U =$ อัตราการใช้ออกซิเจนจากสาหร่าย (มก./ล.-ชม.)

$\text{Transfer} =$ อัตราการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ (มก./ล.-ชม.)

$\text{Fish} =$ อัตราการใช้ออกซิเจนจากปลา (มก./ล.-ชม.)

$\text{SOD} =$ อัตราการใช้ออกซิเจนจากตะกอนก้นบ่อ (มก./ล.-ชม.)

$\text{Wastewater} =$ อัตราการใช้ออกซิเจนจากน้ำเสียสังเคราะห์ (มก./ล.-ชม.)

3.) ใช้แบบจำลองสมมติสถานการณ์ที่ต่างกัน 4 กรณี คือ กรณีมีแสงแดดจ้าทั้งวัน กรณีมีแสงแดดน้อยมากทั้งวัน กรณีช่วงเช้ามีแสงแดดจ้าส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดน้อยมาก และกรณีช่วงเช้ามีแสงแดดน้อยมากส่วนช่วงบ่ายมีแดดจ้า โดยให้ช่วงเวลาที่แสงแดดเริ่มจากเวลา 6.00 น. – 18.00 น. ซึ่งภายใต้สภาวะทั้ง 4 กรณีนี้จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากันคือ 75.7 มก./ลบ.ม. ในการสมมติสถานการณ์ที่ต่างกัน 4 กรณีนี้เพื่อที่จะได้ทราบถึงอิทธิพลที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำในช่วงเวลาที่ต่างกัน

4.) ทำการเทียบค่าออกซิเจนละลายที่ได้จากแบบจำลอง เทียบกับค่าออกซิเจนละลายน้ำที่วัดได้จริง

สำหรับผลจากแบบจำลองนี้จะใช้ได้เฉพาะที่ทางระบายน้ำ ช่างคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแห่งนี้ ในช่วงเวลาและสภาพอากาศที่จำกัด ซึ่งข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองจะเหมาะสมสำหรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูร้อน ดังนั้นการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองจึงสามารถทำได้โดยการเทียบค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับค่าออกซิเจนละลายน้ำที่วัดได้จริง

4.4.8 การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองสามารถทำได้โดยการหาความสัมพันธ์ในเชิงสถิติ ซึ่งอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของสมการดังนี้ (Harnett, L. D., and Murphy, L. J., 1986)

$$r^2 = \text{SSR} / \text{SST} \quad \text{--- (4.2)}$$

โดยที่ r^2 = สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

SSR = ผลรวมกำลังสองของแบบจำลอง

SST = ผลรวมกำลังสองของทั้งหมด

$$\text{SST} = \text{SSE} + \text{SSR} \quad \text{---(4.3)}$$

โดยที่ SSE = ผลรวมกำลังสองของความแปรปรวน

$$\text{SST} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2 \quad \text{---(4.4)}$$

$$\text{SSE} = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad \text{---(4.5)}$$

$$\text{SSR} = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2 \quad \text{---(4.6)}$$

โดยที่ n = จำนวนของข้อมูล

y_i = ค่าที่วัดได้จริง

\hat{y}_i = ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

\bar{y}_i = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่วัดได้จริง

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากสมการที่ 4.2 ถ้ามีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่าแบบจำลองมีความแม่นยำสูงมาก แต่ถ้าผลลัพธ์มีค่าเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าแบบจำลองมีความแม่นยำในการทำนายผลลัพธ์น้อยมาก



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ผลการศึกษาอัตราการใช้และผลิตออกซิเจนในแต่ละปัจจัย

5.1.1 ผลการศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ

อัตราการใช้ออกซิเจนของตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำดังแสดงในตารางที่ 5.1 นั้น เป็นอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแต่ละวันมีค่าที่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.83 – 9.95 มก./ล-ตร.ม.-ชม. มีค่าอัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ 7.42 มก./ล-ตร.ม.-ชม. มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.00 และมีสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 0.27 ซึ่งที่ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนนี้ ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้จะนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองต่อไป สำหรับค่าอัตราการใช้ออกซิเจนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่เซลล์ที่ตายของสาหร่าย และของเสียที่ปล่อยจากปลาตกตะกอนลงสู่พื้นในแต่ละวันมีปริมาณที่ต่างกัน ทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่บนชั้นตะกอนมีความต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการย่อยสลายที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5.1 อัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำในแต่ละวัน

วันที่	อัตราการใช้ออกซิเจน (มก./ล-ตร.ม.-ชม.)
17 กรกฎาคม พ.ศ. 2547	9.95
24 กรกฎาคม พ.ศ. 2547	9.90
31 กรกฎาคม พ.ศ. 2547	5.74
14 สิงหาคม พ.ศ. 2547	4.83
21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547	7.23
27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547	8.12
28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547	6.18
ค่าเฉลี่ย	7.42
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.00
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน	0.27

5.1.2 ผลการศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียสังเคราะห์

จากตารางที่ 5.2 จะเห็นได้ว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการวิจัยมีค่าซีไอดีอยู่ในช่วง 243 – 898 มก./ล. อัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียสังเคราะห์นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.000429 - 0.000460 1/ล.-ชม. มีค่าอัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ 0.000448 1/ล.-ชม. มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.000016 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 0.04 ซึ่งอัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยที่ได้จะนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองต่อไป

5.1.3 ผลการศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากปลา

อัตราการใช้ออกซิเจนของปลาดังแสดงในตารางที่ 5.3 นั้น เป็นอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นในแต่ละชั่วโมงของทั้ง 2 สภาวะ คือทั้งที่จำลองสภาวะให้มีแสงและไม่มีแสง ซึ่งจากข้อมูลจะเห็นได้ว่าที่สภาวะเดียวกันในแต่ละวันนั้น มีอัตราการใช้ออกซิเจนที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่สภาวะต่างกันอัตราการใช้ออกซิเจนจะแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ปลาอยู่ในสภาวะที่มีแสงและไม่มีแสงมีกิจกรรมหรือมีพฤติกรรมที่ต่างกัน ส่งผลให้มีความต้องการในการใช้ออกซิเจนในปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาที่ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจะเห็นได้ว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.07 – 0.22 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ดังนั้นความสัมพันธ์ของอัตราที่ได้จากทั้ง 2 สภาวะจึงสามารถนำมาหาค่าเฉลี่ยรวมได้

จากตารางที่ 5.4 จะเห็นได้ว่าอัตราการใช้ออกซิเจนของปลาในช่วง 2 วันแรกมีค่าที่ค่อนข้างน้อยกว่าวันอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ปลากำลังปรับตัวเข้าสู่สิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ซึ่งค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นทั้ง 2 สภาวะมีค่าที่ไม่ต่างกันมากคือ สภาวะที่มีแสงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.50 มก./ล.-กก.ของน้ำหนักปลา-ชม. และที่สภาวะไม่มีแสงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.81 มก./ล.-กก.ของน้ำหนักปลา-ชม. ซึ่งข้อมูลจากทั้งสภาวะมีแสงและไม่มีแสงมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.89 และ 6.06 ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทั้งสภาวะมีแสงและไม่มีแสงเท่ากับ 0.39 และ 0.28 ตามลำดับ ดังนั้นในการวิจัยในครั้งนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยรวมในการนำไปสร้างแบบจำลองโดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 19.65 มก./ล.-กก.ของน้ำหนักปลา-ชม.

ตารางที่ 5.2 อัตราการใช้เอกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียส่งเคราะห์ในแต่ละวัน

วันที่	ซีโอดีในน้ำเสียส่งเคราะห์ (มก./ล.)	มวลซีโอดี (มก.)	อัตราการใช้เอกซิเจนรายชั่วโมง (1ล.-ชม.)				อัตราการใช้เอกซิเจนเฉลี่ย (1ล.-ชม.)
			ชั่วโมงที่1	ชั่วโมงที่2	ชั่วโมงที่3	ชั่วโมงที่4	
4 ตุลาคม พ.ศ. 2547	243	121.3	0.000460	0.00048	0.000460	0.000460	0.000460
5 ตุลาคม พ.ศ. 2547	454	226.8	0.000429	0.000429	0.000429	0.000209	0.000429
6 ตุลาคม พ.ศ. 2547	898	449.1	0.000231	0.000454	0.000454	0.000454	0.000454
			เฉลี่ย				0.000448
			ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				0.000016
			สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน				0.04

ตารางที่ 5.3 อัตราการใช้ดอกเงินรายชั่วโมงที่เกิดจากปลา ในแต่ละวัน

วันที่	สภาวะ	อัตราการใช้ออกซิเจนรายชั่วโมง (มก./ลิ.น้ำ.ของน้ำหนักปลา-ชม.)				ค่าเฉลี่ย (มก./ลิ.น้ำ.ของ น้ำหนักปลา-ชม.)	ค่าเฉลี่ยรวม (มก./ลิ.น้ำ.ของ น้ำหนักปลา-ชม.)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	สัมประสิทธิ์ความ แปรปรวน
		ชั่วโมงที่1	ชั่วโมงที่2	ชั่วโมงที่3	ชั่วโมงที่4				
11 ตุลาคม พ.ศ.2547	ไม่มีแสง	15.56	17.78	15.56	17.78	16.67	14.44	2.66	0.18
	มีแสง	13.33	11.11	11.11	13.33	12.22			
12 ตุลาคม พ.ศ.2547	ไม่มีแสง	17.78	15.56	17.78	17.78	17.22	14.44	3.14	0.22
	มีแสง	11.11	13.33	11.11	11.11	11.67			
13 ตุลาคม พ.ศ.2547	ไม่มีแสง	31.11	28.89	28.89	28.89	29.44	27.78	2.06	0.07
	มีแสง	26.67	26.67	26.67	24.44	26.11			
14 ตุลาคม พ.ศ.2547	ไม่มีแสง	24.44	24.44	24.44	22.22	23.89	21.94	2.50	0.11
	มีแสง	22.22	20.00	20.00	17.78	20.00			

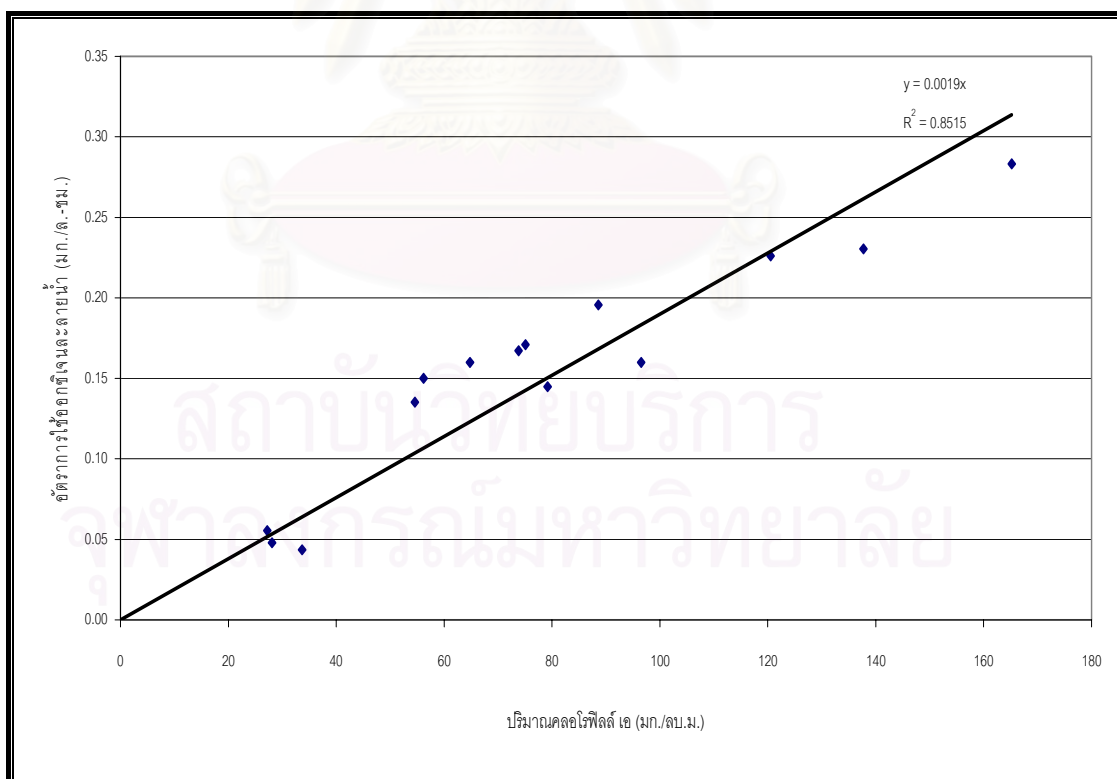
ตารางที่ 5.4 อัตราการใช้ดอกเบี้ยเงินเฉลี่ยที่เกิดจากปลา ในแต่ละวัน

วันที่	น้ำหนักรวมของปลา (กรัม)	อัตราการใช้ดอกเบี้ยเงิน (มก./ล.-กก.ของน้ำหนักปลา-ชม.)	
		มีแสงสว่าง	มืด
11 ตุลาคม พ.ศ.2547	45	12.22	16.67
12 ตุลาคม พ.ศ.2547	45	11.67	17.22
13 ตุลาคม พ.ศ.2547	45	26.11	29.44
14 ตุลาคม พ.ศ.2547	45	20.00	23.89
เฉลี่ย		17.50	21.81
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		6.89	6.06
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน		0.39	0.28
เฉลี่ยรวม		19.65	มก./ล.-กก.ของน้ำหนักปลา-ชม.

