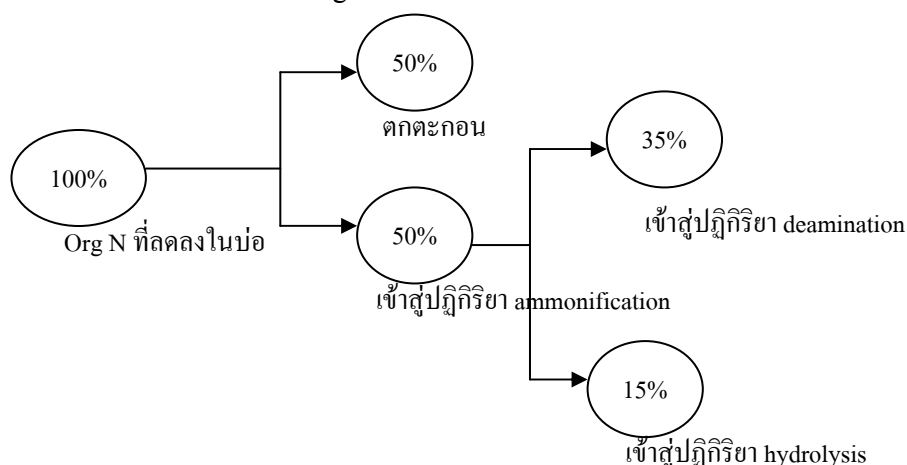


ภาคผนวก ก

1. การกำหนดสัดส่วนการลดลงและการเกิดของ N รูปต่าง ๆ ในบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ฯ หาดใหญ่

1.1 สัดส่วนการลดลงของ Org N ในบ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก ก 1 สัดส่วนการลดลงของ Org N ในบ่อ

- Org N ตกตะกอน 50% (sedimentation) พิจารณาจากความสามารถในการกำจัด N ในบ่อบำบัดทั่วไป โดย N ถูกกำจัดด้วยการตกตะกอนขึ้นต้น 20% และถูกกำจัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพ 20% ที่เหลือถูกปล่อยออกจากบ่อ (องค์การจัดการน้ำเสีย กรมควบคุมมลพิษ, ม.ม.ป.) โดยสมมติฐานให้การกำจัด Org N ในบ่อบำบัด ฯ หาดใหญ่เกิดขึ้นตามสัดส่วนดังกล่าว ดังนั้นเมื่อคำนึงเฉพาะ Org N ที่ลดลงในบ่อ (100%) สัดส่วนที่ตกตะกอนจะเกิดขึ้น 50%

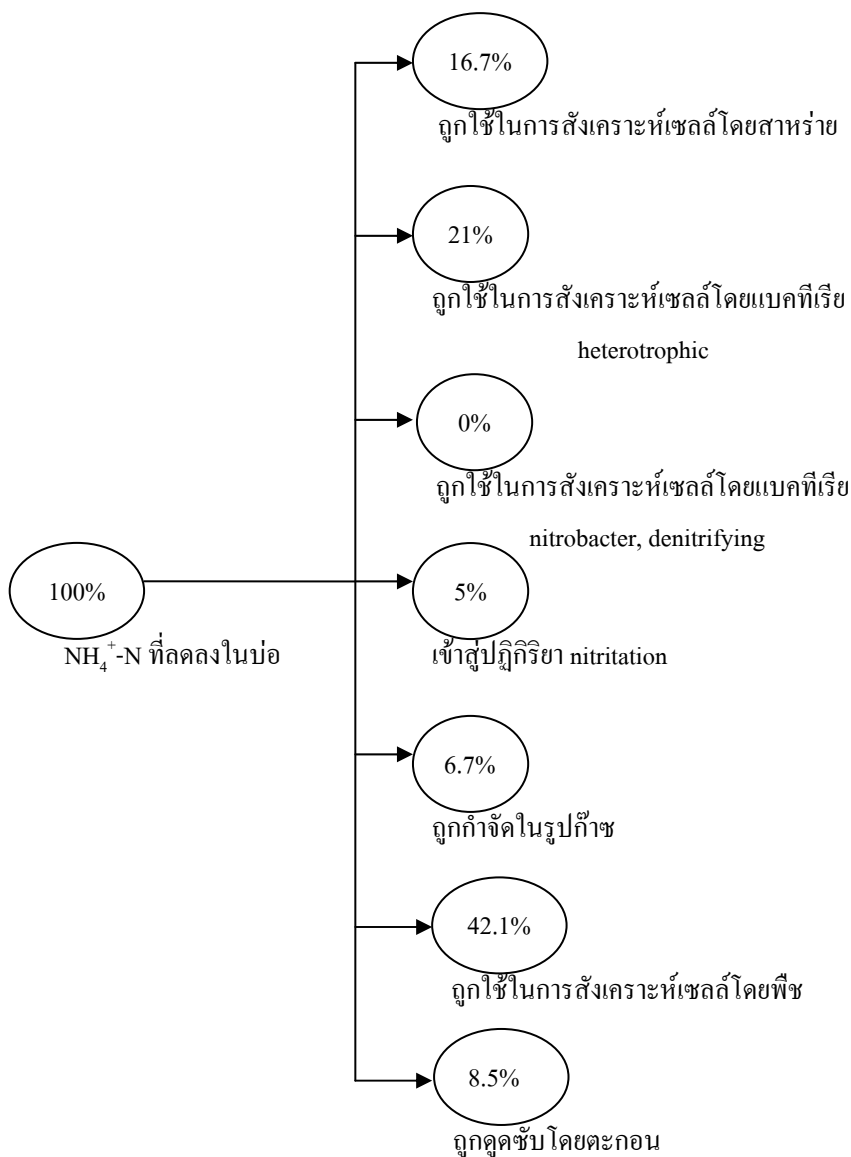
- Org N เข้าสู่ปฏิกิริยา ammonification 50% พิจารณาจากสัดส่วนที่ถูกกำจัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

- Org N เข้าสู่ปฏิกิริยา deamination 35% พิจารณาจากชนิด Org N ที่พบส่วนใหญ่ในน้ำเสีย 70% (ค่ากลางของ 60 – 80% (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2536) ที่ย่อยสลายในรูปกรดอะมิโน ดังนั้น 70% ของ Org N ที่เข้าสู่ปฏิกิริยา ammonification เท่ากับ 35%

- Org N เข้าสู่ปฏิกิริยา hydrolysis 15% พิจารณาจากชนิดอื่น ๆ ของ Org N ที่พบในน้ำเสีย ได้แก่ ยูเรีย โดยสมมติฐานให้สัดส่วนที่เหลือ 30% จากที่ย่อยสลายในรูปกรดอะมิโน คือ

ส่วนที่เข้าสู่ปฏิกิริยา hydrolysis ดังนั้น 30% ของ Org N ที่เข้าสู่ปฏิกิริยา ammonification เท่ากับ 15%

1.2 สัดส่วนการลดลงของ NH_4^+ -N ในบ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก ก 2 การกำจัด NH_4^+ -N ในบ่อ

เนื่องจาก NH_4^+ -N ลดลงในบ่อด้วยสาเหตุหลายทาง สัดส่วนส่วนใหญ่ที่กำหนดดังภาพประกอบภาคผนวก ก 2 พิจารณาจากข้อมูลทฤษฎีจากรายภาคผนวก ก 1

ตารางภาคผนวก ก 1 ความสามารถในการกำจัดไนโตรเจนโดยกระบวนการต่าง ๆ ในระบบบำบัดที่อาศัยกระบวนการทางชีวภาพ

กระบวนการกำจัดทางชีวภาพ	รูปแบบไนโตรเจนที่ถูกกำจัด			ความสามารถต่ำสุดในการลดลงของ N โดยรวม*
	Organic N	NH ₃ & NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	
(1) การดูดซับโดยสาหร่าย	บางส่วนถูกเปลี่ยนอยู่ในรูป NH ₃ - NH ₄ ⁺ (16.7%)	ดูดซับโดยเซลล์ (16.7%)	ดูดซับโดยเซลล์ (16.7%)	50%
(2) การสังเคราะห์เซลล์โดยแบคทีเรีย	ไม่มีผล (0%)	ลดลง 70%** (21%)	เล็กน้อย (9%)	30%
(3) ไนตริฟิเคชัน (nitrification)	ผลถูกจำกัด (0%)	เปลี่ยนอยู่ในรูปของ NO ₃ ⁻ (5%)	ไม่มีผล (0%)	5%
(4) ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification)	ไม่มีผล (0%)	ไม่มีผล (0%)	ลดลง*** (70%)	70%
(5) บ่อเติมอากาศ**** (oxidation ponds)	บางส่วนถูกเปลี่ยนอยู่ในรูป NH ₃ - NH ₄ ⁺ (6.7%)	บางส่วนเปลี่ยนเป็นก๊าซ (NH ₃) (6.7%)	บางส่วนลดลงโดย nitrification/denitrification (6.7%)	20%

หมายเหตุ : ตารางนี้มีฐานข้อมูลจากราย 12 แต่ได้เพิ่มเติมการแบ่งสัดส่วนในรายละเอียด เพื่อให้สะดวกต่อการทำความเข้าใจ

* เลือกพิจารณาเฉพาะความสามารถต่ำสุดในการบำบัด N ด้วยวิธีต่าง ๆ เพราะคำนึงถึงสภาพบ่อบำบัดร่วมกับพีชลอยน้ำ ฯ หากใหญ่ มีโอกาสกำจัด N ได้หลายทาง เช่น ด้วยสาหร่าย พีชลอยน้ำ แบคทีเรีย และการออกแบบของบ่อที่มีส่วนลึกส่วนตื้นเอื้อให้เกิดปฏิกิริยาที่ต้องใช้ออกซิเจนและไม่ต้องใช้ออกซิเจน เป็นต้น

**ข้อมูลทฤษฎีเดิม (ดังตาราง 12) สามารถลดได้ 40 – 70% โดยได้เลือกพิจารณาเฉพาะ 70% เป็นเพราะ N รูปที่ดีที่สุดสำหรับการสังเคราะห์เซลล์ของแบคทีเรีย heterotrophic ได้แก่ NH₄⁺ (Gayle *et al.*, 1989 อ้างโดย ชงชัยพรณสวัสดิ์, 2544)

***ข้อมูลทฤษฎีเดิม (ดังตาราง 12) สามารถลดได้ 80-90% แต่ denitrification ไม่ผลต่อการลดลงของ Org N และ NH₄⁺ ดังนั้น NO₃⁻ จึงมีโอกาสลดลง 100%

**** กรณีบ่อบำบัด ฯ หาดใหญ่ ไม่มีการเติมอากาศแต่ได้รับออกซิเจนเพียงพอจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและพืช จึงสมมติฐานให้กระบวนการกำจัด N ในบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ฯ หาดใหญ่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับบ่อที่เติมออกซิเจน

จากภาพประกอบภาคผนวก ก 2 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในบ่อลดลงด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์โดยสาหร่าย 16.7% (assimilation by algae)

พิจารณาจากตารางภาคผนวก 1 (ข้อ 1)

- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์โดยแบคทีเรีย heterotrophic 21% (assimilation by bacteria) พิจารณาจากตารางภาคผนวก 1 (ข้อ 2)

- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์โดยแบคทีเรีย nitrobacter และ denitrifying 0% $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ถูกใช้ส่วนนี้้น้อยมาก โดยพิจารณาจากตารางภาคผนวก ก 3 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 1 g (ในปฏิกิริยา nitrataion) ต้องใช้ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 2.5×10^{-3} g และ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 1 g (ในปฏิกิริยา denitrification) ต้องใช้ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 0.27 g จึงสามารถสมมติฐานให้สัดส่วนส่วนนี้เท่ากับ 0%

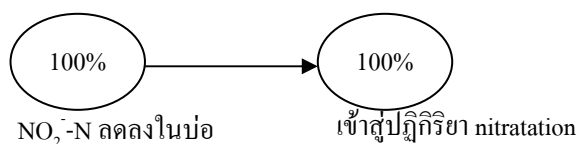
- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ เข้าสู่ปฏิกิริยา nitrataion 5% พิจารณาจากตารางภาคผนวก 1 (ข้อ 3)

- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ถูกกำจัดในรูปก๊าซ 6.7% (volatilization) พิจารณาจากตารางภาคผนวก 1 (ข้อ 5)

- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์โดยพืช 42.1% (assimilation by plant) ซึ่งผลจากงานวิจัยของ Kanabkeaw, (2003) พบว่า N ถูกกำจัดโดยการดูดซับของผักตบชวา 42.1%ของปริมาณ N ในบ่อ โดยสมมติฐานให้สัดส่วนนี้เกิดขึ้นเมื่อมีผักตบชวาเต็มบ่อ

- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ถูกดูดซับโดยตะกอน 8.5% (soil adsorption) พิจารณาสัดส่วน $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ที่เหลือจากการใช้ประโยชน์และถูกกำจัดด้วยกรณีอื่นๆ สมมติฐานให้เป็นส่วนที่ถูกตะกอนดูดซับ

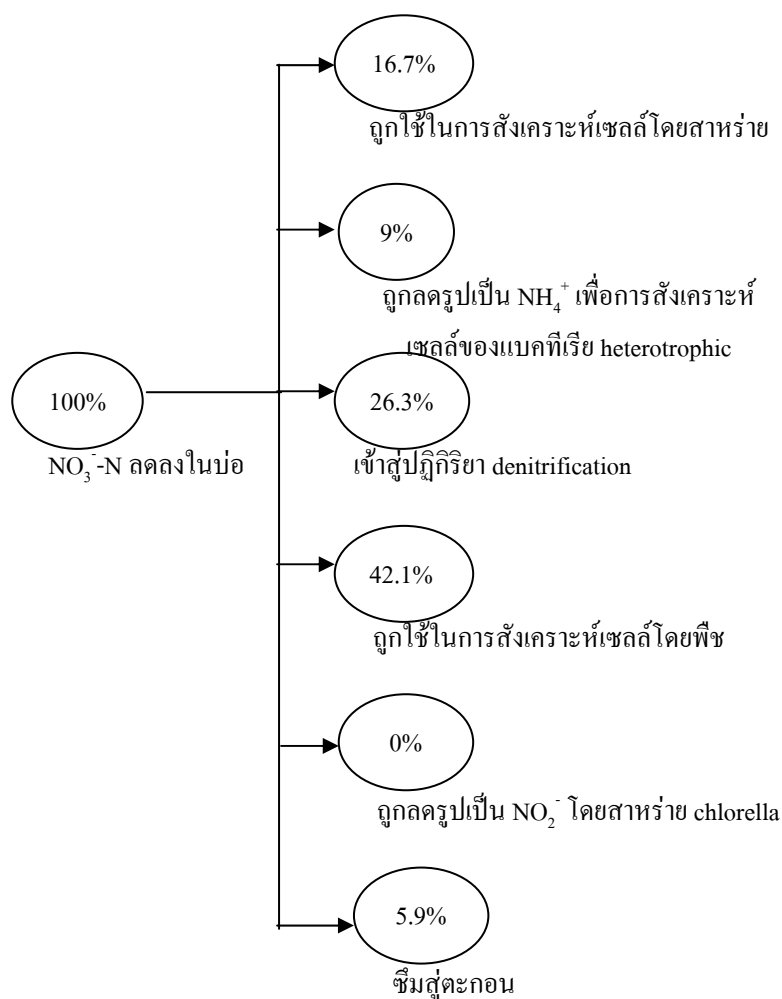
1.3 สัดส่วนการลดลงของ $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ในบ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก ก 3 สัดส่วนการลดลงของ $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ในบ่อ

- NO_2^- -N เข้าสู่ปฏิกิริยา nitration 100% โดย NO_2^- -N ถูกกำจัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพทางเดียว จึงสมมติฐานให้สัดส่วนที่ลดลงทั้งหมดเกิดขึ้นด้วยปฏิกิริยานี้

1.4 สัดส่วนการลดลงของ NO_3^- -N ในบ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก ก 4 สัดส่วนการลดลงของ NO_3^- -N ในบ่อ

- NO_3^- -N ถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์โดยสาหร่าย 16.7% (assimilation by algae)

พิจารณาจากตารางภาคผนวก ก 1 (ข้อ 1)

- NO_3^- -N ถูกลดรูปเป็น NH_4^+ -N เพื่อการสังเคราะห์เซลล์ของแบคทีเรีย heterotrophic 9% (assimilation by bacteria) พิจารณาจากตารางภาคผนวก ก 1 (ข้อ 2)

- NO_3^- -N เข้าสู่ปฏิกิริยา denitrification 26.3% (dissimilatory denitrification) พิจารณาจากตารางภาคผนวก ก 1 (ข้อ 4) NO_3^- -N ลดลงด้วยปฏิกิริยานี้ 70% และเมื่อคำนึงถึงลักษณะของบ่อ

บ่อบำบัด ฯ หาดใหญ่ ที่ออกแบบให้มีบริเวณที่เกิดสภาพมีหรือไม่มีออกซิเจน (anoxic condition) เฉพาะบ่อลิก โดยบ่อลิกมีปริมาตร 37.5% ของปริมาตรบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำทั้งหมด ดังนั้น 37.5% ของ 70% เท่ากับ 26.3%

- NO_3^- -N ถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์โดยพืช 42.1% (assimilation by plant) สมมติฐานให้พืชลอยน้ำสามารถดูดซับ NO_3^- -N ได้เท่ากับดูดซับ NH_4^+ -N

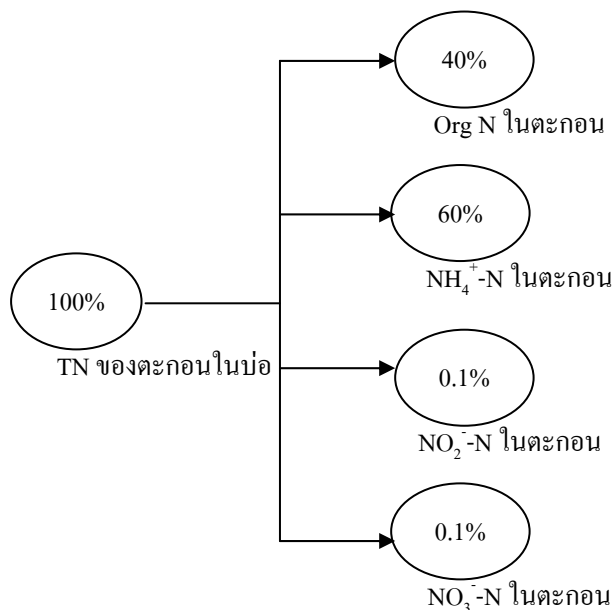
- NO_3^- -N ถูกลดรูปเป็น NO_2^- -N โดยสาหร่าย chlorella 0% (reduction by chlorella) โดยสาหร่ายชนิดนี้สามารถพบได้ในบ่อปรับสภาพน้ำทั่วไป (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542) ซึ่งโครงสร้างของบ่อบำบัด ฯ หาดใหญ่ได้ออกแบบให้มีบ่อปรับสภาพน้ำก่อนปล่อยสู่บ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ แต่ระดับอุณหภูมิและ pH ของน้ำทิ้งในบ่อบำบัดไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดนี้ คือ จากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของทางเทศบาล ฯ (2545) ที่จุดปล่อยน้ำทิ้งออกจากบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำหาดใหญ่ ระดับอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27 – 31.5 °C และ pH 7.2 – 9.1 ซึ่งสูงกว่าระดับที่เหมาะสมต่อสาหร่าย chlorella (อุณหภูมิ 5 - 23.5 °C, pH 6.31-6.84 (สมรักษ์ อยู่รอด, 2543)) จึงสมมติฐานให้สาหร่ายชนิดนี้ไม่เจริญเติบโตในบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำหาดใหญ่

- NO_3^- -N ซึมสู่ตะกอน 5.9% (leaching) พิจารณาสัดส่วน NO_3^- -N ที่เหลือจากการใช้ประโยชน์และถูกกำจัดด้วยกรณีอื่น ๆ สมมติฐานให้เป็นส่วนที่ซึมสู่ตะกอน

1.5 สัดส่วนการลดลงของ TN ในตะกอน

เนื่องจากการตรวจวัด N ในตะกอนสามารถทราบปริมาณ N โดยรวม (TN) เท่ากัน จึงต้องมีการกำหนดสัดส่วนของ N รูปต่าง ๆ ในตะกอนขึ้น ดังหัวข้อ 1.5.1

1.5.1 สัดส่วนของ TN ในตะกอน



ภาพประกอบภาคผนวก ก 5 สัดส่วนของ TN ในตะกอน

สมมติฐานให้สัดส่วนของ N รูปแบบต่าง ๆ ในตะกอนมีสัดส่วนเดียวกับ N ในน้ำ (ดังตาราง 2) คือ มี Org N 40%, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 60%, และ $\text{NO}_2^-\text{-N}$ กับ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ รวมกันน้อยกว่า 1% โดยกำหนดให้ $\text{NO}_2^-\text{-N}$ และ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ มีสัดส่วน 0.1% เท่ากัน (เพื่อไม่ให้สัดส่วนโดยรวมเกิน 100%)

1.5.2 สัดส่วนการลดลงของ N ในตะกอน

โดย N ในตะกอนจะลดลงด้วยกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบคทีเรียเท่านั้น (คือถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์และกำจัดในรูป N_2) ซึ่ง NH_4^+ จะไม่ถูกกำจัดในรูปก๊าซ เพราะระดับ pH ในตะกอนมักมีสภาพเป็นกรด (โครงการพระราชดำริแหลมผักเบี้ย, ม.ม.ป.) และ N ในตะกอนที่ลดลงด้วยแบคทีเรียที่เรี่ยนั้นสมมติฐานให้เกิดขึ้นในสัดส่วนเดียวกับที่เกิดขึ้นในชั้นน้ำ แต่ต้องพิจารณาความเหมาะสมของ O_2 ในตะกอนต่อการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ภายใต้อินทรีย์ที่มีดังนี้

จากข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับไนโตรเจนในตะกอนมีดังนี้

1. ระดับความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา nitrification ปริมาณ 62.5% (ค่ากลางของ 50 - 70% (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544)) ของน้ำที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้ และเมื่อ % ความชื้นสูงกว่านี้จะทำให้ดินเริ่มถูกปลดออกซิเจน

2. บ่อบำบัดร่วมกับพีชลอยน้ำ ๆ หากใหญ่ มีเฉพาะพีชลอยน้ำซึ่งมีรากสั้นไม่

สามารถเติม O_2 สู่วะกอนก้นบ่อได้ แต่วะกอนมีโอกาศได้รับ O_2 ส่วนหนึ่งจากสาหร่ายที่เป็นพืชจมน้ำ

ดังนั้นจึงกำหนดเงื่อนไขความสัมพันธ์ของความชื้นในวะกอนต่อการเกิดปฏิกิริยาดังนี้

- ปฏิกิริยาการกำจัด N ที่ต้องการ O_2 จะเกิดขึ้นเฉพาะในวะกอนของบ่อดิน

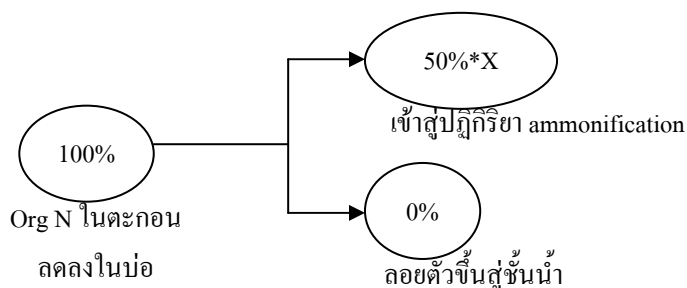
โดยที่ความชื้น 62.5% ของน้ำในวะกอนบ่อดิน มีบริเวณที่มี O_2 เพียงพอ 50% ของพื้นที่วะกอนในบ่อดิน (ได้รับจากสาหร่าย) ซึ่งเมื่อคิดเป็น % ของบ่อรวม จะมีบริเวณที่มี O_2 เพียงพอเพียง 31.3% (50% ใน 62.5% ของสัดส่วนบ่อดินในบ่อรวม) ของพื้นที่วะกอนในบ่อรวม และเมื่อความชื้นในวะกอนเพิ่มขึ้นบริเวณที่มี O_2 เพียงพอจะลดลงตาม % ของความชื้นที่เพิ่มขึ้น ส่วนถ้าความชื้นในวะกอนลดลงบริเวณที่มี O_2 เพียงพอมีสัดส่วนเพิ่มขึ้น

- ปฏิกิริยาการกำจัด N ที่ไม่ต้องการ O_2 จะเกิดขึ้นทั่วพื้นที่บ่อ

เมื่อแยกพิจารณาการลดลงของ N แต่ละรูปในวะกอนโดย 100% ของ N ในวะกอนที่ลดลงในบ่อนั้นสมมติฐานให้เท่ากับ 100% ที่เกิดขึ้นในชั้นน้ำ และปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 ต้องพิจารณาร่วมกับบริเวณที่มี O_2 เพียงพอในวะกอน

โดยกำหนดให้ สัดส่วนบริเวณที่มี O_2 เพียงพอในวะกอน = X

1.5.2.1 สัดส่วนการลดลงของ Org N ในวะกอน

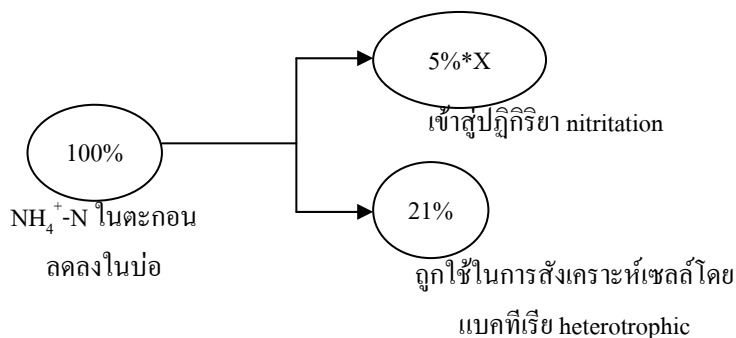


ภาพประกอบภาคผนวก ก 6 สัดส่วนการลดลงของ Org N ในวะกอน

- Org N ในวะกอนเข้าสู่ปฏิกิริยา ammonification $50%*X$ ปฏิกิริยานี้ในชั้นน้ำมีโอกาสเกิดขึ้น 50% ของ Org N ที่ลดลงในบ่อ แต่ในวะกอนต้องพิจารณาร่วมกับสัดส่วนบริเวณที่มี O_2 เพียงพอในวะกอน

- Org N ในวะกอนลอยตัวขึ้นสู่ชั้นน้ำ 0% (floating) โดยในบ่อบ่าบ้ดร่วมกับพืชลอยน้ำ ฯลฯ หากใหญ่มีโอกาสเกิดกรณีนี้ขึ้นในบริเวณบ่อดินที่ไม่มีพืชน้ำปกคลุม แต่ขาดข้อมูลความแรงของลมเท่าไรต่อสัดส่วน Org N ที่ลอยตัวขึ้นมา

1.5.2.2 สัดส่วนการลดลงของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในตะกอน

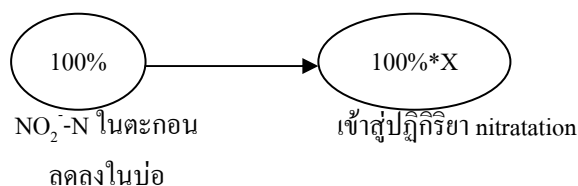


ภาพประกอบภาคผนวก ก 7 สัดส่วนการลดลงของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในตะกอน

- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในตะกอนเข้าสู่ปฏิกิริยา nitritation 5%*X ปฏิกิริยานี้ในชั้นน้ำมีโอกาสเกิดขึ้น 5% ของ $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ที่ลดลงในบ่อ แต่ในตะกอนต้องพิจารณาพร้อมกับสัดส่วนบริเวณที่มี O_2 เพียงพอในตะกอน

- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในตะกอนถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์ของแบคทีเรีย heterotrophic 21% (assimilation by bacteria) โดยแบคทีเรียชนิดนี้ที่ย่อยสลาย Org มีทั้งแบบต้องการและไม่ต้องการ O_2 (ดังสมการ (15) และ (16)) ดังนั้นจึงมีโอกาสเกิดขึ้นในตะกอนเต็มพื้นที่บ่อ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในตะกอนที่ลดลงในกรณีนี้จึงสามารถเกิดขึ้นในสัดส่วนเดียวกับในชั้นน้ำ

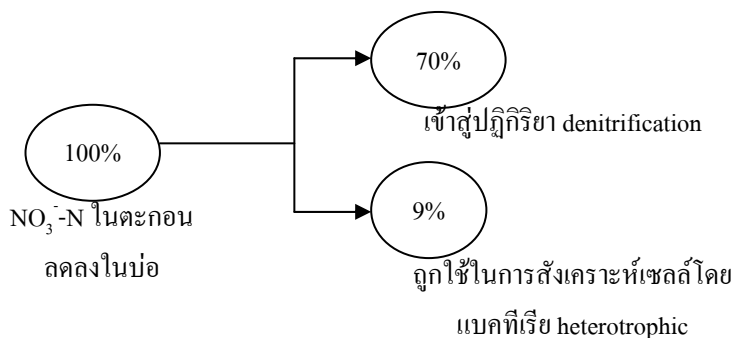
1.5.2.3 สัดส่วนการลดลงของ $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ในตะกอน



ภาพประกอบภาคผนวก ก 8 สัดส่วนการลดลงของ $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ในตะกอน

- $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ในตะกอนเข้าสู่ปฏิกิริยา nitratation 100%*X ปฏิกิริยานี้ในชั้นน้ำมีโอกาสเกิดขึ้น 100% ของ $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ที่ลดลงในบ่อ แต่ในตะกอนต้องพิจารณาพร้อมกับสัดส่วนบริเวณที่มี O_2 เพียงพอในตะกอน