5.1.4 ผลการศึกษาอัตราการใช้และผลต่อออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย

อัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายดังแสดงในตารางที่ 5.5 จะมีการแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เปลี่ยนแปลงไปก็หมายถึงมีปริมาณของสาหร่ายที่ต่างกัน สำหรับอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นจะแปรผันตรงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ดังจะเห็นได้จากที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 27.2 มก./ลบ.ม. มีอัตราการใช้ออกซิเจนเท่ากับ 0.056 มก./ล.-ชม. ส่วนที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 165.2 มก./ลบ.ม. มีอัตราการใช้ออกซิเจนเท่ากับ 0.28 มก./ล.-ชม. ซึ่งเมื่อนำข้อมูลอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายมาสร้างกราฟจะได้รับความสัมพันธ์ดังรูปที่ 5.1 และจากรูปนี้เราจะได้รับความสัมพันธ์ออกมาในรูปของสมการคือ $Y = 0.0019X$ ซึ่งถ้าหากทราบถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่มีในแหล่งน้ำ โดยนำปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ นี้แทนค่าในตัวแปรต้นในสมการก็จะสามารถทราบได้ว่ามีอัตราการใช้ออกซิเจนเท่าใด สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของข้อมูลชุดนี้มีค่าเท่ากับ 0.85 ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้จากสมการจะนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง

รูปที่ 5.1 อัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ต่างกัน



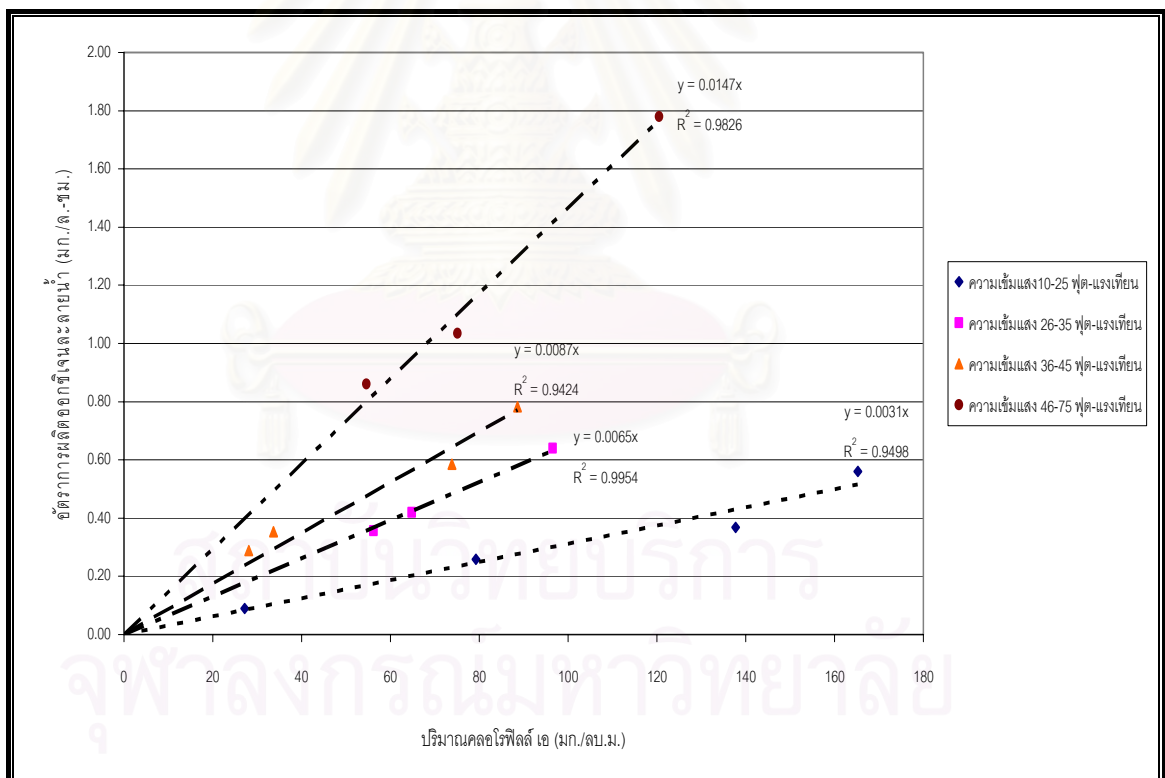
ตารางที่ 5.5 อัตราการใช้และผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายในแต่ละวัน

วันที่	คลอโรฟิลล์ เอ (มก./ลบ.ม.)	ความเข้มแสง* (ฟุต - แรงเทียน)	อัตราการผลิตออกซิเจน (มก./ล.-ชม.)	อัตราการใช้ออกซิเจน (มก./ล.-ชม.)
29 สิงหาคม พ.ศ. 2547	79.2	20	0.26	0.14
1 กันยายน พ.ศ. 2547	64.8	27	0.42	0.16
2 กันยายน พ.ศ. 2547	96.5	33	0.64	0.16
4 กันยายน พ.ศ. 2547	27.2	10	0.09	0.06
6 กันยายน พ.ศ. 2547	28.1	45	0.29	0.05
7 กันยายน พ.ศ. 2547	33.7	42	0.35	0.04
8 กันยายน พ.ศ. 2547	56.2	35	0.36	0.15
10 กันยายน พ.ศ. 2547	73.8	40	0.58	0.17
11 กันยายน พ.ศ. 2547	88.6	37	0.78	0.20
12 กันยายน พ.ศ. 2547	137.7	25	0.37	0.23
13 กันยายน พ.ศ. 2547	165.2	23	0.56	0.28
6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547	54.6	55	0.86	0.14
7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547	75.1	60	1.03	0.17
13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547	120.5	47	1.78	0.23

หมายเหตุ: * ความเข้มแสงเฉลี่ย วัดในช่วงเวลา 11.00 – 15.00 น.

อัตราการผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายดังแสดงในตารางที่ 5.5 จะมีการแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งถ้านำข้อมูลจากตารางนี้มาสร้างเป็นกราฟโดยแยกชุดข้อมูลออกเป็น 4 ชุดตามค่าความเข้มแสงจะได้ดังรูปที่ 5.2 และจากรูปนี้จะเห็นได้ว่าในช่วงความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อัตราการผลิตออกซิเจนก็เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นอัตราการผลิตออกซิเจนจะขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลัก คือ ความเข้มแสงและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สำหรับความสัมพันธ์ในรูปของสมการที่ได้จากรูปที่ 5.2 จะมีด้วยกัน 4 สมการด้วยกันคือ $Y = 0.0147X$, $Y = 0.0087X$, $Y = 0.0065X$ และ $Y = 0.0031X$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของชุดข้อมูลแต่ละชุดมีค่าเท่ากับ 0.98 , 0.94 , 0.99 และ 0.95 ตามลำดับ ซึ่งความสัมพันธ์ของสมการทั้งสี่จะนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง

รูปที่ 5.2 อัตราการผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และความเข้มแสง ที่ต่างกัน



5.2 ผลการศึกษาการนำแบบจำลองมาใช้ในกรณีสมมติ

การนำแบบจำลองมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดขึ้นในเวลาต่าง ๆ กันในกรณีสมมตินี้ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลที่ส่งผลต่ออัตราการผลิตและใช้ออกซิเจนละลายน้ำในช่วงเวลาที่ต่างกัน ซึ่งในการสมมติกรณีต่าง ๆ ในครั้งนี้จะสมมติให้ทั้ง 4 กรณีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เท่ากันคือ 75.7 มก./ลบ.ม. ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลการทำวิจัยในส่วนของสาหร่าย นอกจากนี้ยังมีอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนเริ่มต้น จำนวนปลา และค่าความลึกน้ำที่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 5.6 ในส่วนของอิทธิพลที่เกิดจากน้ำเสียจะยังไม่ได้นำมาคิดใน 4 กรณีนี้

ตารางที่ 5.6 พารามิเตอร์ที่กำหนดให้เท่ากันในการศึกษากรณีสมมติทั้ง 4 กรณี

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้	หน่วย
ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเริ่มต้น	3	มก./ล
ความลึก	0.75	ม.
อุณหภูมิ	30.0	°ซ
ค่าคลอโรฟิลล์ เอ	75.7	มก./ลบ.ม.
ปริมาณน้ำเสียที่เข้าทางระบายน้ำ	0	ล.
จำนวนปลา	4.6	ตัว/ตร.ม.ของพื้นที่ผิวบนของบ่อ
น้ำหนักเฉลี่ยของปลา	0.01	กก./ตัว

แบบจำลองที่สร้างขึ้นในครั้งนี้ จะแบ่งช่วงเวลาในการผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายออกเป็น 4 ช่วงเวลาดังนี้คือ ช่วงเวลาตั้งแต่ 06.00 – 09.00 น. , ช่วงเวลาตั้งแต่ 09.00 – 12.00 น. , ช่วงเวลาตั้งแต่ 12.00 – 16.00 น. และช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00 – 18.00 น. ทั้งนี้เพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลงไปในรอบวัน

5.2.1 กรณีสมมติให้มีแสงแดดจ้าตลอดทั้งวัน

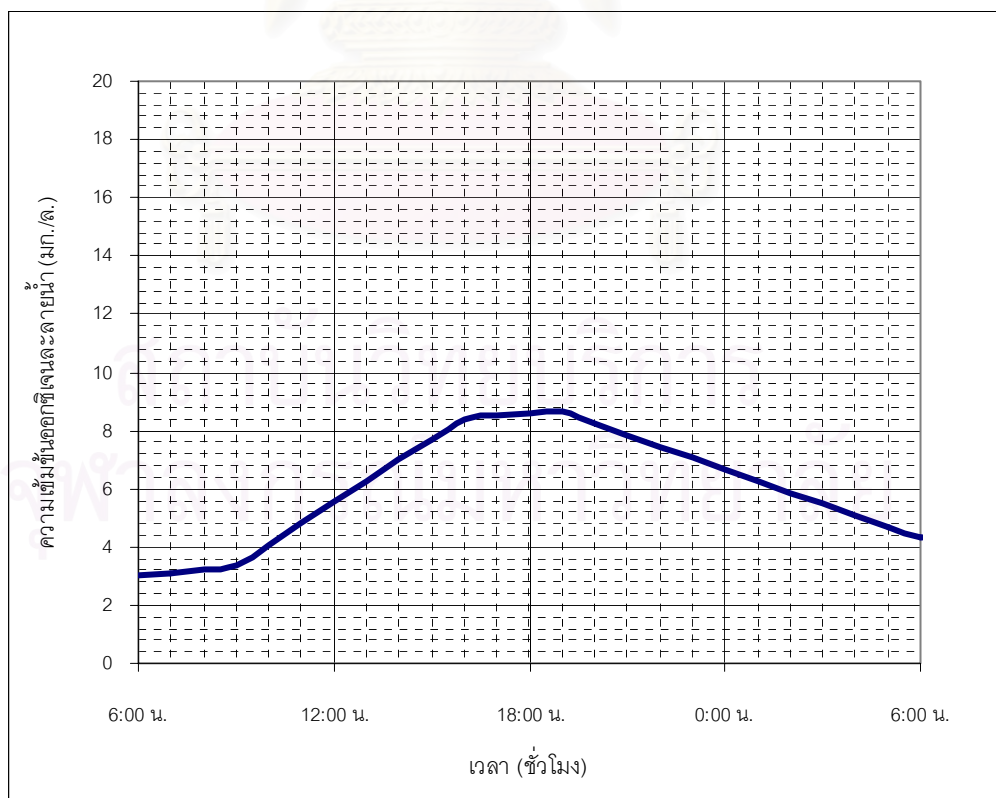
สำหรับในกรณีที่ 1 นั้นเป็นกรณีสมมติให้มีแสงแดดจ้าตลอดทั้งวันโดยมีสภาพความเข้มแสงในช่วงเวลาต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.7 ซึ่งจากรูปที่ 5.3 จะเห็นได้ว่าที่เวลา 6.00 น.ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และเริ่มลดลงในเวลาประมาณ 19.00 น. หลังจากนั้นก็จะเริ่มลดลงเรื่อย ๆ แต่ทั้งนี้ปริมาณออกซิเจนที่ลดลงก็ยังคงมีค่ามากกว่า 1.2 มก./ล.

ดังนั้นหากปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเป็นไปดังรูปนี้ ปัญหาในการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำ ก็จะไม่เกิดขึ้น ซึ่งอัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นดังแสดงในภาคผนวก ข.1 จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักที่ผลิตออกซิเจนมากที่สุดคือ สาหร่าย ส่วนปัจจัยหลักที่ใช้ออกซิเจนมากที่สุดคือ ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ สำหรับอัตราที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศจะมีค่าแปรเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ ทั้งนี้เนื่องจากผลต่างระหว่างความเข้มข้นของออกซิเจนในขณะนั้นกับความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดอิ่มตัวมีค่าต่างกัน

ตารางที่ 5.7 สภาพความเข้มแสงในช่วงเวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 1

สภาพความเข้มแสง	ค่าที่ใช้	หน่วย
ที่เวลาดังแต่ 06.00 - 09.00 น.	30	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาดังแต่ 09.00 - 12.00 น.	50	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาดังแต่ 12.00 - 16.00 น.	50	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาดังแต่ 16.00 - 18.00 น.	30	ฟุต-แรงเทียน

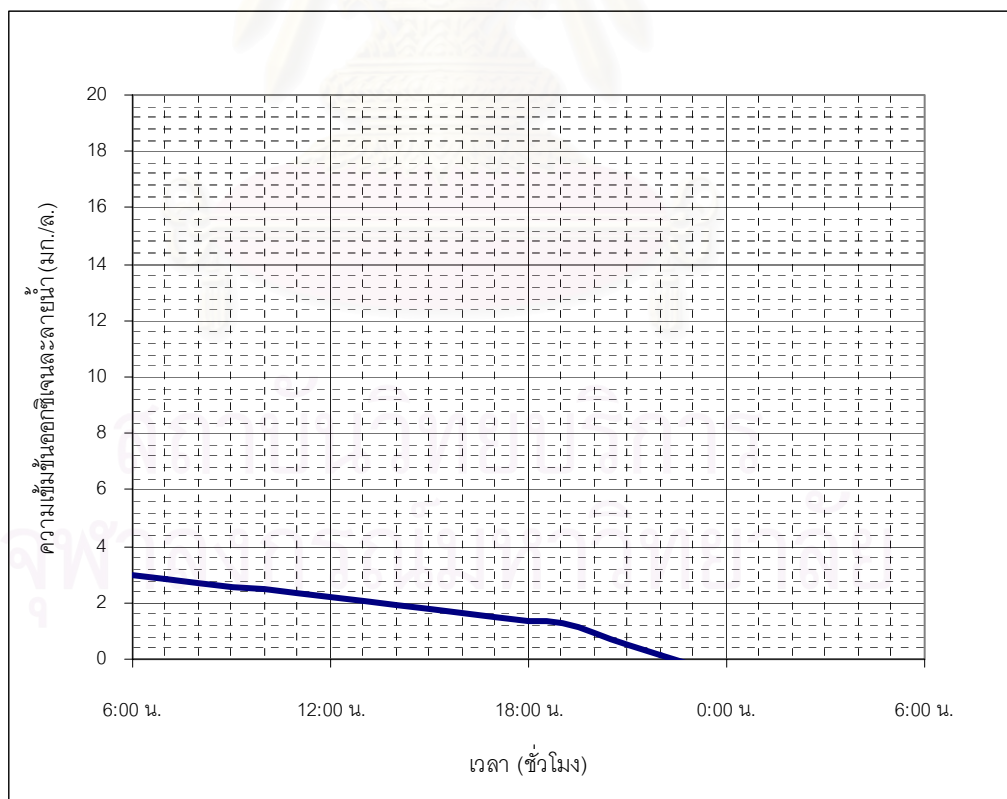
รูปที่ 5.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 1



5.2.2 กรณีสมมติให้มีแสงแดดน้อยมากตลอดทั้งวัน

สำหรับในกรณีที่ 2 นั้นเป็นกรณีสมมติให้มีแสงแดดน้อยมากตลอดทั้งวันโดยมีสภาพความเข้มแสงในช่วงเวลาต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.8 ซึ่งจากรูปที่ 5.4 จะเห็นได้ว่าที่เวลา 6.00 น. ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำจะเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีค่าเป็นศูนย์ที่เวลาประมาณ 23.00 น. จากการสมมติกรณีในครั้งนี้ทำให้ทราบได้ว่าถ้าหากไม่มีปริมาณแสงแดดที่เพียงพอต่อการผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย ก็จะส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ และในที่สุดก็จะเกิดปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำ ซึ่งอัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นดังแสดงในภาคผนวก ข.2 จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักที่ผลิตออกซิเจนมากที่สุดคือ สาหร่าย ส่วนปัจจัยหลักที่ใช้ออกซิเจนมากที่สุดคือ ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ สำหรับอัตราที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากผลต่างระหว่างความเข้มข้นของออกซิเจนในขณะนั้นกับความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดอิ่มตัวมีค่าเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.4 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 2



ตารางที่ 5.8 สภาพความเข้มข้นในช่วงเวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 2

สภาพความเข้มข้น	ค่าที่ใช้	หน่วย
ที่เวลาดั้งแต่ 06.00 - 09.00 น.	20	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาดั้งแต่ 09.00 - 12.00 น.	20	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาดั้งแต่ 12.00 - 16.00 น.	20	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาดั้งแต่ 16.00 - 18.00 น.	20	ฟุต-แรงเทียน

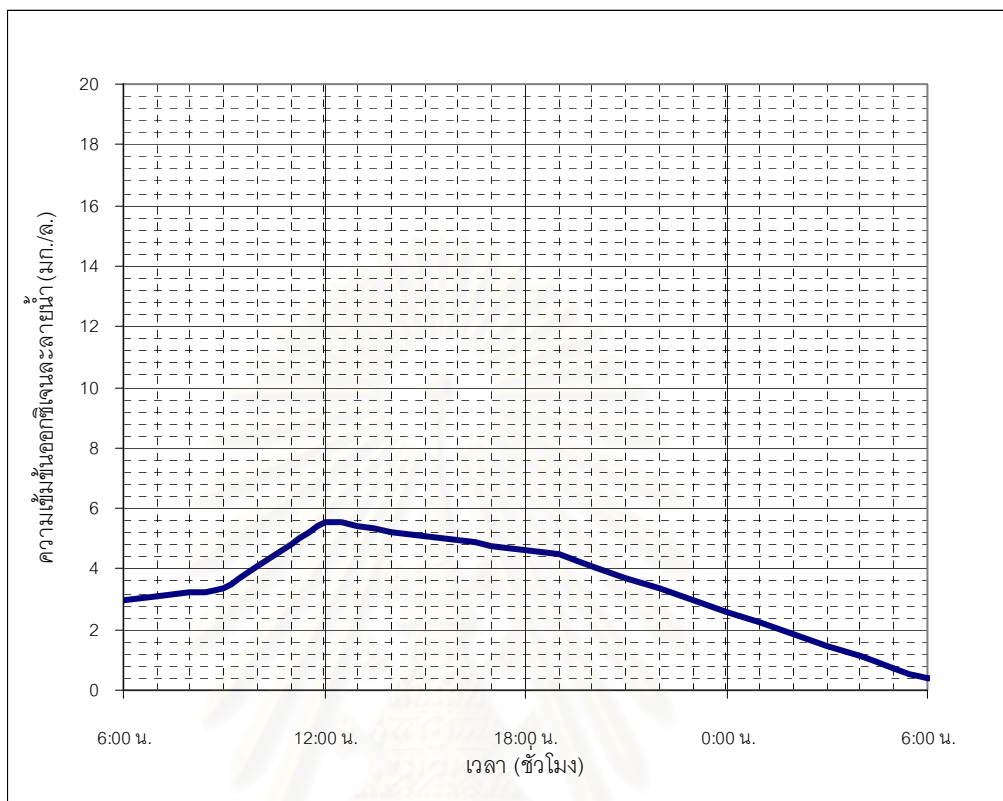
5.2.3 กรณีสมมติให้ช่วงเข้ามีแสงแดดจ้าส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดน้อยมาก

สำหรับในกรณีที่ 3 นั้นเป็นกรณีสมมติให้ช่วงเข้ามีแสงแดดจ้าส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดน้อยมากโดยมีสภาพความเข้มข้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.9 ซึ่งจากรูปที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าที่เวลา 6.00 น. ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำจะเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และจะเริ่มลดลงในเวลา 12.00 น. ซึ่งจะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จนถึงเวลาประมาณ 4.00 – 9.00 น. ของอีกวัน มีค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเหลือต่ำกว่า 1.2 มก./ล. ซึ่งค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ และถ้ามีแนวโน้มของเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นติดต่อกันอีกวันก็จะส่งผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำ ในส่วนของอัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นดังแสดงในภาคผนวก ข.3 จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักที่ผลิตออกซิเจนมากที่สุดคือ สาหร่ายส่วนปัจจัยหลักที่ใช้ออกซิเจนมากที่สุดคือ ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ สำหรับอัตราที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศจะมีค่าแปรเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากผลต่างระหว่างความเข้มข้นของออกซิเจนในขณะนั้นกับความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดอิ่มตัวมีค่าต่างกัน

ตารางที่ 5.9 สภาพความเข้มข้นในช่วงเวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 3

สภาพความเข้มข้น	ค่าที่ใช้	หน่วย
ที่เวลาดั้งแต่ 06.00 - 09.00 น.	30	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาดั้งแต่ 09.00 - 12.00 น.	50	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาดั้งแต่ 12.00 - 16.00 น.	20	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาดั้งแต่ 16.00 - 18.00 น.	20	ฟุต-แรงเทียน

รูปที่ 5.5 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 3



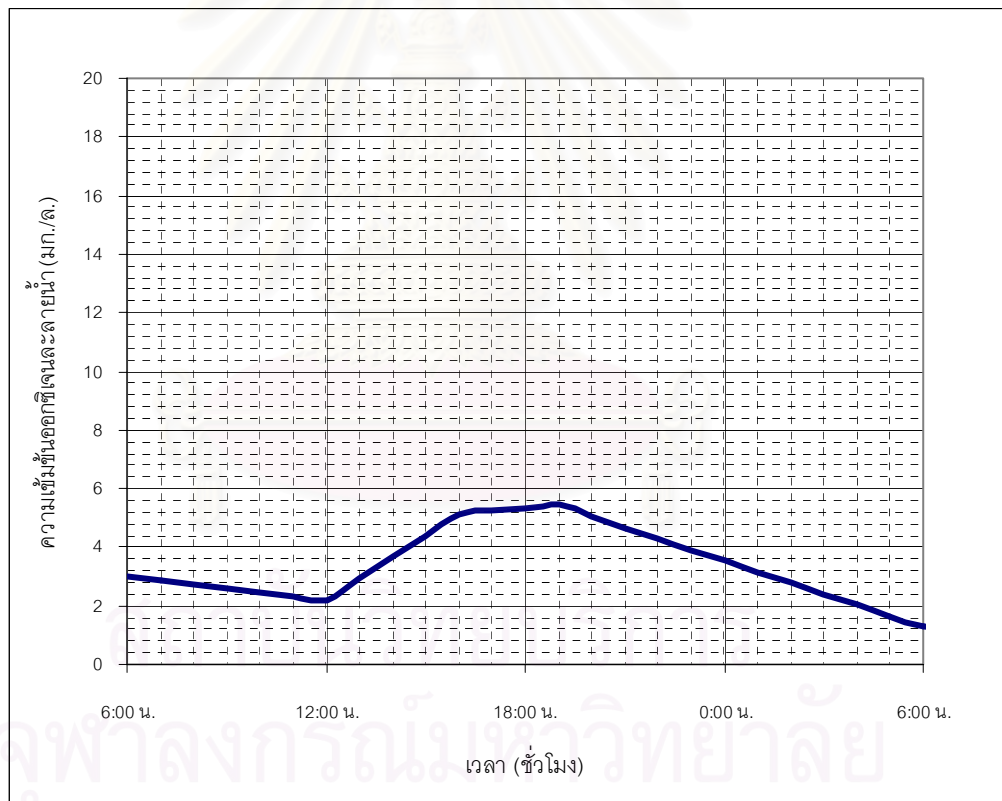
5.2.4 กรณีสมมติให้ช่วงเช้ามีแสงแดดน้อยมากส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดจ้า

สำหรับในกรณีที่ 4 นั้นเป็นกรณีสมมติให้ช่วงเช้ามีแสงแดดน้อยมากส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดจ้าโดยมีสภาพความเข้มแสงในช่วงเวลาต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.10 ซึ่งจากรูปที่ 5.6 จะเห็นได้ว่าที่เวลา 6:00 น. ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำจะเริ่มลดลงเรื่อย ๆ และจะเริ่มเพิ่มขึ้นในเวลา 12:00 น. ซึ่งจะมีค่าลดลงอีกครั้งที่เวลาประมาณ 19:00 น. จนถึงเวลาประมาณ 7:00 – 12:00 น. ของอีกวัน จะมีค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเหลือต่ำกว่า 1.2 มก./ล. ซึ่งค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ และถ้ามีแนวโน้มของเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นติดต่อกันอีกวันก็จะส่งผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำโดยทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำ ในส่วนของอัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นดังแสดงในภาคผนวก ข.4 จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักที่ผลิตออกซิเจนมากที่สุดคือ สาหร่าย ส่วนปัจจัยหลักที่ใช้ออกซิเจนมากที่สุดคือ ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ สำหรับอัตราที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศจะมีค่าแปรเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากผลต่างระหว่างความเข้มข้นของออกซิเจนในขณะนั้น กับความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดอิ่มตัวมีค่าต่างกัน

ตารางที่ 5.10 สภาพความเข้มแสงในช่วงเวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 4

สภาพความเข้มแสง	ค่าที่ใช้	หน่วย
ที่เวลาตั้งแต่ 06.00 - 09.00 น.	20	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาตั้งแต่ 09.00 - 12.00 น.	20	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาตั้งแต่ 12.00 - 16.00 น.	50	ฟุต-แรงเทียน
ที่เวลาตั้งแต่ 16.00 - 18.00 น.	30	ฟุต-แรงเทียน

รูปที่ 5.6 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 4



5.3 ผลการศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายผลเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง

การนำแบบจำลองมาใช้ในการทำนายผลเทียบกับค่าที่วัดได้จริง จะใช้ข้อมูลทั้งหมด 5 ชุดข้อมูลด้วยกันดังนี้

5.3.1 การศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายผลเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของ ข้อมูลชุดที่ 1

ชุดข้อมูลที่ 1 ทำการทดลองเมื่อวันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2547 ซึ่งมีสภาพอากาศในวันนั้นมีแสงแดดจ้าและมีเมฆมาก ซึ่งมีรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแทนค่าในแบบจำลองดังตารางที่ 5.11 ส่วนข้อมูลของค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่เวลาต่าง ๆ นั้นจะแสดงอยู่ในตารางที่ 5.12 ซึ่งเมื่อนำแบบจำลองมาทำนายผลเทียบกับค่าที่วัดได้ จะเป็นดังรูปที่ 5.7 จากรูปนี้จะเห็นได้ว่าในช่วงที่มีการเพิ่มของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำนั้น ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลองจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงมาก ส่วนในช่วงของการลดลงของความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำนั้น ค่าที่ได้จากแบบจำลองจะมีความแตกต่างจากค่าที่วัดได้จริงอยู่พอสมควร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียที่เข้ามาในทางระบายน้ำ ซึ่งในการทำนายผลในแบบจำลองในครั้งไม่ได้นำอัตราที่เกิดจากน้ำเสียมาคำนวณด้วย เนื่องจากไม่ทราบปริมาณน้ำเสียและค่าซีโอดีในน้ำเสียที่แน่ชัด สำหรับการทำนายผลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดนี้ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.59

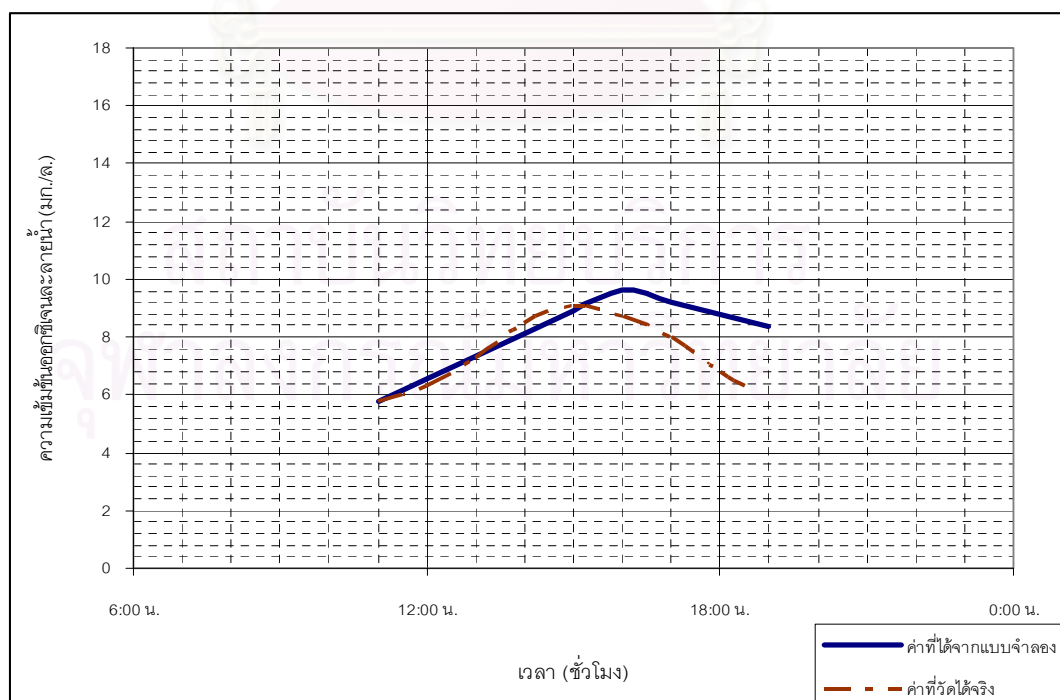
ตารางที่ 5.11 พารามิเตอร์ที่ทำการวิจัยเพื่อแทนค่าลงในแบบจำลองของข้อมูลชุดที่ 1

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.67	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	20	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	395	มก./ล.
4. ซีโอดี	75	มก./ล.
5. ความเข้มแสง	47	ฟุต - แรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	81.3	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	29.5	°ซ
8. ความลึกจาก Secchi disk	0.41	ม.
9. ความลึกของน้ำ	0.72	ม.

ตารางที่ 5.12 ข้อมูลการวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ ของข้อมูลชุดที่ 1

เวลาที่ทำการวัด	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)
11:00 น.	5.8
12:00 น.	6.4
13:00 น.	7.3
14:00 น.	8.5
15:00 น.	9.1
16:00 น.	8.8
17:00 น.	8.0
18:00 น.	6.8
18:30 น.	6.3

รูปที่ 5.7 ผลการทำนายค่าออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของข้อมูลชุดที่ 1



5.3.2 การศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 2

ชุดข้อมูลที่ 2 ทำการทดลองเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2547 ซึ่งมีสภาพอากาศในวันนั้นมีแสงแดดจ้าและมีเมฆเล็กน้อย ซึ่งมีรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแทนค่าในแบบจำลองดังตารางที่ 5.13 ส่วนข้อมูลของค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่เวลาต่างๆ นั้นจะแสดงอยู่ในตารางที่ 5.14 ซึ่งเมื่อนำแบบจำลองมาทำนายผลเทียบกับค่าที่วัดได้ จะเป็นดังรูปที่ 5.8 จากรูปนี้จะเห็นได้ว่าในช่วงที่มีการเพิ่มของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในช่วงก่อนเวลา 12.00 น. นั้น ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลองจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงมากแต่หลังจากเวลานั้นจนถึงเวลา 16.00 น. ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีค่าน้อยกว่าค่าที่วัดได้จริง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอัตราการผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายมีค่าสูงกว่าแบบจำลองมาก โดยอาจมีอิทธิพลมาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในวันนั้นมีค่าสูงมาก คือ 153.4 มก./ลบ.ม. ซึ่งเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่นำมาใช้เป็นตัวแทนในการหาความสัมพันธ์ในส่วนของการหาอัตราการผลิตออกซิเจนจากสาหร่าย ค่าส่วนใหญ่จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ต่ำกว่า 100 มก./ลบ.ม. ดังนั้นอาจทำให้การทำนายผลเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ส่วนในช่วงของการลดลงของความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำนั้น ค่าที่ได้จากแบบจำลองจะมีความใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าปัจจัยที่ใช้ ออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง สามารถใช้ได้ในกรณีของชุดข้อมูลนี้ หรือไม่มีปัจจัยที่ใช้ ออกซิเจนอื่นใดนอกเหนือไปจากปัจจัยในแบบจำลอง สำหรับการทำนายผลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดนี้ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.68