1.5.2.4 สัดส่วนการลดลงของ NO_3^- -N ในตะกอน



ภาพประกอบภาคผนวก ก 9 สัดส่วนการลดลงของ NO_3^- -N ในตะกอน

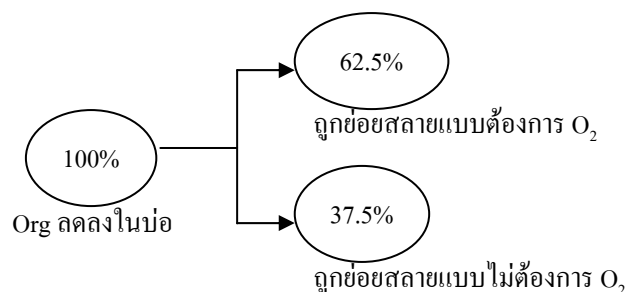
- NO_3^- -N ในตะกอนเข้าสู่ปฏิกิริยา denitrification 70% (dissimilatory denitrification) ปฏิกิริยานี้ในตะกอนมีโอกาสขึ้นโดยสมบูรณ์ตามสัดส่วนดังตารางภาคผนวก ก 1 (ข้อ 4) เพราะในตะกอนมีโอกาสเกิดสภาวะมีหรือไม่มี O_2 ที่พื้นที่บ่อ

- NO_3^- -N ในตะกอนถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์ของแบคทีเรีย heterotrophic 9% (assimilation by bacteria) NO_3^- -N ในตะกอนที่ลดลงในกรณีนี้สามารถเกิดขึ้นในสัดส่วนเดียวกับในชั้นน้ำ ด้วยเหตุผลเดียวกับกรณี NH_4^+ -N ในตะกอนถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์ของแบคทีเรีย

2. การกำหนดสัดส่วนการลดลงของตัวแปรสิ่งแวดล้อมในบ่อ

ตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่ลดลงในบ่อ บางส่วนเป็นที่มาของ N ในบ่อ จึงต้องให้ความสำคัญในการพิจารณาดังนี้

2.1 สัดส่วนการลดลงของ Org ในบ่อ

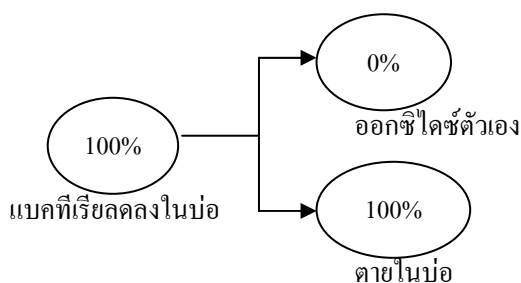


ภาพประกอบภาคผนวก ก 10 สัดส่วนการลดลงของ Org ในบ่อ

- Org ถูกย่อยสลายแบบต้องการ O_2 62.5% (aerobic decomposition) พิจารณาจาก โครงสร้างบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ฯ หาดใหญ่มีส่วนต้นส่วนลึก จึงสมมติฐานให้การย่อยสลาย ที่ต้องการ O_2 นี้เกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ในบ่อต้น ที่มีสัดส่วน 62.5% ของปริมาตรบ่อบำบัดร่วมกับพืช ลอยน้ำ

- Org ถูกย่อยสลายแบบไม่ต้องการ O_2 37.5% (anaerobic decomposition) โดย สมมติฐานให้การย่อยสลายที่ไม่ต้องการ O_2 นี้เกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ในบ่อลึก ที่มีสัดส่วน 37.5% ของ ปริมาตรบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ

2.2 สัดส่วนการลดลงของแบคทีเรียในบ่อ

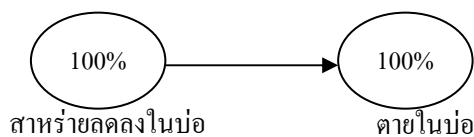


ภาพประกอบภาคผนวก ก 11 สัดส่วนการลดลงของแบคทีเรียในบ่อ

- แบคทีเรียออกซิไดซ์ตัวเอง 0% (auto-oxidation) แบคทีเรียจะออกซิไดซ์ตัวเองได้กรณี บ่อ ฯ มี NH_4^+ ไม่เพียงพอ ซึ่งจากรายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ (เทศบาล นครหาดใหญ่, 2545) ค่า BOD_5 ที่จุดปล่อยจากบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำหาดใหญ่ 3 – 18 mg/L (มาตรฐานไม่เกิน 20 mg/L) ซึ่งบ่อบำบัด ฯ สามารถกำจัด BOD_5 ได้อยู่ในช่วงมาตรฐาน แสดงถึง บ่อบำบัด ฯ มี NH_4^+ เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย heterotrophic การออกซิไดซ์ตัวเอง จึงไม่เกิดขึ้น

- แบคทีเรียตายในบ่อ 100% (bacteria death) แบคทีเรียที่ลดลงในบ่อทั้งหมดคือส่วนที่ ตาย

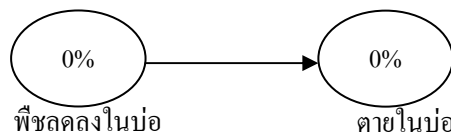
2.3 สัดส่วนการลดลงของสาหร่ายในบ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก ก 12 สัดส่วนการลดลงของสาหร่ายในบ่อ

- สาหร่ายตายในบ่อ 100% (algae death) สาหร่ายที่ลดลงในบ่อทั้งหมดคือส่วนที่ตาย

2.4 สัดส่วนการลดลงของพืชในบ่อ



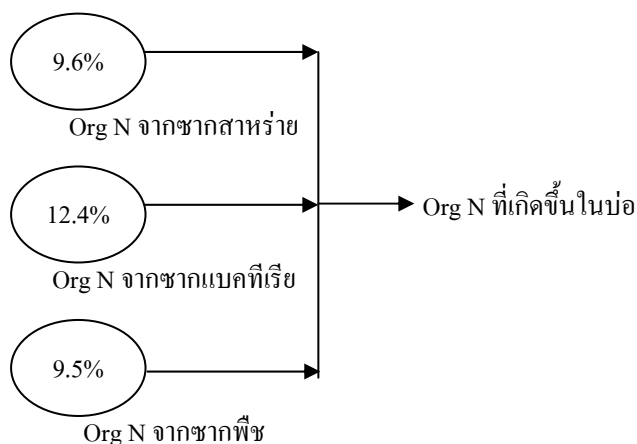
ภาพประกอบภาคผนวก ก 13 สัดส่วนการลดลงของพืชในบ่อ

- พืชตายในบ่อ 0% (plant death) เนื่องจากขาดข้อมูลอัตราการตายของพืชลอยน้ำ จึงต้องกำหนดให้การตายของพืชเป็น 0

3. การกำหนดสัดส่วน N ที่เกิดขึ้นในบ่อ

N ที่เกิดขึ้นในบ่อ ได้รับจาก N และตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่ลดลงในบ่อ เช่น Org N ลดลงด้วยการเข้าสู่ปฏิกิริยา ammonification แต่ขณะเดียวกันปฏิกิริยานี้ทำให้ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ เกิดขึ้นในบ่อ และการตายของสาหร่ายส่วนหนึ่งจากซากสาหร่ายนั้นเป็นที่มาของ Org N ในบ่อเป็นต้น โดยความสัมพันธ์ของ N ที่เกิดขึ้นและลดลงในบ่อสามารถดูภาพรวมได้ดังภาพประกอบ 23 – 32 และต่อจากนี้จะกล่าวเฉพาะสัดส่วนของ N ที่เกิดขึ้น ที่ยังไม่ได้กล่าวถึงในการกำหนดสัดส่วนการลดลงของ N และตัวแปรสิ่งแวดล้อมขั้นต้น

3.1 สัดส่วนการเกิด Org N ในบ่อ



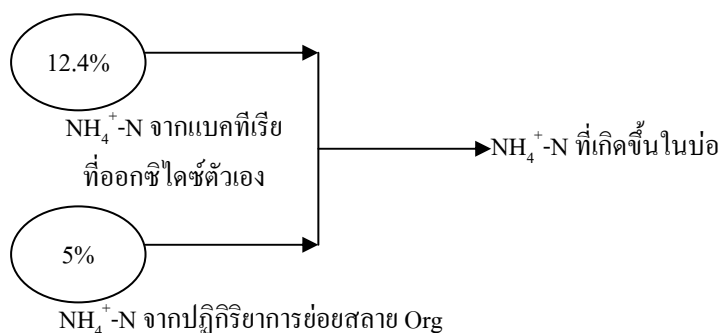
ภาพประกอบภาคผนวก ก 14 สัดส่วนการเกิด Org N ในบ่อ

- Org N ที่เกิดจากซากสาหร่าย 9.6% (Org N in remaining of algae) ซึ่งหมายถึง 9.6% ของซากสาหร่ายที่เกิดขึ้นในบ่ออยู่ในรูปของ Org N พิจารณาจากสัดส่วนของ N ในเซลล์สาหร่าย $C_7H_{8.1}O_{2.5}N$ ดังตารางภาคผนวก ก 2

- Org N ที่เกิดจากซากแบคทีเรีย 12.4% (Org N in remaining of bacteria) ซึ่งหมายถึง 12.4% ของซากแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในบ่ออยู่ในรูปของ Org N พิจารณาจากสัดส่วนของ N ในเซลล์แบคทีเรีย $C_5H_7O_2N$ ดังตารางภาคผนวก ก 2

- Org N ที่เกิดจากซากพืช 9.5% (Org N in remaining of plant) ซึ่งหมายถึง 9.5% ของซากพืชที่เกิดขึ้นในบ่ออยู่ในรูปของ Org N พิจารณาจากสัดส่วนของ N ในเซลล์พืช $C_5H_9O_5N$ (glutamic acid) ดังตารางภาคผนวก ก 2

3.2 สัดส่วนการเกิด NH_4^+ -N ในบ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก ก 15 สัดส่วนการเกิด NH_4^+ -N ในบ่อ

- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ที่เกิดจากแบคทีเรียที่ออกซิไดซ์ตัวเอง 12.4% ซึ่งหมายถึง 12.4% ของปริมาณแบคทีเรียที่ออกซิไดซ์ตัวเองอยู่ในรูปของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ พิจารณาจากสัดส่วนของ N ในเซลล์แบคทีเรีย $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ ดังตารางภาคผนวก ก 2

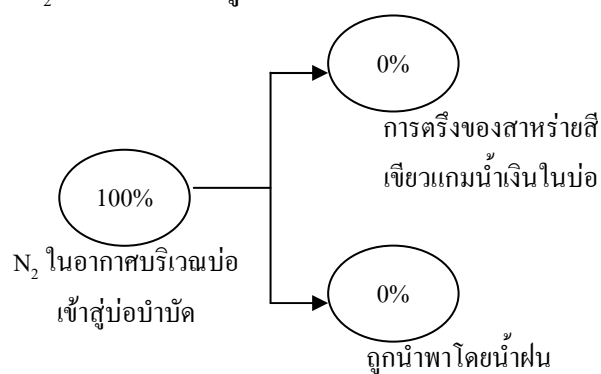
- $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ที่เกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลาย Org 5% ซึ่งหมายถึง 5% ของปริมาณ Org ที่ถูกย่อยสลายจะอยู่ในรูปของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ พิจารณาจากสัดส่วนของ N ในอินทรีย์สาร $\text{C}_{11}\text{H}_{29}\text{O}_7\text{N}$ ดังตารางภาคผนวก ก 2

ตารางภาคผนวก ก 2 สัดส่วนของไนโตรเจนในโมเลกุลของเซลล์ต่าง ๆ และอินทรีย์สาร

เซลล์ต่าง	โมเลกุลของเซลล์	น้ำหนักโมเลกุล	% ของ N ในเซลล์
แบคทีเรีย	$\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$	113	12.4
พืช	$\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_5\text{N}$	147	9.5
สาหร่าย	$\text{C}_7\text{H}_{8.1}\text{O}_{2.5}\text{N}$	146	9.6
อินทรีย์สาร	$\text{C}_{11}\text{H}_{29}\text{O}_7\text{N}$	287	4.9

* ชนิดเซลล์ที่นำมาพิจารณานี้จากสมการปฏิกิริยาเคมี (8), (1), (5) และ (15) ตามลำดับ

3.3 สัดส่วน N_2 ในอากาศที่เข้าสู่บ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก ก 16 สัดส่วน N_2 ในอากาศที่เข้าสู่บ่อ

- N_2 ที่ถูกตรึงโดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 0% (fixation) โดยสาหร่ายชนิดนี้สามารถตรึงไนโตรเจนได้สูงสุด 10 g/g (เซลล์สาหร่าย) /day แต่ขาดข้อมูลสัดส่วนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในปริมาณสาหร่ายทั้งหมด จึงกำหนดให้สัดส่วนการเกิดไนโตรเจนส่วนนี้เป็น 0%

- N_2 ที่ถูกนำพาโดยฝน 0% (raining) ขาดข้อมูลความสามารถของน้ำฝนที่นำพา N_2 ในอากาศเข้าสู่บ่อ

4. ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการลดลงและเกิดขึ้นของไนโตรเจนในบ่อ ๆ ด้วยความสัมพันธ์ในทางชีวเคมีในรูปสมการปฏิกิริยาต่าง ๆ โดยแสดงเป็นน้ำหนักโมเลกุลดังตารางภาคผนวก ก 3

ตารางภาคผนวก ก 3 ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการลดลงและเกิดขึ้นของไนโตรเจนในบ่อ ๆ ด้วยสมการปฏิกิริยาชีวเคมี

ความสัมพันธ์ในรูปปฏิกิริยาชีวเคมี	ค่าของไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ	ค่าของตัวแปรสิ่งแวดล้อมและไนโตรเจนที่เกี่ยวข้อง
deamination	N 14 g ในรูป $R-C_2H_4O_2N$ (Org N ในรูป amino acid 74 g)	ต้องใช้ O_2 16 g
		ได้ $R-C_2HO_3N$ 73 g ได้ N 14 g ในรูป NH_3 (17 g)
hydrolysis	N 28 g ในรูป CH_4ON_2 (Org N ในรูป urea 60 g)	ต้องใช้ H_2O 18 g
		ได้ CO_2 44 g ได้ N 28 g ในรูป NH_3 (34 g)
nitritation (แบบที่ 1)	N 14 g ในรูป NH_4^+ (18 g)	ต้องใช้ O_2 41.6 g ต้องใช้ HCO_3^- 109.8 g
		ได้ H_2CO_3 124 g ได้ H_2O 19.8 g ได้ N 0.28 g ในรูป $C_5H_7O_2N$ (2.26 g) ได้ N 14 g ในรูป NO_2^- (46 g)
nitritation (แบบที่ 2)	N 14 g ในรูป NH_4^+ (18 g)	ต้องใช้ CO_2 50.6 g
		ได้ H^+ 1.61 g ได้ H_2O 5.58 g ได้ N 3.22 g ในรูป $C_5H_7O_2N$ (26 g) ได้ N 10.77 g ในรูป NO_2^- (35.42 g)
nitratation	N 14 g ในรูป NO_2^- (46 g)	ต้องใช้ N 0.035 g ในรูป NH_4^+ (0.05g) ต้องใช้ H_2CO_3 0.62 g ต้องใช้ HCO_3^- 0.15 g ต้องใช้ O_2 14.4 g

ตารางภาคผนวก ก 3 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ในรูปแบบ ปฏิกิริยาชีวเคมี	ค่าของไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ	ค่าของตัวแปรสิ่งแวดล้อม และไนโตรเจนที่เกี่ยวข้อง
nitratation (ต่อ)		ได้ H ₂ O 0.14 g ได้ N 0.035 g ในรูป C ₅ H ₇ O ₂ N (0.28 g) ได้ N 14 g ในรูป NO ₃ ⁻ (62 g)
dissimilatory denitrification	N 14 g ในรูป NO ₃ ⁻ (62 g)	ต้องใช้ N 3.78 g ในรูป NH ₄ ⁺ (4.86 g) ต้องใช้ HCO ₃ ⁻ 16.47 g ต้องใช้ H ⁺ 1 g ต้องใช้ N 4.9 g ในรูป C ₁₀ H ₁₉ O ₃ N (70.35 g)
		ได้ N 14 g ในรูป N ₂ (14 g) ได้ N 8.54 g ในรูป C ₃ H ₇ O ₂ N (68.93 g) ได้ CO ₂ 29.04 g ได้ H ₂ O 41.4 g
assimilation by algae (ใช้ NH ₄ ⁺)	การสังเคราะห์แสงที่ดูดซับ N 14 g ในรูป NH ₄ ⁺ (18 g)	ต้องใช้ CO ₂ 334.4 g ต้องใช้ H ₂ O 300.6 g
		ได้ N 14 g ในรูป C ₇ H _{8.1} O _{2.5} N (146 g) ได้ O ₂ 243.2 g ได้ H ₂ O 273.2 g ได้ H ⁺ 1 g
assimilation by algae (ใช้ NO ₃ ⁻)	การสังเคราะห์เซลล์ที่ดูดซับ N 14 g ในรูป NO ₃ ⁻ (62 g)	ต้องใช้ CO ₂ 291.72 g ต้องใช้ H ₂ O 101.34 g ต้องใช้ PO ₄ 5.7 g
		ได้ N 13.44 g ในรูป C ₁₀₆ H ₁₈₀ O ₄₅ N ₁₆ P (145.62 g) ได้ O ₂ 309.12 g
assimilation by plant (ใช้ NH ₃)	การสังเคราะห์เซลล์ที่ดูดซับ N 14 g ในรูป NH ₃ (17 g)	ต้องใช้ ketoglutaric acid* 146 g ต้องใช้ H ⁺ 2 g
		ได้ H ₂ O 18 g ได้ N 14 g ในรูป glutamic acid* (147 g)

ตารางภาคผนวก ก 3 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ในรูป ปฏิกิริยาชีวเคมี	ค่าของไนโตรเจนในรูปต่างๆ	ค่าของตัวแปรสิ่งแวดล้อม และไนโตรเจนที่เกี่ยวข้อง
assimilation by plant (ใช้ NO_3^-) เปลี่ยนจาก NO_3^- เป็น NO_2^-	N 14 g ในรูป NO_3^- (62 g)	ต้องใช้ H^+ (จาก NAD(P)H*) 1 g
		ต้องใช้ H^+ 1 g
assimilation by plant (ใช้ NO_3^-) เปลี่ยนจาก NO_2^- เป็น NH_4^+	N 14 g ในรูป NO_2^- (46 g)	ได้ N 14 g ในรูป NO_2^- (46 g)
		ได้ H_2O 18 g
assimilation by heterotrophic bacteria	การสังเคราะห์เซลล์ที่ใช้ N 14 g ในรูป NH_4^+ (18 g)	ต้องใช้ H^+ 8 g
		ได้ N 14 g ในรูป NH_4^+ (18 g)
		ได้ H_2O 36 g
		ต้องใช้ CH_3COOH 273 g
assimilation by heterotrophic bacteria	การสังเคราะห์เซลล์ที่ใช้ N 14 g ในรูป NH_4^+ (18 g)	ต้องใช้ OH^- 17 g
		ต้องใช้ O_2 130.88 g
Org decomposition : แบบใช้ O_2	การย่อยสลายอินทรีย์สารที่อยู่ ในรูป $\text{C}_{11}\text{H}_{29}\text{O}_7\text{N}$ 287 g	ได้ N 14 g ในรูป $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ (113 g)
		ได้ CO_2 179.96 g
Org decomposition : แบบไม่ใช้ O_2	การย่อยสลายอินทรีย์สารที่อยู่ ในรูป $\text{C}_{11}\text{H}_{29}\text{O}_7\text{N}$ 287 g	ได้ H_2O 145.62 g
		ต้องใช้ O_2 448 g
Org decomposition : แบบใช้ O_2	การย่อยสลายอินทรีย์สารที่อยู่ ในรูป $\text{C}_{11}\text{H}_{29}\text{O}_7\text{N}$ 287 g	ต้องใช้ H^+ 1 g
		ได้ CO_2 484 g
Org decomposition : แบบไม่ใช้ O_2	การย่อยสลายอินทรีย์สารที่อยู่ ในรูป $\text{C}_{11}\text{H}_{29}\text{O}_7\text{N}$ 287 g	ได้ H_2O 234 g
		ได้ N 14 g ในรูป NH_4^+ (18 g)
fixation	การตรึง N 28 g ในรูป N_2	ต้องใช้ H_2O 18 g
		ได้ CH_4 112 g
fixation	การตรึง N 28 g ในรูป N_2	ได้ CO_2 176 g
		ได้ N 14 g ในรูป NH_3 (17 g)
fixation	การตรึง N 28 g ในรูป N_2	ต้องใช้ H^+ 8 g
		ได้ N 28 g ในรูป NH_4^+ (34 g)
fixation	การตรึง N 28 g ในรูป N_2	ได้ H_2 2 g

ภาคผนวก ข

1. การประยุกต์ใช้สมการต่าง ๆ

1.1 จากสมการการหาของเสียสุทธิที่ผลิตได้จากระบบตะกอนเร่ง (activated sludge) ต่อวัน, $P_{X,VSS}$ (Metcalf & Eddy, 2003) ดังสมการภาคผนวก ข (1)

$$P_{X,VSS} = \frac{QY(S_o - S)(1\text{kg}/10^3\text{g})}{1 + (k_d)SRT} + \frac{(f_d)(k_d)QY(S_o - S)SRT(1\text{kg}/10^3\text{g})}{1 + (k_d)SRT} \dots\dots(1)$$

(A)	(B)
heterotrophic biomass	cell debris

$$+ \frac{QY_n(NO_x)(1\text{kg}/10^3\text{g})}{1 + (k_d)SRT} + Q(nbVSS)(1\text{kg}/10^3\text{g})$$

(C)	(D)
nitrifying bacteria biomass	nonbiodegradable VSS in influent

ประยุกต์ใช้ส่วน (C) เป็นสมการ (21) ในตาราง 7 บทที่ 2

$$P_{X,VSS} = \frac{QY_n N(1\text{kg}/10^3\text{g})}{1 + (k_{dn})SRT}$$

(nitrifying biomass)

และประยุกต์ใช้ส่วน (B) เป็นสมการ (22) ในตาราง 7 บทที่ 2

$$P_{X,VSS} = \frac{(f_d)(k_{dn})QY_n N(1\text{kg}/10^3\text{g})SRT}{1 + (k_{dn})SRT}$$

(cell debris of nitrifying biomass)

1.2 จากสมการการหาอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย heterotrophic ที่ย่อยสลาย Org, μ_s และสมการการหาอัตราการใช้ Org, r_{su} (Metcalf & Eddy, 2003) ดังสมการภาคผนวก ข (2) และ (3) ตามลำดับ

$$\mu_s = \mu_m \left(\frac{S}{K_s + S} \right) \left(\frac{DO}{K_o + DO} \right) - k_d \quad \dots\dots(2)$$

$$r_{su} = \frac{\mu_m X S}{Y(K_s + S)} \quad \dots\dots(3)$$

ประยุกต์ใช้เป็นสมการการหาอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย heterotrophic ที่ย่อยสลาย Org N, $\mu_{n,Org}$ และสมการการหาอัตราการใช้ออกซิเจน Org N, $r_{NU,Org}$ ดังสมการภาคผนวก ข (4) และ (5) ตามลำดับ

$$\mu_{n,Org} = \mu_m \left(\frac{N_{Org}}{K_s + N_{Org}} \right) \left(\frac{DO}{K_o + DO} \right) - k_d \quad \dots\dots(4)$$

$$r_{NU,Org} = \frac{\mu_m X N_{Org}}{Y(K_s + N_{Org})} \quad \dots\dots(5)$$

สมการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจน Org N ของแบคทีเรีย heterotrophic เช่นเดียวกับ สมการ (19) ถึง (23) ในตาราง 7 และสมการ (27) ในตาราง 10 บทที่ 2 และค่าคงที่สัมประสิทธิ์จลน์ของแบคทีเรีย heterotrophic ดังตารางภาคผนวก ข 1

ตารางภาคผนวก ข 1 ค่าสัมประสิทธิ์จลน์สำหรับแบคทีเรีย heterotrophic

(Metcalf & Eddy, 2003)

สัมประสิทธิ์	หน่วย	ช่วงค่า	ค่าทั่วไป
μ_m	g VSS/g VSS*d	3.0 - 13.2	6.0
K_s	g bCOD/m ³	5.0 - 40.0	20.0
Y	g VSS/g bCOD	0.3 - 0.50	0.40
k_d	g VSS/g VSS*d	0.06 - 0.20	0.12
f_d	-	0.08 - 0.20	0.15
θ of μ_m	-	1.03 - 1.08	1.07
θ of K_s	-	1.03 - 1.08	1.04
θ of k_d	-	1.00	1.00

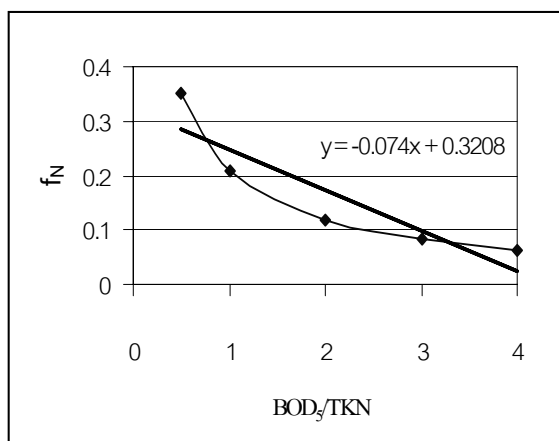
2. การประยุกต์ใช้สัดส่วน $BOD_5:TKN$ จากตาราง 3 บทที่ 2

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรีย nitrifying ตามสัดส่วน $BOD_5:TKN$ จากตาราง 3 นำมาหาแนวโน้มเส้นตรง เพื่อประยุกต์ใช้กับความสัมพันธ์ของ BOD_5 ที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยา nitrification

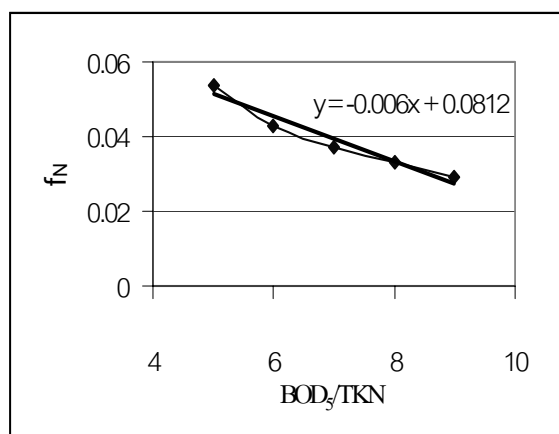
เนื่องจากแนวโน้มมีความชันในช่วงแรกสูงจึงแบ่งการพิจารณาเป็น 2 ส่วน

1. สัดส่วน $BOD_5:TKN$ ที่อยู่ในช่วง 0.5 – 4 จะส่งผลให้ปฏิกิริยา nitrification มีแนวโน้มลดลง $-0.074 d^{-1}$ (ดังภาพประกอบ ก)

2. สัดส่วน $BOD_5:TKN$ ที่มากกว่า 4 จะส่งผลให้ปฏิกิริยา nitrification มีแนวโน้มลดลง $(-0.074) + (-0.006) = -0.08 d^{-1}$ (ดังภาพประกอบ ก + ข)



(ก)



(ข)

ภาพประกอบภาคผนวก ข 1 การประยุกต์ใช้สัดส่วน $BOD_5:TKN$ จากตาราง 3 (ในบทที่ 2)

3. การหาปริมาณตะกอนในบ่อ

การหาปริมาณตะกอนน้ำทิ้ง (sludge) ในบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ๑ ไร่ใหญ่ จำนวนตามแบบการหาปริมาณตะกอนของบ่อบำบัดขั้นต้น ๑ ไร่ใหญ่ (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2540)

3.1 หาพื้นที่กั้นบ่อ

เนื่องจากคู่มือออกแบบระบบบำบัด ๑ ไม่ได้ระบุความกว้างและยาวของบ่อ และได้ระบุพื้นที่กั้นบ่อของบ่อบำบัดขั้นต้นเท่านั้นจึงนำมาพิจารณา โดยใช้สมมติฐานว่าเหมือนกัน ดังนี้

เมื่อพื้นที่ผิวของบ่อบำบัดขั้นต้นเท่ากับ $104,000 m^2$ มีพื้นที่กั้นบ่อเท่ากับ $90,000 m^2$ (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2540)

และพื้นที่ผิวของบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำเท่ากับ $824,000 \text{ m}^2$ จะมีพื้นที่กั้นบ่อเท่ากัน

$$\frac{824,000 \times 90,000}{104,000} = 713,077 \text{ m}^2$$

3.2 ประมาณการปริมาณตะกอนในบ่อ

การคำนวณปริมาณตะกอนในบ่อบำบัดขั้นต้นได้ประมาณการจากปริมาณ TSS ที่ตกตะกอนในบ่อ

เมื่อความลึกของตะกอนเท่ากับ 800 mm . (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2540)

ดังนั้นปริมาตรของตะกอนในบ่อเท่ากับ $713,077 \text{ m}^2 \times 0.8 \text{ m} = 570461.6 \text{ m}^3$