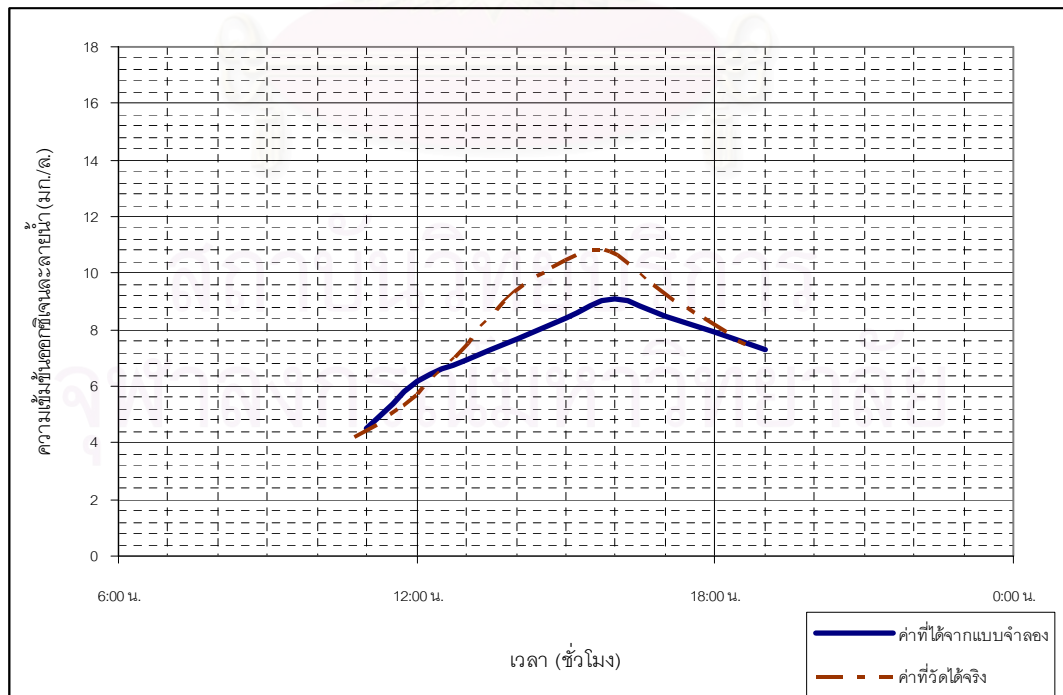
ตารางที่ 5.13 พารามิเตอร์ที่ทำการวิจัยเพื่อแทนค่าลงในแบบจำลองของข้อมูลชุดที่ 2

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.62	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	25	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	423	มก./ล.
4. ซีไอดี	29	มก./ล.
5. ความเข้มแสง	48	ฟุต - แแรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	153.4	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	28.2	°ซ
8. ความลึกจาก Secchi disk	0.40	ม.
9. ความลึกของน้ำ	0.65	ม.

ตารางที่ 5.14 ข้อมูลการวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ ของข้อมูลชุดที่ 2

เวลาที่ทำการวัด	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)
10:45 น.	4.2
11:45 น.	5.3
12:45 น.	7.0
13:45 น.	9.0
14:45 น.	10.2
15:45 น.	10.8
16:45 น.	9.6
17:45 น.	8.4
18:45 น.	7.3

รูปที่ 5.8 ผลการทำนายค่าออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของข้อมูลชุดที่ 2



5.3.3 การศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 3

ชุดข้อมูลที่ 3 ทำการทดลองเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2547 ซึ่งมีสภาพอากาศในวันนั้นมีแสงแดดจ้าและมีเมฆเล็กน้อย ซึ่งมีรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแทนค่าในแบบจำลองดังตารางที่ 5.15 ส่วนข้อมูลของค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่เวลาต่างๆ นั้นจะแสดงอยู่ในตารางที่ 5.16 ซึ่งเมื่อนำแบบจำลองมาทำนายผลเทียบกับค่าที่วัดได้ จะเป็นดังรูปที่ 5.9 จากรูปนี้จะเห็นได้ว่าในช่วงที่มีการเพิ่มของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำนั้น ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงพอสมควร ซึ่งค่าที่แตกต่างกันนั้นอาจเนื่องมาจากอัตราการผลิตออกซิเจนเนื่องจากสาหร่ายในวันนี้มีค่าสูงกว่าปกติหรือสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองนั่นเอง โดยอาจมีอิทธิพลมาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในวันนั้นมีค่าสูงมาก คือ 135.1 มก./ลบ.ม. ซึ่งเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่นำมาใช้เป็นตัวแทนในการหาความสัมพันธ์ในส่วนของการหาอัตราการผลิตออกซิเจนจากสาหร่ายค่าส่วนใหญ่จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ต่ำกว่า 100 มก./ลบ.ม. ดังนั้นอาจทำให้การทำนายผลเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ส่วนในช่วงของการลดลงของความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำนั้น ค่าที่ได้จากแบบจำลองจะมีความใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าปัจจัยที่ใช้ออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง สามารถใช้ได้ในกรณีของชุดข้อมูลนี้ หรือไม่มีปัจจัยที่ใช้ออกซิเจนอื่นใดนอกเหนือไปจากปัจจัยในแบบจำลอง สำหรับการทำนายผลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดนี้ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.81

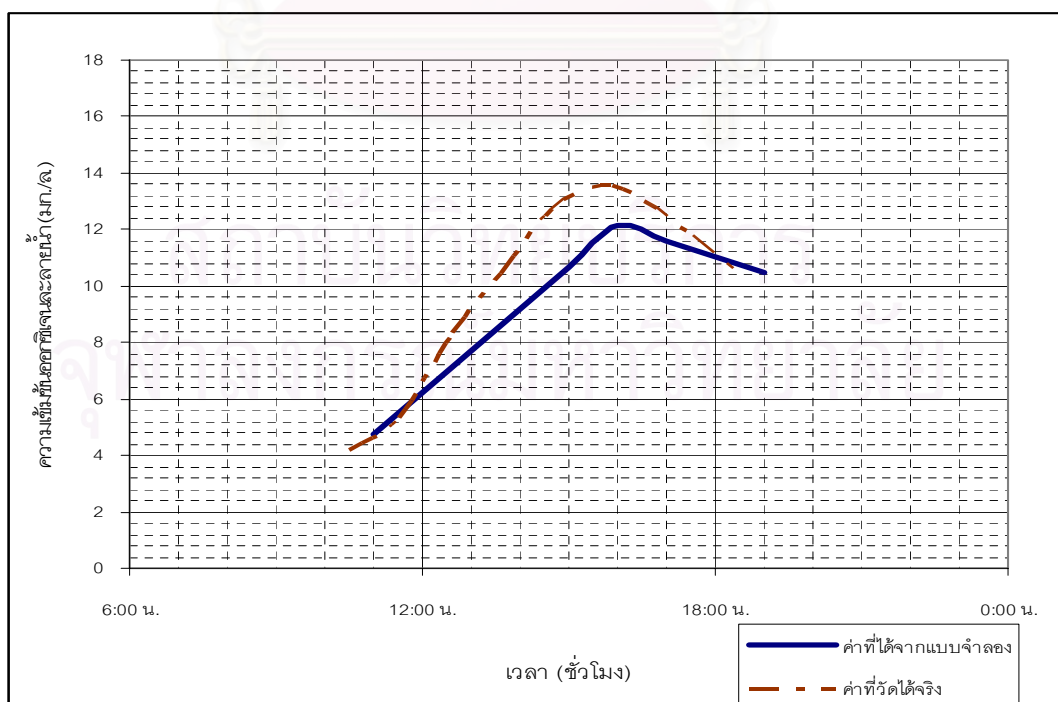
ตารางที่ 5.15 พารามิเตอร์ที่ทำการวิจัยเพื่อแทนค่าลงในแบบจำลองของข้อมูลชุดที่ 3

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.76	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	46	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	522	มก./ล.
4. ซีโอดี	44	มก./ล.
5. ความเข้มแสง	54	ฟุต - แแรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	135.1	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	27	°ซ
8. ความลึกจาก Secchi disk	0.35	ม.
9. ความลึกของน้ำ	0.75	ม.

ตารางที่ 5.16 ข้อมูลการวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ ของข้อมูลชุดที่ 3

เวลาที่ทำการวัด	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)
10:30 น.	4.2
11:30 น.	5.3
12:30 น.	8.3
13:30 น.	10.4
14:30 น.	12.7
15:30 น.	13.6
16:30 น.	13.0
17:30 น.	11.8
18:30 น.	10.4

รูปที่ 5.9 ผลการทำนายค่าออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของข้อมูลชุดที่ 3



5.3.4 การศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 4

ชุดข้อมูลที่ 4 ทำการทดลองเมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ซึ่งมีสภาพอากาศในวันนี้มีแสงแดดจ้า มีเมฆมากและมีความแปรปรวนของสภาพอากาศพอสมควร ซึ่งมีรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแทนค่าในแบบจำลองดังตารางที่ 5.17 ส่วนข้อมูลของค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่เวลาต่างๆ นั้นจะแสดงอยู่ในตารางที่ 5.18 ซึ่งเมื่อนำแบบจำลองมาทำนายผลเทียบกับค่าที่วัดได้ จะเป็นดังรูปที่ 5.10 จากรูปนี้จะเห็นได้ว่าในช่วงที่มีการเพิ่มของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำก่อนเวลา 14.00 น. นั้น ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงมาก แต่หลังจากนั้นค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นและลงที่ได้จากแบบจำลอง จะมีความแตกต่างจากค่าที่วัดได้จริงค่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่สภาพอากาศในช่วงเวลานั้นมีความแปรปรวน กล่าวคือ บางครั้งมีแสงแดด บางครั้งฟ้าครึ้มคล้ายฝนจะตก ซึ่งสภาพอากาศในลักษณะนี้จำเป็นต้องใช้แบบจำลองที่มีความยืดหยุ่นของข้อมูลค่อนข้างมาก แต่แบบจำลองที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ เป็นแบบจำลองที่รองรับความยืดหยุ่นของข้อมูลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังจะเห็นได้จากการแทนค่าช่วงความเข้มแสงเพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย สำหรับการทำนายผลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดนี้ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.71

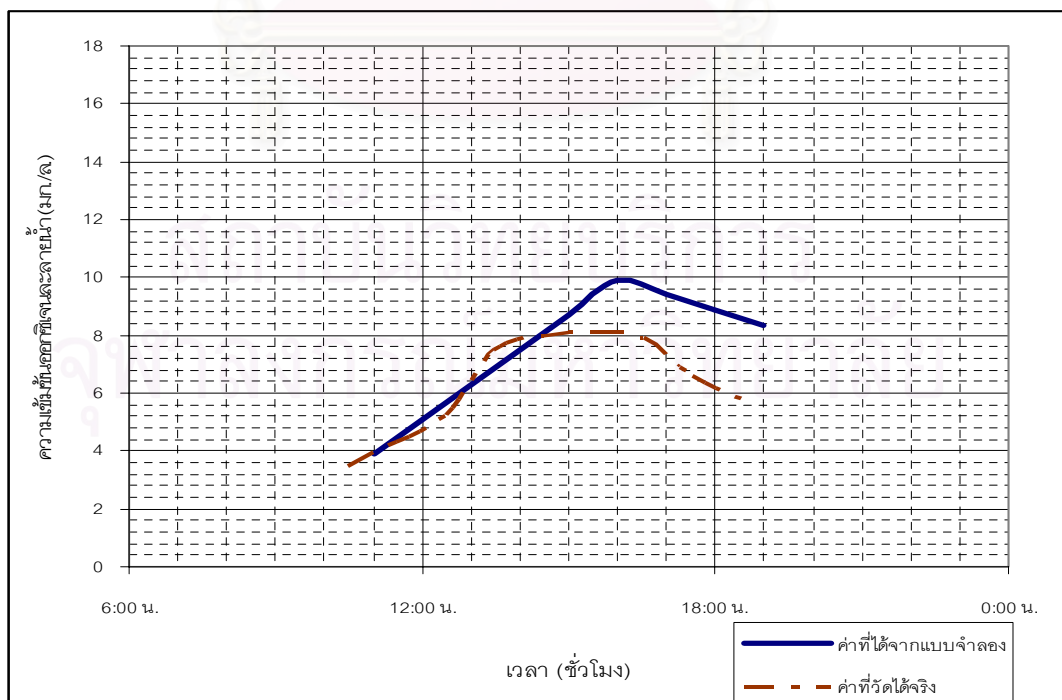
ตารางที่ 5.17 พารามิเตอร์ที่ทำการวิจัยเพื่อแทนค่าลงในแบบจำลองของข้อมูลชุดที่ 4

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	8.05	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	20	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	439	มก./ล.
4. ซีโอดี	58	มก./ล.
5. ความเข้มแสง	49	ฟุต - แแรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	115.6	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	26.5	°ซ
8. ความลึกจาก Secchi disk	0.41	ม.
9. ความลึกของน้ำ	0.69	ม.

ตารางที่ 5.18 ข้อมูลการวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ ของข้อมูลชุดที่ 4

เวลาที่ทำการวัด	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)
10:30 น.	3.5
11:30 น.	4.3
12:30 น.	5.2
13:30 น.	7.5
14:30 น.	8.0
15:30 น.	8.1
16:30 น.	7.9
17:30 น.	6.6
18:30 น.	5.8

รูปที่ 5.10 ผลการทำนายค่าออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของข้อมูลชุดที่ 4



5.3.5 การศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 5

ชุดข้อมูลที่ 5 ทำการทดลองเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ซึ่งมีสภาพอากาศในวันนั้นมีแสงแดดจ้าและมีเมฆค่อนข้างมาก ซึ่งมีรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแทนค่าในแบบจำลองดังตารางที่ 5.19 ส่วนข้อมูลของค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่เวลาต่างๆ นั้นจะแสดงอยู่ในตารางที่ 5.20 ซึ่งเมื่อนำแบบจำลองมาทำนายผลเทียบกับค่าที่วัดได้ จะเป็นดังรูปที่ 5.11 จากรูปนี้จะเห็นได้ว่าในช่วงที่มีการเพิ่มของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำนั้น ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลองจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงพอสมควร ซึ่งค่าที่แตกต่างกันนั้นอาจเนื่องมาจากอัตราการผลิตออกซิเจนเนื่องมาจากสาหร่ายในวันนี้มีค่าสูงกว่าปกติหรือสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองนั่นเอง โดยอาจมีอิทธิพลมาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในวันนั้นมีค่าสูงมาก คือ 136.3 มก./ลบ.ม. ซึ่งเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่นำมาใช้เป็นตัวแทนในการหาความสัมพันธ์ในส่วนของการหาอัตราการผลิตออกซิเจนจากสาหร่ายค่าส่วนใหญ่จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ต่ำกว่า 100 มก./ลบ.ม. ดังนั้นอาจทำให้การทำนายผลเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ส่วนในช่วงของการลดลงของความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำนั้น ค่าที่ได้จากแบบจำลองจะมีความแตกต่างจากค่าที่วัดได้จริงค่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียที่เข้ามาในทางระบายน้ำ ซึ่งในการทำนายผลในแบบจำลองในครั้งนี้ไม่ได้นำอัตราที่เกิดจากน้ำเสียมาคำนวณด้วย เนื่องจากไม่ทราบปริมาณน้ำเสียและค่าซีโอดีในน้ำเสียที่แน่ชัด สำหรับการทำนายผลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดนี้ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.81

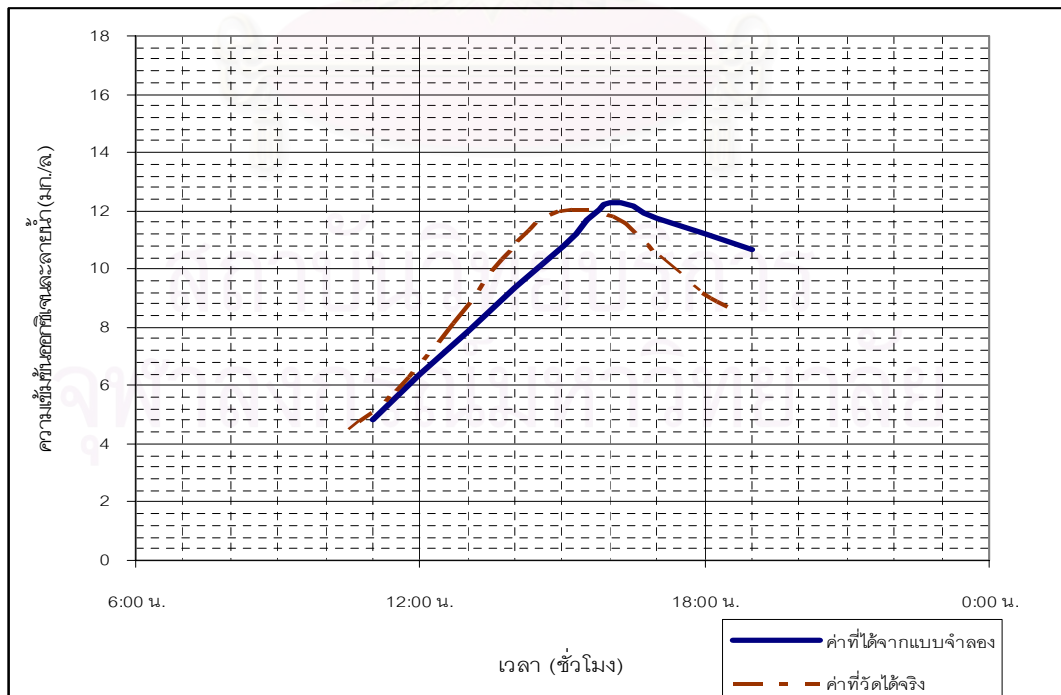
ตารางที่ 5.19 พารามิเตอร์ที่ทำการวิจัยเพื่อแทนค่าลงในแบบจำลองของข้อมูลชุดที่ 5

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.95	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	25	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	347	มก./ล.
4. ซีโอดี	73	มก./ล.
5. ความเข้มแสง	49	ฟุต - แรเงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	136.3	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	27.5	°ซ
8. ความลึกจาก Secchi disk	0.39	ม.
9. ความลึกของน้ำ	0.75	ม.

ตารางที่ 5.20 ข้อมูลการวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ ของข้อมูลชุดที่ 5

เวลาที่ทำการวัด	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)
10:30 น.	4.5
11:30 น.	5.8
12:30 น.	8.1
13:30 น.	10.9
14:30 น.	12.0
15:30 น.	11.8
16:30 น.	10.4
17:30 น.	9.2
18:30 น.	8.7

รูปที่ 5.11 ผลการทำนายค่าออกซิเจนละลายน้ำเทียบกับค่าที่วัดได้จริงของข้อมูลชุดที่ 5



บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงปัจจัยและอิทธิพลที่มีผลต่อการเพิ่ม และลดออกซิเจนละลายน้ำในทางระบายน้ำ และเพื่อเสนอแนวทางในการป้องกันปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการและในสถานที่จริง และสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

6.1.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำคือ สหรัย และการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ซึ่งจากผลการวิจัยในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าสหรัยมีอิทธิพลมากที่สุดในการเพิ่มความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ(จากภาคผนวก ข.) ทั้งนี้นอกจากปัจจัยของสหรัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำแล้ว ยังต้องอาศัยปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญอีกอย่างคือ แสงแดด ซึ่งจะเห็นได้จากผลการศึกษานำแบบจำลองมาใช้ในกรณีสมมติ ที่สมมติให้มีแสงแดดเล็กน้อยและมีแดดจ้า(จากรูปที่5.3 และรูปที่5.4) โดยถ้าสภาพอากาศมีแดดจ้าจะส่งผลดีต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แต่ถ้าหากสภาพอากาศในวันนั้นไม่มีแสงแดด การที่มีปริมาณสหรัยมากกลับส่งผลเสียมากกว่าผลดีต่อการเพิ่มออกซิเจน ในส่วนของอิทธิพลที่เกิดจากการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจนนั้นมีน้อยมาก(จากภาคผนวก ข.) อิทธิพลของปัจจัยตัวนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วลมซึ่งค่าความเร็วลมมีค่าไม่สูงมากโดยการสังเกตที่ผิวน้ำมีลักษณะเรียบ และผลต่างระหว่างความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดอิมตัวกับความเข้มข้นของออกซิเจนในเวลานั้น ซึ่งถ้ามีความเร็วลมสูงก็จะยิ่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์รวมของการถ่ายเท(K_L)เพิ่มขึ้น และถ้าผลต่างระหว่างความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดอิมตัวกับความเข้มข้นของออกซิเจนในเวลานั้นมีค่ามาก ก็ส่งผลให้มีอัตราการผลิตออกซิเจนที่มากขึ้นด้วย

6.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดออกซิเจนละลายน้ำคือ สหรัย ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ ปลา น้ำเสียที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำและการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ จะเห็นได้ว่าทั้งสหรัยและการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศส่งผลต่อการเพิ่ม และลดออกซิเจนละลายน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ถ้ามีค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำในเวลานั้นมีค่ามากกว่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดอิมตัว

ออกซิเจนจากน้ำก็จะถ่ายเทให้กับอากาศ และสาหร่ายก็จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจอยู่ตลอดเวลาเช่นกัน สำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการลดออกซิเจนละลายน้ำมากที่สุดจากการศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 2, 3, 4 และ 5 คือสาหร่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสาหร่าย รองลงมาคือ ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ ปลา และการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ตามลำดับ(ภาคผนวก ข.) ในกรณีดังกล่าวมีการวัดค่าคลอโรฟิลล์ เอ ที่ 153.4, 135.1, 115.6 และ 136.3 มก./ลบ.ม. สำหรับการทดลองที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ส่วนในกรณีการศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง ของข้อมูลชุดที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอเท่ากับ 81.3 มก./ลบ.ม.และในกรณีสมมติใช้ค่าคลอโรฟิลล์ เอเท่ากับ 75.7 มก./ลบ.ม. จึงมีผลให้อิทธิพลต่อการลดออกซิเจนละลายน้ำของตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำสูงกว่าของสาหร่าย ส่วนน้ำเสียที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำที่ทำวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากไม่ทราบตำแหน่งและปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้ามาในทางระบายน้ำที่แน่ชัด จึงไม่สามารถนำมาแทนค่าลงในแบบจำลองได้ แต่ในการสร้างแบบจำลองได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์มาทดลอง เพื่อหาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียรองรับไว้ในแบบจำลองแล้ว

6.1.3 แบบจำลองที่ได้จากการทำวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการทำนายค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในทางระบายน้ำแห่งนี้ได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจอยู่ในช่วง 0.59 – 0.81 ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาการนำแบบจำลองมาทำนายผลเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง(รูปที่ 5.7 ถึงรูปที่ 5.11) ซึ่งความถูกต้องของแบบจำลองจะอยู่ภายใต้สภาวะที่สภาพอากาศไม่แปรปรวนมาก(รูปที่ 5.10) เพราะแบบจำลองนี้มีความยืดหยุ่นของข้อมูลน้อย และแบบจำลองจะนำมาทำนายผลในกรณีที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่มากกว่า 115 ได้ไม่แม่นยำนัก เพราะช่วงข้อมูลของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่นำมาหาความสัมพันธ์ในส่วนของการหาอัตราการผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายส่วนมากจะต่ำกว่า 100 มก./ลบ.ม. ในส่วนของการหาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากปลานั้น มีความแปรปรวนของข้อมูลที่ค่อนข้างมากค่าเฉลี่ยที่นำมาใช้ในแบบจำลองอาจจะไม่เพียงพอ ซึ่งอาจต้องใช้ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงหรือค่าที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น

6.1.4 สำหรับช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนปริมาณออกซิเจน โดยการใช้แบบจำลองคาดการณ์ คือเวลาใกล้รุ่งหรือประมาณ 6.00 น. (รูปที่ 5.5) ดังนั้นหากจำเป็นต้องมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่ทางระบายน้ำแห่งนี้ก็ควรที่จะหลีกเลี่ยงในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งช่วงเวลาที่เหมาะสมคือ 12.00 – 15.00น. (รูปที่ 5.7 ถึงรูปที่ 5.11) เพราะถ้าทิ้งในช่วงเวลาที่มีปริมาณออกซิเจนมาก ผลกระทบก็จะมีน้อยกว่าการทิ้งน้ำเสียในเวลาที่มีออกซิเจนละลายน้ำอยู่น้อย

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการใช้และผลิตออกซิเจนที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ สำหรับระบบทางระบายน้ำ ในพื้นที่ที่อาจจะมีความแตกต่างเกี่ยวกับลักษณะของปัจจัยต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ปรับแก้แบบจำลองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

6.2.2 ศึกษาปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ เช่น อัตราการเกิดของสาหร่าย อัตราการตายของสาหร่าย และลักษณะของน้ำเสียที่เข้ามาในระบบ เป็นต้น

6.2.3 ศึกษาการประยุกต์นำเครื่องมือที่มีความละเอียดสูง และสามารถบันทึกผลได้ เช่น เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีความละเอียดสูงและสามารถบันทึกผลได้ มาใช้ในการหาอัตราการผลิตและใช้ออกซิเจนของปัจจัยต่าง ๆ เพื่อให้การประยุกต์ในการใช้งานในพื้นที่จริง มีประสิทธิภาพมากขึ้น

6.2.4 ศึกษาอิทธิพล และข้อจำกัดที่เกิดจากการนำอัตราผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่ายที่ได้จากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ต่ำ ไปใช้ทำนายอัตราการผลิตออกซิเจนในส่วนของสาหร่ายที่มีปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ ที่สูง

6.2.5 ควรมีการตรวจวัดสภาพความเข้มแสงด้วยความถี่ที่สูงขึ้น จะทำให้แบบจำลองสามารถอธิบายเหตุการณ์ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ควบคุมมลพิษ, กรม. กองจัดการคุณภาพน้ำ. บ่อปรับเสถียร[Online]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา:

<http://www.pcd.go.th/?=47.30235135> [2003, Dec, 13]

ควบคุมมลพิษ, กรม. กองจัดการคุณภาพน้ำ. มาตรฐานคุณภาพน้ำ[Online]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา

: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html [2004, Feb, 15]

ควบคุมมลพิษ, กรม. เกณฑ์แนะนำการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน. (ม.ป.ท.), 2546.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิศวกรรมศาสตร์. คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.

นันทาวดี กิตติศรี. การรักษาคุณภาพของน้ำในตู้เลี้ยงปลาด้วยเครื่องกรองชนิดต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ปัญญา โพธิ์จิวรัตน์. เทคโนโลยีการเลี้ยงปลาและเพาะพันธุ์ปลา. พิมพ์ครั้งที่ 1. (ม.ป.ท.), 2530.

มันสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

วิรัช จิวแหยม. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. การควบคุมคุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา. (ม.ป.ท., ม.ป.ป.), อ้างถึงใน ศักดิ์ชัย ชูชาติ. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ไอ.เอส. พรินติ้ง เฮาส์, 2536.

ภาษาอังกฤษ

APHA, AWWA and WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. ed 20th. New York: American Public Health Association U.S.A., 1998.

Böhme, M. Release and consumption of oxygen by a phytoplankton dominated community of a eutrophic lowland river[Online]. Department of Lowland Rivers and Shallow Lakes. Available from:
<http://www.arcor.de/limnologie/sil93.pdf>[2004, Nov 17]

Boyd, C. E. Water quality management for pond fish culture. New York: Elsevier Scientific, 1982, อ้างถึงใน วิรัช จิวแหยม. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

Harnett, L. D., and Murphy, L. J. Statistical analysis for business and economics. ed 3rd. United States of America: Addison-Wesley Publishing Company, 1986.

Kayombo, S.;Mbwette, T. S. A.;Mayo, A. W.;Katima, J. H. Y.; and Jorgensen, S. E. Diurnal cycles of variation of physical-chemical parameters in waste stabilization ponds. Ecological Modelling 18 (2002): 287-291.

Kayombo, S.;Mbwette, T. S. A.;Mayo, A. W.;Katima, J. H. Y.; and Jorgensen, S. E. Modelling diurnal variation of dissolved oxygen in waste stabilization ponds. Ecological Modelling 127 (2000): 21-31.

Mitnik, P. Androscoggin river modeling report and alternative analysis[Online]. 2002. Available from:
<http://www.state.me.us/dep/blwq/docmonitoring/repandrorep.pdf>[2004, Nov 17]

Mitnik, P. Aroostook river modeling report final[Online]. 2004. Available from:
<http://www.maine.gov/dep/blwq/docmonitoring/modelinganddatareports/aroos04report.pdf>[2004, Nov 17]

Portielje, R.; and Lijklema, L. The effect of reaeration and benthic algae on the oxygen balance of an artificial ditch. Ecological Modelling 79 (1995): 35-48.

Sawyer, N. C., McCarty, L. P., and Parkin, F. G. Chemistry for environmental engineering. ed 4th. New York: McGraw-Hill, 1994.

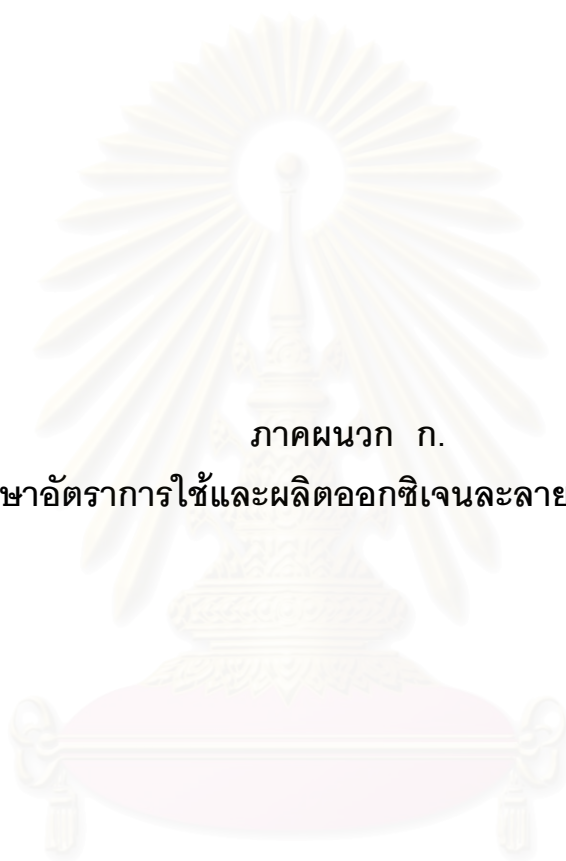


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

ผลการศึกษาอัตราการให้และผลผลิตออกซิเจนละลายน้ำของแต่ละปัจจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ผลการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ ในแต่ละวัน

วันที่ : 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แดดจ้า*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. ความเข้มข้น**	42	ฟุต - แรงเทียน
2. คลอโรฟิลล์ เอ	97.5	มก./ลบ.ม.
3. อุณหภูมิ	32	°ซ
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	9.95	มก./ (ล-ตร.ม.-ชม.)

วันที่ : 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : มีแสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. ความเข้มข้น**	23	ฟุต - แรงเทียน
2. คลอโรฟิลล์ เอ	103.2	มก./ลบ.ม.
3. อุณหภูมิ	29.5	°ซ
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	9.90	มก./ (ล-ตร.ม.-ชม.)

วันที่ : 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. ความเข้มข้น**	35	ฟุต - แรงเทียน
2. คลอโรฟิลล์ เอ	72.5	มก./ลบ.ม.
3. อุณหภูมิ	29	°ซ
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	5.74	มก./ (ล-ตร.ม.-ชม.)