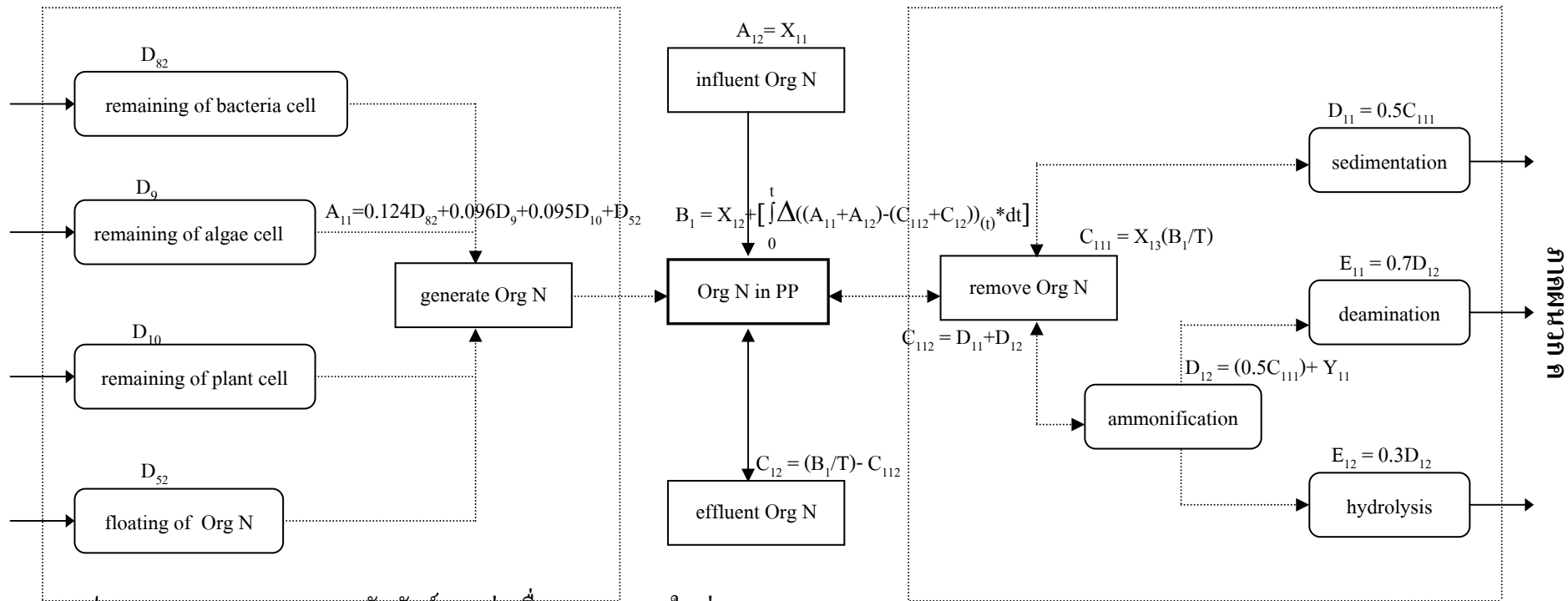
ค่าเฉลี่ยการสะสมของตะกอนในบ่อเท่ากับ $9\% \text{ D.S.}$ (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2540)

และตะกอนมีความหนาแน่นเท่ากับน้ำ (1000 kg/m^3 (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2540))

ดังนั้นปริมาณตะกอนในบ่อ (โดย นน.) จะเท่ากับ

$$570461.6 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.09 = 51,341,544 \text{ kg}$$

1. ชุดความสัมพันธ์ต่อเนื่องของตัวแปรไนโตรเจนและตัวแปรสิ่งแวดล้อม



ภาพประกอบภาคผนวก ก 1 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องของ Org N ในบ่อ ฯ

หมายเหตุ : - สัตว์ส่วนการ remove Org N ดังภาคผนวก ก ข้อ 1.1 และสัตว์ส่วนการ generate Org N ของบางตัวแปรดังภาคผนวก ก ข้อ 3.1

- X_{11} ถึง X_{13} = ค่าเริ่มต้นของแต่ละตัวแปร, Y_{11} = ความสัมพันธ์จากตัวแปรสิ่งแวดล้อม

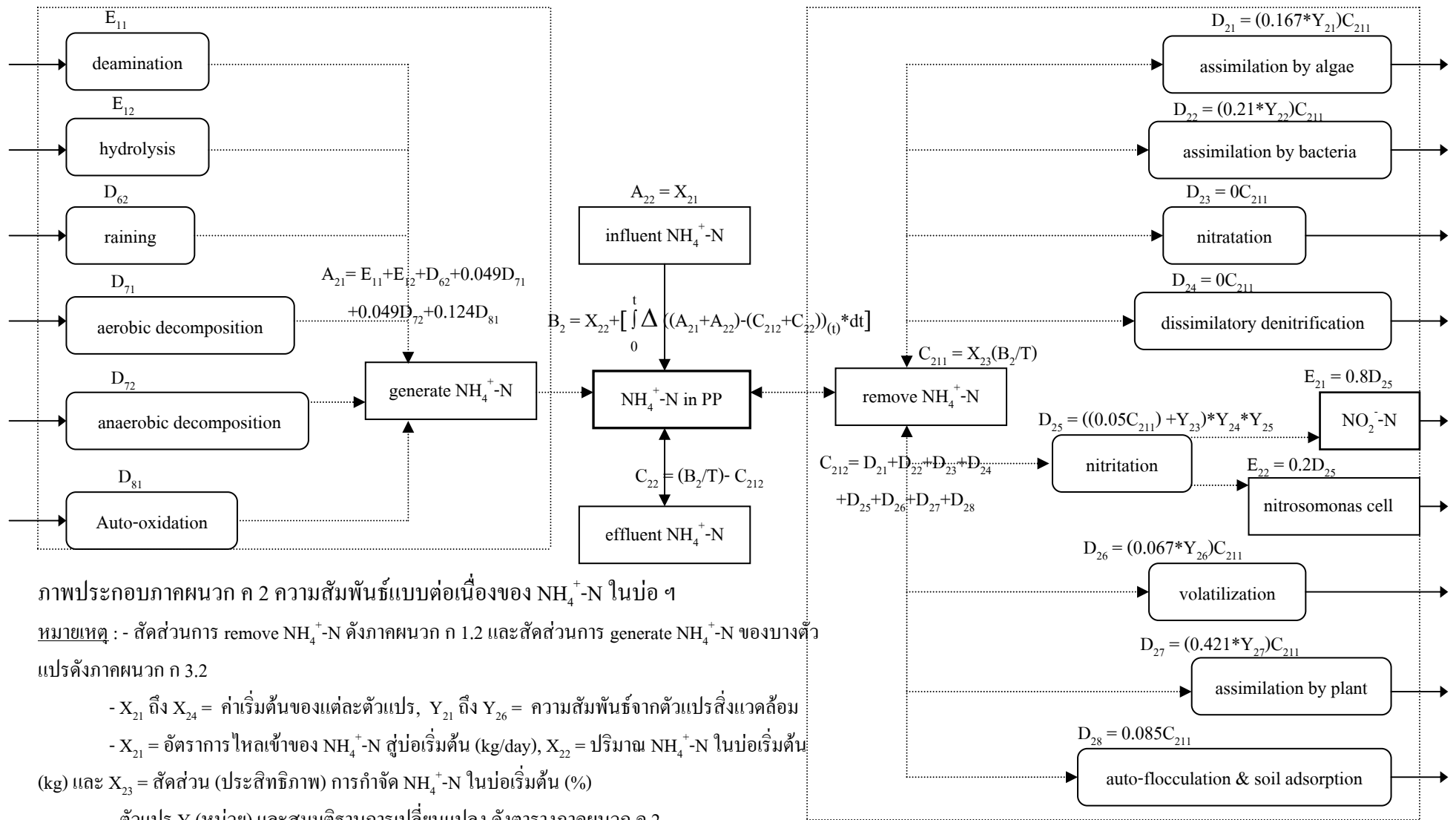
- X_{11} = อัตราการไหลเข้าของ Org N สู่อบ่เริ่มต้น (kg/day), X_{12} = ปริมาณ Org N ในบ่อเริ่มต้น (kg), X_{13} = สัตว์ส่วน (ประสิทธิภาพ) การกำจัด Org N ในบ่อเริ่มต้น (%)

- ตัวแปร Y (หน่วย) และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลง ดังตารางภาคผนวก ก 1

ตารางภาคผนวก ค 1 ตัวแปร Y ในภาพประกอบภาคผนวก ค 1 และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลง

ตัวแปร/สมการ	ตัวแปรที่ทำให้การลดลงของ N เปลี่ยนแปลง	สมมติฐานการเปลี่ยนแปลง	สัดส่วนที่เปลี่ยนแปลง	สรุปการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา
ammonification = $D_{12} = (0.5C_{111}) + Y_{11}$	Y_{11} = อัตราการใช้ N ของแบคทีเรีย heterotrophic ที่มีตัวแปร pH อุณหภูมิและ DO เกี่ยวข้อง, ค่าเริ่มต้น = 0 kg/day	<u>pH</u> อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย heterotrophic มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ pH อยู่ในช่วงเหมาะสมต่อแบคทีเรียชนิดนี้ และอัตราการเจริญเติบโต มีแนวโน้มลดลง เมื่อ pH ต่ำกว่าหรือสูงกว่าช่วงที่เหมาะสม (สมมติฐาน 1.1) <u>อุณหภูมิ</u> อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดนี้มีแนวโน้มแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (สมมติฐาน 1.2) <u>DO</u> อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดนี้มีแนวโน้มแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของ DO โดยจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อ $DO > 2 \text{ g/m}^3$ (สมมติฐาน 1.3)	เกิดขึ้นตามการคำนวณของสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้ - pH ดังสมการ (27) ในตาราง 10 - อุณหภูมิ ดังสมการ (19) ในตาราง 7 - DO ดังสมการภาคผนวก ข (4)	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการคำนวณของสมการที่เกี่ยวข้อง

หมายเหตุ : ตัวแปร D_{82} , D_9 , และ D_{10} ที่เป็นซากต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบ่อ มีบางส่วนที่จมทับถมบนตะกอน และมีบางส่วนเจือปนในชั้นน้ำ เนื่องจากขาดข้อมูลในส่วนนี้ จึงสมมติฐานให้ซากทั้งหมดที่เกิดขึ้นเจือปนในชั้นน้ำ



ภาพประกอบภาคผนวก ก 2 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในบ่อ ๑

หมายเหตุ : - สัดส่วนการ remove $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ดังภาคผนวก ก 1.2 และสัดส่วนการ generate $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ของบางตัว

แปรดังภาคผนวก ก 3.2

- X_{21} ถึง X_{24} = ค่าเริ่มต้นของแต่ละตัวแปร, Y_{21} ถึง Y_{26} = ความสัมพันธ์จากตัวแปรสิ่งแวดล้อม
- X_{21} = อัตราการไหลเข้าของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ สู่อบ่เริ่มต้น (kg/day), X_{22} = ปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในบ่อเริ่มต้น (kg) และ X_{23} = สัดส่วน (ประสิทธิภาพ) การกำจัด $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในบ่อเริ่มต้น (%)
- ตัวแปร Y (หน่วย) และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลง ดังตารางภาคผนวก ก 2

ตารางภาคผนวก ค 2 ตัวแปร Y ในภาพประกอบภาคผนวก ค 2 และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลง

ตัวแปร/สมการ	ตัวแปรที่ทำให้การลดลงของ N เปลี่ยนแปลง	สมมติฐานการเปลี่ยนแปลง	สัดส่วนที่เปลี่ยนแปลง	สรุปการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา
assimilation by algae = $D_{21} = (0.167*Y_{21})C_{211}$	Y_{21} = สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาหร่ายในบ่อ, ค่าเริ่มต้น = 1 Dmnl	การลดลงของ NH_4^+-N ในบ่อโดยสาหร่ายมีแนวโน้มแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาหร่ายในบ่อ คือ เมื่อปริมาณสาหร่ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น NH_4^+-N ถูกใช้โดยสาหร่ายเพิ่มขึ้นตาม (สมมติฐาน 2.1)	สัดส่วนที่ NH_4^+-N ถูกใช้โดยสาหร่ายจะเปลี่ยนแปลงเท่ากับสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาหร่ายในบ่อ	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาหร่ายในบ่อ
assimilation by bacteria = $D_{22} = (0.21*Y_{22})C_{211}$	Y_{22} = สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียในบ่อ, ค่าเริ่มต้น = 1 Dmnl	การลดลงของ NH_4^+-N ในบ่อโดยแบคทีเรียมีแนวโน้มแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียในบ่อ คือ เมื่อปริมาณแบคทีเรียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น NH_4^+-N ถูกใช้โดยแบคทีเรียเพิ่มขึ้นตาม (สมมติฐาน 2.2)	สัดส่วนที่ NH_4^+-N ถูกใช้โดยแบคทีเรียจะเปลี่ยนแปลงเท่ากับสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียในบ่อ	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียในบ่อ
nitritation = $D_{25} = (((0.05C_{211}) + Y_{23}) * Y_{24})$	Y_{23} = อัตราการใช้ N ของแบคทีเรีย nitrosomonas ที่มีตัวแปร pH อุณหภูมิและ DO เกี่ยวข้อง, ค่าเริ่มต้น = 0 kg/day	อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrosomonas เปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของ pH อุณหภูมิและ DO เช่นเดียวกับสมมติฐาน 1.1, 1.2, 1.3 (สมมติฐาน 2.3)	เกิดขึ้นตามการคำนวณของสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้ - pH และ DO ดังสมการ (18) ในตาราง 7 - อุณหภูมิ ดังสมการ (19) ในตาราง 7	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการคำนวณของสมการที่เกี่ยวข้อง

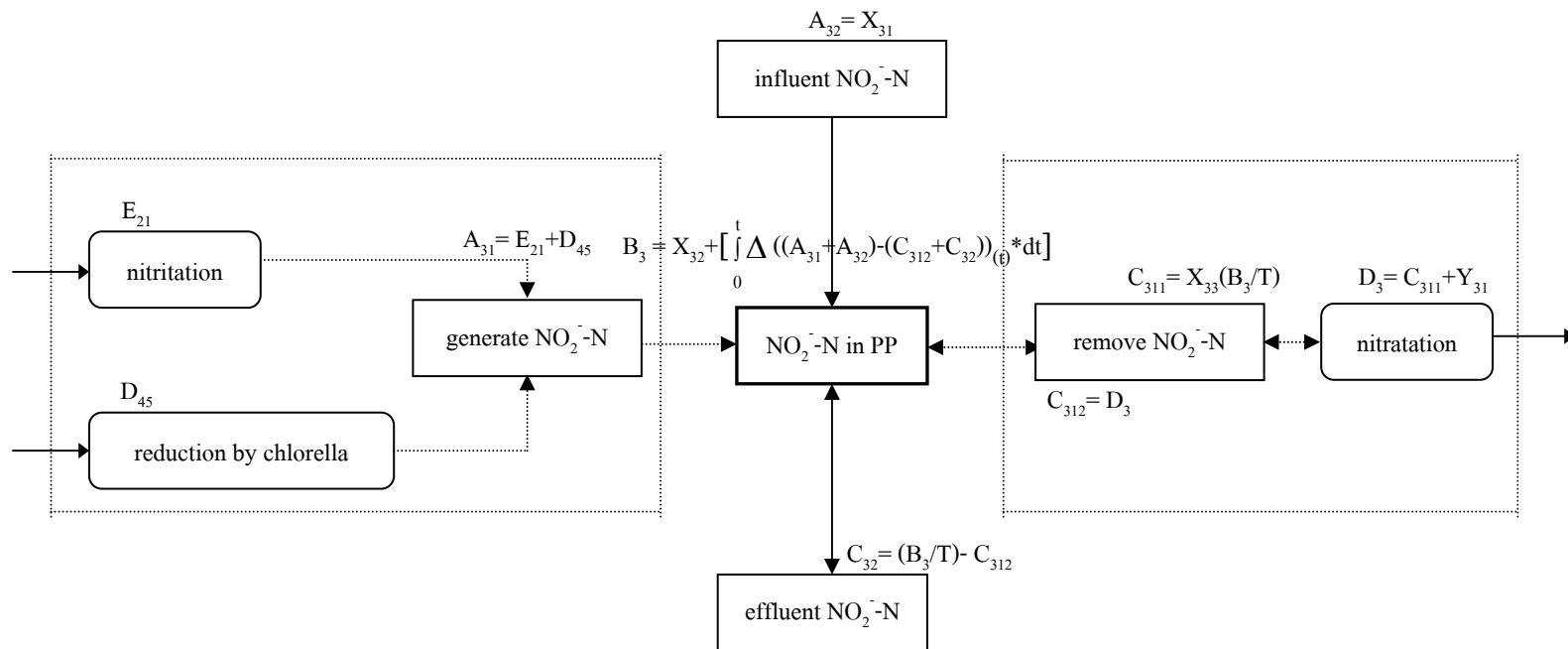
ตารางภาคผนวก ค 2 (ต่อ)

ตัวแปร/สมการ	ตัวแปรที่ทำให้การลดลงของ N เปลี่ยนแปลง	สมมติฐานการเปลี่ยนแปลง	สัดส่วนที่เปลี่ยนแปลง	สรุปการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา
nitritation = $D_{25} = (((0.05C_{211}) + Y_{23}) * Y_{24})$ (ต่อ)	Y_{24} = สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วน BOD ₅ : TKN, 1 Dmnl	เมื่อสัดส่วน BOD ₅ : TKN มากกว่า 0.5 โอกาสเกิดปฏิกิริยา nitritation มีน้อยลง และเมื่อสัดส่วนดังกล่าวน้อยกว่า 0.5 ปฏิกิริยา nitritation เกิดได้ปกติ (สมมติฐาน 2.4)	เมื่ออัตราส่วน BOD ₅ : TKN อยู่ในช่วง 0.5 – 4 อัตราการเกิดปฏิกิริยา nitritation จะลดลง -0.074 d^{-1} และเมื่อสัดส่วนดังกล่าว > 4 อัตราการเกิด nitritation จะลดลง -0.08 d^{-1} (ดังภาคผนวก ข 2)	มีแนวโน้มปกติหรือลดลงตามสัดส่วน BOD ₅ : TKN
volatilization = $D_{26} = (0.067 * Y_{25}) C_{211}$	Y_{25} = สัดส่วนการเกิดก๊าซ NH ₃ -N ที่เปลี่ยนแปลงตามระดับ pH, ค่าเริ่มต้นเกิดจากการคำนวณของสมการ (27)	เมื่อ pH ของน้ำสูงกว่า 7 NH ₄ ⁺ -N จะถูกกำจัดในรูปก๊าซเพิ่มขึ้นตามระดับ pH ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อ pH ของน้ำต่ำกว่า 7 จะไม่เกิดการกำจัด 7 NH ₄ ⁺ -N ของในรูปก๊าซ (สมมติฐาน 2.5)	เกิดจากการคำนวณของสมการ (28)	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง pH > 7 ตามการคำนวณของสมการที่เกี่ยวข้อง

ตารางภาคผนวก ค 2 (ต่อ)

ตัวแปร/สมการ	ตัวแปรที่ทำให้การลดลงของ N เปลี่ยนแปลง	สมมติฐานการเปลี่ยนแปลง	สัดส่วนที่เปลี่ยนแปลง	สรุปการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา
$\text{assimilation by plant} = D_{27} = \frac{((0.421 * X_{25}) / 1) Y_{26}}{C_{211}}$	Y_{26} = สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพืชลอยน้ำในบ่อ, ค่าเริ่มต้น = 1 Dmnl	การลดลงของ NH_4^+ -N ในบ่อโดยพืชมีแนวโน้มแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพืชในบ่อ คือ เมื่อปริมาณพืชมีแนวโน้มเพิ่ม NH_4^+ -N ถูกใช้โดยพืชเพิ่มขึ้นตาม (สมมติฐาน 2.5)	สัดส่วนที่ NH_4^+ -N ถูกใช้โดยพืชจะเปลี่ยนแปลงเท่ากับ สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพืชในบ่อ	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพืชในบ่อ

หมายเหตุ : แอมโมเนียในบ่อมี 2 รูป ได้แก่ NH_4^+ และ NH_3 แต่ NH_3 สามารถถูกกำจัดออกจากบ่อได้เพราะอยู่ในรูปก๊าซ เพื่อแบ่งชนิดให้ชัดเจน จึงสมมติฐานให้ปริมาณแอมโมเนียในบ่ออยู่ในรูปของ NH_4^+ เท่านั้น โดย NH_3 ที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบ่อ (ได้แก่ E_{11} , E_{12} และ D_{72} จากสมการ (10), (4), (16) ตามลำดับ) จะถูกเปลี่ยนรูปเป็น NH_4^+ ในบ่อก่อนที่จะถูกกำจัดในรูปก๊าซหรือถูกใช้ประโยชน์ด้วยกรณีอื่น ๆ ในบ่อ



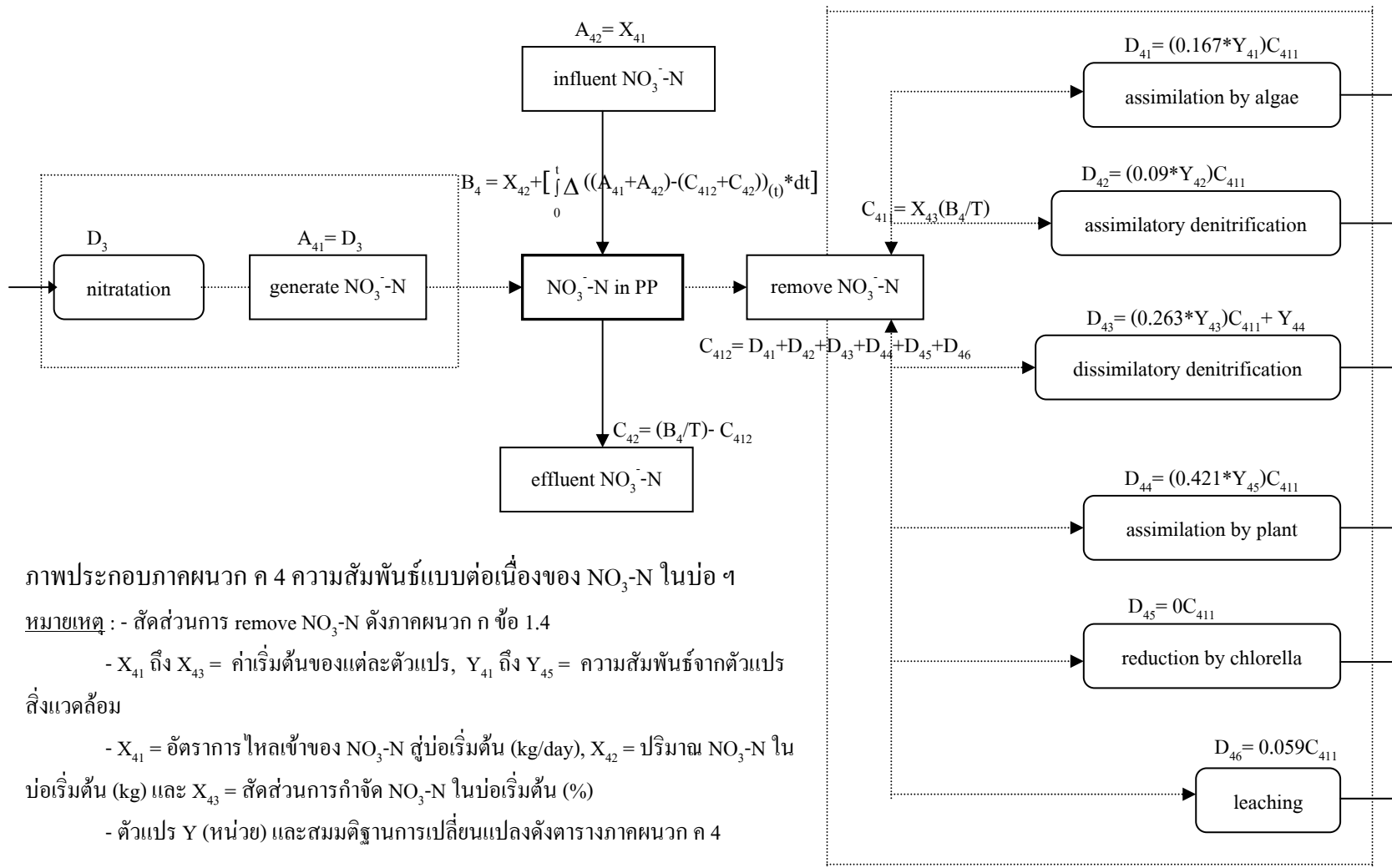
ภาพประกอบภาคผนวก ค 3 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องของ NO_2^- -N ในบ่อ ฯ

หมายเหตุ : - สัดส่วนการ remove NO_2^- -N ดังภาคผนวก ก ข้อ 1.3

- X_{31} ถึง X_{33} = ค่าเริ่มต้นของแต่ละตัวแปร, Y_{31} = ความสัมพันธ์จากตัวแปรสิ่งแวดล้อม
- X_{31} = อัตราการไหลเข้าของ NO_2^- -N สู่อบ่เริ่มต้น (kg/day), X_{32} = ปริมาณ NO_2^- -N ในบ่อเริ่มต้น (kg), X_{33} = สัดส่วน (ประสิทธิภาพ) การกำจัด NO_2^- -N ในบ่อเริ่มต้น (%)
- ตัวแปร Y (หน่วย) และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลง ดังตารางภาคผนวก ค 3

ตารางภาคผนวก ค 3 ตัวแปร Y ในภาพประกอบภาคผนวก ค 3 และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลง

ตัวแปร/สมการ	ตัวแปรที่ทำให้การลดลงของ N เปลี่ยนแปลง	สมมติฐานการเปลี่ยนแปลง	สัดส่วนที่เปลี่ยนแปลง	สรุปการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา
nitratation = $D_3 = C_{311} + Y_{31}$	Y_{23} = อัตราการใช้ N ของแบคทีเรีย nitrobacter ที่มีตัวแปร pH อุณหภูมิและ DO เกี่ยวข้อง, ค่าเริ่มต้น = 0 kg/day	อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrobacter เปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของ pH อุณหภูมิและ DO เช่นเดียวกับสมมติฐาน 1.1, 1.2, 1.3 (สมมติฐาน 3.1)	เกิดขึ้นตามการคำนวณของสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้ - pH และ DO ดังสมการ (18) ในตาราง 7 - อุณหภูมิ ดังสมการ (19) ในตาราง 7	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการคำนวณของสมการที่เกี่ยวข้อง



ภาพประกอบภาคผนวก ค 4 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องของ NO_3^- -N ในบ่อ ฯ

หมายเหตุ : - สัดส่วนการ remove NO_3^- -N ดังภาคผนวก ก ข้อ 1.4

- X_{41} ถึง X_{43} = ค่าเริ่มต้นของแต่ละตัวแปร, Y_{41} ถึง Y_{45} = ความสัมพันธ์จากตัวแปร
สิ่งแวดล้อม

- X_{41} = อัตราการไหลเข้าของ NO_3^- -N สู่บ่อเริ่มต้น (kg/day), X_{42} = ปริมาณ NO_3^- -N ใน
บ่อเริ่มต้น (kg) และ X_{43} = สัดส่วนการกำจัด NO_3^- -N ในบ่อเริ่มต้น (%)

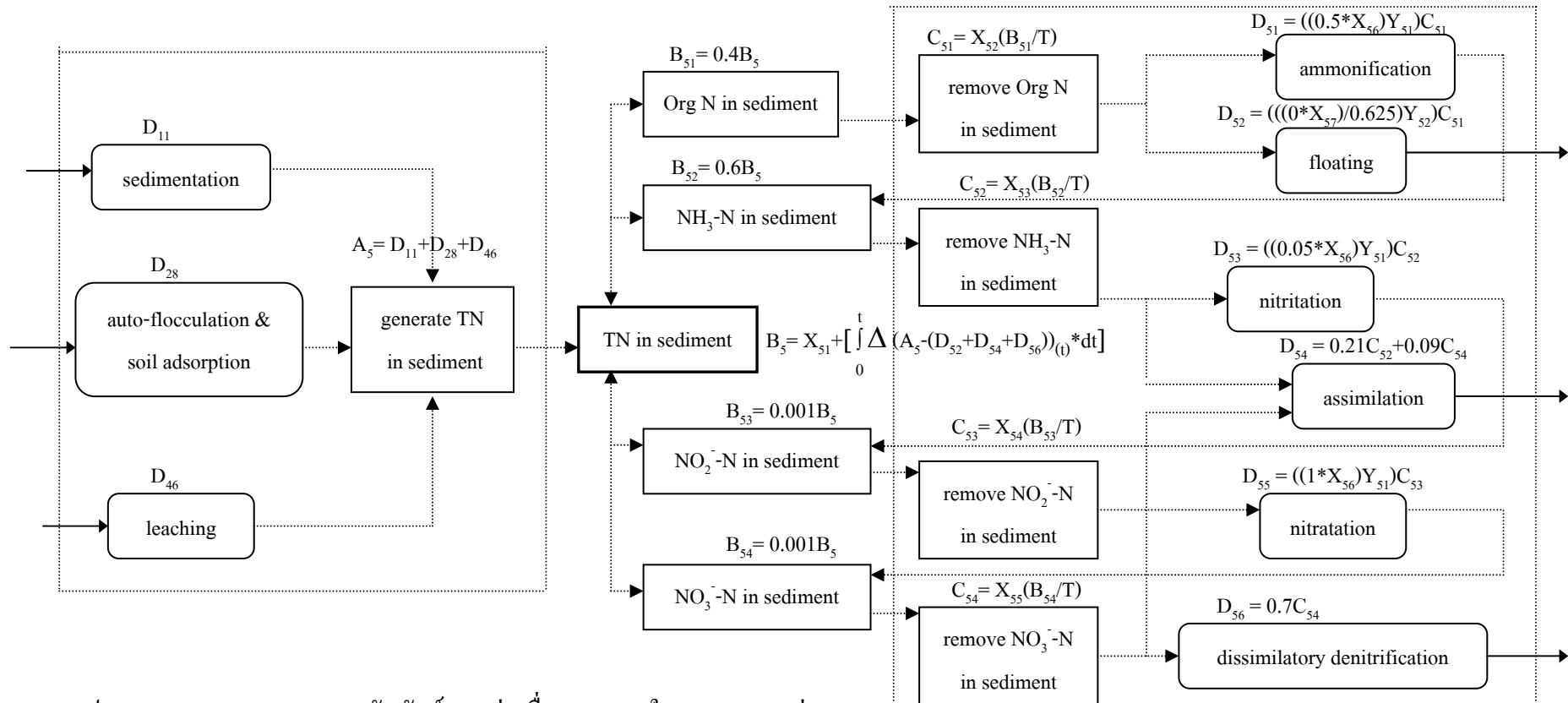
- ตัวแปร Y (หน่วย) และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลงดังตารางภาคผนวก ค 4

ตารางภาคผนวก ค 4 ตัวแปร Y ในภาพประกอบภาคผนวก ค 4 และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลง

ตัวแปร/สมการ	ตัวแปรที่ทำให้การลดลงของ N เปลี่ยนแปลง	สมมติฐานการเปลี่ยนแปลง	สัดส่วนที่เปลี่ยนแปลง	สรุปการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา
assimilation by algae = $D_{41} = (0.167 * Y_{41}) C_{411}$	$Y_{41} = Y_{21}$ ในตาราง	การลดลงของ NO_3 -N ในบ่อโดยสาหร่ายมีสมมติฐานเช่นเดียวกับ 2.1 (สมมติฐาน 4.1)	สัดส่วนที่ NO_3 -N ถูกใช้โดยสาหร่ายเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับกรณี NH_4^+ -N	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาหร่ายในบ่อ
assimilatory denitrification = $D_{42} = (0.09 * Y_{42}) C_{411}$	$Y_{22} =$ สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียในบ่อ, ค่าเริ่มต้น = 1 Dmml	การลดลงของ NO_3 -N ในบ่อ (เปลี่ยนเป็น NH_4^+ -N) โดยแบคทีเรียมีสมมติฐานเช่นเดียวกับ 2.2 (สมมติฐาน 4.2)	สัดส่วนที่ NO_3 -N ถูกใช้โดยแบคทีเรียเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับกรณี NH_4^+ -N	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียในบ่อ
dissimilatory denitrification = $D_{43} = (0.263 * Y_{43}) C_{411} + Y_{44}$	$Y_{43} =$ สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพืชปกคลุมในบ่อลึก, ค่าเริ่มต้น = 1 Dmml	การลดลงของ NO_3 -N ในบ่อโดยปฏิกิริยา denitrification มีแนวโน้มแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพืชปกคลุมในบ่อลึก คือ เมื่อพืชปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำในบ่อลึกเพิ่มขึ้น โอกาสเกิดปฏิกิริยานี้เพิ่มขึ้นตาม (สมมติฐาน 4.3)	สัดส่วนการเกิดปฏิกิริยา denitrification จะเปลี่ยนแปลงเท่ากับสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพืชปกคลุมในบ่อลึก	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพืชปกคลุมในบ่อลึก

ตารางภาคผนวก ค 4 (ต่อ)

ตัวแปร/สมการ	ตัวแปรที่ทำให้การลดลงของ N เปลี่ยนแปลง	สมมติฐานการเปลี่ยนแปลง	สัดส่วนที่เปลี่ยนแปลง	สรุปการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา
dissimilatory denitrification $= D_{43} = (0.263 * Y_{43})C_{411} + Y_{44}$ (ต่อ)	Y_{44} = อัตราการรีดิวซ์ NO_3-N โดยแบคทีเรีย denitrifying ที่มีตัวแปร pH อุณหภูมิและ DO เกี่ยวข้อง, ค่าเริ่มต้น = 0 kg/day	อัตราการรีดิวซ์ NO_3-N โดยแบคทีเรีย denitrifying เปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของ pH และอุณหภูมิเช่นเดียวกับสมมติฐาน 1.1, 1.2 (สมมติฐาน 4.4) DO เมื่อ DO ของน้ำในบ่อมากกว่า 0.2 mg/L อัตราการรีดิวซ์ NO_3-N จะน้อยมากหรือเป็นศูนย์ แต่เมื่อ DO ของน้ำในบ่อต่ำกว่า 0.2 mg/L รีดิวซ์ NO_3-N จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (สมมติฐาน 4.5) COD การลดลงของ NO_3-N ในบ่อโดยปฏิกิริยา denitrification มีแนวโน้มแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วน $COD:NO_3-N$ โดยสัดส่วน $COD:NO_3-N$ เพิ่มขึ้นปฏิกิริยานี้มีโอกาสเกิดได้มากขึ้น (สมมติฐาน 4.6)	เกิดขึ้นตามการคำนวณของสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้ - pH ดังสมการ (27) ในตาราง 10 - อุณหภูมิ ดังสมการ (19) ในตาราง 7 - DO และ COD ดังสมการ (26) ในตาราง 10	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการคำนวณของสมการที่เกี่ยวข้อง
assimilation by plant = $D_{44} = (0.421 * Y_{45})C_{411}$	$Y_{45} = Y_{25}$ ในตาราง	การลดลงของ NO_3-N ในบ่อโดยพืชมีสมมติฐานเช่นเดียวกับ 2.4 (สมมติฐาน 4.7)	สัดส่วนที่ NO_3-N ถูกใช้โดยพืชเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับกรณี NH_4^+-N	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพืชในบ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก ค 5 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องของ TN ในตะกอนของบ่อ ฯ

หมายเหตุ : - สัดส่วนไนโตรเจนแต่ละรูปในตะกอน ดังภาพผนวก ก ข้อ 1.5.1, สัดส่วนการ remove TN in sediment ดังภาคผนวก ก ข้อ 1.5.2

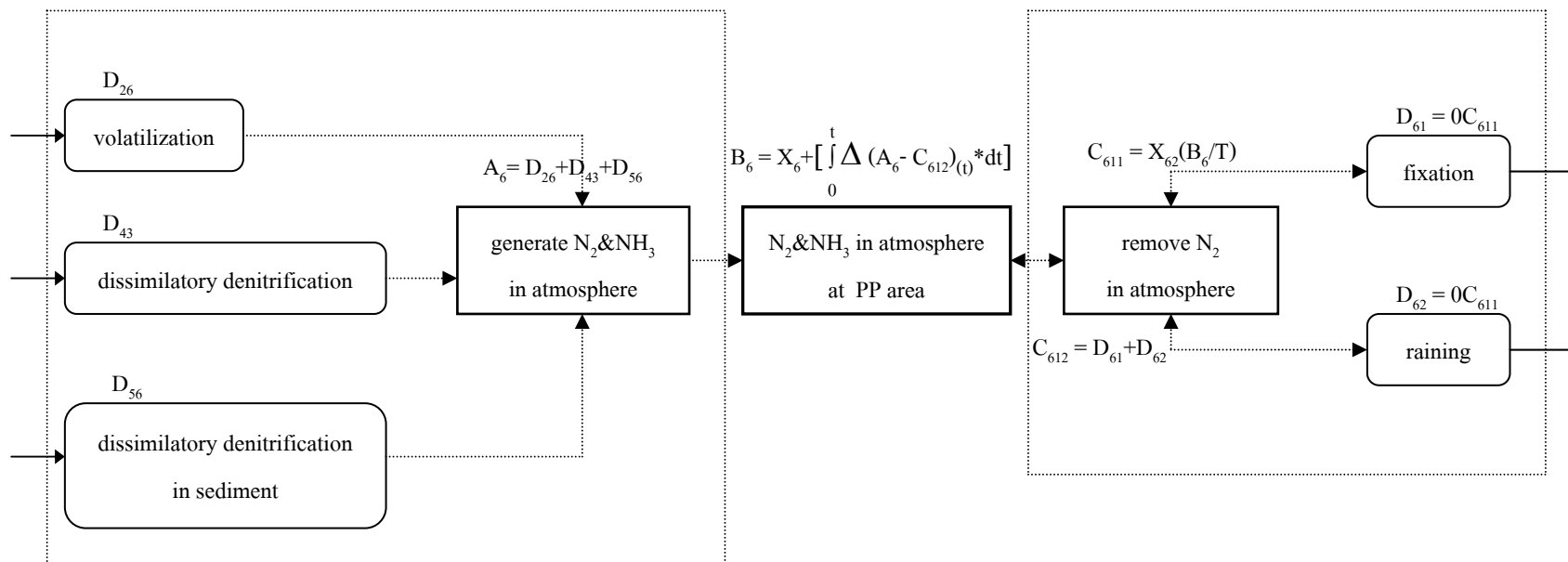
- X_{51} ถึง X_{57} = ค่าเริ่มต้นของแต่ละตัวแปร, Y_{51} ถึง Y_{52} = ความสัมพันธ์จากตัวแปรสิ่งแวดล้อม

- X_{51} = ปริมาณ TN ในตะกอนของบ่อเริ่มต้น (kg), X_{52} ถึง X_{55} = สัดส่วนการกำจัด N แต่ละรูปในตะกอนของบ่อเริ่มต้น (%), X_{56} สัดส่วนพื้นที่ตะกอนบริเวณที่มี O₂ เพียงพอเริ่มต้น (%), X_{57} = สัดส่วนพื้นที่ผิวน้ำในบ่อต้นที่ถูกปกคลุมโดยพืชเริ่มต้น (%) - ตัวแปร Y (หน่วย) และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลงดังตารางภาคผนวก ค 5

ตารางภาคผนวก ก 5 ตัวแปร Y ในภาพประกอบภาคผนวก ก 5 และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลง

ตัวแปร/สมการ	ตัวแปรที่ทำให้การลดลงของ TN ในตะกอนเปลี่ยนแปลง	สมมติฐานการเปลี่ยนแปลง	สัดส่วนที่เปลี่ยนแปลง	สรุปการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วน ตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา
ammonification = $D_{51} = ((0.5 * X_{56}) Y_{51}) C_{51}$	Y_{51} = สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 , ค่าเริ่มต้น = 1 Dmnl	พื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 จะผกผันกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในตะกอน คือ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นพื้นที่ส่วนนี้จะน้อยลง แต่เมื่อความชื้นลดลงพื้นที่ส่วนนี้จะเพิ่มขึ้น (สมมติฐาน 5.1)	สัดส่วนพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 เปลี่ยนแปลงเท่ากับ สัดส่วนความชื้นที่เปลี่ยนแปลง	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงสวนทางกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในตะกอน
floating = $D_{52} = (((0 * X_{57}) / 0.625) Y_{52}) C_{51}$	Y_{52} = สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพีชปกคลุมในบ่อตื้น, ค่าเริ่มต้น = 1 Dmnl	การลดลงของ Org N ในตะกอนโดยลอยตัวขึ้นสูงชันน้ำมีแนวโน้มผกผันกับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพีชปกคลุมในบ่อตื้น คือ เมื่อพีชปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำในบ่อตื้นเพิ่มขึ้น โอกาสที่ลมจะกระแทบผิวน้ำส่งผลให้ Org N จากตะกอนลอยตัวขึ้นนั้น เกิดขึ้นได้น้อยลง (สมมติฐาน 5.2)	สัดส่วนการลอยตัวของ Org N จากตะกอนจะเปลี่ยนแปลงเท่ากับสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพีชปกคลุมในบ่อตื้น	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงสวนทางกับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพีชปกคลุมในบ่อตื้น

หมายเหตุ : สมมติฐานให้ความชื้นในตะกอน 62.5% ของน้ำที่ตะกอนดูดซับไว้ได้ จะมีสัดส่วนพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 31.3% (อธิบายดังภาคผนวก ก 1.5.2)

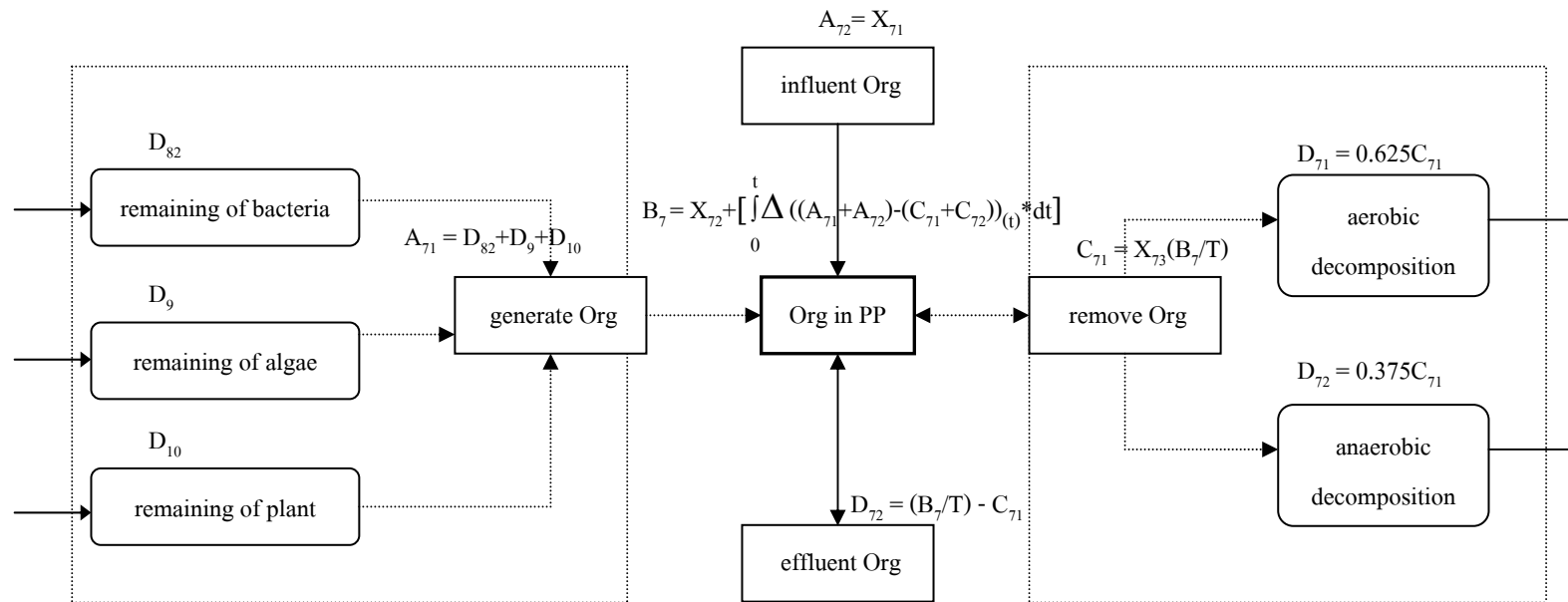


ภาพประกอบภาคผนวก ค 6 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องของ N_2 ในอากาศบริเวณบ่อ ฯ

หมายเหตุ : - สัดส่วนการ remove N_2 in atmosphere ดังภาคผนวก ก ข้อ 3.3

- X_{61} ถึง X_{62} = ค่าเริ่มต้นของแต่ละตัวแปร

- X_{61} = ปริมาณ N_2 ในอากาศบริเวณบ่อ ฯ เริ่มต้น (kg), X_{62} = สัดส่วนการลดลงของ N_2 ในอากาศบริเวณบ่อเริ่มต้น (%)

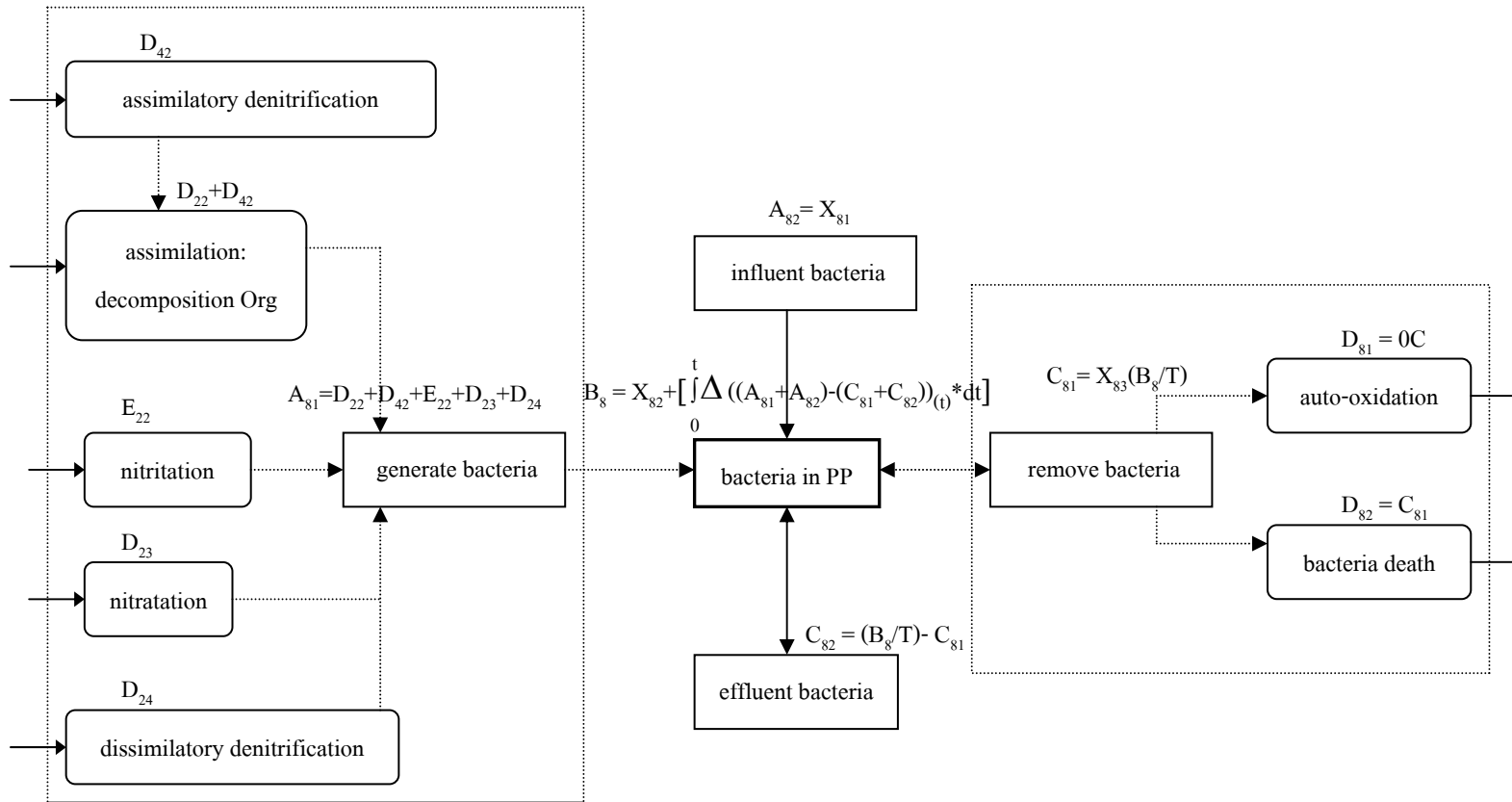


ภาพประกอบภาคผนวก ก 7 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องของ Org ในบ่อ ฯ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับไนโตรเจน

หมายเหตุ : - สัดส่วนการ remove Org ดังภาคผนวก ก ข้อ 2.1

- X_{71} ถึง X_{73} = ค่าเริ่มต้นของแต่ละตัวแปร

- X_{71} = อัตราการไหลเข้าของ Org คู่อเริ่มต้น (kg/day), X_{72} = ปริมาณ Org ในบ่อเริ่มต้น (kg), X_{73} = สัดส่วน (ประสิทธิภาพ) การกำจัด Org ในบ่อเริ่มต้น (%)

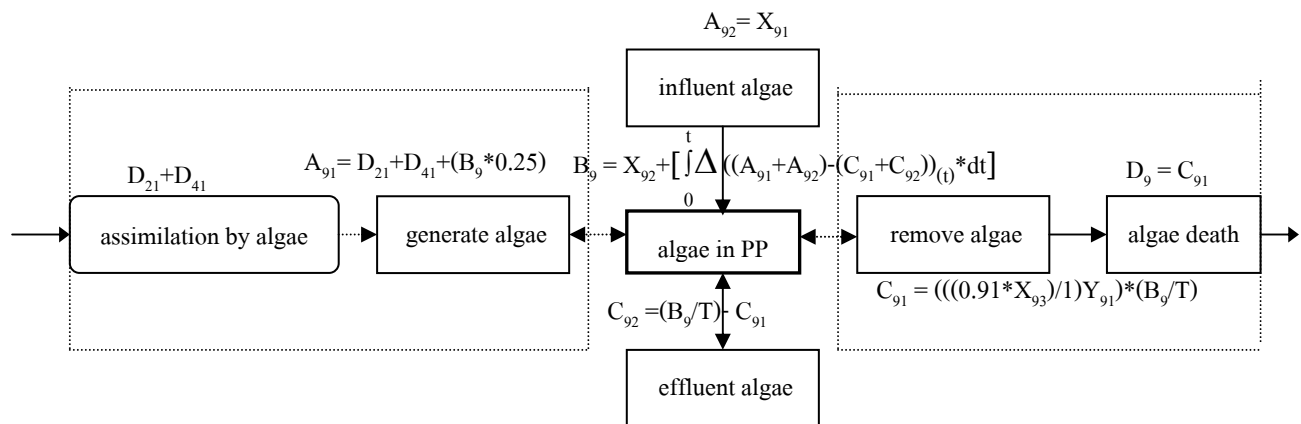


ภาพประกอบภาคผนวก ก 8 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องของแบคทีเรียในบ่อ ๆ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับไนโตรเจน

หมายเหตุ : - สัดส่วนการ remove bacteria ดังภาคผนวก ก ข้อ 2.2

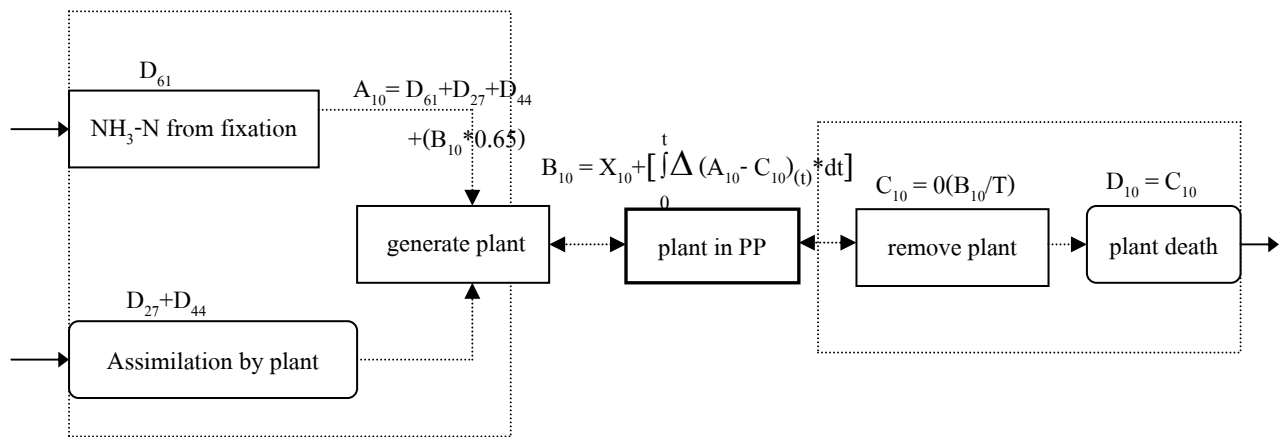
- X_{81} ถึง X_{83} = ค่าเริ่มต้นของแต่ละตัวแปร,

- X_{81} = อัตราการไหลเข้าของแบคทีเรียสู่บ่อเริ่มต้น (kg/day), X_{82} = ปริมาณแบคทีเรียในบ่อเริ่มต้น (kg), X_{83} = สัดส่วน (ประสิทธิภาพ) การกำจัดแบคทีเรียในบ่อเริ่มต้น (%)



หมายเหตุ : - สัดส่วนการ remove algae ดังภาคผนวก ก ข้อ 2.3
 - X_{91} ถึง X_{93} = ค่าเริ่มต้นของแต่ละตัวแปร,
 Y_{91} = ความสัมพันธ์จากตัวแปรสิ่งแวดล้อม
 - X_{91} = อัตราการไหลเข้าของสาหร่ายสู่บ่อเริ่มต้น (kg/day),
 - X_{92} = ปริมาณสาหร่ายในบ่อเริ่มต้น (kg), X_{93} = สัดส่วนการกำจัดสาหร่ายในบ่อโดยพืชลอยน้ำเริ่มต้น (%)
 - ตัวแปร Y (หน่วย) และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลง ดังตาราง

ภาพประกอบภาคผนวก ค 9 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องของสาหร่ายในบ่อ ฯ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับไนโตรเจน



หมายเหตุ : - สัดส่วนการ remove plant ดังภาคผนวก ก ข้อ 2.4
 - X_{10} = ปริมาณพืชลอยน้ำโดยรวมในบ่อเริ่มต้น (kg)

ภาพประกอบภาคผนวก ค 10 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องของพืชลอยน้ำในบ่อ ฯ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับไนโตรเจน

ตารางภาคผนวก ค 6 ตัวแปร Y ในภาพประกอบภาคผนวก ค 10 และสมมติฐานการเปลี่ยนแปลง

ตัวแปร/สมการ	ตัวแปรที่ทำให้การลดลงของสาหร่ายเปลี่ยนแปลง	สมมติฐานการเปลี่ยนแปลง	สัดส่วนที่เปลี่ยนแปลง	สรุปการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา
remove algae = $C_{91} = (((0.85 * X_{93}) / 1) Y_{91}) * (B_9 / T)$	Y_{91} = สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพีชลอยน้ำปกคลุมโดยรวมของบ่อ, ค่าเริ่มต้น = 1 Dmnl	การลดลงของสาหร่ายในบ่อมีแนวโน้มแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพีชลอยน้ำปกคลุม คือ เมื่อผักตบชวาปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำในบ่อเพิ่มขึ้น โอกาสที่สาหร่ายจะตายเพิ่มขึ้นตาม (สมมติฐาน 6.1)	สัดส่วนการลดลงของสาหร่ายในบ่อจะเปลี่ยนแปลงเท่ากับสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพีชลอยน้ำปกคลุมโดยรวมของบ่อ	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพีชลอยน้ำปกคลุมโดยรวมของบ่อ

หมายเหตุ : 1. ค่า 0.91 ของตัวแปร C_{91} ในภาพประกอบภาคผนวก ค 9 คือความสามารถสูงสุดในการกำจัดสาหร่ายในบ่อบำบัดที่อาศัยพีชลอยน้ำ

โดยพิจารณาจากข้อมูลทฤษฎีหัวข้อ 2.5.2.2 ประสิทธิภาพการกำจัด SS ในบ่อที่มีผักตบชวาเท่ากับ 85% (Thongchai Kanabkaew, 2003) และประสิทธิภาพการกำจัด SS ในบ่อที่มีผักกระเฉดเท่ากับ 96.7% (ธนิยา เกาศล, 2545) ดังนั้นจึงสมมติฐานให้บ่อบำบัดร่วมกับพีชลอยน้ำขนาดใหญ่ที่มีผักตบชวาและผักกระเฉดปะปนรวมกันสามารถกำจัด SS ได้ 91%

2. ค่า 0.25 ของตัวแปร A_{91} ในภาพประกอบภาคผนวก ค 9 คือ อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายเท่ากับ 0.25 d^{-1}

โดยพิจารณาจากข้อมูลทฤษฎีหัวข้อ 2.2.3 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายอยู่ในช่วง 0.2 – 0.3 ต่ออัตราการแบ่งตัวโดยเฉลี่ย 20 – 30 ชั่วโมง (Antarikanonda, 1985 อ้างถึงใน ประกิจ วงษ์ชนสุภรณ์และปอนด์ รัตนพันธ์ศักดิ์, 2536) ดังนั้นจึงสมมติฐานให้อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายในบ่อบำบัดร่วมกับพีชลอยน้ำขนาดใหญ่เกิดขึ้น 0.25 d^{-1}

3. ค่า 0.65 ของตัวแปร A_{10} ในภาพประกอบภาคผนวก ค 10 คือ อัตราการเจริญเติบโตของพีชลอยน้ำเท่ากับ 0.65 d^{-1}

โดยพิจารณาจากข้อมูลทฤษฎีหัวข้อ 2.2.1 ผักตบชวาเพียง 2 ต้น สามารถแตกหน่อได้ถึง 30 ต้น ภายใน 23 วัน (ทิพย์วัลย์และคณะ, 2530) เมื่อพิจารณาใน 1 วันสามารถแตกหน่อได้ 0.65 ต้น ดังนั้นจึงสมมติฐานให้อัตราการเจริญเติบโตของพีชลอยน้ำ (ผักตบชวาและผักกระเฉด) ในบ่อบำบัดร่วมกับพีชลอยน้ำขนาดใหญ่เกิดขึ้น 0.65 d^{-1}

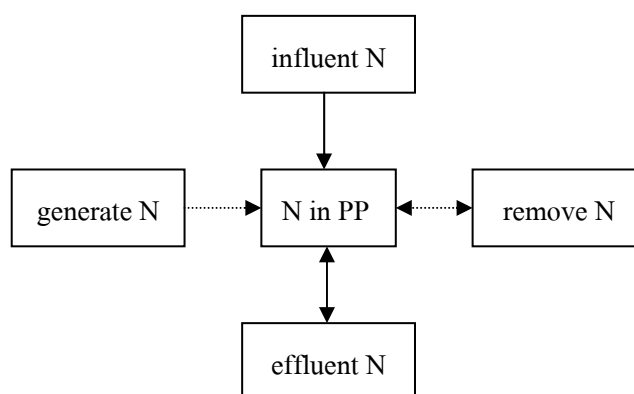
นอกจากสมมติฐานการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดไนโตรเจนดังที่ได้กล่าวในตาราง 17 – 22 ยังมีสมมติฐานที่มองถึงความสัมพันธ์ในภาพรวม โดยคำนึงถึงความเชื่อมโยงหลายมิติ ได้แก่ ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในชุดความสัมพันธ์เดียวกันหรือเชื่อมโยงต่อเนื่องหลาย ๆ ชุดความสัมพันธ์ ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ของไนโตรเจนแต่ละรูปที่คำนึงเฉพาะการเปลี่ยนรูปโดยอาศัยแบคทีเรีย (ตามข้อมูลทฤษฎี 2.3.3.5)