ตารางที่ ก.1 ผลการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 14 สิงหาคม พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แดดจ้า*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. ความเข้มแสง**	50	ฟุต - แรงเทียน
2. คลอโรฟิลล์ เอ	64.1	มก./ลบ.ม.
3. อุณหภูมิ	31	°ซ
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	4.83	มก./ (ล-ตร.ม.-ชม.)

วันที่ : 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. ความเข้มแสง**	32	ฟุต - แรงเทียน
2. คลอโรฟิลล์ เอ	71.2	มก./ลบ.ม.
3. อุณหภูมิ	28.5	°ซ
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	7.23	มก./ (ล-ตร.ม.-ชม.)

วันที่ : 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แดดจ้า*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. ความเข้มแสง**	52	ฟุต - แรงเทียน
2. คลอโรฟิลล์ เอ	82.3	มก./ลบ.ม.
3. อุณหภูมิ	28	°ซ
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	8.12	มก./ (ล-ตร.ม.-ชม.)

ตารางที่ ก.1 ผลการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แดดจ้า*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. ความเข้มแสง**	47	ฟุต - แรงเทียน
2. คลอโรฟิลล์ เอ	78.2	มก./ลบ.ม.
3. อุณหภูมิ	29	°ซ
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	6.18	มก./ (ล-ตร.ม.-ชม.)

ตารางที่ ก.2 ผลการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียสังเคราะห์ ในแต่ละวัน

วันที่ : 4 ตุลาคม พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : มีแสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.65	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	17	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	275	มก./ล.
4. ซีไอดี ในน้ำจากทางระบายน้ำ	64	มก./ล.
4. ซีไอดี ในน้ำเสียสังเคราะห์	243	มก./ล.
6. คลอโรฟิลล์ เอ	49.6	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	29	°ซ
8. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.000460	1/ล.-ชม.

ตารางที่ ก.2 ผลการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียสังเคราะห์ ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 5 ตุลาคม พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : มีแสงแดดเล็กน้อย*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.52	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	20	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	305	มก./ล.
4. ซีโอดี ในน้ำจากทางระบายน้ำ	62	มก./ล.
4. ซีโอดี ในน้ำเสียสังเคราะห์	454	มก./ล.
6. คลอโรฟิลล์ เอ	54.0	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	30	°ซ
8. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.000429	1/ล.-ชม.

วันที่ : 6 ตุลาคม พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : มีแสงแดดเล็กน้อย*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.79	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	22	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	317	มก./ล.
4. ซีโอดี ในน้ำจากทางระบายน้ำ	31	มก./ล.
4. ซีโอดี ในน้ำเสียสังเคราะห์	898	มก./ล.
6. คลอโรฟิลล์ เอ	50.6	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	30	°ซ
8. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.000454	1/ล.-ชม.

ตารางที่ ก.3 ผลการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากปลา ในแต่ละวัน

วันที่ : 11 ตุลาคม พ.ศ.2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้		หน่วย
	มีแสงสว่าง	ที่บแสง	
1. ความเข้มข้น***	25	-	ฟุต - แรงเทียน
2. อุณหภูมิ	30	29	°ซ
3. น้ำหนักเฉลี่ยของปลา	11.25	11.25	กรัม
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	12.22	16.67	มก./ล.-กก.ของน้ำหนักปลา-ชม.

วันที่ : 12 ตุลาคม พ.ศ.2547

สภาพอากาศ : มีแสงแดดเล็กน้อย*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้		หน่วย
	มีแสงสว่าง	ที่บแสง	
1. ความเข้มข้น***	15	-	ฟุต - แรงเทียน
2. อุณหภูมิ	29	28	°ซ
3. น้ำหนักเฉลี่ยของปลา	11.25	11.25	กรัม
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	11.67	17.22	มก./ล.-กก.ของน้ำหนักปลา-ชม.

วันที่ : 13 ตุลาคม พ.ศ.2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้		หน่วย
	มีแสงสว่าง	ที่บแสง	
1. ความเข้มข้น***	26	-	ฟุต - แรงเทียน
2. อุณหภูมิ	30	29	°ซ
3. น้ำหนักเฉลี่ยของปลา	11.25	11.25	กรัม
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	26.11	29.44	มก./ล.-กก.ของน้ำหนักปลา-ชม.

ตารางที่ ก.3 ผลการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากปลา ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 14 ตุลาคม พ.ศ.2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้		หน่วย
	มีแสงสว่าง	ที่บแสง	
1. ความเข้มแสง***	25	-	ฟุต - แรงเทียน
2. อุณหภูมิ	29.5	28	°ซ
3. น้ำหนักเฉลี่ยของปลา	11.25	11.25	กรัม
4. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	20.00	23.89	มก./ล.-กก.ของน้ำหนักปลา-ชม.

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดอัตราการใช้และผลิออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย ในแต่ละวัน

วันที่ : 29 สิงหาคม พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : มีแสงแดดเล็กน้อย*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.90	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	19.6	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	143	มก./ล.
4. ซีโอดี	141	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	20	ฟุต - แรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	79.2	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	32	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.26	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.14	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.42	ม.

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดอัตราการไหลและผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 1 กันยายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.65	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	25	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	213	มก./ล.
4. ซีไอดี	71	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	27	ฟุต - แแรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	64.8	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	32	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.42	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.16	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.47	ม.

วันที่ : 2 กันยายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.54	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	49	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	336	มก./ล.
4. ซีไอดี	133	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	33	ฟุต - แแรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	96.5	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	31	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.64	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.16	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.42	ม.

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดอัตราการไหลและผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 4 กันยายน พ.ศ. 2547
สภาพอากาศ : ฟ้าครึ้ม มีฝนโปรยในบางเวลา*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.80	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	75	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	201	มก./ล.
4. ซีโอดี	141	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	10	ฟุต - แสงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	27.2	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	27	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.09	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.06	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.45	ม.

วันที่ : 6 กันยายน พ.ศ. 2547
สภาพอากาศ : แดดจ้า*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.82	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	15	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	284	มก./ล.
4. ซีโอดี	145	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	45	ฟุต - แสงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	28.1	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	31	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.29	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.05	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.48	ม.

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดอัตราการไหลและผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 7 กันยายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แดดจ้า*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.79	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	16	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	336	มก./ล.
4. ซีโอดี	207	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	42	ฟุต - แรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	33.7	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	31	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.35	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.04	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.47	ม.

วันที่ : 8 กันยายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.85	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	57	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	347	มก./ล.
4. ซีโอดี	69	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	35	ฟุต - แรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	56.2	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	30	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.36	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.15	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.5	ม.

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดอัตราการไหลและผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 10 กันยายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.72	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	43	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	275	มก./ล.
4. ซีโอดี	58	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	40	ฟุต - แรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	73.8	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	30	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.58	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.17	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.42	ม.

วันที่ : 11 กันยายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.80	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	57	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	323	มก./ล.
4. ซีโอดี	87	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	37	ฟุต - แรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	88.6	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	32	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.78	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.20	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.44	ม.

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดอัตราการไหลและผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 12 กันยายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	8.05	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	30	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	284	มก./ล.
4. ซีโอดี	85	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	25	ฟุต - แรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	137.7	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	32	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.37	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.23	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.37	ม.

วันที่ : 13 กันยายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แสงแดดปานกลาง*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.91	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	35	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	394	มก./ล.
4. ซีโอดี	56	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	23	ฟุต - แรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	165.2	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	31	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.56	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.28	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.35	ม.

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดอัตราการไหลและผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แดดจ้า*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.63	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	25	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	287	มก./ล.
4. ซีโอดี	58	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	55	ฟุต - แรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	54.6	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	27	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	0.86	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.14	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.42	ม.

วันที่ : 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แดดจ้า*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.82	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	32	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	323	มก./ล.
4. ซีโอดี	87	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	60	ฟุต - แรงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	75.1	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	28	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	1.03	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.17	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.45	ม.

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดอัตราการไหลและผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย ในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่ : 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547

สภาพอากาศ : แดดจ้า*

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยที่ได้	หน่วย
1. พีเอช	7.78	
2. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	43	มก./ล.
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	356	มก./ล.
4. ซีโอดี	85	มก./ล.
5. ความเข้มแสง**	47	ฟุต - แรเงเทียน
6. คลอโรฟิลล์ เอ	120.5	มก./ลบ.ม.
7. อุณหภูมิ	27	°ซ
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ	1.78	มก./ล.-ชม.
9. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ	0.23	มก./ล.-ชม.
10. ความลึกจาก Secchi disk	0.43	ม.

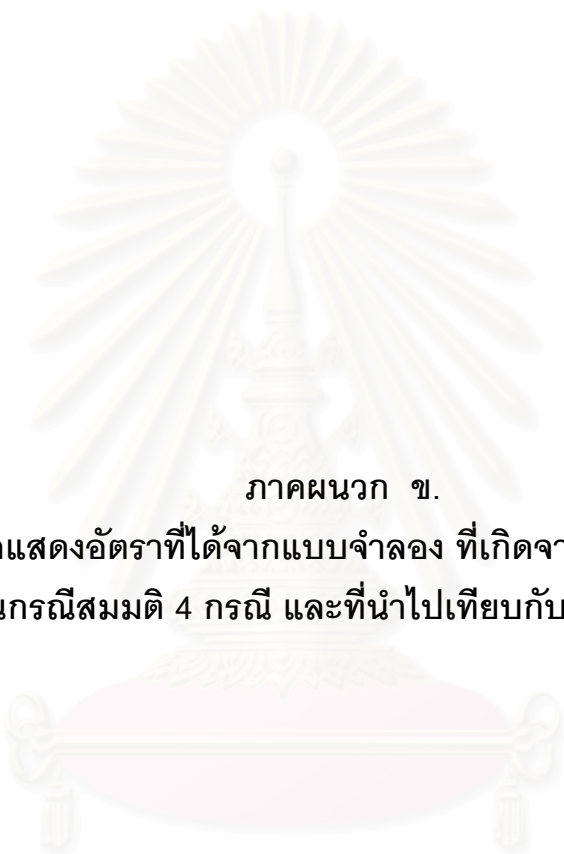
หมายเหตุ: * สภาพอากาศแบ่งตามความเข้มแสง ซึ่งที่ความเข้มแสงในช่วงมากกว่า 40 ฟุต-แรเงเทียน สภาพอากาศมีแดดจ้า

ตั้งแต่ 20 – 40 ฟุต-แรเงเทียน สภาพอากาศมีแดดปานกลาง

ตั้งแต่ 0 – 20 ฟุต-แรเงเทียน สภาพอากาศมีแสงแดดเล็กน้อย

** ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยในช่วงเวลา 11.00 – 15.00 น.

*** ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยที่ทำการวัดก่อนทำการวิจัย ที่เวลาประมาณ 10.00 น.



ภาคผนวก ข.

ข้อมูลแสดงอัตราที่ได้จากแบบจำลอง ที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ
ในกรณีสมมติ 4 กรณี และที่นำไปเทียบกับการวัดจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 1 ที่มีแสงแดดจ้าตลอดทั้งวัน

เวลา (นาฬิกา)	สภาพชาย		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
6:00						
7:00	-0.148830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.027353
8:00	-0.148830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.026645
9:00	-0.148830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.025942
10:00	-0.148830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.025243
11:00	-0.148830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.020824
12:00	-0.148830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.016431
13:00	-0.148830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.012064
14:00	-0.148830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.007724
15:00	-0.148830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.003410
16:00	-0.148830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.000878
17:00	-0.148830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.005141
18:00	-0.148830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.005653
19:00	-0.148830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.006163
20:00	-0.148830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.006669
21:00	-0.148830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.004220
22:00	-0.148830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.001786
23:00	-0.148830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.000634
0:00	-0.148830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.003039

ตารางที่ ข.1 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณี 1 ที่มีแสงแดดจำลองทั้งวัน (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	ส่วนหยาบ		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ		ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวน้ำ
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.			
1:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.005429
2:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.007806
3:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.010168
4:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.012516
5:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.014850
6:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.017169
7:00	-0.143830	0.492050	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.019475
8:00	-0.143830	0.492050	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.018815
9:00	-0.143830	0.492050	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.018159
10:00	-0.143830	1.112790	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.017506
11:00	-0.143830	1.112790	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.013133
12:00	-0.143830	1.112790	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.008787
13:00	-0.143830	1.112790	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.004466
14:00	-0.143830	1.112790	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.000172
15:00	-0.143830	1.112790	-0.195700		-0.061954	0.000000	-0.004097
15:30	-0.071915	1.112790	-0.195700		-0.061954	0.000000	-0.008340
16:00	-0.071915	0.492050	-0.195700		-0.061954	0.000000	-0.012990
17:00	-0.143830	0.492050	-0.195700		-0.061954	0.000000	-0.013887
18:00	-0.143830	0.492050	-0.195700		-0.061954	0.000000	-0.014347
19:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	-0.014804
20:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	-0.012306

ตารางที่ ข.1 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 1 ที่มีแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	สำหรับ		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การเปลี่ยนแปลงอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
21:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	มก./ล.-ชม. -0.061954	0.0000000	มก./ล.-ชม. -0.009824
22:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	มก./ล.-ชม. -0.061954	0.0000000	มก./ล.-ชม. -0.007356
23:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	มก./ล.-ชม. -0.061954	0.0000000	มก./ล.-ชม. -0.004903
0:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	มก./ล.-ชม. -0.061954	0.0000000	มก./ล.-ชม. -0.002464
1:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	มก./ล.-ชม. -0.061954	0.0000000	มก./ล.-ชม. -0.000041
2:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	มก./ล.-ชม. -0.061954	0.0000000	มก./ล.-ชม. 0.002369
3:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	มก./ล.-ชม. -0.061954	0.0000000	มก./ล.-ชม. 0.004763
4:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	มก./ล.-ชม. -0.061954	0.0000000	มก./ล.-ชม. 0.007144
5:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	มก./ล.-ชม. -0.061954	0.0000000	มก./ล.-ชม. 0.009510
6:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	มก./ล.-ชม. -0.061954	0.0000000	มก./ล.-ชม. 0.011861

ตารางที่ ๒.2 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 2 ที่มีแสงแดดน้อยมากตลอดทั้งวัน

เวลา (นาฬิกา)	สภาพราย		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
6:00						
7:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.027353
8:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.028190
9:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.029021
10:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.029848
11:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.030670
12:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.031487
13:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.032299
14:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.033106
15:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.033908
16:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.034705
17:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.035498
18:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.036286
19:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.037069
20:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.037848
21:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.040030
22:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.042198
23:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.044354

ตารางที่ ๒.2 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 2 ที่มีแสงแดดน้อยมากตลอดทั้งวัน (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	สภาพ		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ		ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.			
0:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.046497
1:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.048627
2:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.050744
3:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.052848
4:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.054940
5:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.057019
6:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.059086
7:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.061141
8:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.061775
9:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.062405
10:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.063031
11:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.063654
12:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.064273
13:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.064888
14:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.065500
15:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.066108
15:30	-0.071915	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.066712
16:00	-0.071915	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.066881
17:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.067049
18:00	-0.143830	0.234670	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.067648
19:00	-0.143830	0.000000	-0.195700		-0.061954	0.000000	0.068243

ตารางที่ ๒.2 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 2 ที่มีแสงแดดน้อยมากตลอดทั้งวัน (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	สภาพ		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวน้ำ
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
20:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.070242
21:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.072230
22:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.074205
23:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.076169
0:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.078121
1:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.080061
2:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.081990
3:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.083906
4:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.085812
5:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.087706
6:00	-0.1438830	0.0000000	-0.1957000	-0.0619554	0.0000000	0.089589

ตารางที่ ๑๒.3 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 3 ที่ช่วงเข้ามีแสงแดดจำนวนช่วงปายมีแสงแดดน้อยมาก