หากปริมาณไนโตรเจนในบ่อเริ่มต้นมีเฉพาะ Org N โดยไม่มีการเพิ่มเติมจากน้ำทิ้งไหลเข้าและไม่เกิดขึ้นในบ่อ เมื่อเวลาผ่านไปจะส่งผลให้แนวโน้มของ Org N ค่อย ๆ ลดลง แต่กลับส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนรูปอื่น ๆ ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น โดยเริ่มต้นจาก $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ และ $\text{NO}_3\text{-N}$ ตามลำดับ ซึ่งมีลักษณะความสัมพันธ์ดังทฤษฎีภาพประกอบ 5 (สมมติฐาน 7)

2. ความสัมพันธ์ของไนโตรเจนที่พิจารณาในลักษณะการทำงานของบ่อ ฯ

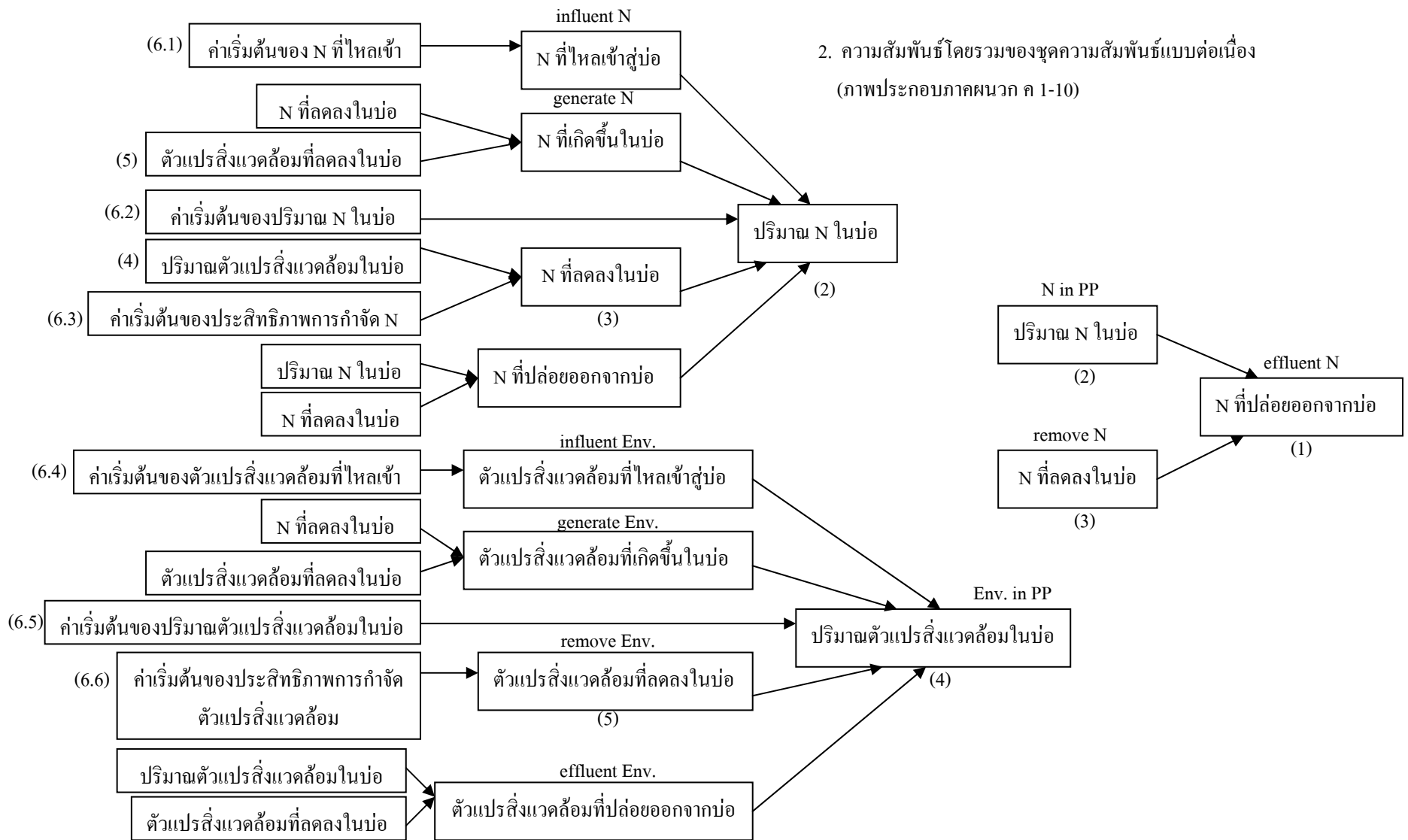
จากที่คำนึงถึงความสอดคล้องกับการทำงานของบ่อ ฯ (ดังหัวข้อ 4.2.1.1)



2.1 ปริมาณของไนโตรเจนในบ่อจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนที่เข้าสู่บ่อและไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในบ่อ แต่ปริมาณไนโตรเจนในบ่อจะผูกพันกับการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนที่ลดลงในบ่อและไนโตรเจนที่ปล่อยออกจากบ่อ (สมมติฐาน 8.1)

2.2 ไนโตรเจนที่ลดลงในบ่อกับไนโตรเจนที่ปล่อยออกจากบ่อจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนในบ่อ และไนโตรเจนที่ปล่อยออกจากบ่อจะผูกพันกับการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนที่ลดลงในบ่อ (สมมติฐาน 8.2)

โดยสรุปชุดความสัมพันธ์ต่อเนื่องของไนโตรเจน (ดังภาพประกอบภาคผนวก ค 1-6) และชุดความสัมพันธ์ต่อเนื่องของตัวแปรสิ่งแวดล้อม (ดังภาพประกอบภาคผนวก ค 7-10) มีความเชื่อมโยงต่อกันในภาพรวมดังภาพประกอบภาคผนวก ค 11 โดยตัวแปรผลจากความสัมพันธ์ทั้งหมดที่พิจารณา คือ ไนโตรเจนที่ปล่อยออกจากบ่อ (effluent N) และตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นตัวแปรเหตุที่เชื่อมโยงตามลำดับ ซึ่งส่วนหนึ่งของตัวแปรเหตุเหล่านั้น คือ ตัวแปรที่เป็นค่าเริ่มต้น ซึ่งต้องแทนค่าหรือใส่เข้าไปเมื่อสร้างเป็นแบบจำลอง ค่าเริ่มต้นทั้งหมดโดยสรุป ดังตารางภาคผนวก ค 7



2. ความสัมพันธ์โดยรวมของชุดความสัมพันธ์แบบต่อเนื่อง
(ภาพประกอบภาคผนวก ค 1-10)

ภาพประกอบภาคผนวก ค 11 ความสัมพันธ์โดยรวมของชุดความสัมพันธ์แบบต่อเนื่อง (ภาพประกอบภาคผนวก ค 1-10)

หมายเหตุ : (1) คือ ตัวแปรผลที่พิจารณา, (2) ถึง (5) คือ ตัวแปรเหตุที่เชื่อมต่อกันเป็นทอด ๆ, (6.1) ถึง (6.6) คือค่าเริ่มต้นที่รวบรวมทั้งหมดในตารางภาคผนวก ค 7

3. ค่าเริ่มต้นที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง

3.1 ตัวแปรต่าง ๆ ที่มีค่าเริ่มต้นมาจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ซึ่งต้องเปลี่ยนค่าของตัวแปรเหล่านี้ในแบบจำลองเพื่อให้การทดสอบผลจากแบบจำลองสอดคล้องกับสถานการณ์หรือค่าที่ตรวจพบ ณ ช่วงเวลานั้น รวบรวมตัวแปรดังตารางภาคผนวก ค 7

ตารางภาคผนวก ค 7 ตัวแปรที่มีค่าเริ่มต้นจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำ**

ชุด ความสัมพันธ์ ของ	ค่าเริ่มต้น		
	ความเข้มข้นที่เข้าสู่บ่อ (g/m ³)	ความเข้มข้นในบ่อ (g/m ³)	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)
Org N	Org N ที่เข้าสู่บ่อ	Org N ในบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด Org N ในบ่อ
NH ₄ ⁺ -N	NH ₄ ⁺ -N ที่เข้าสู่บ่อ	NH ₄ ⁺ -N ในบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด NH ₄ ⁺ -N ในบ่อ
NO ₂ -N	NO ₂ -N ที่เข้าสู่บ่อ	NO ₂ -N ในบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด NO ₂ -N ในบ่อ
NO ₃ -N	NO ₃ -N ที่เข้าสู่บ่อ	NO ₃ -N ในบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด NO ₃ -N ในบ่อ
TN ในตะกอน	-	TN ในตะกอน*	ประสิทธิภาพการกำจัด TN ในตะกอน
	-	ความชื้นในตะกอนบ่อดิน* ความชื้นในตะกอนบ่อลิก*	-
N ₂ ในอากาศ บริเวณบ่อ	-	N ₂ ในอากาศบริเวณบ่อ	-
Org	BOD ₅ ที่เข้าสู่บ่อ	BOD ₅ ในบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ₅ ในบ่อ
	COD ที่เข้าสู่บ่อ	COD ในบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด COD ในบ่อ
แบคทีเรีย	VSS ที่เข้าสู่บ่อ	VSS ในบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด VSS ในบ่อ
สาหร่าย	SS ที่เข้าสู่บ่อ	SS ในบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด SS ในบ่อ
พืชลอยน้ำ	-	ปกคลุมผิวน้ำบ่อที่ 1* ปกคลุมผิวน้ำบ่อที่ 2 ปกคลุมผิวน้ำบ่อที่ 3 ปกคลุมผิวน้ำบ่อที่ 4 ปกคลุมผิวน้ำบ่อที่ 5	-
ตัวแปรอื่น ๆ	DO ในบ่อ	-	-
	pH ในบ่อ*	-	-
	อุณหภูมิในบ่อ*	-	-
	ฝน (ถ้าตก 1 หรือไม่ตก 0)		

* หน่วยของตัวแปรต่าง ๆ : TN ในตะกอน (% ของTN ในตะกอน), ความชื้นในตะกอน (% ของน้ำที่ตะกอนดูดซับไว้ได้), พีชลอยน้ำ (% พื้นที่ผิวน้ำที่ถูกปกคลุมโดยพีช), pH (pH), อุณหภูมิ °C

**ตัวแปรทั้งหมดในตารางภาคผนวก ค 7 คือ ค่าเริ่มต้นทั้งหมดของชุดความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องในภาพประกอบภาคผนวก ค 1-10

หมายเหตุ : การคำนวณต่าง ๆ ดังนี้

1. ความเข้มข้นของตัวแปรต่าง ๆ ที่เข้าสู่บ่อ (g/m^3) * อัตราการไหลของน้ำ (m^3/day) * ($1\text{kg}/1000\text{g}$) = อัตราการไหลเข้าของตัวแปรนั้น ๆ สู่อบ่เริ่มต้น (kg/day) ; ยกตัวอย่างในภาพประกอบภาคผนวก ค 1 คือ ค่า X_{11}
2. ความเข้มข้นของ Org N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, BOD_5 , VSS และ SS ในบ่อ (g/m^3) * ปริมาตรของน้ำในบ่อ (m^3) * ($1\text{kg}/1000\text{g}$) = ปริมาณของตัวแปรนั้น ๆ ในบ่อเริ่มต้น (kg) ; ยกตัวอย่างในภาพประกอบ ภาคผนวก ค 1 คือ ค่า X_{12})
3. % ของ TN ในตะกอน * ปริมาณตะกอนในบ่อ (kg) (ดังภาคผนวก ข 3) = ปริมาณ TN ในตะกอนเริ่มต้น (kg) ; คือ ค่า X_{51} ในภาพประกอบภาคผนวก ค 5
4. (% พื้นที่ผิวน้ำที่ถูกปกคลุมโดยพีช * พื้นที่ผิวน้ำรวมของบ่อ (m^2)) * ความหนาแน่นของพีชลอยน้ำ ($7.4 \text{ kg}/\text{m}^2$ (Thongchai Kanabkaew, 2003)) = ปริมาณพีชลอยน้ำในบ่อเริ่มต้น (kg) ; คือ ค่า X_{10} ในภาพประกอบภาคผนวก ค 10
5. ปริมาณ N_2 ในอากาศบริเวณบ่อ (ค่า X_{61} ในภาพประกอบภาคผนวก ค 6) เนื่องจากขาดข้อมูล จึงกำหนดให้ปริมาณเริ่มต้นเป็น 0
6. ประสิทธิภาพการกำจัดของแต่ละตัวแปรในบ่อพิจารณาเป็นสัดส่วน (%/100)
7. เมื่อพิจารณาค่าเริ่มต้นในตารางภาคประกอบ ค 7 ร่วมกับภาพประกอบภาคผนวก ค 11 แบ่งประเภทค่าเริ่มต้นได้ 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ค่าเริ่มต้น (6.2), (6.3) และ (6.4) เป็นค่าเริ่มต้นของตัวแปรผล ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามตัวแปรเหตุอื่น ๆ ที่มาเชื่อมโยง ดังนั้นค่าเริ่มต้นดังกล่าวจึงมีผลแต่วันที่ 0

กลุ่มที่ 2 ค่าเริ่มต้น (6.1), (6.5) และ (6.6) เป็นค่าเริ่มต้นของตัวแปรเหตุ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะไม่มีตัวแปรเหตุอื่น ๆ มาเชื่อมโยง ดังนั้นค่าเริ่มต้นสามารถควบคุมให้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่มีได้ตลอดช่วงเวลาพิจารณา

3.2 ค่าเริ่มต้นจากข้อมูลในอดีตที่ใช้สำหรับทดสอบสมมติฐาน

ตารางภาคผนวก ค 8 ค่าเริ่มต้นจากข้อมูลในอดีตที่ใช้สำหรับทดสอบสมมติฐาน

แบบจำลอง	ตัวแปรเหตุ/หน่วย	ค่าเริ่มต้น			อ้างอิง
		เข้าสู่บ่อ	ในบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด, %	
Org N	Org N (g/m ³)	0.42	-	83.3	1
NH ₄ ⁺ -N	NH ₄ ⁺ -N (g/m ³)	0.85	-	83.5	1
NO ₂ -N	NO ₂ -N (g/m ³)	0.007	-	85.7	1
NO ₃ -N	NO ₃ -N (g/m ³)	0.019	-	36.8	1
TN ในตะกอน	TN ในตะกอน (%)		0		*
	ความชื้นบ่อดิน (%)		65		2
	ความชื้นบ่อลิก (%)		80		2
Org	BOD ₅ (g/m ³)	8	-	37.5	1
	COD (g/m ³)	103.5	-	-	3
แบคทีเรีย	VSS (g/m ³)	38.4	-	62.5	**
สาหร่าย	SS (g/m ³)	48	-	62.5	1
พืชลอยน้ำ	พื้นที่ผิวน้ำที่พืชปกคลุมในบ่อดิน (%)	-	100	-	***
	พื้นที่ผิวน้ำที่พืชปกคลุมในบ่อลิก (%)	-	100	-	***
ตัวแปรอื่น ๆ	pH	8.5			1
	DO (g/m ³)	7.6			3
	อุณหภูมิ (°C)	29.27			3
	ฝน (1 หรือ 0)	ฝนไม่ตก)			1

หมายเหตุ : 1. Thongchai kanabkeaw, 2003 (เลือกเฉพาะค่าวันที่ 0 ในภาพประกอบ 15 และ 16)

2. มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544 (เป็นข้อมูลทางทฤษฎี)

3. เทศบาลนครหาดใหญ่, 2545 (ค่าของ COD ไม่มีข้อมูลประสิทธิภาพการกำจัด)

* ไม่มีข้อมูล

** ประมาณการจากค่า SS โดยค่า VSS ประมาณ 80% ของค่า SS (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2545)

*** ไม่มีข้อมูล จึงใช้กรณีทดสอบกับบ่อจำลองของ Thongchai kanabkeaw (2003) โดยมีผักตบชวา
เต็มบ่อ มีความหนาแน่นประมาณ 7.4 kg/m^2

ค่าจากตารางนี้เป็นเพียงค่าเริ่มต้นที่ใช้กรณีทดสอบสมมติฐาน แต่การทดสอบแต่ละกรณีสามารถ
ปรับเปลี่ยนค่าแล้วแต่ความเหมาะสม โดยอาจใช้ค่าจากข้อมูลทางทฤษฎีหรือกำหนดขึ้น

3.3 ค่าเริ่มต้นของข้อมูลจริงจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำและตะกอน เพื่อใช้แทนค่าในแบบจำลองขั้นตอนทดสอบค่าจริง

ตารางภาคผนวก ก 9 ค่าเริ่มต้นจากข้อมูลจริงของตัวแปรเหตุในแบบจำลอง

แบบจำลอง	ตัวแปรเหตุ/หน่วย	ค่าเริ่มต้น				
		ค่าเริ่มต้นที่เข้าสู่บ่อ		ค่าเริ่มต้นในบ่อ	ค่าเริ่มต้นของประสิทธิภาพการกำจัด (%)	
		วันที่ 0	วันที่ 10	วันที่ 0	วันที่ 0	วันที่ 10
Org N	Org N (g/m ³)	0.71	0.21	*	25.35	**
NH ₄ ⁺ -N	NH ₄ ⁺ -N (g/m ³)	0.58	0.25	*	36.21	**
NO ₂ -N	NO ₂ -N (g/m ³)	0.38	0.66	*	73.68	**
NO ₃ -N	NO ₃ -N (g/m ³)	0.25	1.49	*	92.00	**
TN ในตะกอน	TN ในตะกอน (%)	-	-	0.13	***	-
	ความชื้นในตะกอนบ่อต้น (%)	-	-	58.70	-	-
	ความชื้นในตะกอนบ่อลึก (%)	-	-	88.34	-	-
Org	BOD ₅ (g/m ³)	34.86	39.45	*	43.03	56.35
	COD (g/m ³)	125.6	124.8	*	0	38.46
แบคทีเรีย	VSS (g/m ³)	60	44	*	40.00	27.27
สาหร่าย	SS (g/m ³)	84	80	*	10.70	0

ตารางภาคผนวก ค 9 (ต่อ)

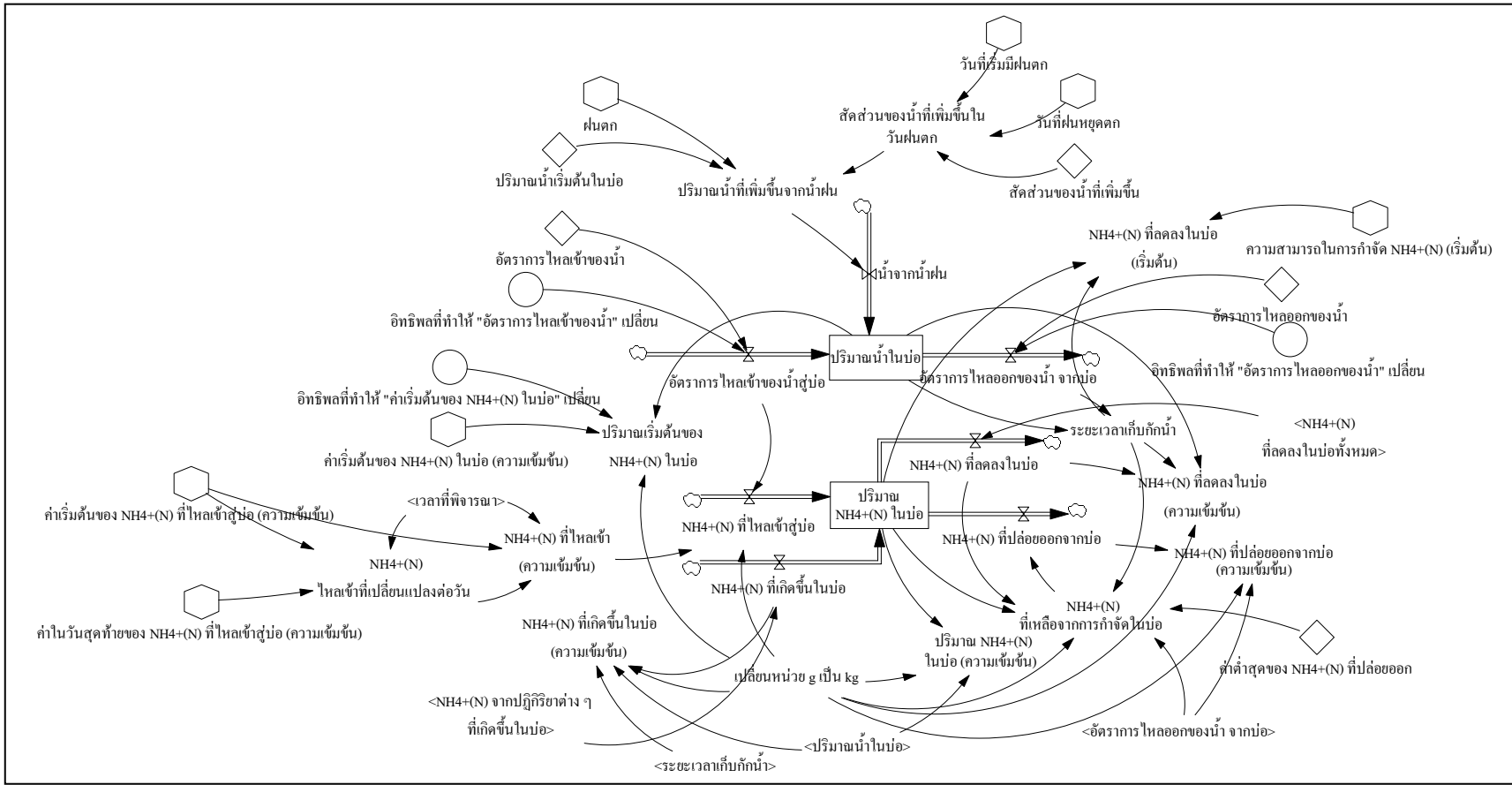
แบบจำลอง	ตัวแปรเหตุ/หน่วย	ค่าเริ่มต้น				
		ค่าเริ่มต้นที่เข้าสู่บ่อ		ค่าเริ่มต้นในบ่อ	ค่าเริ่มต้นของประสิทธิภาพการกำจัด (%)	
		วันที่ 0	วันที่ 10	วันที่ 0	วันที่ 0	วันที่ 10
พืชลอยน้ำ	พื้นที่ผิวน้ำที่พืชปกคลุมในบ่อตื้น (%)					
	บ่อที่ 1	-	-	15%	-	-
	บ่อที่ 4	-	-	10%	-	-
	บ่อที่ 5	-	-	70%	-	-
	พื้นที่ผิวน้ำที่พืชปกคลุมในบ่อลึก (%)					
	บ่อที่ 2	-	-	30	-	-
บ่อที่ 3	-	-	30	-	-	
ตัวแปรอื่น ๆ	pH	9.96	9.45	-	-	-
	DO (g/m ³)	13.6	7.53	-	-	-
	อุณหภูมิ (°C)	31	31	-	-	-
	ฝน (1 หรือ 0)	1 (ฝนตกคืนวันที่ 9)				

* ค่าเริ่มต้นในบ่อจะใช้ค่าเดียวกับค่าเริ่มต้นที่เข้าสู่บ่อ เนื่องจากการติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพการกำจัดของบ่อโดยทั่วไปนั้นจะวัดเฉพาะจุดเข้ากับจุดออก โดยไม่มีการวัดกลางบ่อ

** คือผลที่เกิดจากความสัมพันธ์ในแบบจำลองที่มีตัวแปรสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง

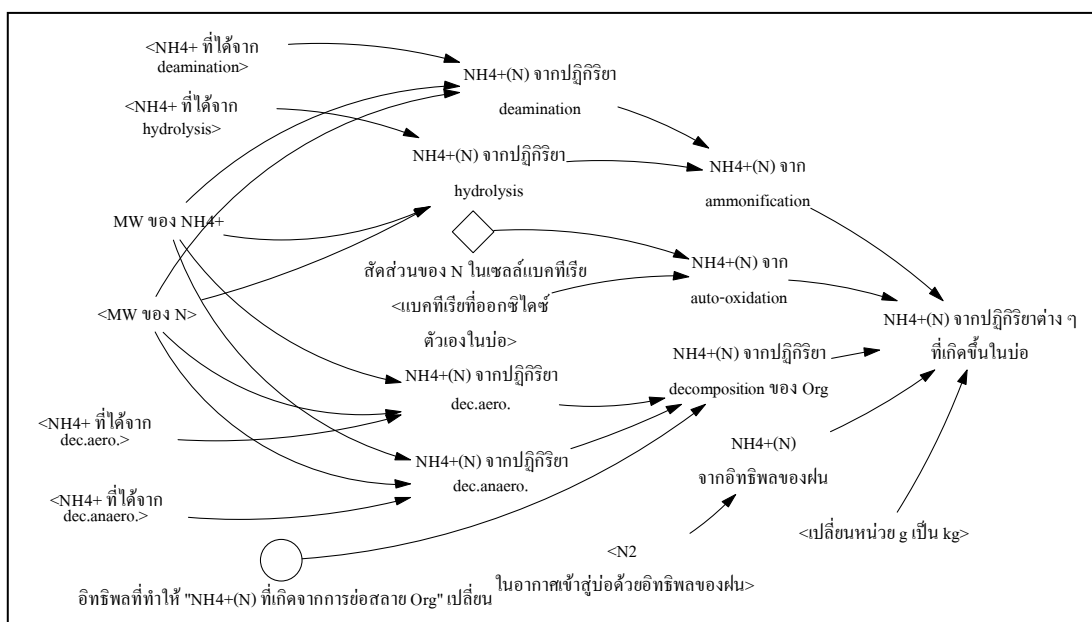
*** ขาดข้อมูลส่วนนี้ จึงสมมติฐานไว้ในตะกอนไนโตรเจนรูปต่าง ๆ ถูกกำจัดในสัดส่วนเดียวกับที่เกิดขึ้นในน้ำ

**** ค่าจริงทั้งหมดประมวลจากภาคผนวก จ

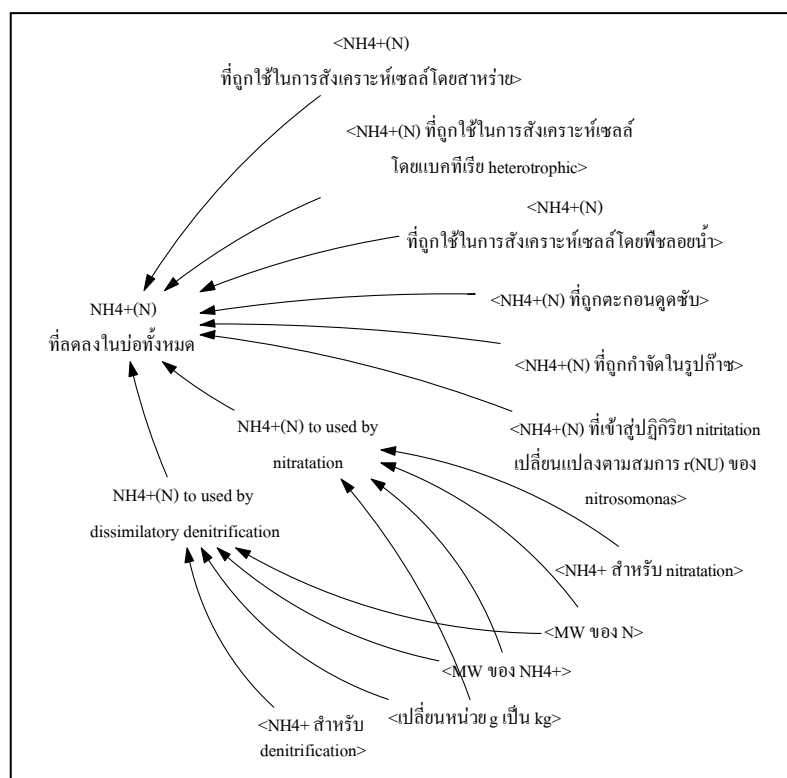


ภาพประกอบภาคผนวก ง 2 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของ NH₄⁺-N ในบ่อ ฯ

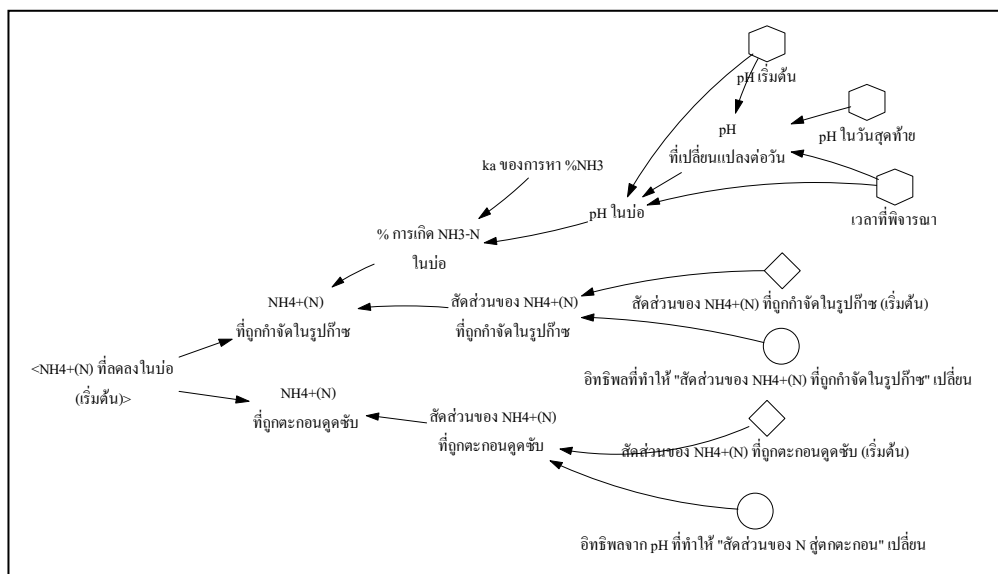
หมายเหตุ : โครงสร้างแบบจำลองย่อยในระบบ NH₄⁺-N ดังภาพประกอบภาคผนวก ง 2-1 ถึง 2-5