เวลา (นาฬิกา)	สภาพราย		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
6:00						
7:00	-0.143830	0.432050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.027353
8:00	-0.143830	0.432050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.026645
9:00	-0.143830	0.432050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.025942
10:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.025243
11:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.020824
12:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.016431
13:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.012064
14:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.012993
15:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.013916
16:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.014833
17:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.015745
18:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.016652
19:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.017553
20:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.018448
21:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.020746
22:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.023031
23:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.025302

ตารางที่ ๒.3 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 3 ที่ช่วงเข้ามีแสงแดดจำนวนช่วงปายมีแสงแดดน้อยมาก (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	สาขาขาย		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
0:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.027559
1:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.029802
2:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.032032
3:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.034249
4:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.036452
5:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.038643
6:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.040820
7:00	-0.143830	0.432050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.042984
8:00	-0.143830	0.432050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.042182
9:00	-0.143830	0.432050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.041386
10:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.040594
11:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.036083
12:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.031598
13:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.027141
14:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.027979
15:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.028812
15:30	-0.071915	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.029640
16:00	-0.071915	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.030032
17:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.030421
18:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.031239
19:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.032053

ตารางที่ ๑.3 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 3 ที่ช่วงเข้ามีแสงแดดจำนวนช่วงปายมีแสงแดดน้อยมาก (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	สาขา		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
20:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.034269
21:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.036473
22:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.038663
23:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.040840
0:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.043003
1:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.045154
2:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.047292
3:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.049418
4:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.051530
5:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.053630
6:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.055717

ตารางที่ ๒.4 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 4 ที่ช่วงเข้ามีแสงแดดน้อยมากส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดจ้า

เวลา (นาฬิกา)	สำหรับ		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
6:00						
7:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.027471
8:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.028307
9:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.029138
10:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.029964
11:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.030785
12:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.031601
13:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.032412
14:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.027950
15:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.023514
16:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.019106
17:00	-0.143830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.014723
18:00	-0.143830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.014091
19:00	-0.143830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.013463
20:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.012839
21:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.015171
22:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.017489
23:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.019793

ตารางที่ ๑๒.4 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 4 ที่ช่วงเข้ามีแสงแดดน้อยมากส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดจ้า (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	สำหรับ		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
0:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.022083
1:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.024360
2:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.026622
3:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.028871
4:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.031107
5:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.033329
6:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.035538
7:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.037734
8:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.038509
9:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.039278
10:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.040044
11:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.040804
12:00	-0.143830	0.234670	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.041560
13:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.042312
14:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.037790
15:00	-0.143830	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.033296
15:30	-0.071915	1.112790	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.028828
16:00	-0.071915	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.023956
17:00	-0.143830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.022837
18:00	-0.143830	0.492050	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.022157
19:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.021480

ตารางที่ ๒.4 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของกรณีสมมติกรณีที่ 4 ที่ช่วงข้ามแสงแดดน้อยมากส่วนช่วงบ่ายมีแสงแดดจ้า (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	ส่วนห้าย		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลวก	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้พลังงาน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
20:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.023760
21:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.026027
22:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.028279
23:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.030519
0:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.032744
1:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.034957
2:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.037156
3:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.039342
4:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.041515
5:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.043675
6:00	-0.143830	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.045822

ตารางที่ ๒.5 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของการเปรียบเทียบค่าที่วัดจริง ของข้อมูลชุดที่ 1

เวลา (นาฬิกา)	สภาพชาย		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
11:00	-0.154470	1.195110	-0.206739	-0.065449	0.000000	0.045747
12:00	-0.154470	1.195110	-0.206739	-0.065449	0.000000	0.010947
13:00	-0.154470	1.195110	-0.206739	-0.065449	0.000000	0.006271
14:00	-0.154470	1.195110	-0.206739	-0.065449	0.000000	0.001623
15:00	-0.154470	1.195110	-0.206739	-0.065449	0.000000	-0.002398
16:00	-0.154470	1.195110	-0.206739	-0.065449	0.000000	-0.007691
17:00	-0.154470	0.000000	-0.206739	-0.065449	0.000000	-0.012156
18:00	-0.154470	0.000000	-0.206739	-0.065449	0.000000	-0.009523
19:00	-0.154470	0.000000	-0.206739	-0.065449	0.000000	-0.006906

ตารางที่ ๒.6 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของการเปรียบเทียบค่าที่วัดจริง ของข้อมูลชุดที่ 2

เวลา (นาฬิกา)	สาขา		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการไหลออกเงิน มก./ล.-ชม.	อัตราการไหลออกเงิน มก./ล.-ชม.				
11:00	-0.291460	2.254980	-0.236823	-0.074973	0.000000	0.046801
12:00	-0.291460	2.254980	-0.236823	-0.074973	0.000000	0.019801
13:00	-0.291460	1.334580	-0.236823	-0.074973	0.000000	0.009772
14:00	-0.291460	1.334580	-0.236823	-0.074973	0.000000	0.006325
15:00	-0.291460	1.334580	-0.236823	-0.074973	0.000000	0.000905
16:00	-0.291460	1.334580	-0.236823	-0.074973	0.000000	-0.003488
17:00	-0.291460	0.000000	-0.236823	-0.074973	0.000000	-0.007855
18:00	-0.291460	0.000000	-0.236823	-0.074973	0.000000	-0.004188
19:00	-0.291460	0.000000	-0.236823	-0.074973	0.000000	-0.000544

ตารางที่ ๗.7 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของการเปรียบเทียบค่าที่วัดจริง ของข้อมูลชุดที่ 3

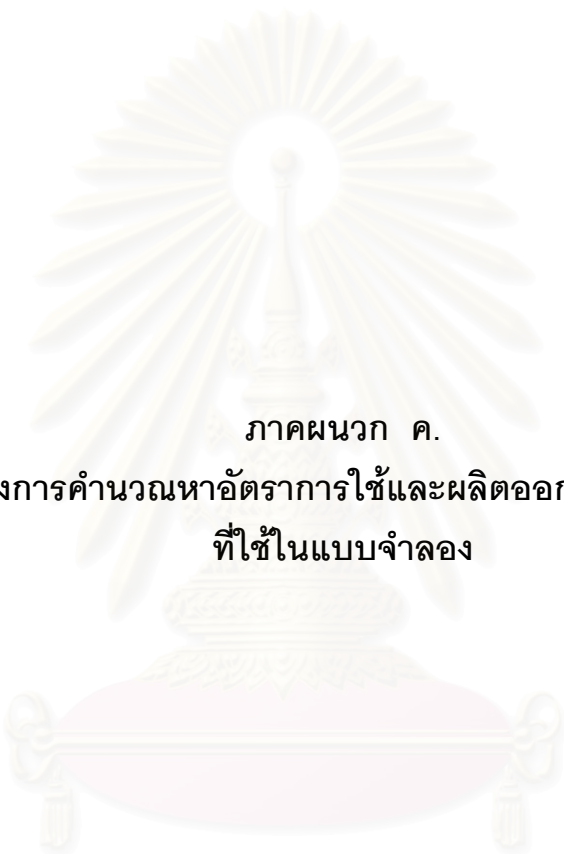
เวลา (นาฬิกา)	สำหรับ		ตะกอนบนพื้นทะเลบายน่า	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
11:00	-0.256690	1.985970	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.047811
12:00	-0.256690	1.985970	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.019311
13:00	-0.256690	1.985970	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.010365
14:00	-0.256690	1.985970	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.001473
15:00	-0.256690	1.985970	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.007365
16:00	-0.256690	1.985970	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.016151
17:00	-0.256690	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.024884
18:00	-0.256690	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.021648
19:00	-0.256690	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.018432

ตารางที่ ๒.8 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของการเปรียบเทียบค่าที่วัดจริง ของข้อมูลชุดที่ 4

เวลา (นาฬิกา)	สาขา		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวหน้า
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
11:00	-0.219640	1.699320	-0.218825	-0.069275	0.000000	0.048243
12:00	-0.219640	1.699320	-0.218825	-0.069275	0.000000	0.024843
13:00	-0.219640	1.699320	-0.218825	-0.069275	0.000000	0.017544
14:00	-0.219640	1.699320	-0.218825	-0.069275	0.000000	0.010290
15:00	-0.219640	1.699320	-0.218825	-0.069275	0.000000	0.003078
16:00	-0.219640	1.699320	-0.218825	-0.069275	0.000000	-0.004090
17:00	-0.219640	0.000000	-0.218825	-0.069275	0.000000	-0.011215
18:00	-0.219640	0.000000	-0.218825	-0.069275	0.000000	-0.008101
19:00	-0.219640	0.000000	-0.218825	-0.069275	0.000000	-0.005006

ตารางที่ ๒.9 อัตราของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง ของการเปรียบเทียบค่าที่วัดจริง ของข้อมูลชุดที่ 5

เวลา (นาฬิกา)	ส่วนขาย		ตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ	ปลา	น้ำเสีย	การแลกเปลี่ยนอากาศที่ผิวน้ำ
	อัตราการใช้ออกซิเจน มก./ล.-ชม.	อัตราการผลิตออกซิเจน มก./ล.-ชม.				
11:00	-0.258970	2.003610	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.047386
12:00	-0.258970	2.003610	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.018286
13:00	-0.258970	2.003610	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.009254
14:00	-0.258970	2.003610	-0.195700	-0.061954	0.000000	0.000276
15:00	-0.258970	2.003610	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.008647
16:00	-0.258970	2.003610	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.017517
17:00	-0.258970	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.026334
18:00	-0.258970	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.023076
19:00	-0.258970	0.000000	-0.195700	-0.061954	0.000000	-0.019838



ภาคผนวก ค.
ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้และผลิตออกซิเจนละลายน้ำ
ที่ใช้ในแบบจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้และผลได้ออกซิเจนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ

1. อุณหภูมิ	30.0	°ซ
2. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่จุดอิ่มตัว $\exp(-139.4411 + (1.575701 \times 10^5 / T) - (6.642308 \times 10^7 / T^2) + (1.243800 \times 10^{10} / T^3) - (8.621949 \times 10^{11} / T^4))$	7.6	มก./ล. (T=องศาเซลเซียส)
3. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ ณ เวลานั้น	3.1	มก./ล.
4. ค่าคงที่ K_L	0.006000	1/ชม.
5. อัตราการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนละลายน้ำ (4) x [(2) - (3)]	0.026871	มก./ล.-ชม.

ตารางที่ ค.2 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ

1. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	78.2	มก./ลบ.ม.
2. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อเริ่มต้น	7.80	มก./ล.
3. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อผ่านไป 1 ชม.	6.40	มก./ล.
4. เวลาที่ใช้	1.0	ชม.
5. ค่าความชันจากกราฟการใช้ออกซิเจนของสาหร่าย	0.0019	ลบ.ม./ล.-ชม.
6. พื้นที่ผิวดินที่พินามิตครอบ	0.2025	ตร.ม.
7. พื้นที่ผิวของพื้นทางระบายน้ำ	18.69	ตร.ม.
8. ปริมาตรน้ำในทางระบายน้ำ	20.38	ลบ.ม.
9. ปริมาตรของพินามิตที่ใช้ครอบตะกอนบนพื้นทางระบายน้ำ [(0.45x0.45x0.45)/3]	0.0304	ลบ.ม.
10. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดจากสาหร่าย (5) x (1)	0.148580	มก./ล.-ชม.
11. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำของตะกอน { [((2) - (3)) / (4)] - (10) } / (6)	6.179852	มก./ล.-ตร.ม.-ชม.
12. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำของตะกอน [(11) x (9) x (7)] / (8)	0.172147	มก./ล.-ชม.

ตารางที่ ค.3 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากน้ำเสียสังเคราะห์

1. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	50.6	มก./ลบ.ม.
2. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อเริ่มต้น	5.70	มก./ล.
3. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อผ่านไป 1 ชม.	5.40	มก./ล.
4. เวลาที่ใช้	1.0	ชม.
5. ค่าความชันจากกราฟการใช้ออกซิเจนของสาหร่าย	0.0019	ลบ.ม./ล.-ชม.
6. อัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย (5) x (1)	0.096140	มก./ล.-ชม.
7. ปริมาณน้ำตาลที่เติมลงในน้ำกลั่น	0.4000	ก.
8. ปริมาณน้ำกลั่น	0.500	ล.
9. ที่สมมูล น้ำตาล 1 กรัม คิดเป็นมวลซีไอดี	1.122807	ก.
10. ปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบ	200.0	ล.
11. ปริมาณซีไอดีของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบ	300	มก./ล.
12. ปริมาณน้ำในทางระบายน้ำ	20.38	ลบ.ม.
13. ปริมาณน้ำตาลที่เติมคิดเป็นค่าซีไอดี [(7) x (9) x 1000] / [(8) x 1]	898	มก./ล.
14. มวลซีไอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ (13) x (8)	449.1	มก.
15. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ { [((2) - (3)) / (4)] - (6) } / (14)	0.000454	1/ล.-ชม.
16. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ { [(15) x (10) x (11) x (10)] / [((12) x 1000) + (10)] }	0.264669	มก./ล.-ชม.

ตารางที่ ค.4 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากปลา

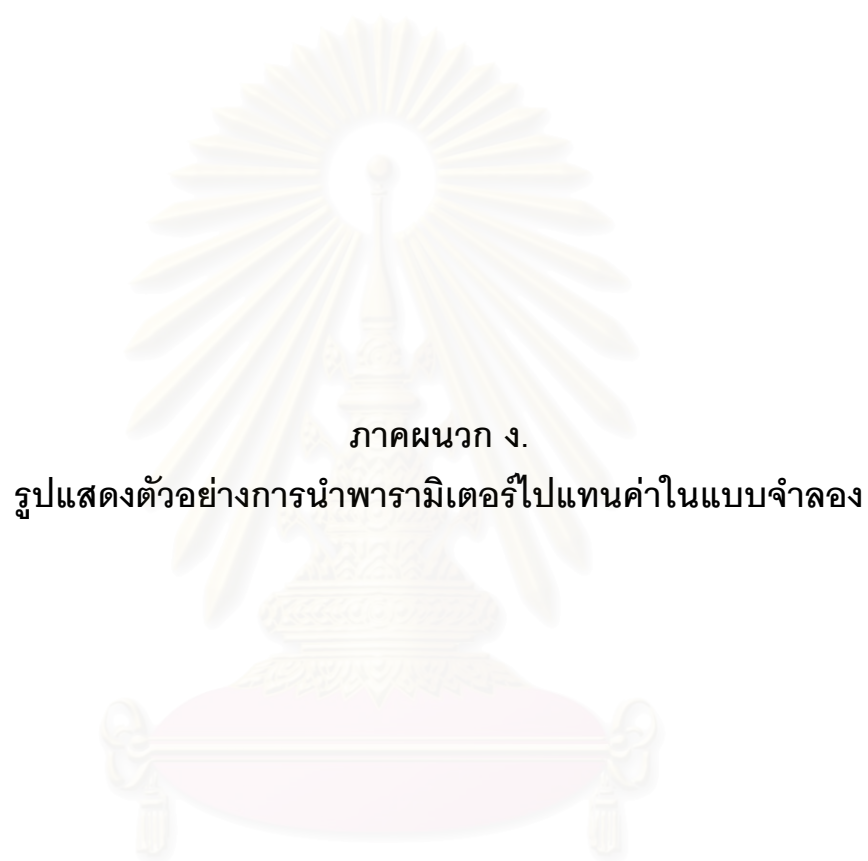
1. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อเริ่มต้น	7.70	มก./ล.
2. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อผ่านไป 1 ชม.	6.70	มก./ล.
3. เวลาที่ใช้	1.0	ชม.
4. น้ำหนักรวมของปลาที่นำมาทดลอง	0.045	กก.
5. จำนวนปลาในทางระบายน้ำ	5.0	ตัว/ตร. ม.
6. น้ำหนักเฉลี่ยของปลาในทางระบายน้ำ	0.01	กก./ตัว
7. พื้นที่ผิวน้ำของทางระบายน้ำ	37.91	ตร.ม.
8. ปริมาตรน้ำในทางระบายน้ำ	20.38	ลบ.ม.
9. ปริมาตรของตู้ปลา [0.25x0.5x0.305]	0.0381	ลบ.ม.
10. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำของปลา [(1) - (2)] / [(3) x (4)]	22.222222	มก./ล.-กก. ของน.น ปลา-ชม.
11. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำของปลา [(10) x (9) x (5) x (6) x (7)] / (8)	0.078798	มก./ล.-ชม.