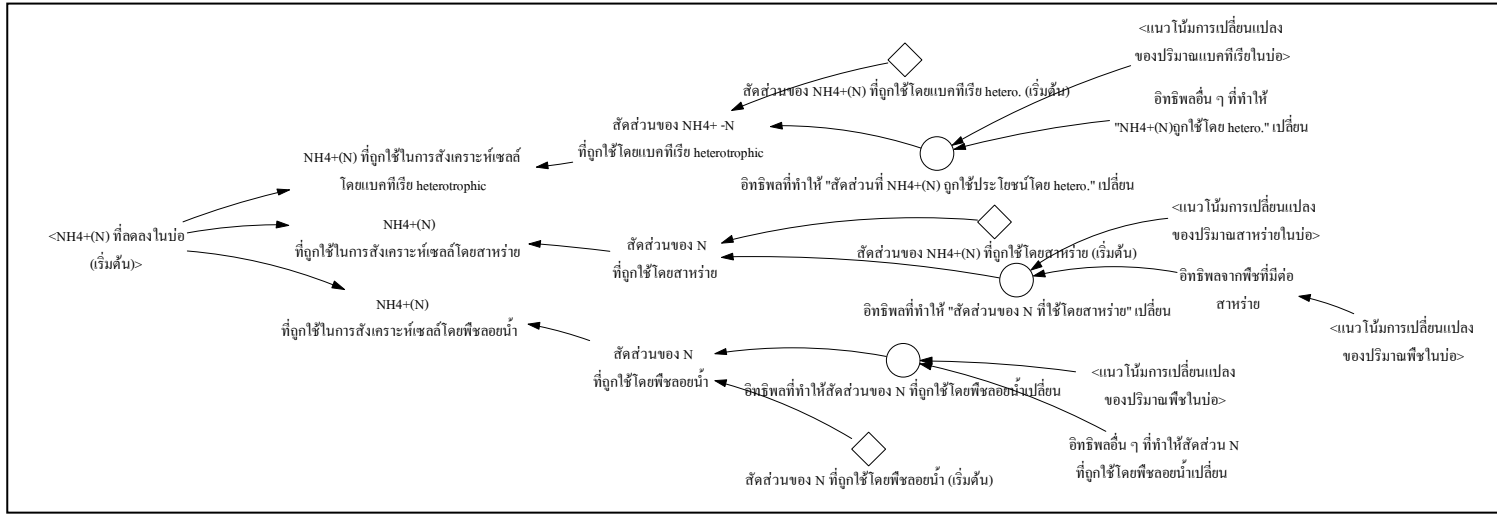
ภาพประกอบภาคผนวก ง 2-1 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของการเกิด NH_4^+-N ในบ่อ ฯ



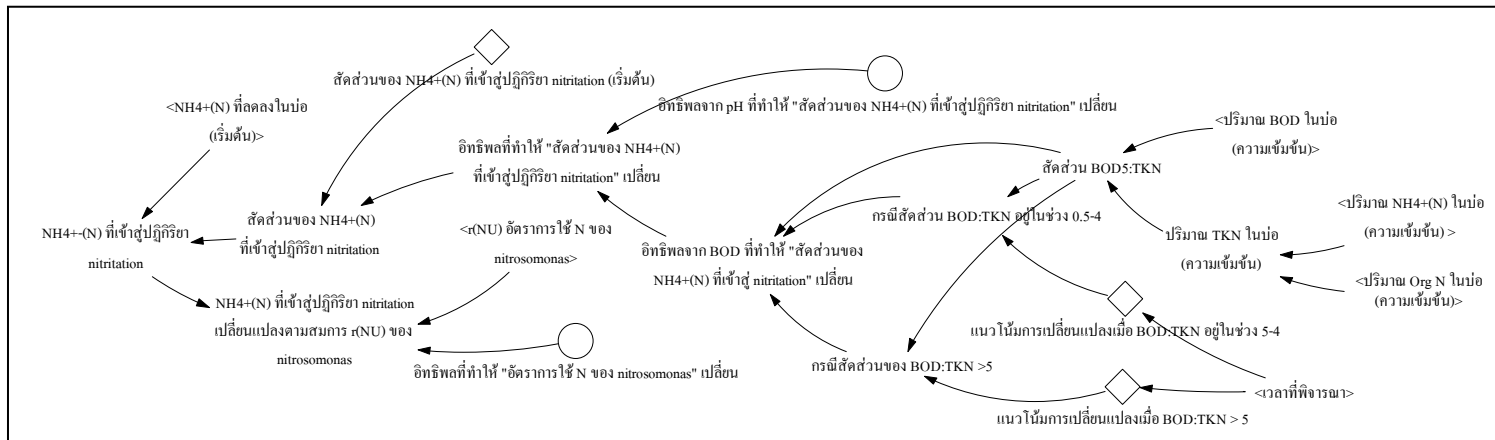
ภาพประกอบภาคผนวก ง 2-2 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของการลดลงของ NH_4^+-N ในบ่อ ฯ



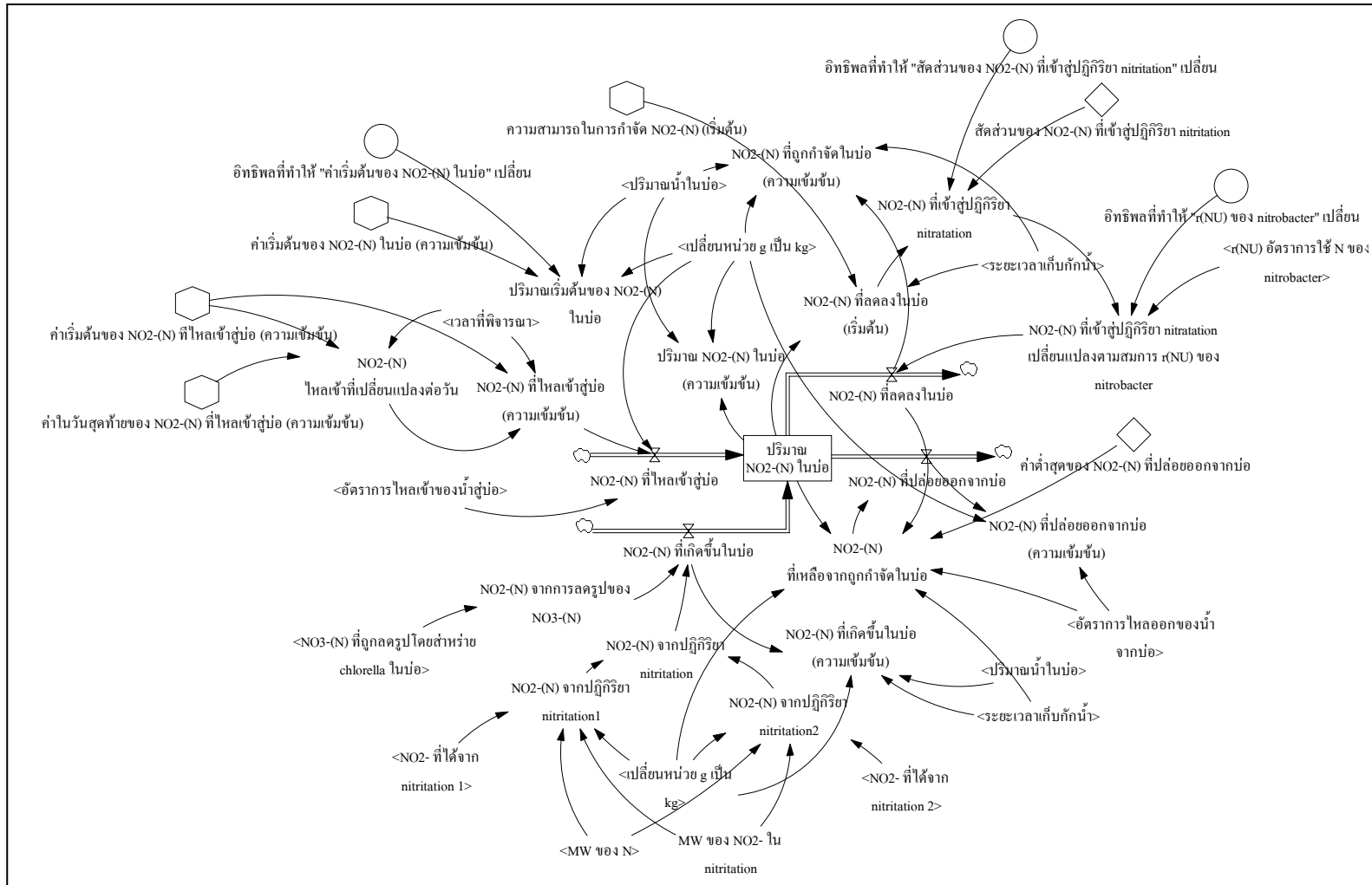
ภาพประกอบภาคผนวก ง 2-3 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของการลดลงของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในบ่อ ฯ โดยถูกกำจัดในรูปก๊าซและถูกตะกอนดูดซับ



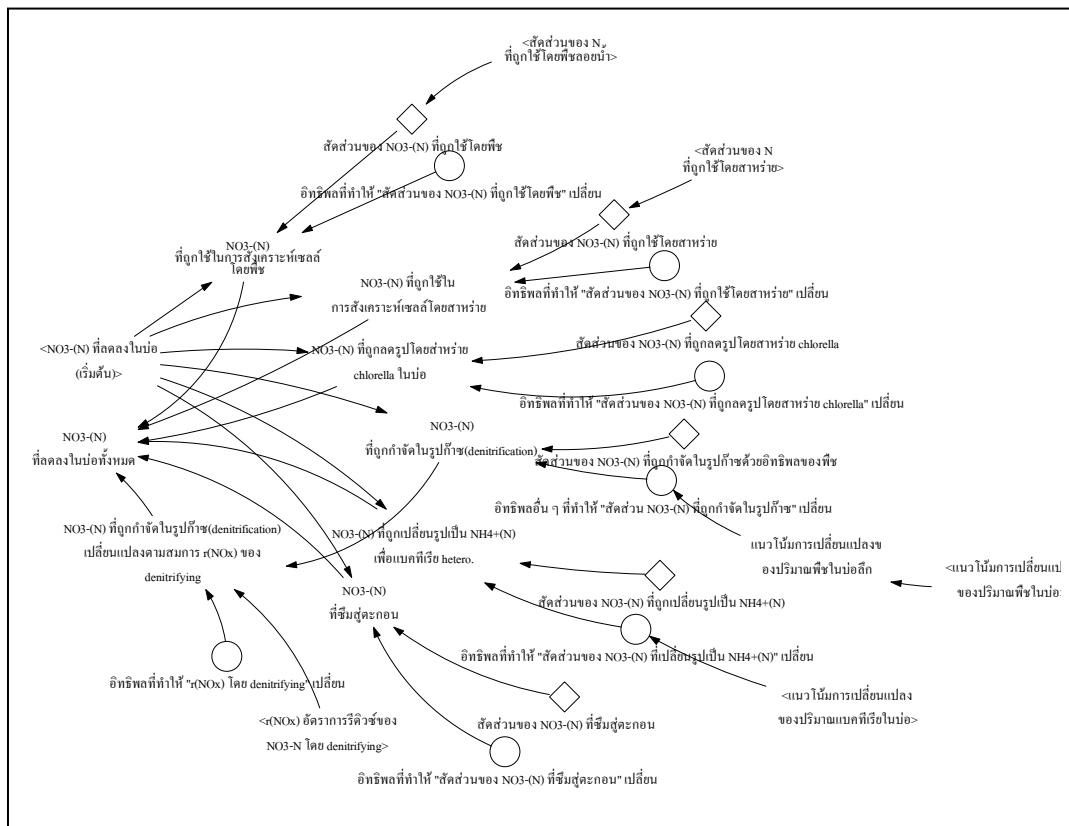
ภาพประกอบภาคผนวก ง 2-4 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของการลดลงของ NH_4^+-N ในบ่อ ๑ โดยถูกใช้ในการสังเคราะห์เซลล์โดยแบคทีเรีย สาหร่าย และพืช



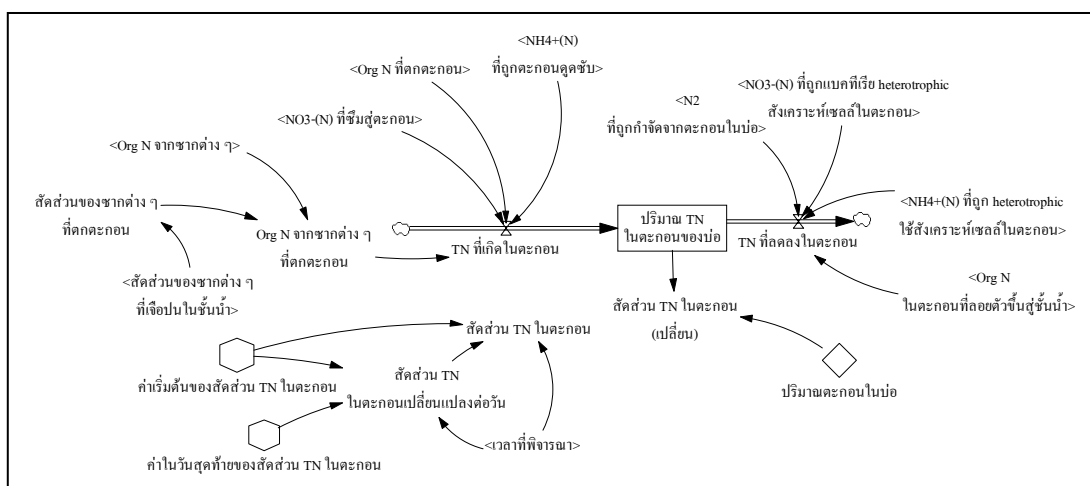
ภาพประกอบภาคผนวก ง 2-5 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของการลดลงของ NH_4^+-N ในบ่อ ๑ โดยเข้าสู่ปฏิกิริยา Nitritation



ภาพประกอบภาคผนวก ง 3 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของ NO_2^- -N ในบ่อ ฯ



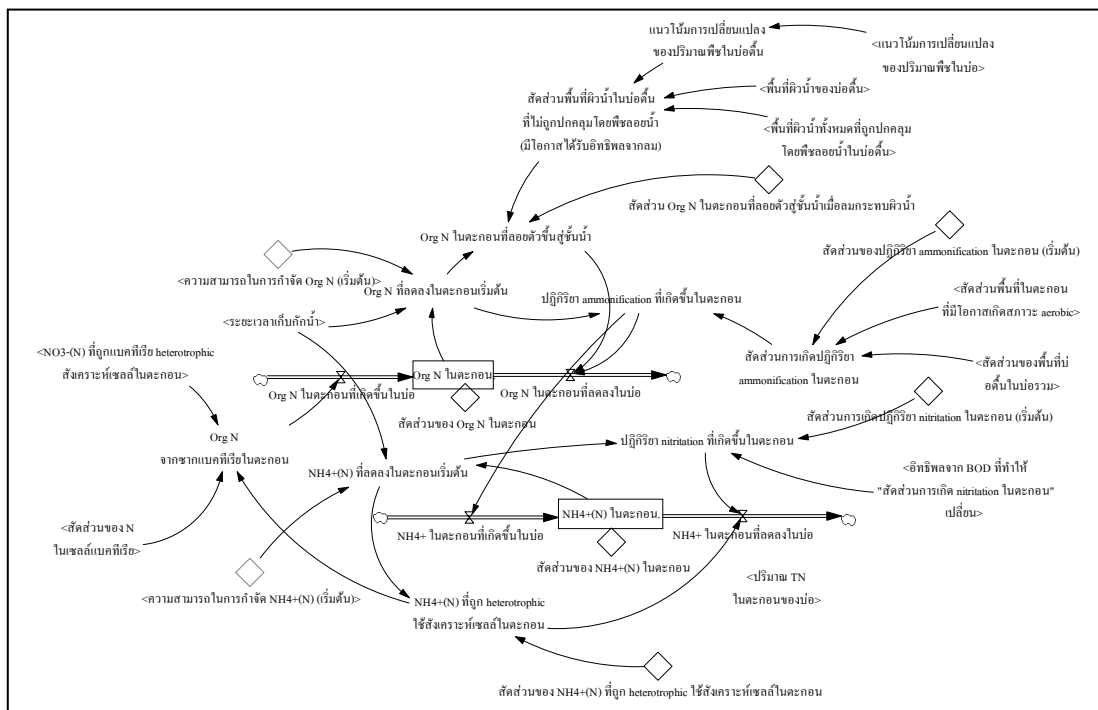
ภาพประกอบภาคผนวก ง 4-1 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของการลดลงของ NO₃-N ในบ่อ ๑



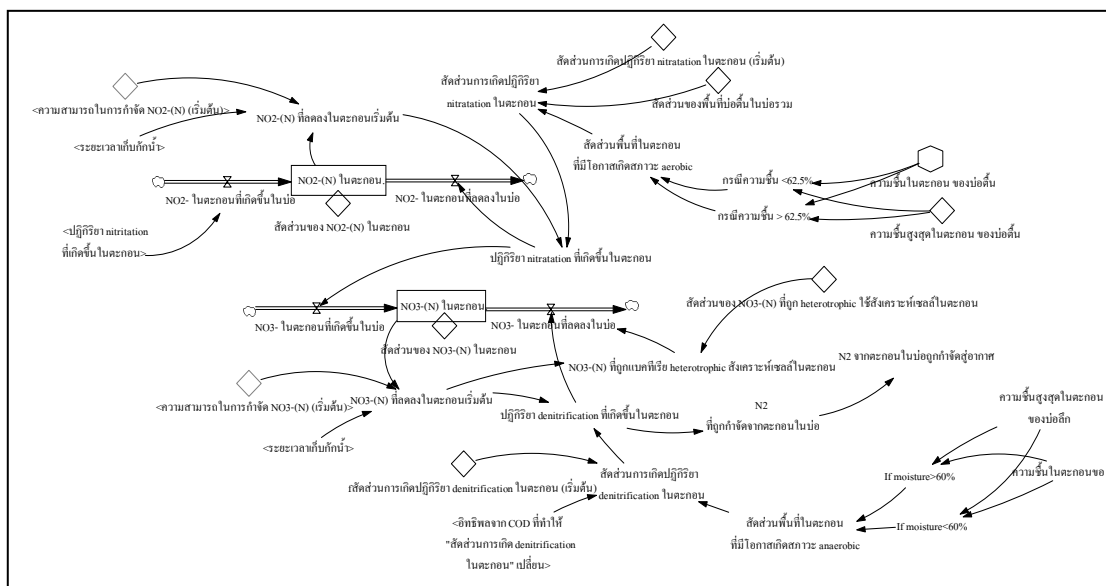
ภาพประกอบภาคผนวก ง 5 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของ TN ในตะกอนของบ่อ ๑

หมายเหตุ : โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบย่อยในระบบ TN ในตะกอน

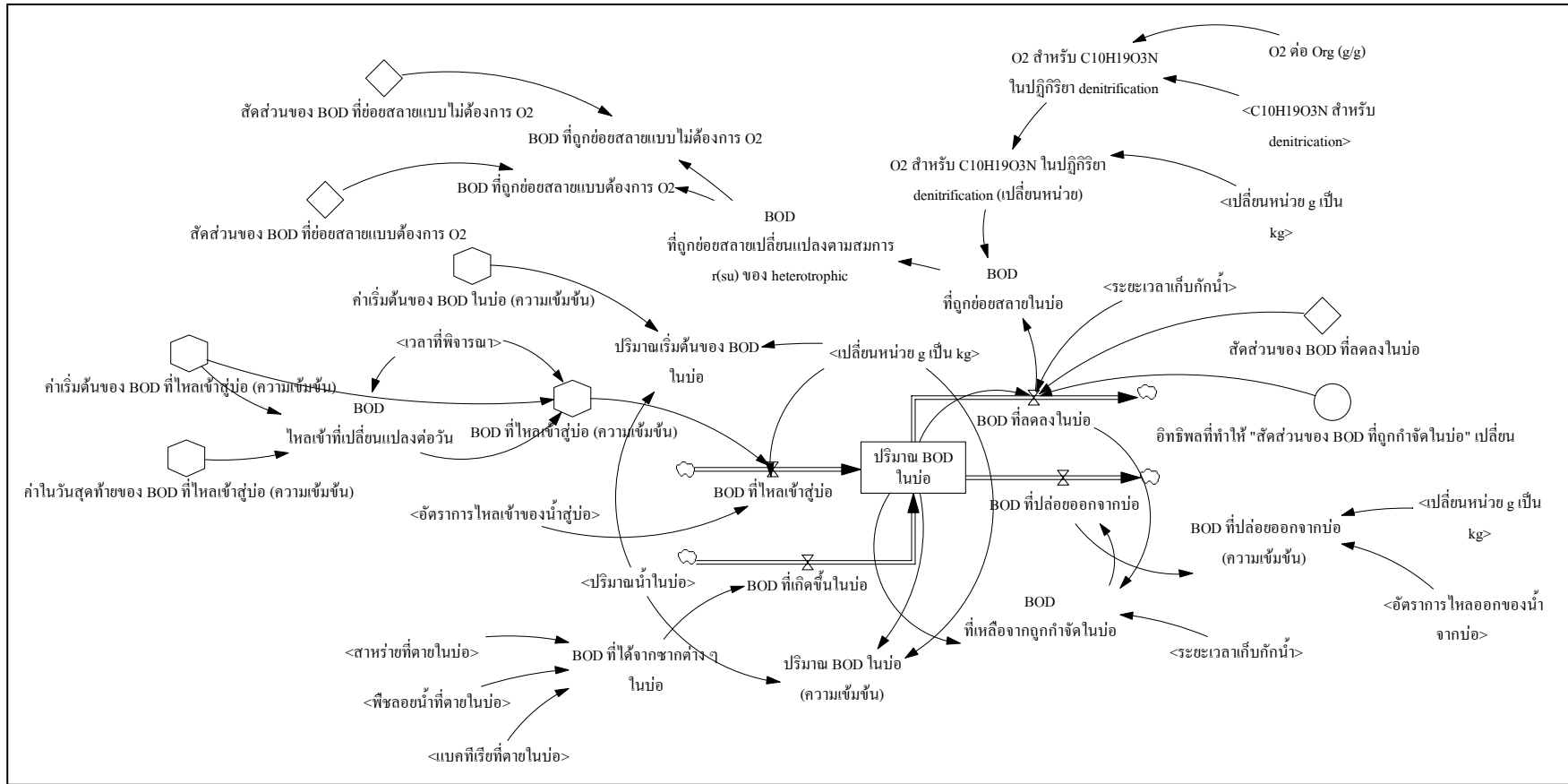
ดังภาพประกอบภาคผนวก ง 5-1 ถึง 5-2



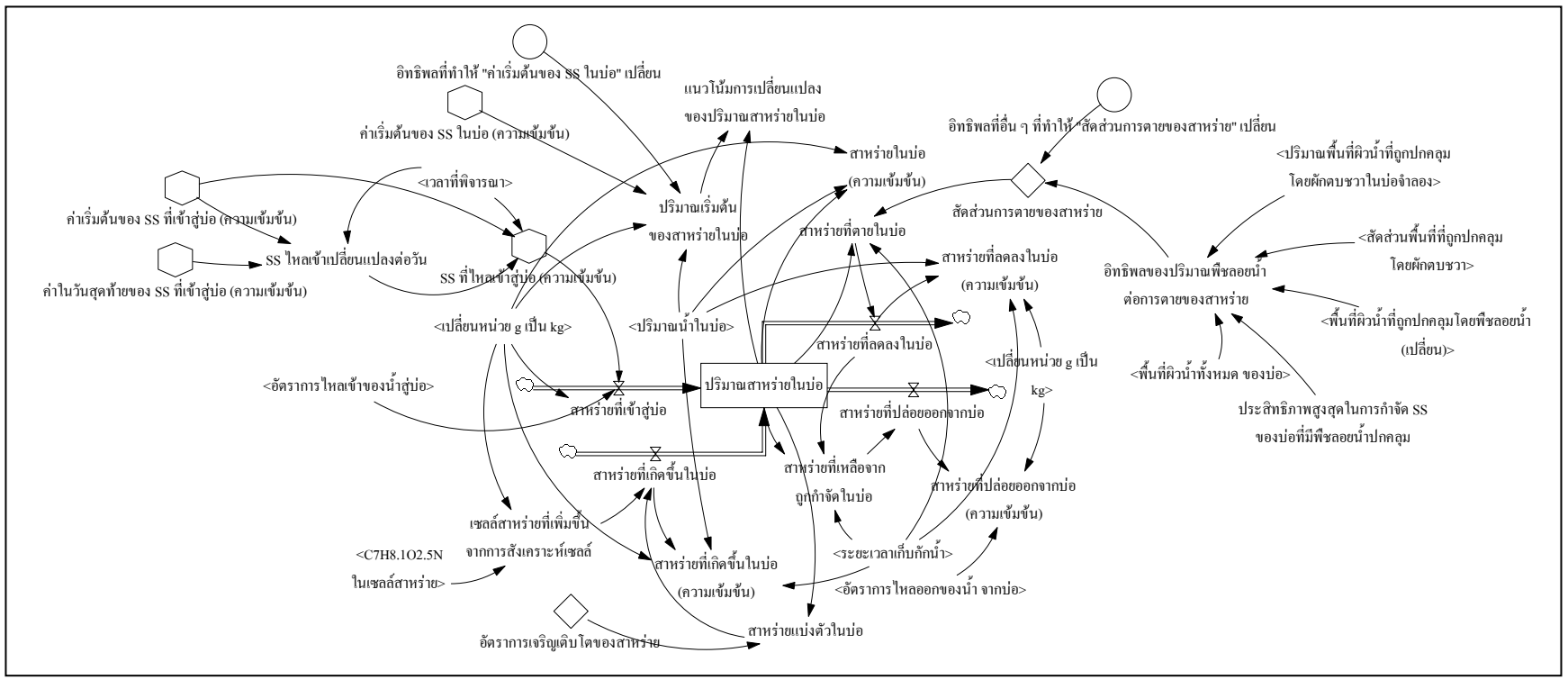
ภาพประกอบภาคผนวก ง 5-1 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของ Org N และ NH₄⁺-N ในตะกอนของบ่อ ๑



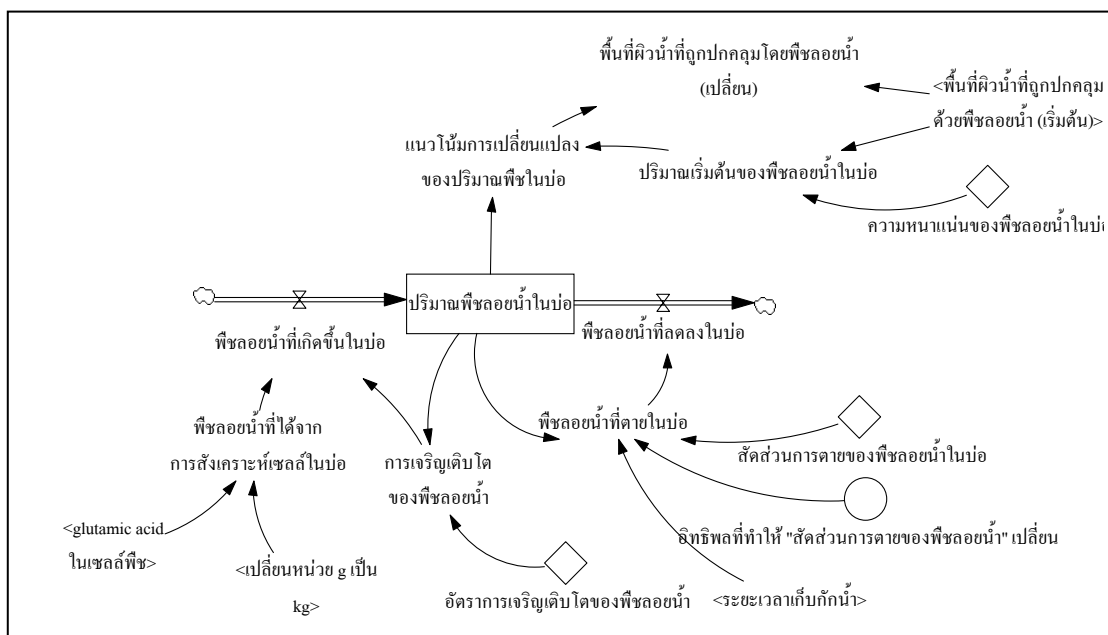
ภาพประกอบภาคผนวก ง 5-2 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของ NO₂-N และ NO₃-N ในตะกอนของบ่อ ๑



ภาพประกอบภาคผนวก ง 7 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของ Org ในบ่อ ฯ



ภาพประกอบภาคผนวก ก 9 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของสาหร่ายในบ่อ ๑



ภาพประกอบภาคผนวก ง 10 โครงสร้างแบบจำลองพลวัตระบบของฟิชลอยน้ำในบ่อ ๑

ภาคผนวก จ

ข้อมูลจริงของบ่อบำบัด ฯ หาดใหญ่

ได้ทำการเก็บข้อมูลสภาพบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำหาดใหญ่ และเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอน 2 ครั้ง ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2546 และวันที่ 6 มีนาคม 2546 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. เก็บข้อมูลสภาพบ่อบำบัด ฯ

1.1 ประมาณการพื้นที่ผิวน้ำที่พืชลอยน้ำปกคลุม



ภาพประกอบภาคผนวก จ 1 บ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ฯ หาดใหญ่บ่อที่ 1

บ่อที่ 1 นี้มีฝักตบชาวปกคลุมหนาแน่นบริเวณจุดเริ่มต้นที่รับน้ำทิ้งจากบ่อบ่ม นอกจากนั้นมีปกคลุมรอบ ๆ ต่ถึงประมาณ 1 เมตร ซึ่งโดยเฉลี่ยบ่อนี้มีพืชลอยน้ำปกคลุมผิวน้ำประมาณ 15% ของพื้นที่บ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก จ 2 บ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ๑ หากใหญ่บ่อที่ 2

บ่อที่ 2 นี้เชื่อมต่อกับบ่อที่ 1 เหมือนเป็นบ่อเดียวกัน มีผักตบชวาปกคลุมเพียงแคขอบบ่อ ซึ่งโดยเฉลี่ยบ่อนี้มีพืชลอยน้ำปกคลุมผิวน้ำประมาณ 10% ของพื้นที่บ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก จ 3 บ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ๑ หากใหญ่บ่อที่ 3

บ่อที่ 3 นี้มีผักตบชวาปกคลุมหนาแน่นเกือบทั้งบ่อ โดยมีสวนเหี่ยวเฉาปะปน ซึ่งโดยเฉลี่ยบ่อนี้มีพืชลอยน้ำปกคลุมผิวน้ำประมาณ 70% ของพื้นที่บ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก จ 4 บ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ๑ หากใหญ่บ่อที่ 4

บ่อที่ 4 นี้มีผักกระเฉดและผักตบชวาเจริญปะปนกัน ปกคลุมหนาแน่นบริเวณเริ่มต้นที่รับน้ำจากบ่อที่ 3 นอกจากนั้นปกคลุมประมาณ 1 –2 เมตร ตามขอบตลิ่ง ซึ่งโดยเฉลี่ยบ่อนี้มีพืชลอยน้ำปกคลุมผิวน้ำประมาณ 30% ของพื้นที่บ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก จ 5 บ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ๑ หากใหญ่บ่อที่ 5
บ่อที่ 5 มีลักษณะพืชปกคลุมเช่นเดียวกับบ่อที่ 4

1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ในวันแรกที่เก็บข้อมูลมีสภาพภูมิอากาศปกติ แต่คืนวันก่อนเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 มีฝนตกหนัก (ซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำในบ่อเพิ่มขึ้น)

2. การเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอน

เก็บตัวอย่างน้ำที่จุดเข้าและออกจากบ่อบำบัดร่วมกับพีชลอยน้ำ ๑ หาดใหญ่ และเก็บตะกอนกลางบ่อย่อยทั้ง 5 บ่อ



ภาพประกอบภาคผนวก จ 6 จุดน้ำที่เข้าสู่บ่อบำบัดร่วมกับพีชลอยน้ำ ๑ หาดใหญ่ (รับน้ำที่จากบ่อป่ม (maturation pond))



ภาพประกอบภาคผนวก จ 7 จุดน้ำทิ้งออกจากบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ๑ หาดใหญ่
(ปล่อยน้ำทิ้งเข้าสู่บ่อพักน้ำ)



ภาพประกอบภาคผนวก จ 8 เก็บตะกอนกลางบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ๑ หาดใหญ่

3. ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของไนโตรเจนและตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง

ตารางภาคผนวก จ 1 ผลการตรวจวัดไนโตรเจนรูปต่าง ๆ ในตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	วันที่เก็บ	จุดน้ำทิ้งเข้าสู่บ่อ	จุดกลางบ่อ	จุดน้ำทิ้งออกจากบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)
Org N (mg N/L)	0	0.71	0.55	0.53	25.35
	10	0.21	0.35	0.34	-
NH ₄ ⁺ &NH ₃ (mg N/L)	0	0.58	0.43	0.37	36.21
	10	0.25	0.22	0.20	-
NO ₂ ⁻ (mg N/L)	0	0.38	0.08	0.10	73.68
	10	0.66	0.002	0.002	-
NO ₃ ⁻ (mg N/L)	0	0.25	0.04	0.02	92.0
	10	1.49	0.01	0.01	-

ตารางภาคผนวก จ 2 ผลการตรวจวัดไนโตรเจนรวมในตะกอนและความชื้น

พารามิเตอร์	วันที่เก็บ	กลางบ่อ
TN (%)	0	0.13
	10	0.10
Moisture (%)	0	บ่อต้น 58.70
		บ่อลึก 88.34

ตารางภาคผนวก จ 3 ผลการตรวจวัดตัวแปรสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	วันที่เก็บ	จุดน้ำทิ้งเข้าสู่บ่อ	จุดกลางบ่อ	จุดน้ำทิ้งออกจากรบ่อ	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)
Temperature (°C)	0	31	31.7	32	-
	10	31	33.5	31.5	-
pH	0	9.96	9.97	9.84	-
	10	9.45	9.8	8.85	-
DO (mg O ₂ /L)	0	13.6	11.66	12.35	-
	10	7.53	15.3	4.35	-
BOD (mg O ₂ /L)	0	34.86	21.37	19.86	43.03
	10	39.45	30.29	17.22	56.35
COD (mg O ₂ /L)	0	125.6	135.47	149.6	-
	10	124.8	140.8	76.8	38.46
SS (mg MLSS/L)	0	84	88	75	10.70
	10	80	127	96	-
VSS (mg MLVSS/L)	0	60	49	36	40.00
	10	44	77	32	27.27

4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนและตัวแปรสิ่งแวดล้อมจากสภาพจริง

4.1 ตัวแปรไนโตรเจน

4.1.1 Org N

ความเข้มข้นของ Org N ที่ตรวจพบในบ่อบำบัด ฯ นี้ จัดว่าอยู่ในระดับที่น้อย เพราะตามหลักทฤษฎีนั้นจะมีบางส่วนของ Org N ที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ (หรือได้ไม่ง่าย) ทำให้น้ำทิ้งมี Org N ไม่น้อยกว่า 1 mg N/L เสมอ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544) ซึ่งจากค่าที่ตรวจวัดส่วนใหญ่ต่ำกว่า 1 mg N/L เฉพาะจะนั้น Org N ในน้ำทิ้งจะถูกบำบัดมาแล้วจากบ่อก่อนหน้านี้ ทำให้ส่วนที่ไหลเข้าสู่บ่อบำบัดร่วมกับพีชลอยน้ำคือส่วนที่ย่อยได้ยากแล้ว จึงทำให้ความเข้มข้นของ Org N จากจุดเข้า กลางบ่อ และจุดออก มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และ Org N มีโอกาสที่จะเกิดจากซากผักตบชวา สาหร่าย และแบคทีเรียในบ่อ (สังเกตจากค่าในวันที่ 10 จุดกลางบ่อสูงกว่าจุดน้ำทิ้งเข้าสู่บ่อ)

4.1.2 NH₄⁺&NH₃

ความเข้มข้นของ NH₄⁺&NH₃ อยู่ในระดับเดียวกับความเข้มข้นของ Org N โดยมีความเข้มข้นลดลงอย่างต่อเนื่องจากจุดเข้า กลางบ่อ และจุดออก ตามหลักทฤษฎีนั้นสภาวะที่มีสาหร่าย พืช และแบคทีเรีย มีความต้องการ NH₄⁺ ในการย่อยสลายสูง อีกทั้งระดับ pH ที่ต่ำสูงทำ

ให้ NH_3 ถูกกำจัดได้ดี แต่ผลการตรวจวัดนี้พบว่าค่าของ NH_4^+ & NH_3 ลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นไปได้ว่าได้รับเพิ่มเติมจากการย่อยสลาย BOD_5 (พิจารณาจากสมการเคมี (15) และ (16) ซึ่งส่วนหนึ่งได้เป็น NH_4^+ & NH_3)

4.1.3 NO_2^- และ NO_3^-

ความเข้มข้นของ NO_2^- และ NO_3^- ณ จุดเข้ามีความเข้มข้นสูงมากเมื่อเทียบกับกลางบ่อและจุดออก เป็นเพราะแบคทีเรีย nitrobacter (อาจรวม nitrosomonas คิว) และ Denitrifying ยังไม่เจริญเติบโตในบ่อก่อนหน้านี้ เนื่องจากเจริญเติบโตสู่แบคทีเรีย heterotrophic ที่ย่อยสลาย BOD_5 ไม่ได้ (ตามทฤษฎีภาพประกอบ 11) แต่เมื่อน้ำทิ้งเข้าสู่บ่อ ๆ NO_2^- และ NO_3^- จะลดลงทันที (สังเกตจากความแตกต่างของ NO_2^- และ NO_3^- ณ จุดเข้ากับกลางบ่อ) แสดงว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้จะเจริญได้ดีในบริเวณแรก ๆ ของบ่อ ๆ ส่วนความเข้มข้นของ NO_2^- และ NO_3^- ณ จุดกลางบ่อและจุดออกที่มีน้อยมากนั้น เนื่องจากปฏิกิริยา nitrification ในบ่อมีโอกาสเกิดขึ้นได้ยากในสภาวะที่มีการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสูง

4.1.4 ไนโตรเจนรวม (TN) ในตะกอน

ค่า TN มีประมาณ 0.1% ของตะกอน และมีความชื้น 68 % ของน้ำที่ตะกอนสามารถดูดซับไว้ได้ ซึ่งเหมาะต่อการเกิดปฏิกิริยา nitrification (ความชื้นที่เหมาะสม 50-75 % (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544))

4.2 ตัวแปรสิ่งแวดล้อม

4.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำในบ่อ ๆ อยู่ในช่วง 31-34 °C ซึ่งเหมาะต่อการเจริญเติบโตของผักตบชวา สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แบคทีเรีย nitrosomonas, nitrobacter และ heterotrophic (ตามทฤษฎีในตาราง 11)

4.2.2 pH

pH ของน้ำในบ่อ ๆ อยู่ในช่วง 9-10 ซึ่งเหมาะต่อการเจริญเติบโตของผักตบชวา สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ส่วนแบคทีเรียทุกชนิดเจริญได้ในอัตราที่ต่ำมากอาจจะถึงศูนย์ (ตามทฤษฎีในตาราง 11) และระดับ pH ที่สูงนี้ทำให้ NH_4^+ -N ส่วนใหญ่ถูกกำจัดในรูปก๊าซ และตกตะกอนได้ง่ายขึ้น

4.2.3 DO

DO ของน้ำในบ่อ ๆ อยู่ในช่วง 4-15 mg O₂/L ซึ่งเพียงพอต่อแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในการออกซิไดซ์และเจริญเติบโต (nitrosomonas, nitrobacter และ heterotrophic) แต่เป็นอุปสรรคต่อแบคทีเรียที่เจริญในสภาวะ anoxic (denitrifying) และสภาวะ anaerobic (heterotrophic)

4.2.4 BOD₅

บ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำสามารถบำบัด BOD₅ ได้ประมาณ 50% (พิจารณาจากความต่าง ณ จุดเข้าและจุดบ่อ) โดย BOD₅ ที่ปล่อยออกจากบ่อไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 20 mg/L) ซึ่งอัตราส่วนของ BOD₅:TKN ในบ่อ ๆ สูงกว่า 9 มาก (พิจารณาจากทุกจุด) ดังนั้นโอกาสที่แบคทีเรีย nitrifying (nitrosomonas และ nitrobacter) จะเจริญเติบโต เกิดขึ้นในอัตราที่น้อยมากหรืออาจไม่เกิดขึ้นเลย (ตามทฤษฎีดังกล่าวประกอบ 10)

4.2.5 COD

อัตราส่วนของ BOD₅:COD ของน้ำในบ่อ ๆ อยู่ในช่วง 0.1-0.3 ถือว่าอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม (ควรอยู่ในช่วง 0.1-0.8 ไม่ควรเกิน 1) และอัตราส่วนของ COD:NO₃⁻-N สูงกว่า 7 (ตามทฤษฎีหัวข้อ 1.2.3.5 ข้อย่อย 2 (2.1)) มาก ดังนั้นแบคทีเรีย denitrifying มีอินทรีย์คาร์บอนเพียงพอสำหรับปฏิกิริยา denitrification (แต่โอกาสเกิดปฏิกิริยา denitrification ขึ้นอยู่กับปริมาณ NO₃⁻ และ DO ด้วย)

4.2.6 SS

SS ของน้ำในบ่อสามารถทราบปริมาณสาหร่ายโดยคร่าว ๆ ในบ่อได้ จากค่า SS ณ จุดเข้าและกลางบ่อ บอกได้ว่าสาหร่ายส่วนใหญ่มากับน้ำที่เข้าสู่บ่อ และเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นภายในบ่อด้วย (เทียบจากค่ากลางบ่อที่สูงกว่าค่า ณ จุดเข้า) ซึ่งบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำสามารถบำบัด TSS ได้เล็กน้อย (เทียบจากค่า ณ จุดออกกับค่ากลางบ่อ) โดยความเข้มข้นที่ปล่อยออกจากบ่อเกินเกณฑ์มาตรฐานมาก (มาตรฐานไม่เกิน 30 mg/L) สาเหตุเพราะระดับอุณหภูมิ pH สารอาหาร (NH₄⁺ และ NO₃⁻) และการรับแสงแดดอย่างเต็มที่ (เพราะพืชลอยน้ำเจริญปกคลุมแก่บางส่วนของบ่อ) ทำให้สาหร่ายเจริญได้ดี

4.2.7 VSS

VSS ของน้ำในบ่อสามารถทราบปริมาณแบคทีเรียโดยคร่าว ๆ ในบ่อได้ เมื่อพิจารณาตัวแปรสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ควบคู่กับ VSS ประมาณการได้ว่าแบคทีเรียส่วนใหญ่ ได้แก่แบคทีเรียกลุ่ม heterotrophic ที่ย่อยสลาย BOD₅ ซึ่งค่า VSS ณ จุดออกลดลงกว่ากลางบ่อสอดคล้องกับค่า BOD₅ ที่ลดลงเมื่อถูกปล่อยออก เพราะเมื่อมีสารอาหารไม่เพียงพอสำหรับแบคทีเรียชนิดนี้ทำให้มีการย่อยสลายพวกเดียวกัน ซึ่งอัตราการย่อยสลายพวกเดียวกันมีมากกว่าการเกิดเซลล์ใหม่ทำให้ปริมาณ VSS โดยรวมลดลง (กัลยา ศรีสุวรรณ, 2543)

ภาคผนวก ฉ

1. ผลการทดสอบสมมติฐานเพิ่มเติมจากการทดสอบหัวข้อ 4.4

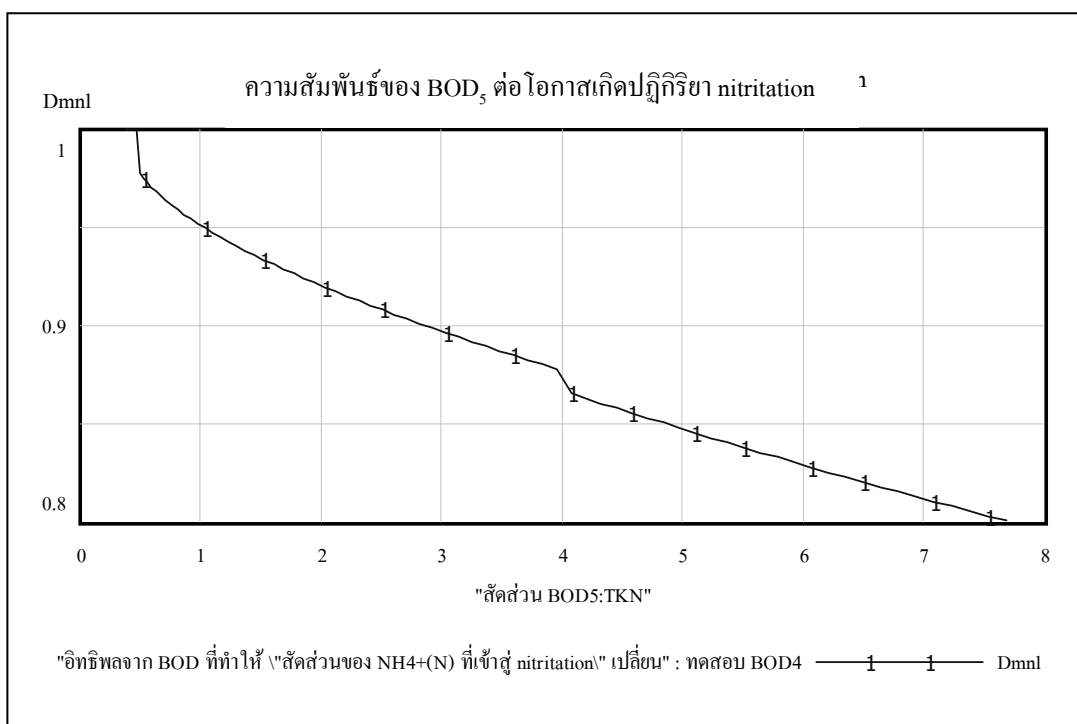
1.1 ทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของ BOD_5 ต่อการเกิดปฏิกิริยา nitritation

จากสมมติฐาน 2.4 (ในตารางภาคผนวก ค 2) เมื่อสัดส่วน $BOD_5:TKN$ มากกว่า 0.5 โอกาสเกิดปฏิกิริยา nitritation มีน้อยลง (ถ้าอยู่ในช่วง 0.5 – 4 แนวโน้มจะลดลง - $0.074 d^{-1}$, ถ้า > 4 แนวโน้มจะลดลง - $0.08 d^{-1}$ ดังภาคผนวก ข 2) และเมื่อสัดส่วนดังกล่าวน้อยกว่า 0.5 ปฏิกิริยา nitritation เกิดได้ปกติ

ก. การทดสอบ

ดูผลการเปลี่ยนแปลงของโอกาสเกิดปฏิกิริยา nitritation ในช่วงสัดส่วน $BOD_5:TKN$ 0 – 8 ซึ่งเมื่อปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นปกติ สัดส่วนการเกิดปฏิกิริยาจะเท่ากับ 1 Dmnl

ข. ผลการทดสอบ



ภาพประกอบภาคผนวก ฉ 1 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของ BOD_5 ต่อการเกิดปฏิกิริยา nitritation

หมายเหตุ : แกน x คือ สัดส่วน $BOD_5:TKN$, แกน y คือ โอกาสเกิดปฏิกิริยา nitrification ถ้า แนวโน้มเป็นเส้นตรงดังลงมา แสดงว่าโอกาสเกิดปฏิกิริยา nitrification คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง และหากเกิดขึ้นใน สภาวะปกติโอกาสเกิดปฏิกิริยาจะเท่ากับ 1 Dmnl (Dimentionless คือ ไม่มีหน่วย)

จากภาพประกอบภาคผนวก ข 1 โดยเริ่มต้นโอกาสเกิดปฏิกิริยา nitrification นิ่งอยู่ที่ สัดส่วน $BOD_5:TKN$ 0.5 ซึ่งหมายถึงปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ปกติ จากนั้นแนวโน้มค่อย ๆ ลดลงตาม สัดส่วน $BOD_5:TKN$ ที่เพิ่มขึ้น โดยจะลดลงมากขึ้นเมื่อสัดส่วนดังกล่าวมากกว่า 4

ค. สรุปผลการทดสอบ

จากการทดลองเปลี่ยนค่า NH_4^+-N ที่เข้าสู่ปฏิกิริยา nitrification เพื่อดูระดับการ เปลี่ยนแปลงในช่วง $BOD_5:TKN$ ต่าง ๆ หลายครั้ง พบว่าความสัมพันธ์ของทุกตัวแปรใน แบบจำลองส่งผลให้โอกาสเกิดปฏิกิริยา nitrification มีแนวโน้มลดลงผกผันกับแนวโน้มของ $BOD_5:TKN$ ที่มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจาก 0.5 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน

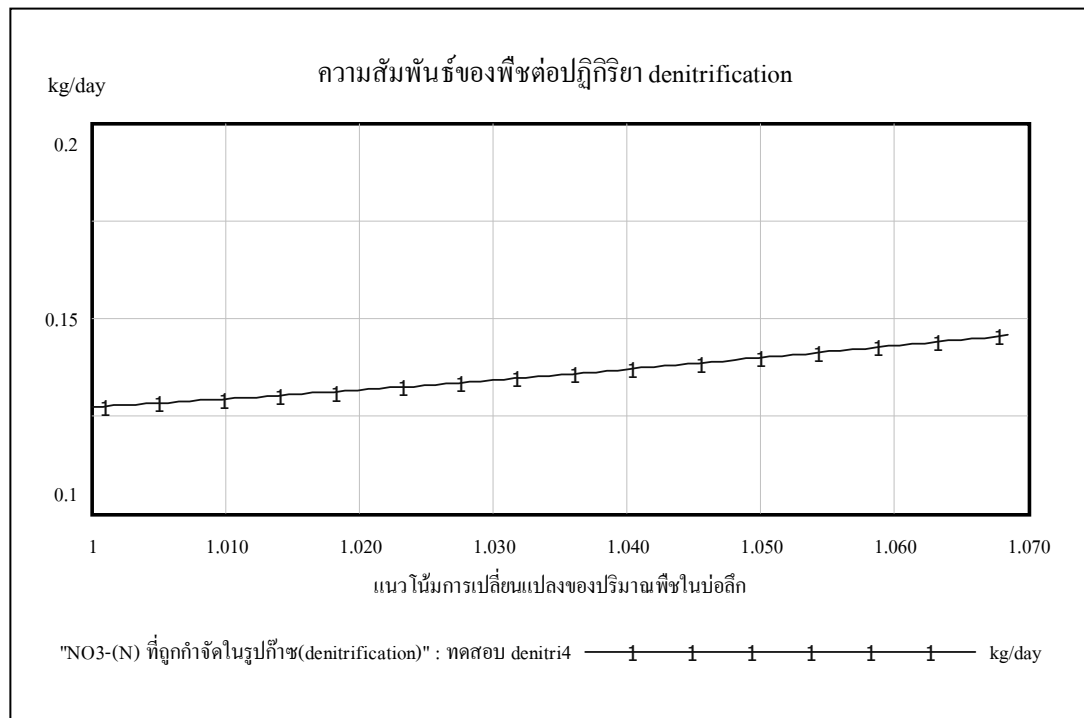
1.2 ทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของพีชลอยน้ำต่อการเกิดปฏิกิริยา denitrification

จากสมมติฐาน 4.3 (ในตารางภาคผนวก ค 4) การลดลงของ NO_3-N ในบ่อโดยปฏิกิริยา denitrification มีแนวโน้มแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพีชปกคลุมในบ่อลึก คือ เมื่อพีชปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำในบ่อลึกเพิ่มขึ้น โอกาสเกิดปฏิกิริยานี้เพิ่มขึ้นตาม และเมื่อพีชปกคลุม พื้นที่ผิวน้ำในบ่อลึกลดลง โอกาสเกิดปฏิกิริยานี้ลดลงตาม

ค. การทดสอบ

ดูผลการเปลี่ยนแปลงของ NO_3-N ที่เข้าสู่ปฏิกิริยา denitrification ในช่วงการ เปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่ถูกปกคลุมโดยพีชลอยน้ำ จาก 1 Dmnl (ไม่มีการเปลี่ยนแปลง) เพิ่มขึ้นเป็น 1.07 Dmnl

ข. ผลการทดสอบ



ภาพประกอบภาคผนวก ข 2 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของพืชลอยน้ำต่อ

การเกิดปฏิกิริยา denitrification

หมายเหตุ : ปริมาณ NO₃-N ในบ่อคงที่

จากภาพประกอบภาคผนวก ข 2 NO₃-N ที่เข้าสู่ปฏิกิริยา denitrification มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนพื้นที่ผิวน้ำที่ถูกปกคลุมโดยพืชลอยน้ำเพิ่มขึ้น

ค. สรุปผลการทดสอบ

จากการทดลองเปลี่ยนค่าปริมาณพืชลอยน้ำในบ่อเพื่อให้สัดส่วนพื้นที่ผิวน้ำที่ถูกปกคลุมโดยพืชลอยน้ำเปลี่ยนแปลงในระดับต่าง ๆ หลายครั้ง พบว่าความสัมพันธ์ของทุกตัวแปรในแบบจำลองส่งผลให้ NO₃-N ที่เข้าสู่ปฏิกิริยา denitrification มีแนวโน้มแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนพื้นที่ผิวน้ำที่ถูกปกคลุมโดยพืชลอยน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน

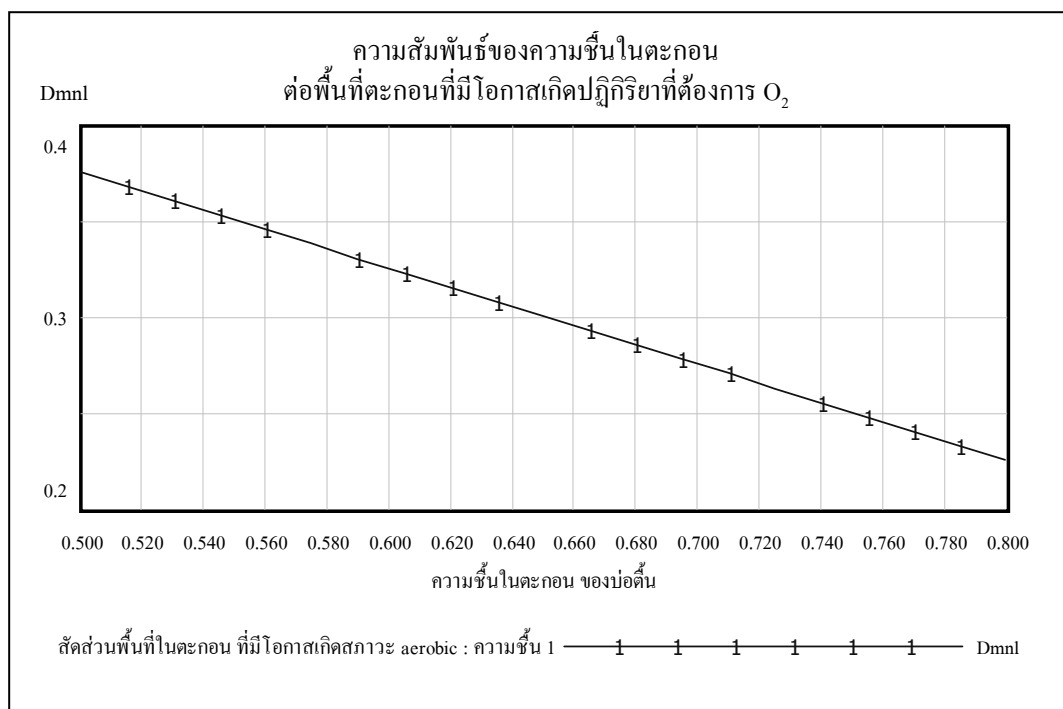
1.3 ทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของความชื้นในตะกอนต่อพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2

จากสมมติฐาน 5.1 (ในตารางภาคผนวก ค 5) ความชื้นในตะกอน 62.5% ของน้ำที่ตะกอนดูดซับไว้ได้ จะมีสัดส่วนพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 31.3% ของพื้นที่ตะกอนทั้งหมดในบ่อ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นพื้นที่ตะกอนส่วนนี้จะน้อยลง แต่เมื่อความชื้นลดลงพื้นที่ตะกอนส่วนนี้จะเพิ่มขึ้น โดยสัดส่วนพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 จะเปลี่ยนแปลงเท่ากับสัดส่วนความชื้นที่เปลี่ยนแปลง

ก. การทดสอบ

ดูผลการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 ในช่วงความชื้นของตะกอน 50 – 80%

ข. ผลการทดสอบ



ภาพประกอบภาคผนวก ค 3 ทดสอบความสัมพันธ์ของความชื้นในตะกอนต่อพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2

หมายเหตุ : Dimensionless (Dmnl) คือ ไม่มีหน่วย

จากภาพประกอบภาคผนวก ก 3 สัดส่วนพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 มีแนวโน้มลดลงในอัตราคงที่ตามความชื้นที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความชื้น 0.62 Dmnl (62%) สัดส่วนพื้นที่ตะกอนส่วนนี้มีสัดส่วน 0.32 Dmnl (32%)

ค. สรุปผลการทดสอบ

จากการทดลองเปลี่ยนระดับความชื้นในตะกอนหลายครั้ง พบว่าความสัมพันธ์ของทุกตัวแปรในแบบจำลองส่งผลให้สัดส่วนพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 มีแนวโน้มผกผันกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในตะกอน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน

1.4 ทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของพืชต่อ โอกาสที่ Org N จากตะกอนลอยตัวขึ้นสู่ชั้นน้ำ

จากสมมติฐาน 5.2 (ในตารางภาคผนวก ก 5) การลดลงของ Org N ในตะกอนโดยลอยตัวขึ้นสู่ชั้นน้ำมีแนวโน้มผกผันกับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวน้ำที่มีพืชปกคลุมในบ่อตื้น คือ เมื่อพืชปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำในบ่อตื้นเพิ่มขึ้น โอกาสที่ลมจะกระทบผิวน้ำส่งผลให้ Org N จากตะกอนลอยตัวขึ้นนั้น เกิดขึ้นได้น้อยลง และเมื่อพืชปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำในบ่อตื้นน้อยลง โอกาสที่ Org N จะลอยตัวขึ้นสู่ชั้นน้ำมากขึ้น

ก. การทดสอบ

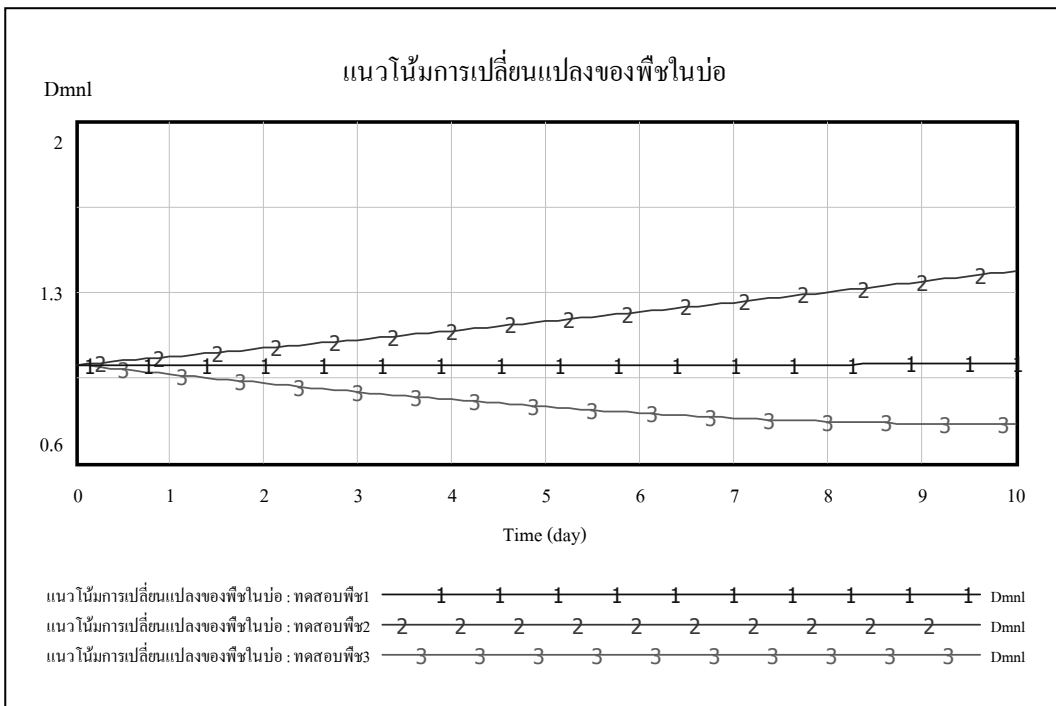
ดูผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพืชในบ่อตื้นต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตรา Org N ที่ลอยตัวสู่ชั้นน้ำ การทดสอบมี 3 กรณี

กรณีที่ 1 ปริมาณของพืชในบ่อมี 60% ของพื้นที่บ่อ โดยมีปริมาณคงที่ตลอดเวลาที่พิจารณา

กรณีที่ 2 ปริมาณของพืชในบ่อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากกรณีที่ 1

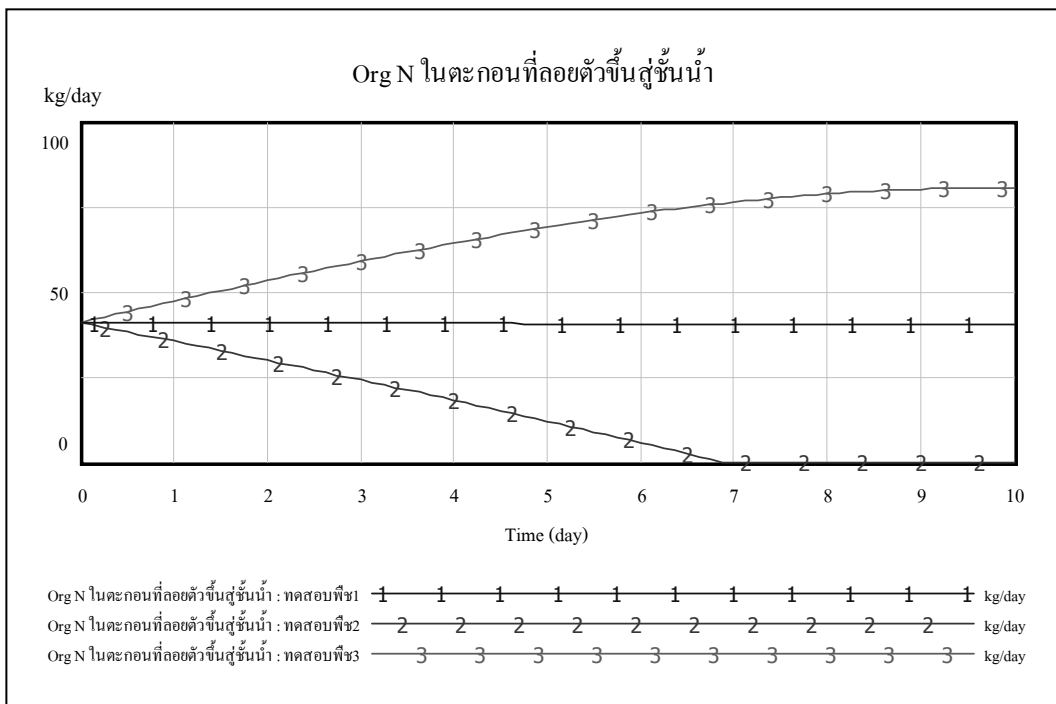
กรณีที่ 3 ปริมาณของพืชในบ่อมีแนวโน้มลดลงจากกรณีที่ 1

ข. ผลการทดสอบ



ภาพประกอบภาคผนวก ก 4 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของพีชต่อ โอกาสที่ Org N จากตะกอนลอยตัวขึ้นสู่ชั้นน้ำ : กรณีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพีชในบ่อ

หมายเหตุ : หากปริมาณพีชในบ่อมีเท่าเดิม แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพีชในบ่อจะเท่ากับ 1 Dmnl



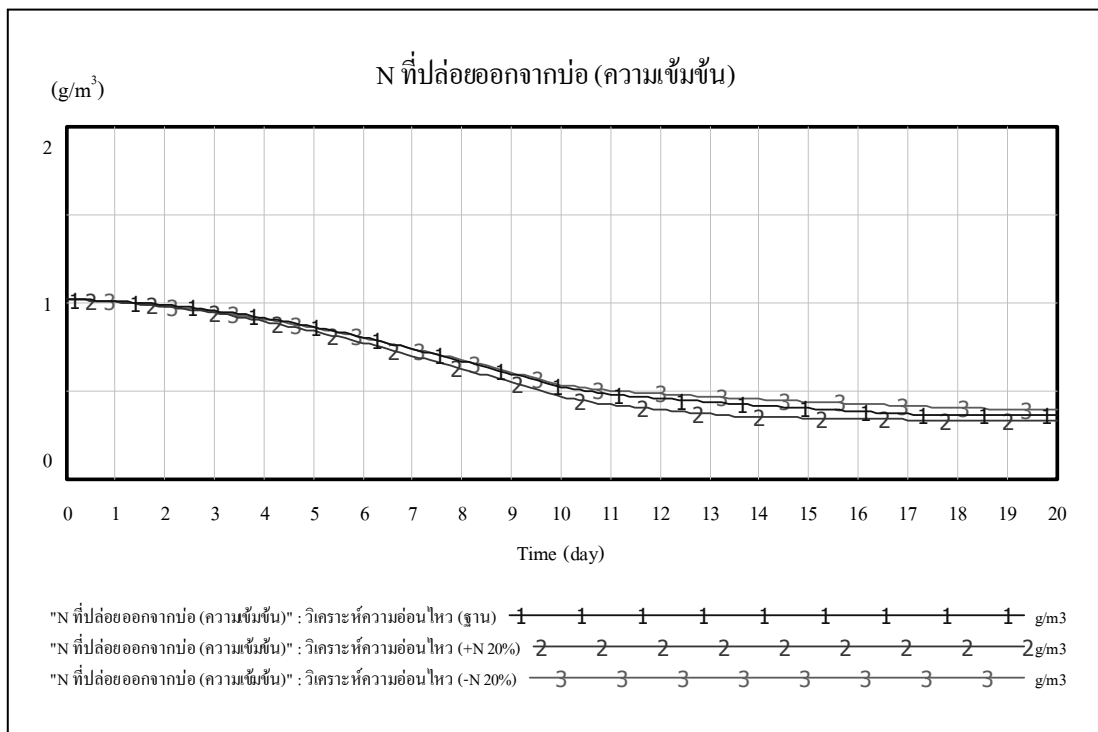
ภาพประกอบภาคผนวก ฉ 5 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของพืชต่อโอกาสที่ Org N จากตะกอน
ลอยตัวขึ้นสู่ชั้นน้ำ : กรณีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Org N จากตะกอนลอยตัวขึ้นสู่ชั้นน้ำ

ในสภาวะที่บ่อ ๑ มีปริมาณพืชปกคลุม 60% และไม่มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (ดั่งเส้นที่ 1 ภาพประกอบภาคผนวก ฉ 4) ส่งผลให้ไม่มีโอกาสกระทบผิวน้ำส่วนที่ไม่มีพืชปกคลุมและทำให้ Org N จากตะกอนลอยตัวขึ้นสู่ชั้นน้ำคงที่ (ดั่งเส้นที่ 1 ภาพประกอบภาคผนวก ฉ 5) เมื่อปริมาณของพืชในบ่อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ดั่งเส้นที่ 2 ภาพประกอบภาคผนวก ฉ 4) ส่งผลให้ Org N จากตะกอนลอยตัวขึ้นสู่ชั้นน้ำด้วยแนวโน้มที่ลดลงจนเป็น 0 kg/day (ดั่งเส้นที่ 2 ภาพประกอบภาคผนวก ฉ 5) เพราะปริมาณพืชที่เพิ่มขึ้นปกคลุมผิวน้ำเต็มพื้นที่บ่อ (แต่แนวโน้มของพืชยังสามารถเพิ่มขึ้นได้เรื่อย ๆ ซึ่งทำให้ความหนาแน่นของพืชในบ่อเพิ่มขึ้น) และเมื่อปริมาณพืชในบ่อมีแนวโน้มลดลง (ดั่งเส้นที่ 3 ภาพประกอบภาคผนวก ฉ 4) โอกาสที่ Org N ลอยตัวขึ้นสู่ชั้นน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ดั่งเส้นที่ 3 ภาพประกอบภาคผนวก ฉ 5)

ค. สรุปผลการทดสอบ

จากการทดลองเปลี่ยนค่าแนวโน้มของปริมาณพืชในบ่อหลายครั้ง พบว่าความสัมพันธ์ของทุกตัวแปรในแบบจำลองส่งผลให้สัดส่วนพื้นที่ตะกอนที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ O_2 มีแนวโน้มผกผันกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในตะกอน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน

2.2 ตัวอย่างตัวแปรผลจากการเพิ่มลดค่าตัวแปร



ภาพประกอบภาคผนวก ฉ 7 การเปลี่ยนแปลงของ N ที่ปล่อยออกจากบ่อ
เมื่อเพิ่มลดค่าตัวแปร N ที่เข้าสู่บ่อ

3. ค่าที่ใช้ในการสร้างสถานการณ์จำลอง

ตารางภาคผนวก จ 1 ค่าที่ใช้ในการสร้างสถานการณ์จำลอง

ตัวแปรที่เข้าสู่บ่อ	ค่าเดิมในวันที่ 10	ค่าที่เปลี่ยนแปลงวันที่ 20	
		เพิ่มขึ้นสูงสุด	ลดลงต่ำสุด
Org N (g/m^3)	0.25	1.13	0.16*
$\text{NH}_4^+ \text{-N}$ (g/m^3)	0.21	1.06	0.19*
$\text{NO}_2\text{-N}$ (g/m^3)	0.66	0.83*	0.002
$\text{NO}_3\text{-N}$ (g/m^3)	1.49	1.86*	0.019
SS (g/m^3)	80	116	48
pH	9.45	9.96	7.6

หมายเหตุ : - การเลือกค่าสูงสุดและต่ำสุดนั้นพิจารณาจากผลการตรวจวัดข้อมูลจริง (ดังภาคผนวก จ) และผลการตรวจวัดจากงานวิจัยของ Thongchai Kanabkeaw (2003)

* ผลจากการพิจารณาจาก 2 แหล่งข้อมูลข้างต้นพบว่า ค่าเดิมในวันที่ 10 คือ ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดแล้ว ดังนั้นค่าที่เปลี่ยนแปลงในวันที่ 20 จึงเพิ่มขึ้นและลดลงจากค่าเดิม 25%

4. อธิบายการทดสอบสมมติฐาน กรณีปรับแก้ข้อ 4.4.1 (ง) หน้า 69

ในการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของ pH ต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย กรณีทดสอบกับอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrosomonas และ heterotrophic ที่ย่อยสลาย Org N ซึ่งค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทดสอบ ได้แก่ ค่า $\text{NH}_4^+\text{-N}$, Org N และ pH มีค่าในช่วงวันที่ 0 – 10 ดังตารางภาคผนวก จ 2

ตารางภาคผนวก จ 2 ค่าของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของ pH ต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

ตัวแปร	ค่าวันที่ 0	ค่าวันที่ 2	ค่าวันที่ 4	ค่าวันที่ 6	ค่าวันที่ 8	ค่าวันที่ 10
ปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในบ่อ (g/m^3)	0.035	0.05	0.075	0.089	0.085	0.064
ปริมาณ Org N ในบ่อ (g/m^3)	0.20	0.94	1.65	2.20	2.68	2.50
pH ในบ่อ	6	6.8	7.6	8.4	9.2	10
DO ในบ่อ (g/m^3)	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6

หมายเหตุ : - ค่าของตัวแปรปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในบ่อ ตัวแปรปริมาณ Org N ในบ่อ และตัวแปร DO ในบ่อ ในช่วงวันที่ 0 – 10 เป็นผลจากแบบจำลองที่เกิดจากการแทนค่าเริ่มต้นในตารางภาคผนวก ค 8

- ค่า pH ในบ่อ ที่เปลี่ยนแปลงช่วงวันที่ 0 - 10 คือ เงื่อนไขที่กำหนดขึ้นในการทดสอบเฉพาะสมมติฐานข้อ 4.4.1

4.1 การทดสอบ

4.1.1 การทดสอบความสัมพันธ์ของ pH ต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrosomonas คำนวณดังสมการ (18) จากตาราง 7 หน้า 34

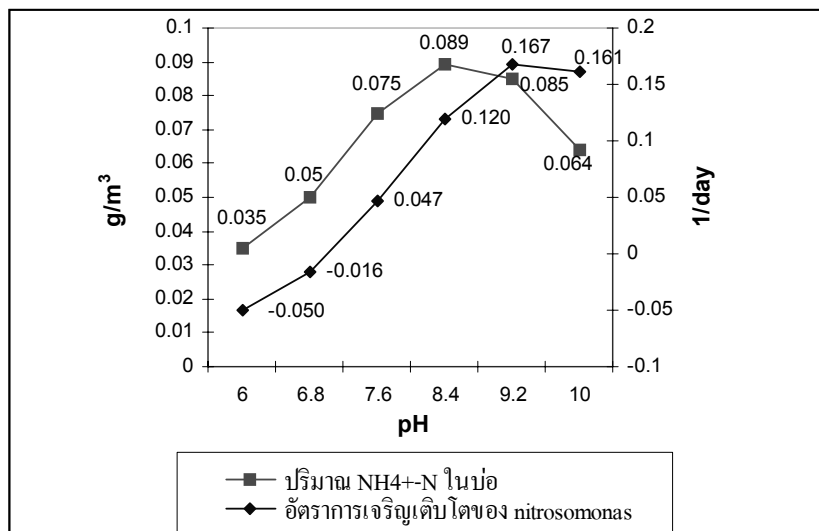
$$\mu_n = \mu_{n,m} \left(\frac{N}{K_n + N} \right) \left(\frac{DO}{K_o + DO} \right) [1 - 0.833(7.2 - pH)] - k_{dn}$$

โดยที่	$\mu_{n,m}$	มีค่าเท่ากับ 0.7 1/day (จากค่าทั่วไปของตาราง 8)
	K_n	มีค่าเท่ากับ 0.6 g/m ³ (จากค่าทั่วไปของตาราง 8)
	N	คือปริมาณ NH ₄ ⁺ -N ในบ่อ ซึ่งมีค่าในช่วงวันที่ 0 -10 ดังตารางภาคผนวก ก 2
	DO	มีค่าในช่วงวันที่ 0 – 10 ดังตารางภาคผนวก ก 2
	K_o	มีค่าเท่ากับ 0.5 g/m ³ (จากค่าทั่วไปของตาราง 8)
	pH	มีค่าในช่วงวันที่ 0 – 10 ดังตารางภาคผนวก ก 2
	k_{dn}	มีค่าเท่ากับ 0.05 1/day (จากค่าทั่วไปของตาราง 8)

ตัวอย่างของการแทนค่าสมการขึ้นต้น กรณีหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในวันที่ 0

$$0.7 \frac{1}{day} \left(\frac{0.035 \frac{g}{m^3}}{0.6 \frac{g}{m^3} + 0.035 \frac{g}{m^3}} \right) \left(\frac{7.6 \frac{g}{m^3}}{0.5 \frac{g}{m^3} + 7.6 \frac{g}{m^3}} \right) (1 - 0.833(7.2 - 6)) - 0.05 \frac{1}{day} = -0.050 \frac{1}{day}$$

ผลจากการทดสอบดังภาพประกอบภาคผนวก ก 8

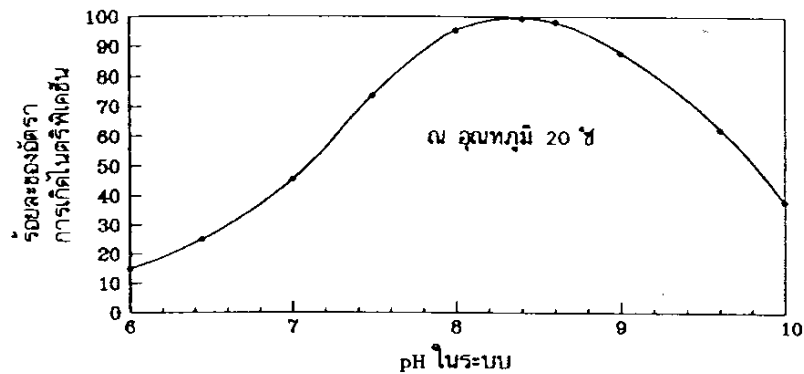


ภาพประกอบภาคผนวก ก 8 ผลของการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของ pH ต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrosomonas

หมายเหตุ : - ปริมาณ NH₄⁺-N ในบ่อ ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับ pH แต่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการแทนค่าในแบบจำลองของตัวแปรเหตุในตารางภาคผนวก ก 8

- อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrosomonas เปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของ pH และปริมาณ NH₄⁺-N ในบ่อ

จากภาพประกอบภาคผนวก ฉ 8 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrosomonas จากการคำนวณดังสมการ (18) เปลี่ยนแปลงตามปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในบ่อเท่านั้น แต่ไม่เปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมในระดับ pH ต่าง ๆ ดังทฤษฎีภาพประกอบ 12 พิจารณาจากที่ระดับ pH 8.5 ขึ้นไป อัตราการเจริญเติบโตยังค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอยู่ ทั้ง ๆ ที่ เมื่อเทียบกับทฤษฎีควรจะค่อย ๆ ลดลง



ทฤษฎีภาพประกอบ 12 จากหน้า 27

4.1.2 การทดสอบความสัมพันธ์ของ pH ต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย heterotrophic ที่ย่อยสลาย Org N คำนวณดังสมการภาคผนวก ข (4) หน้า 156 ร่วมกับสมการหาความสัมพันธ์จาก pH ของสมการ (27) หน้า 36

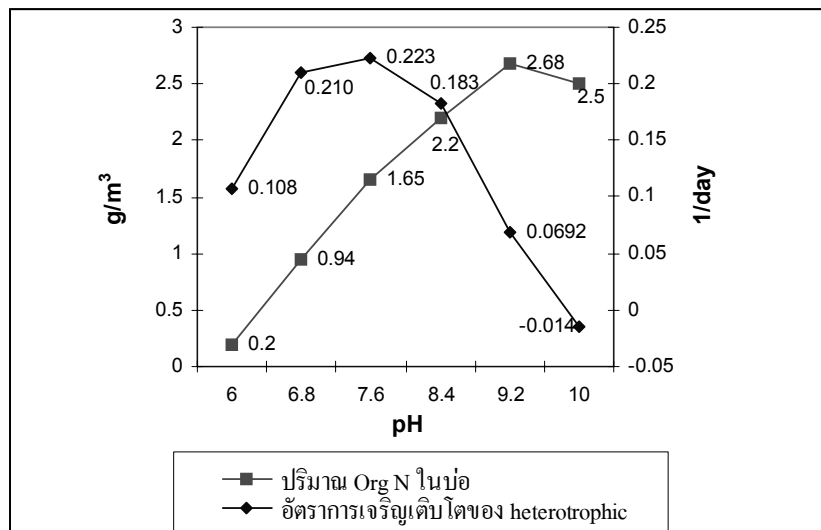
$$\mu_{n,Org} = \mu_m \left(\frac{N_{Org}}{K_s + N_{Org}} \right) \left(\frac{DO}{K_o + DO} \right) \left(\frac{1}{1 + 10^{(5.5-pH)} + 10^{(pH-9)}} \right) - k_d$$

โดยที่	μ_m, DN มีค่าเท่ากับ 0.3 1/day (จากค่าทั่วไปของตาราง 11)
	K_s มีค่าเท่ากับ 0.1 g/m^3 (จากค่าทั่วไปของตาราง 11)
	N_{org} คือปริมาณ Org N ในบ่อ ซึ่งมีค่าในช่วงวันที่ 0 -10 ดังตารางภาคผนวก ฉ 2
	DO มีค่าในช่วงวันที่ 0 - 10 ดังตารางภาคผนวก ฉ 2
	K_o มีค่าเท่ากับ 0.2 g/m^3 (จากค่าทั่วไปของตาราง 11)
	pH มีค่าในช่วงวันที่ 0 - 10 ดังตารางภาคผนวก ฉ 2
	k_d มีค่าเท่ากับ 0.04 1/day (จากค่าทั่วไปของตาราง 11)

ตัวอย่างของการแทนค่าในสมการข้างต้น กรณีความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในวันที่ 0

$$0.3 \frac{1}{\text{day}} \left(\frac{0.02 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{0.1 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} + 0.02 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}} \right) \left(\frac{7.6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{0.2 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} + 7.6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}} \right) \left(\frac{1}{1 + 10^{(5.5-6)} + 10^{(6-9)}} \right) - 0.04 \frac{1}{\text{day}} = 0.108 \frac{1}{\text{day}}$$

ผลจากการทดสอบดังภาพประกอบภาคผนวก จ 9

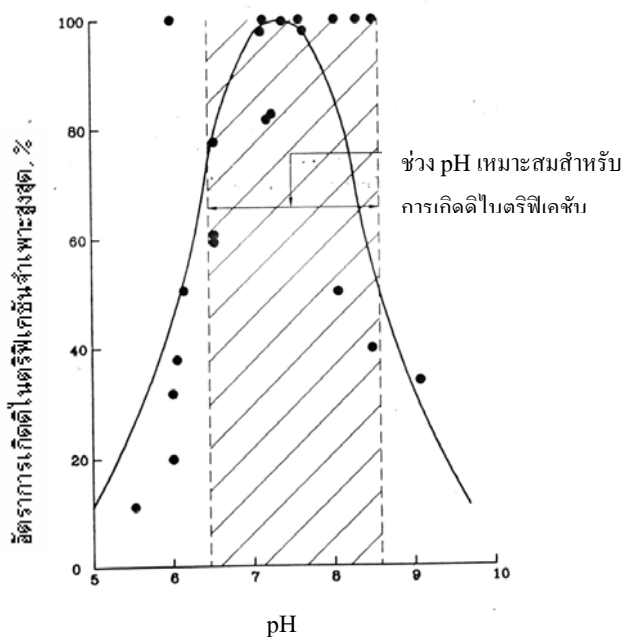


ภาพประกอบภาคผนวก จ 9 ผลของการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของ pH ต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย heterotrophic ที่ย่อยสลาย Org N

หมายเหตุ : - ปริมาณ Org N ในบ่อ ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับ pH แต่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการแทนค่าในแบบจำลองของตัวแปรเหตุจากรางภาคผนวก ค 8

- อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย heterotrophic เปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของ pH และปริมาณ Org N ในบ่อ

จากภาพประกอบภาคผนวก จ 9 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย heterotrophic (จากการคำนวณดังสมการภาคผนวก ข (4) ประยุกต์ร่วมกับการคำนวณหาความสัมพันธ์ของ pH ดังสมการ (27)) เปลี่ยนแปลงตามปริมาณ Org N ในบ่อและเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมในระดับ pH ต่าง ๆ ดังทฤษฎีภาพประกอบ 14 โดยอัตราการเจริญเติบโตค่อย ๆ ลดลงในระดับ pH ที่มากกว่า 7.5 ในขณะที่ปริมาณ Org N ในบ่อนั้นเพิ่มขึ้น



ทฤษฎีภาพประกอบ 14 จากหน้า 29

4.2 สรุปผลการทดสอบ

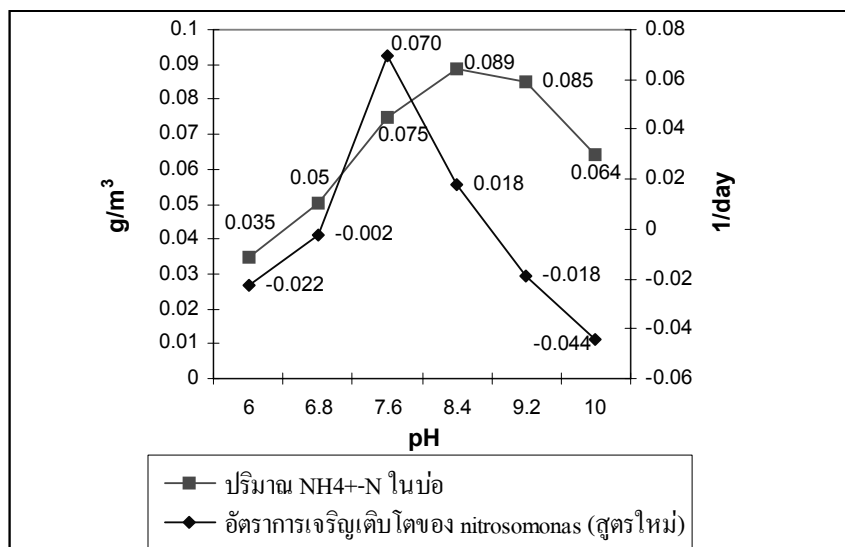
จากการทดสอบพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของ nitrosomonas เปลี่ยนแปลงไม่สอดคล้องกับทฤษฎี แต่อัตราการเจริญเติบโตของ heterotrophic เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับทฤษฎี

4.3 การปรับแก้

ประยุกต์สมการเพื่อการคำนวณหาความสัมพันธ์ของ pH ต่ออัตราการเจริญเติบโตของ nitrosomonas ให้ได้ผลที่สอดคล้องกับทฤษฎี โดยพิจารณาภายใต้สมมติฐานใหม่ คือ การคำนวณหาความสัมพันธ์ของ pH ต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrosomonas เกิดขึ้นดังการคำนวณของแบคทีเรีย Heterotrophic ดังสมการภาคผนวก ฉ (1)

$$\mu_n = \underbrace{\mu_{n,m} \left(\frac{N}{K_n + N} \right)}_{\text{จากสมการ (18)}} \left(\frac{DO}{K_o + DO} \right) \underbrace{\left(\frac{1}{1 + 10^{(5.5-pH)}} + 10^{(pH-9)} \right)}_{\substack{\text{เฉพาะส่วนของ pH} \\ \text{จากสมการ (27)}}} - k_{dn} \quad \dots(1)$$

ผลจากการทดสอบหลังจากปรับแก้ ดังภาพประกอบภาคผนวก ฉ 10

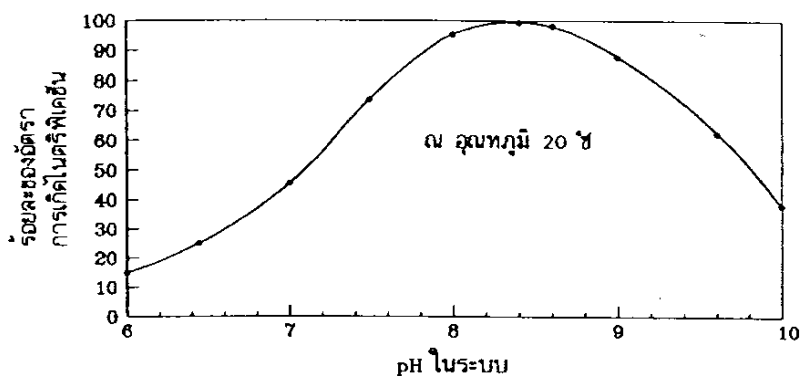


ภาพประกอบภาคผนวก จ 10 ผลของการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของ pH ต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrosomonas (สมการใหม่)

หมายเหตุ : - ปริมาณ NH₄⁺-N ในบ่อ ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับ pH แต่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการแทนค่าในแบบจำลองของตัวแปรเหตุจากรายภาคผนวก ค 8

- อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrosomonas เปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของ pH และปริมาณ NH₄⁺-N ในบ่อ

จากผลการปรับแก้ดังภาพประกอบภาคผนวก จ 10 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย nitrosomonas (ด้วยการคำนวณดังสมการภาคผนวก จ (1)) ส่งผลให้เปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมของการเจริญเติบโตในระดับ pH ต่าง ๆ ซึ่งใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงทางทฤษฎีภาพประกอบ 12 มากขึ้น



ทฤษฎีภาพประกอบ 12 จากหน้า 27

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จากวิทยานิพนธ์

การเผยแพร่ในการประชุมวิชาการ

พาริดา คารง, ผศ.ดร. โรจน์จรรย์ย์ ด่านสวัสดิ์ และ ผศ.ดร.อุดมผล พิชน์ไพบูลย์, 2547.
“ต้นแบบจำลองพลวัตระบบสำหรับการติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของการกำจัดไนโตรเจนใน
บ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา”,
เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 3 สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
แห่งประเทศไทย . ณ โรงแรมบีพี แกรนด์ทาวน์เวอร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ระหว่างวันที่ 28 – 30
มกราคม 2547