ตารางที่ ค.5 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย

1. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	83.1	มก./ลบ.ม.
2. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อเริ่มต้น	4.20	มก./ล.
3. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อผ่านไป 4 ชม.	3.10	มก./ล.
4. เวลาที่ใช้	4.0	ชม.
5. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ [(2) - (3)] / [(1) x (4)]	0.003309	มก./มคก.-ชม.
6. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทางระบายน้ำ	120.5	มก./ลบ.ม.
7. อัตราการใช้ออกซิเจนละลายน้ำ (5) x (6)	0.398767	มก./ล.-ชม.

ตารางที่ ค.6 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการผลิตออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย

1. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	66.4	มก./ลบ.ม.
2. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อเริ่มต้น	5.10	มก./ล.
3. ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อผ่านไป 4 ชม.	8.00	มก./ล.
4. เวลาที่ใช้	4.0	ชม.
5. ค่าความชันจากกราฟการใช้ ออกซิเจนของสาหร่าย	0.0019	ลบ.ม./ล.-ชม.
6. อัตราการใช้ ออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย (5) × (1)	0.126160	มก./ล.-ชม.
7. อัตราการใช้ ออกซิเจนที่เกิดจากสาหร่าย (6) × (1)	0.001900	มก./มคก.-ชม.
8. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ $\{[(3) - (2)] / [(1) \times (4)]\} + (7)$	0.012819	มก./มคก.-ชม.
9. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทางระบายน้ำ	120.5	มก./ลบ.ม.
10. อัตราการผลิตออกซิเจนละลายน้ำ (8) × (9)	1.544650	มก./ล.-ชม.



ภาคผนวก ง.

รูปแสดงตัวอย่างการนำพารามิเตอร์ไปแทนค่าในแบบจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง. 1 แสดงตัวอย่างของพารามิเตอร์ที่นำไปแทนค่าในแบบจำลอง

3	ความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำเริ่มต้น	5.8	มก./ล
4	พื้นที่ผิวที่พื้นทางระบายน้ำ	18.69	ตร.ม.
5	ความลึก	0.72	ม.
6	ปริมาตรของน้ำในทางระบายน้ำ	20.38	ลบ.ม.
7	อุณหภูมิ	29.5	°ซ
8	ความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำที่จุดอิมตัว	7.6	มก./ล.
9	ค่าคลอโรฟิลล์ เอ	81.3	มก./ลบ.ม.
10	สภาพความเข้มแสง		
11	ที่เวลาลงถึง 06.00 - 09.00 น.	1	1 = ช่วงความเข้มแสงตั้งแต่ 10 - 25 ฟุต-แรงเทียน
12	ที่เวลาลงถึง 09.00 - 12.00 น.	4	2 = ช่วงความเข้มแสงตั้งแต่ 25 - 35 ฟุต-แรงเทียน
13	ที่เวลาลงถึง 12.00 - 16.00 น.	4	3 = ช่วงความเข้มแสงตั้งแต่ 35 - 45 ฟุต-แรงเทียน
14	ที่เวลาลงถึง 16.00 - 18.00 น.	0	4 = ช่วงความเข้มแสงตั้งแต่ 45 - 75 ฟุต-แรงเทียน
15	ค่าซีไอดี	200	มก./ล
16	พื้นที่ผิวบนของทางระบายน้ำ	37.91	ตร.ม.
17	ปริมาณน้ำเสียที่เข้าทางระบายน้ำ	0	ล.
18	จำนวนปลา	4.7	ตัว/ตร.ม.ของพื้นที่ผิวบนของบ่อ
19	น้ำหนักเฉลี่ยของปลา	0.01	กก./ตัว

Ready

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



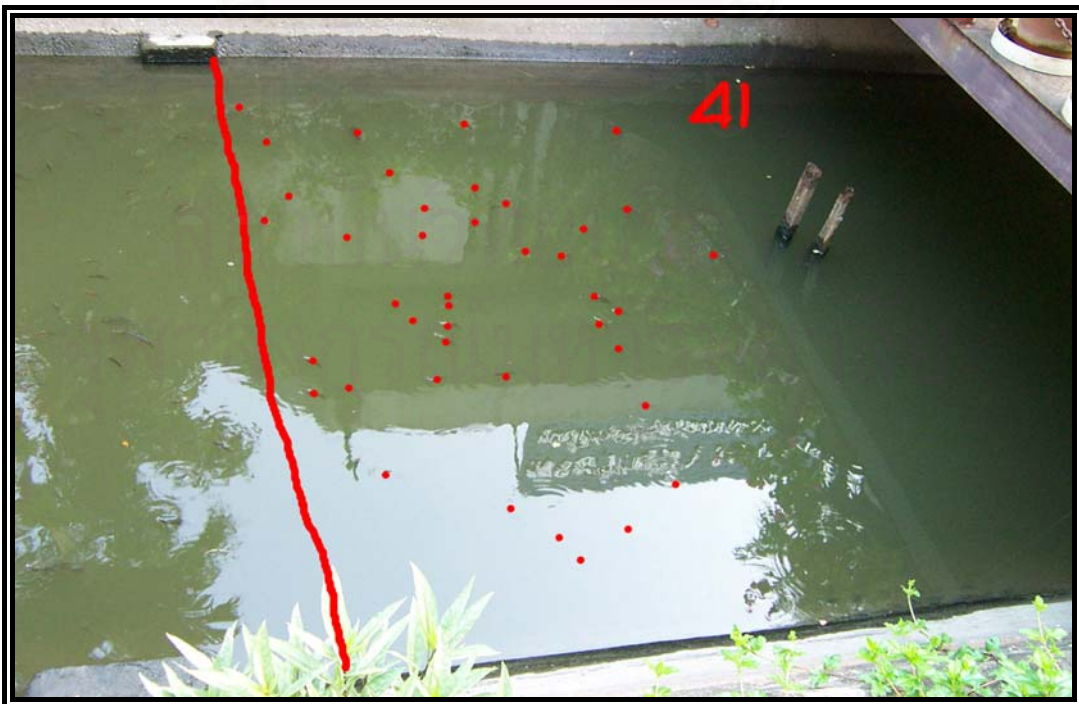
ภาคผนวก จ.
รูปแสดงการนับจำนวนปลาในพื้นที่การทำวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

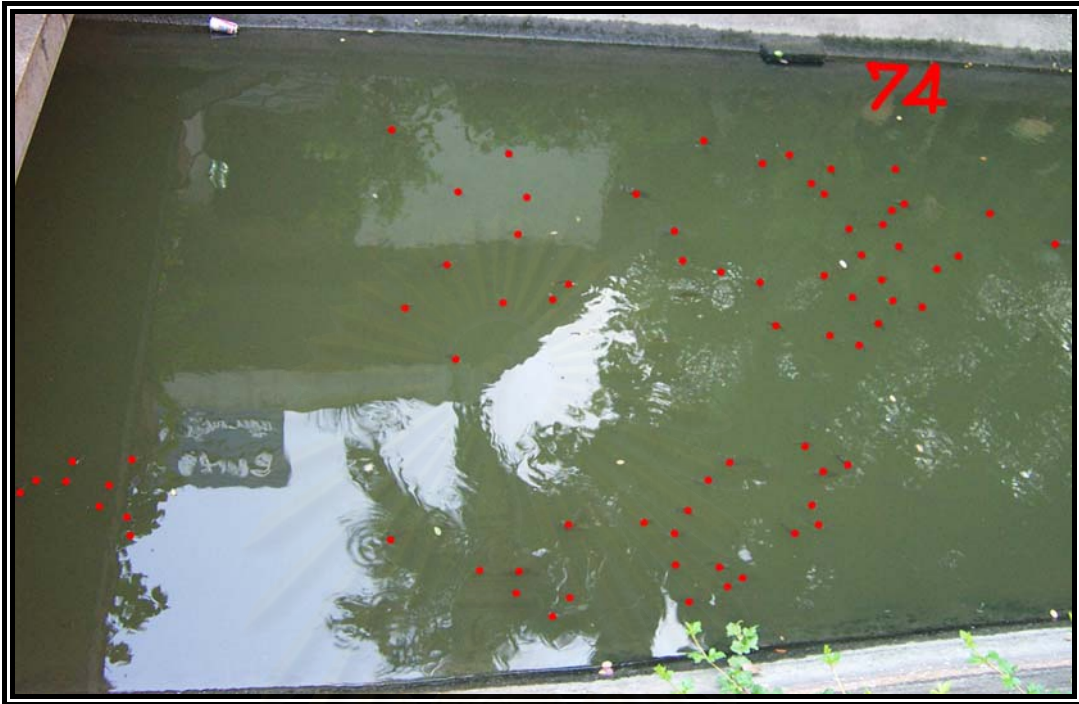
รูปที่ จ. 1 แสดงการนับจำนวนปลาในเขตที่1 โดยใช้โปรแกรมตกแต่งภาพช่วยในการนับจำนวนปลา (จุดสีแดงแสดงจำนวนปลา 1 ตัว)



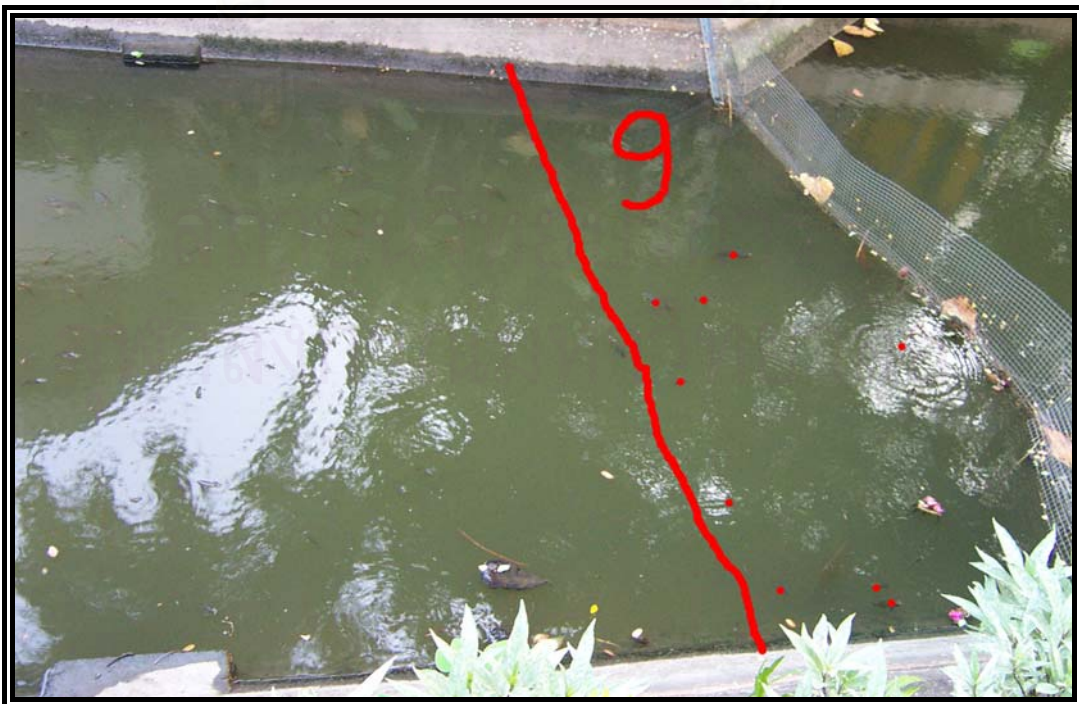
รูปที่ จ. 2 แสดงการนับจำนวนปลาในเขตที่2 โดยใช้โปรแกรมตกแต่งภาพช่วยในการนับจำนวนปลา (จุดสีแดงแสดงจำนวนปลา 1 ตัว)

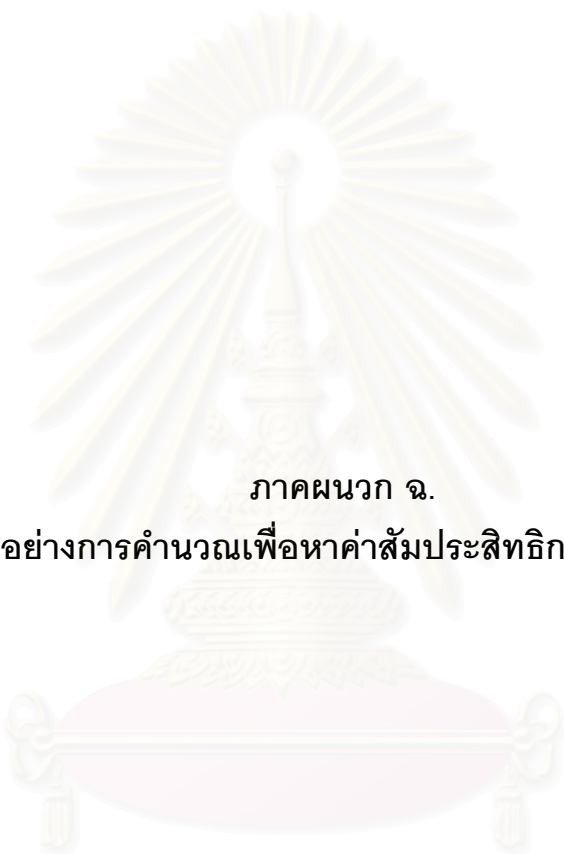


รูปที่ จ.3 แสดงการนับจำนวนปลาในเขตที่3 โดยใช้โปรแกรมตกแต่งภาพช่วยในการนับจำนวนปลา (จุดสีแดงแสดงจำนวนปลา 1 ตัว)



รูปที่ จ.4 แสดงการนับจำนวนปลาในเขตที่4 โดยใช้โปรแกรมตกแต่งภาพช่วยในการนับจำนวนปลา (จุดสีแดงแสดงจำนวนปลา 1 ตัว)





ภาคผนวก จ.
ตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑.1 ตัวอย่างประกอบกรคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

เวลา	ค่าความเข้มข้นออกซิเจน (มก./ล.)		SSE	SSR
	วัดได้จริง (1)	แบบจำลอง (2)	$[(1) - (2)]^2$	$[(2) - 7.6]^2$
11.00	5.80	5.80	0.00	3.15
12.00	6.35	6.62	0.07	0.91
13.00	7.30	7.44	0.02	0.02
14.00	8.47	8.03	0.19	0.21
15.00	9.10	8.84	0.07	1.60
16.00	8.75	9.66	0.83	4.35
17.00	8.03	9.20	1.37	2.64
18.00	6.80	8.75	3.80	1.38
เฉลี่ย	7.6	รวม	6.35	14.26

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

$$SST = SSE + SSR$$

$$= 6.35 + 14.26 = 20.61$$

$$r^2 = SSR / SST$$

$$= 14.26 / 20.6 = 0.69$$

โดยที่ $r^2 =$ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

SSR = ผลรวมกำลังสองของแบบจำลอง

SST = ผลรวมกำลังสองของทั้งหมด

SSE = ผลรวมกำลังสองของความแปรปรวน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเศวต บุญเมือง เกิดเมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ทางด้านวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2545 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย