การวิเคราะห์ผังการไหลของสารอาหารไนโตรเจนในแม่น้ำบางปะกงตอนล่าง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

นายภานุวัฒน์ ทิพย์แสง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mass Flow Analysis for Nitrogen in Lower Bangpakong River Of Chachoengsao Province

Mr. Panuwat Tipsaeng

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ผังการไหลของสารอาหารไนโตรเจนในแม่น้ำบางปะกงตอนล่าง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา
โดย	นายภานุวัฒน์ ทิพย์แสง
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา สุริยะวงค์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.ปิณิดา ลีลพนัง กำแพงทอง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภานุวัฒน์ ทิพย์แสง : การวิเคราะห์ผังการไหลของสารอาหารไนโตรเจนในแม่น้ำบางปะกงตอนล่าง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา (Mass Flow Analysis for Nitrogen in Lower Bangpakong River Of Chachoengsao Province) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.ชนาธิป ผาริโน, 162 หน้า.

แม่น้ำบางปะกงนั้นเป็นหนึ่งใน 5 แม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่อ่าวไทย ซึ่งกระแสน้ำจะนำพาธาตุอาหารจากบริเวณที่ไหลผ่านลงสู่อ่าวไทยซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชัน การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำบางปะกงตอนล่างในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้วิธีพัฒนาผังกระแสการไหลของไนโตรเจน รวมถึงวิเคราะห์สัดส่วนของไนโตเจนจากแต่ละกิจกรรม พร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไข การศึกษานี้ได้แบ่งกิจกรรมออกเป็น 8 ภาคส่วนคือ ภาคการเพาะปลูกข้าว ภาคการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ ภาคชุมชน ภาคการเพาะปลูกพืชไร่ ภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาคอุตสาหกรรม ภาคการบำบัดน้ำเสีย และภาคการกำจัดขยะ ในการวิเคราะห์กระแสการไหลจากข้อมูลทุติยภูมิและตติยภูมิจากหน่วยงานรัฐ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการวิเคราะห์พบว่าในปี 2554 มีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่พื้นที่ลุ่มแม่น้ำบางปะกงตอนล่าง เขตจังหวัดฉะเชิงเทราอยู่ที่ 846,825 ตันไนโตรเจนต่อปี ปริมาณไนโตรเจนสะสมอยู่ที่ 31,198 ตันไนโตรเจนต่อปี และปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบอยู่ที่ 815,627 ตันไนโตรเจนต่อปี เมื่อพิจารณากิจกรรมหลักที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยออกสู่แหล่งน้ำพบว่า ภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นกิจกรรมหลักที่ปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำคิดเป็นร้อยละ 43 (6,417 ตันไนโตรเจนต่อปี) รองลงมาคือภาคการเพาะปลูกข้าวคิดเป็นร้อยละ 25 (3,761 ตันไนโตรเจนต่อปี) และภาคชุมชนคิดเป็นร้อยละ 14 (2,089 ตันไนโตรเจนต่อปี) ส่วนกิจกรรมอื่นพบว่ามีการปล่อยไนโตรเจนในปริมาณรวมกันคิดเป็นประมาณร้อยละ 18 ในแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ได้วิเคราะห์และแนะนำโดยการทำระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์สำหรับภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งหากดำเนินการให้ได้ในช่วงร้อยละ 40 ถึง 80 จะสามารถลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงแหล่งน้ำได้ประมาณร้อยละ 14 ถึง 27 (2,053 ถึง 4,107 ตันไนโตรเจนต่อปี)

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5570328221 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEYWORDS: EUTROPHICATION; NITROGEN; BANGPAKONG RIVER; MASS FLOW ANALYSIS

PANUWAT TIPSAENG: Mass Flow Analysis for Nitrogen in Lower Bangpakong River Of Chachoengsao Province. ADVISOR: ASST. PROF.CHANATHIP PHARINO, Ph.D., 162 pp.

Bangpakong River, one of the five major rivers flowing into Thai Gulf, carries nutrients into Gulf of Thailand which are a major cause of eutrophication. The study aims to determine sources and contributions of nitrogen from man-made activities in Chachoengsao Province of Lower Bangpakong river basin. This study applied mass flow concept to analyze nitrogen and contribution ratio from anthropogenic activity, and recommend strategies to solve eutrophication problem in Lower Bangpakong River. Scope of nitrogen flow analysis is divided into 8 activities: rice, livestock, households, cultivation, aquaculture, industry, wastewater treatment, and waste management. Analysis of nitrogen flow used available secondary and tertiary data and statistics from relevant government agencies and existing literatures. The results found that total nitrogen input to Lower Bangpakong river basin from Chachoengsao province in 2011 is approximately 846,825 tN per year. Nitrogen accumulation is around 31,198 tN per year and nitrogen output is about 815,627 tN per year. Considering the major activity discharging nitrogen into Lower Bangpakong river, aquaculture is the main activity discharging nitrogen into Lower Bangpakong river accounting for 43 percent (6,417 tN per year). Secondly, rice farming is accounted for 25 percent (3,761 tN per year) and households is the third rank, accounted for 14 percent (2,089 tN per year). Other activities contributed about 18 percent for discharging nitrogen into the river. For recommendation to reduce N in the river, application of best practices technology such as “Wetland” is recommended for treating wastewater from aquaculture activity. If the rate of wetland implementation for wastewater treatment around 40-80%, the forecasted outcome is to help reducing nitrogen discharge upto 14 - 27 % (2,053 - 4,107 tN per year).

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department:	Environmental Engineering	Student's Signature	.....
Field of Study:	Environmental Engineering	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2014		

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่สละเวลาช่วยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้การจัดทำสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา สุริยะวงค์ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.ปิณิดา ลีลพนัง กำแพงทอง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำในการจัดการวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่อนุเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสถิติปริมาณน้ำเสีย และระบบบำบัดของโรงงานอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา

ขอขอบคุณ เพื่อนและพี่ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่คอยให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ญาติพี่น้อง ที่เป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูปภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ยูโทรฟิเคชัน 3
2.2 ไนโตรเจน 14
2.3 Mass Flow Analysis 16
2.4 พื้นที่ศึกษา 19
2.4.1 สภาพภูมิประเทศ 19
2.4.2 สภาพภูมิอากาศ [25] 22
2.4.3 คุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง 23
2.4.4 ปัญหาการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำบางปะกง 23
ภาคเกษตร 24
ภาคอุตสาหกรรม 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคชุมชน 28
การกำจัดขยะ 28
การบำบัดน้ำเสีย 29
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ Mass Flow Analysis 29
2.5.2 งานวิจัยเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา 36
2.5.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการเกิดยูโทรฟิเคชัน 37
2.5.4 งานวิจัยเกี่ยวกับไนโตรเจน 39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 42
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย 42
3.1.1 การรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 42
3.1.2 การรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา 43
3.2 Mass Flow Analysis และ วิธีการคำนวณ 45
3.2.1 ภาคการเกษตร 46
3.2.2 ภาคอุตสาหกรรม 70
3.2.3 ภาคชุมชน 75
3.2.4 การจัดการขยะ 79
3.2.5 ระบบบำบัดน้ำเสีย 83
3.4 วิเคราะห์กิจกรรม และเสนอแนวนโยบายในการแก้ไข 86
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 87
4.1 ปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและปริมาณไนโตรเจนขาออกจากกิจกรรมต่างๆ 87
4.1.1 ภาคเพาะปลูกข้าว 87
4.1.2 ภาคเพาะปลูกพืชไร่ 88

หน้า

4.1.3 ภาคปศุสัตว์ 89
4.1.4 ภาคเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 90
4.1.5 ภาคอุตสาหกรรม 92
4.1.6 ภาคชุมชน 93
4.1.7 ภาคการจัดการขยะ 94
4.1.8 ภาคบำบัดน้ำเสีย 95
4.2 ภาพรวมการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา 96
4.3. ปริมาณไนโตรเจนที่ระบายในรูปน้ำเสีย และแนวทางการลดผลกระทบ 100
4.3.1 การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 101
4.3.2 การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากกิจกรรมการปศุสัตว์ 102
4.3.3 การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากชุมชน 103
4.4 สรุปข้อเสนอแนะและแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจน 104
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 107
5.1 สรุปผล 107
5.2 ข้อเสนอแนะ 108
รายการอ้างอิง 109
ภาคผนวก 117
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 162

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2. 1 การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552)..... 6

ตารางที่ 2. 2 การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552)..... 7

ตารางที่ 2. 3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่น้ำบางปะกง 21

ตารางที่ 2. 4 การใช้ที่ดินสำหรับกิจกรรมการเพาะปลูกข้าว ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา 25

ตารางที่ 2. 5 การใช้ที่ดินสำหรับกิจกรรมการเพาะปลูกพืชไร่ ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา 25

ตารางที่ 2. 6 จำนวนปศุสัตว์ที่เลี้ยงในจังหวัดฉะเชิงเทราในปี 2554 26

ตารางที่ 2. 7 การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในจังหวัดฉะเชิงเทราในปี 2553..... 26

ตารางที่ 2. 8 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำบางปะกง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา..... 27

ตารางที่ 2. 9 ข้อมูลประชากรในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา..... 28

ตารางที่ 2. 10 ข้อมูลประชากรแฝงในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา 28

ตารางที่ 2. 11 ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา..... 29

ตารางที่ 2. 12 การเปรียบเทียบการปล่อยธาตุอาหารจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั่วโลก 38

ตารางที่ 2. 13 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่มนุษย์ได้รับจากกิจกรรมต่างๆ..... 40

ตารางที่ 3. 1 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของการเพาะปลูกข้าว 50

ตารางที่ 3. 2 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของการเพาะปลูกข้าว..... 51

ตารางที่ 3. 3 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของการเพาะปลูกข้าว..... 51

ตารางที่ 3. 4 ปริมาณไนโตรเจนที่มาจากการใส่ปุ๋ย..... 53

ตารางที่ 3. 5 ปริมาณไนโตรเจนจากการตรึงในการเพาะปลูกพืชไร่ 54

Chulalongkorn University

หน้า

ตารางที่ 3. 6 ปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์จากการเพาะปลูกพืชไร่ 54
ตารางที่ 3. 7 สัดส่วนไนโตรเจนสะสมในระบบ 55
ตารางที่ 3. 8 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของการเพาะปลูกพืชไร่ 57
ตารางที่ 3. 9 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของการเพาะปลูกพืชไร่ 57
ตารางที่ 3. 10 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของการเพาะปลูกพืชไร่ 58
ตารางที่ 3. 11 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากอาหารเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ 59
ตารางที่ 3. 12 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากการใช้น้ำ 59
ตารางที่ 3. 13 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากการปล่อย NH3 60
ตารางที่ 3. 14 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากผลิตภัณฑ์ 61
ตารางที่ 3. 15 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากของเสีย 61
ตารางที่ 3. 16 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม 62
ตารางที่ 3. 17 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ 63
ตารางที่ 3. 18 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ 63
ตารางที่ 3. 19 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ 64
ตารางที่ 3. 20 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากการใส่ปุ๋ย 65
ตารางที่ 3. 21 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากอาหารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 65
ตารางที่ 3. 22 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากชลประทาน 65
ตารางที่ 3. 23 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากผลิตภัณฑ์ 66
ตารางที่ 3. 24 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 68
ตารางที่ 3. 25 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 69
ตารางที่ 3. 26 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 69
ตารางที่ 3. 27 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากน้ำใช้ 71

หน้า

ตารางที่ 3. 28 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากผลิตภัณฑ์ 72
ตารางที่ 3. 29 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากน้ำทิ้ง 73
ตารางที่ 3. 30 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของการอุตสาหกรรม 74
ตารางที่ 3. 31 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของการอุตสาหกรรม 75
ตารางที่ 3. 32 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากการบริโภค 77
ตารางที่ 3. 33 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของภาคชุมชน 78
ตารางที่ 3. 34 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของภาคชุมชน 79
ตารางที่ 3. 35 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของภาคชุมชน 79
ตารางที่ 3. 36 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากขยะ 80
ตารางที่ 3. 37 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของภาคการกำจัดขยะ 82
ตารางที่ 3. 38 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของภาคการกำจัดขยะ 82
ตารางที่ 3. 39 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของภาคการกำจัดขยะ 82
ตารางที่ 3. 40 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของระบบบำบัดน้ำเสีย 85
ตารางที่ 3. 41 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของระบบบำบัดน้ำเสีย 85
ตารางที่ 3. 42 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของระบบบำบัดน้ำเสีย 86
ตารางที่ 4. 1 ปริมาณไนโตรเจนไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกงจากกิจกรรมต่างๆ 100
ตารางที่ 4. 2 ปริมาณไนโตรเจนคาดการณ์จากแนวทางการลดจากภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 102
ตารางที่ 4. 3 ปริมาณไนโตรเจนคาดการณ์จากการแนวทางการลดจากภาคการปศุสัตว์ 103
ตารางที่ 4. 4 ปริมาณไนโตรเจนคาดการณ์จากการแนวทางการลดจากภาคชุมชน 104

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2. 1 ยูโทรฟิเคชัน 4
รูปที่ 2. 2 วัฏจักรไนโตรเจน 15
รูปที่ 2. 3 ผังการวิเคราะห์การไหลของสารในระบบ 16
รูปที่ 2. 4 ผังอย่างง่ายแสดงการไหลของสาร (หรือวัสดุ อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ 18
รูปที่ 2. 5 พื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง 20
รูปที่ 2. 6 สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง 22
รูปที่ 2. 7 คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง ตรวจวัดครั้งที่ 4 ในรอบปี 2554 23
รูปที่ 2. 8 กระแสของไนโตรเจนในแม่น้ำเจ้าพระยาประจำปี 2007 30
รูปที่ 2. 9 ผลการวิเคราะห์ระบบทั้งหมดของแม่น้ำท่าจีน 31
รูปที่ 2. 10 ความสัมพันธ์ที่สำคัญของแบบจำลองแหล่งมลพิษจากสารอาหารในแม่น้ำท่าจีน 32
รูปที่ 2. 11 แผนผังการไหลของธาตุอาหารไนโตรเจน เขตกรุงเทพฯ 36
รูปที่ 2. 12 คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง ปี 2000 37
รูปที่ 2. 13 ผังปริมาณน้ำผิวดิน (mm/y) ของเมือง Kampala city, Uganda 38
รูปที่ 2. 14 ผังการไหลของธาตุอาหารไนโตรเจนของกระบวนการผลิตอาหารในฟินแลนด์ 39
รูปที่ 2. 15 ลักษณะการไหลและปริมาณธาตุอาหารของน้ำผิวดินบริเวณอ่าวไทยตอนบน 41
รูปที่ 3. 1 ขั้นตอนการทำงานวิจัยโดยสรุป 44
รูปที่ 3. 2 Mass Flow บริเวณแม่น้ำบางปะกง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่คาดการณ์ไว้ 45
รูปที่ 3. 3 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะปลูกข้าว 47
รูปที่ 3. 4 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะปลูกพืชไร่ 52
รูปที่ 3. 5 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ 58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

รูปที่ 3. 6 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 64
รูปที่ 3. 7 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการอุตสาหกรรม 70
รูปที่ 3. 8 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากชุมชน 76
รูปที่ 3. 9 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการกำจัดขยะ 80
รูปที่ 3. 10 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากระบบบำบัดน้ำเสีย 83
รูปที่ 3. 11 แผนผังแสดงการวิเคราะห์กิจกรรม และเสนอแนวนโยบายในการแก้ไข 86
รูปที่ 4. 1 ผังการไหลของไนโตรเจนในการเพาะปลูกข้าว 88
รูปที่ 4. 2 ผังการไหลของไนโตรเจนในการเพาะปลูกพืชไร่ 89
รูปที่ 4. 3 ผังการไหลของไนโตรเจนในการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ 90
รูปที่ 4. 4 ผังการไหลของไนโตรเจนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 91
รูปที่ 4. 5 ผังการไหลของไนโตรเจนในอุตสาหกรรม 92
รูปที่ 4. 6 ผังการไหลของไนโตรเจนในชุมชน 93
รูปที่ 4. 7 ผังการไหลของไนโตรเจนในระบบกำจัดขยะ 94
รูปที่ 4. 8 ผังการไหลของไนโตรเจนในระบบบำบัดน้ำเสีย 95
รูปที่ 4. 9 สัดส่วนไนโตรเจนขาเข้าของกิจกรรมในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา 96
รูปที่ 4. 10 สัดส่วนไนโตรเจนขาออกของกิจกรรมในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา 97
รูปที่ 4. 11 สัดส่วนไนโตรเจนขาเข้าของแต่ละแหล่งกำเนิดในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา 98
รูปที่ 4. 12 สัดส่วนไนโตรเจนขาออกของแต่ละแหล่งกำเนิดในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา 98
รูปที่ 4. 13 สัดส่วนไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำบางปะกงเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา 99
รูปที่ 4. 14 ผังการไหลของไนโตรเจนของลุ่มน้ำบางปะกงเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา 99
รูปที่ 4. 15 บึงประดิษฐ์ (WET LAND) 101
รูปที่ 4. 16 ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor: ABR) 102

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหามลพิษทางน้ำเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญปัญหาหนึ่งของเมืองไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณปากอ่าวไทย มีการปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูล สารอินทรีย์ โลหะ โลหะหนัก รวมทั้งจุลชีพต่างๆ สูงเพิ่มขึ้น[1] ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากร อุตสาหกรรม และเกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำ ทำให้ส่งผลต่อปริมาณการระบายน้ำเสียและค่าความสกปรกที่มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย จากปัญหามลพิษดังกล่าวส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ซึ่งมีสาเหตุจากมลพิษ กล่าวคือเป็นสภาวะที่แหล่งน้ำมีปริมาณธาตุอาหารสูง [2] โดยธาตุอาหารหลักๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชัน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส ปัญหาสภาวะยูโทรฟิเคชันบริเวณปากอ่าวไทยส่วนหนึ่งจึงเกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุไนโตรเจนในแม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่ปากอ่าว แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสายสำคัญสายหนึ่งที่ส่งผลกระทบอย่างสูงต่อการเกิดยูโทรฟิเคชันในบริเวณปากอ่าวไทย จากรายงานคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งพบว่า บริเวณที่มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมแต่ลดลงมาอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก ได้แก่ ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ปากแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม และปากแม่น้ำบ้านแหลมด้านกลาง จังหวัดเพชรบุรี ในการนี้ภาครัฐจึงได้ดำเนินการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอโดยได้ดำเนินการติดตามสถานภาพทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ปากแม่น้ำบางปะกง และได้ยกเป็นร่างกำหนดเขตพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงเป็นพื้นที่คุ้มครองสิ่งแวดล้อมขึ้น [3]

ในปัจจุบันแนวคิดเรื่องการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นแนวทางหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง เช่น การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment) คือ แนวคิด/เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์/บริการ/กระบวนการ ตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์/บริการ/กระบวนการนั้น ๆ [4] ซึ่งมีข้อเสียที่ความละเอียดในการวิเคราะห์มลสาร และการวิเคราะห์สัดส่วนของต้นเหตุการเกิดมลสาร (Mass Flow Analysis) ซึ่งเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวางแผนการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาแผนผังแสดงสัดส่วนปริมาณมลสารในบริเวณลุ่นแม่น้ำ ที่สร้างขึ้นจากคุณลักษณะของแหล่งน้ำนั้นๆ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการดำเนินนโยบายลดปริมาณการปล่อยมลสารจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกันได้ ซึ่งการวิเคราะห์สัดส่วนของต้นเหตุการเกิดมลสาร เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่เป็น

ภัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้หลักการของ Mass Balance ซึ่งครอบคลุมถึง น้ำหนักของ Material และปริมาณของพลังงานที่ไหลเข้าออกในแต่ละส่วนของระบบ กล่าวคือ Inputs = Outputs [5] ในการศึกษานี้สนใจที่จะดำเนินการวิเคราะห์ผังการไหลของธาตุอาหารที่อยู่ในแม่น้ำบางปะกงตอนล่าง ซึ่งมักจะพบปัญหาคุณภาพน้ำต่ำกว่ามาตรฐานบ่อยครั้ง ซึ่งคาดว่าจะสามารถช่วยวิเคราะห์และสามารถวางแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) ศึกษาสัดส่วนของต้นเหตุการเกิดธาตุอาหารไนโตรเจน จากเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา สู่แม่น้ำบางปะกงตอนล่าง

2) พัฒนาแผนผังแสดงสัดส่วนปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน จากเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา สู่แม่น้ำบางปะกงตอนล่าง

3) เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษจากธาตุอาหารไนโตรเจน จากเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา สู่แม่น้ำบางปะกงตอนล่าง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) ศึกษาพื้นที่บริเวณลำน้ำตอนล่างของลุ่มน้ำบางปะกง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

2) ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลในช่วงหนึ่งปีของการเกิดธาตุอาหารไนโตรเจนในปี พ.ศ. 2554 จากเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา สู่แม่น้ำบางปะกงตอนล่าง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบสัดส่วนของต้นเหตุการเกิดธาตุอาหารไนโตรเจน จากเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา สู่แม่น้ำบางปะกงตอนล่าง

2) ได้เครื่องมือสำหรับจัดการธาตุอาหารไนโตรเจน ในรูปแบบของแผนผังแสดงสัดส่วนปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน จากเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา สู่แม่น้ำบางปะกงตอนล่าง

3) มีแนวทางการลดปัญหาคุณภาพน้ำจากธาตุอาหารไนโตรเจน จากเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา สู่แม่น้ำบางปะกงตอนล่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยอันประกอบด้วย 1.)ปัญหายูโทรฟิเคชัน ซึ่งเป็นปัญหามลภาวะทางน้ำที่สำคัญปัญหาหนึ่ง 2.) ไนโตรเจน เป็นสาเหตุของการเกิดปัญหายูโทรฟิเคชัน 3.) MFA (Mass Flow Analysis) เป็นเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์ปัญหามลภาวะทางน้ำที่เกิดขึ้นเพื่อกำหนดนโยบายการแก้ไขปัญหานั้นได้ 4.) พื้นที่ศึกษา จะอธิบายถึงสภาพพื้นที่ศึกษา และอธิบายกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา และ 5.) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษาถึงองค์ความรู้ที่สามารถนำมาใช้ประกอบงานวิจัยได้ โดยรายละเอียดของหัวข้อที่กล่าวมาในข้างต้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

2.1 ยูโทรฟิเคชัน

ยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) เป็นภาษาทางนิเวศวิทยาที่มีรากศัพท์มาจากคำในภาษากรีก 2 คำ คือ eu (ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า well) กับ trope (ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า nourishment) เมื่อรวมเข้าด้วยกันจึงมีความหมายว่า well-fed หรือ well-nourished แปลได้ว่า “ มีธาตุอาหารอุดมสมสมบูรณ์ดี ” ปัจจุบันยังไม่มีคำนิยามของยูโทรฟิเคชันที่ชัดเจน ยูโทรฟิเคชันอาจหมายถึง ความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารพืชในรูปสารอนินทรีย์ของแหล่งน้ำ [6] หรือ ยูโทรฟิเคชัน เป็นคำที่ใช้อธิบายผลกระทบทางชีววิทยาของการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารพืชต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ [7] หรือ ยูโทรฟิเคชัน หมายถึง สภาพที่น้ำมีสีเขียวเนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายเซลล์เดียว [8] เนื่องจากยูโทรฟิเคชันเป็นกระบวนการ หรือสภาวะที่ประกอบด้วยหลายเหตุการณ์ที่เชื่อมโยงกัน อย่างน้อยต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ

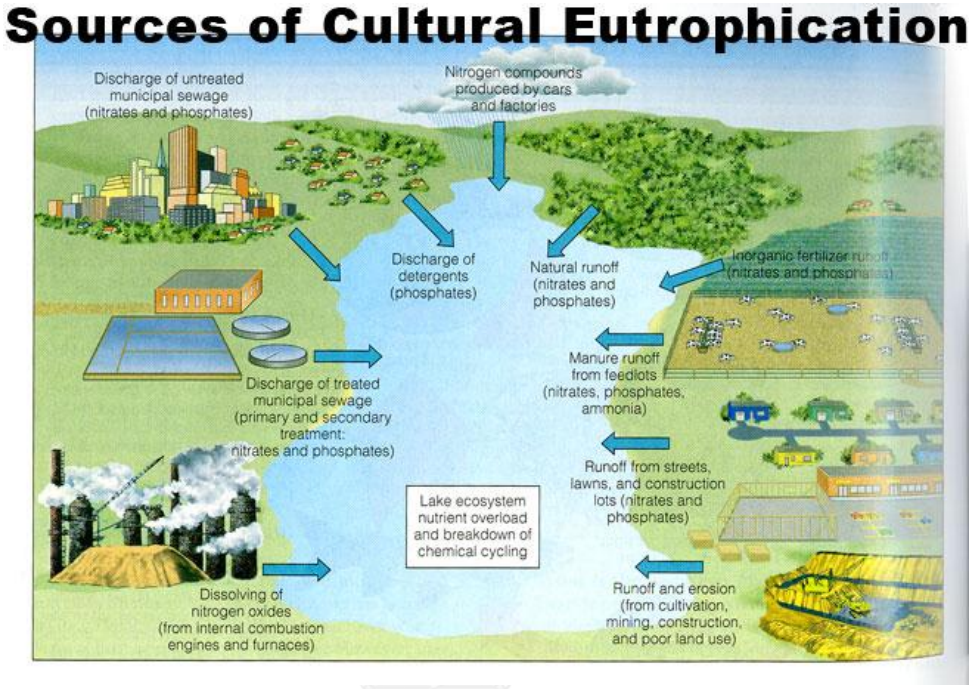
1) ระดับธาตุอาหารที่เพิ่มสูงขึ้น

2) การสร้างสารอินทรีย์ทั้งในรูปอนุภาคและที่ละลายน้ำ

3) การย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งทำให้ปริมาณออกซิเจนลดต่ำลง [9]

ยูโทรฟิเคชันเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เองในทุกแหล่งน้ำ (natural eutrophication) ซึ่งการเกิดยูโทรฟิเคชันในลักษณะนี้อาจต้องใช้เวลานานนับร้อยๆ ปีหรือพันปี อย่างไรก็ตามมนุษย์สามารถเร่งให้แหล่งน้ำเกิดยูโทรฟิเคชันได้เร็วขึ้น (cultural eutrophi- cation) เนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ล้วนแล้วแต่เป็นต้นเหตุสำคัญของการเพิ่มสูงขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เช่น น้ำเสียจากชุมชนหรือโรง

งานอุตสาหกรรม การเพาะปลูกพืช การทำปศุสัตว์ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น (ดังแสดงใน **รูปที่ 2. 1**)



รูปที่ 2. 1 ยูโทรฟิเคชัน [10]

สิ่งบ่งชี้การเกิดยูโทรฟิเคชัน

แหล่งน้ำที่เกิดยูโทรฟิเคชันจะมีผู้ผลิตอยู่หนาแน่นซึ่งอาจเป็นสาหร่ายขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ตลอดจนถึงพืชน้ำ ปริมาณสาหร่ายขนาดเล็กในแหล่งน้ำหรือที่เรียกกันทั่วไปว่าแพลงก์ตอนพืชวัดจากมวลชีวภาพในรูปของคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอจึงเป็นสิ่งบอกเหตุของการเกิดยูโทรฟิเคชัน แหล่งน้ำที่เกิดยูโทรฟิเคชันจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากกว่า 10 ไมโครกรัมต่อลิตร [11] การใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอบ่งชี้ถึงการเกิดยูโทรฟิเคชันนั้นสามารถบ่งชี้ได้ดีกับทุกแหล่งน้ำทั้งที่มีความลึกไม่มากนักเพียง 1 ถึง 2 เมตร เช่น ทะเลสาบสงขลา หรือแหล่งน้ำเปิดขนาดใหญ่ที่มีความลึกหลายสิบเมตร เช่น ทะเลบอลติก [12] แต่การใช้คลอโรฟิลล์เอบอกถึงสภาวะยูโทรฟิเคชันของแหล่งน้ำ อาจมีข้อจำกัดอยู่บ้างเพราะต้องเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ นอกจากนั้นสภาวะยูโทรฟิเคชันสามารถบ่งชี้ได้จากสาหร่ายขนาดใหญ่หรือพืชน้ำที่ปกคลุมตามผิวน้ำ ซึ่งสังเกตได้ง่ายกว่าการใช้คลอโรฟิลล์เอ แหล่งน้ำที่เกิดสภาวะยูโทรฟิเคชันโดยเฉพาะอย่างยิ่งลากูนหรืออ่าวน้ำตื้นจะมีสาหร่ายขนาดใหญ่ เช่น Enteromorpha, Ulva, Cladophora ฯลฯ ตลอดจนถึงพืชน้ำบางชนิด ได้แก่ สาหร่ายหนาม ปกคลุมอย่างหนาแน่น [13]

นอกจากปริมาณของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแล้วระยะเวลาพำนักของน้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชัน แหล่งน้ำที่มีระยะเวลาพำนักของน้ำนานจะมีโอกาสเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชันได้ง่าย เนื่องจากธาตุอาหารที่เข้ามาส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในแหล่งน้ำไม่ถูกชะออกไป แหล่งน้ำประเภทนี้ เช่น เขื่อน ทะเลสาบ อ่าว ลากูนประเภทต่างๆ ตลอดจนถึงแหล่งน้ำขนาดใหญ่อย่างทะเลบอลติก เป็นต้น [14]

ผลกระทบของสภาวะยูโทรฟิเคชันต่อแหล่งน้ำ

สภาวะยูโทรฟิเคชันมีทั้งประโยชน์และโทษต่อแหล่งน้ำ สภาวะยูโทรฟิเคชันสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้กับแหล่งน้ำ เพราะแพลงก์ตอนพืชที่เพิ่มจำนวนตามธาตุอาหารจะเป็นอาหารของปลาหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ แหล่งน้ำที่เกิดสภาวะยูโทรฟิเคชันจึงมีสัตว์น้ำชุกชุม เช่น ชายฝั่งของประเทศเปรูซึ่งเป็นแหล่งทำการประมงที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก อย่างไรก็ตามแพลงก์ตอนพืชจะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วเกินกว่าที่ผู้บริโภคจะกินได้หมด นอกจากนั้นผู้ผลิตที่เพิ่มจำนวนขึ้นอาจเป็นสาหร่ายขนาดใหญ่หรือพืชน้ำชนิดต่างๆซึ่งปลาหรือสัตว์น้ำใช้เป็นอาหารไม่ได้ การเพิ่มจำนวนของผู้ผลิตเหล่านี้ทำให้แหล่งน้ำมีสารอินทรีย์เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก สร้างผลกระทบต่อแหล่งน้ำทั้งทาง ตรงและทางอ้อม

การย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน แหล่งน้ำที่อุดมไปด้วยสารอินทรีย์ที่พร้อมจะถูกย่อยสลายมีแนวโน้มบริโภคออกซิเจนเป็นจำนวนมาก ถ้าแหล่งน้ำเหล่านี้แบ่งชั้นตามความลึก มีการชะล้างเกิดขึ้นอย่างช้าๆ หรือน้ำนิ่ง การบริโภคออกซิเจนก็จะมีมากกว่าที่ถูกเติมเข้ามาใหม่ (resupply) ความไม่สมดุลย์ระหว่างการบริโภคที่ค่อนข้างมากกับการเติมใหม่ด้วยอัตราที่ต่ำจะทำให้ออกซิเจนลดต่ำลงถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นระดับที่ก่อให้เกิดความเครียดต่อสัตว์น้ำ [15] เรียกภาวะดังกล่าวว่า hypoxia และปริมาณออกซิเจนที่ไม่สามารถวัดได้เรียกว่า anoxia

ปัญหายูโทรฟิเคชั่นบริเวณอ่าวไทย

การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำทะเลมีค่าสูงตลอดทั้งปี โดยพื้นที่ที่มีรายงานการพบ ปรากฏการณ์ดังกล่าวบ่อยที่สุดได้แก่ พื้นที่ในอ่าวไทยตอนในบริเวณปากแม่น้ำสายหลัก 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา บางปะกง ท่าจีน และแม่กลอง หรือพื้นที่ใกล้เคียงที่ได้รับอิทธิพล เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีการชะล้างธาตุอาหารจากแม่น้ำลงสู่ทะเล [16] จากข้อมูลของศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง พบการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนบริเวณแม่น้ำบางปะกง จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง ในปี 2551 เกิดขึ้นทั้งหมด 2 ครั้ง และในปี 2552 เกิดขึ้นทั้งหมด 1 ครั้ง ซึ่ง

ปรากฏการดังกล่าวมีทั้งกรณีที่ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำและไม่ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำมีดัง**ตารางที่ 2. 1**

ตารางที่ 2. 1 การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) [17]

เดือน	**พื้นที่**	**ชนิดแพลงก์ตอน**	**ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)**	**หมายเหตุ**
ต.ค. 2551	ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา	*Peridinium* sp.	251,600	หอยแมลงภู่ตายเป็นจำนวนมาก
พ.ย. 2551	ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา	*Ceratium furca*	4,975,000	
ก.พ. 2552	ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา	*Skeletonema* spp.	798,993	

นอกจากการเกิดปัญหายูโทรฟิเคชันบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงแล้ว ยังเกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในบริเวณใกล้เคียงปากแม่น้ำบางปะกง ซึ่งน้ำระบายออกจากแม่น้ำบางปะกงจะไหลหมุนเวียนตามธรรมชาติบริเวณอ่าวไทยตอนบน จึงอาจก่อให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในบริเวณอื่นด้วย สำหรับปัญหายูโทรฟิเคชันในบริเวณอ่าวไทยตอนบนบริเวณอื่นนอกเหนือจากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง สามารถอธิบายได้ดัง**ตารางที่ 2. 2**

ตารางที่ 2. 2 การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) [17]

เดือน	**พื้นที่**	**ชนิดแพลงก์ตอน**	**ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)**	**หมายเหตุ**
ม.ค. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Ciliate protozoa* *Dinophysis caudate*	225-72,695 5,500-41,850	
ม.ค. 2551	ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	*Noctiluca scintillans* *Chaetoceros* spp. *Dinophysis caudate*	2,430-11,470 4,337,991-9,885,240 76,664-453,180 2,200-5,670	
ก.พ. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Skeletonema costatum*	3,322-3,353 134,134	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) [17]

เดือน	พื้นที่	ชนิดแพลงก์ตอน	ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)	หมายเหตุ
ก.พ. 2551	ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	*Noctiluca scintillans* *Chaetoceros* spp.	128-476 18,096-81,330	
ก.พ. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Ceratium furca*	4,845-7,905 55,800	
มี.ค. 2551	ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	*Noctiluca scintillans*	815-4,702	
เม.ย. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Chaetoceros* spp.	1,839,392	
เม.ย. 2551	ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ	*Skeletonema* spp. *Thalassiosira* spp.	946,995-1,621,155 261,653	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) ***[17]***

เดือน	พื้นที่	ชนิดแพลงก์ตอน	ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)	หมายเหตุ
พ.ค. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp.	2,305,095-22,906,620 33,840-1,753,440	
พ.ค. 2551	ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	*Noctiluca scintillans*	435-18,420	
มิ.ย. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp.	749,83-20,592,413	
ก.ค. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp.	9,779,840-34,391,440	
ก.ย. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp. *Noctiluca scintillans*	5,219,627 2,012,610-434,407 312-5,308	

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) ***[17]***

เดือน	พื้นที่	ชนิดแพลงก์ตอน	ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)	หมายเหตุ
ต.ค. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp.	306,178-3,430,329 3,988,667	
ต.ค. 2551	อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี	*Chaetoceros* spp.	1,480,024	แมงดาทะเล ปลาลิ้นหมาลอยหายใจที่ผิวน้ำ
ธ.ค. 2551	ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ	*Noctiluca scintillans* *Ceratium furca*	199,000 92,000	
ธ.ค. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Ceratium furca* *Chaetoceros* spp.	467-7,480 55,433-1,120,776 220,827-5,671,653	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) ***[17]***

เดือน	พื้นที่	ชนิดแพลงก์ตอน	ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)	หมายเหตุ
ม.ค. 2552	ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ	*Noctiluca scintillans* *Dinophysis caudate*	887-1,920 17,739-36,353	
ม.ค. 2552	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Dinophysis caudate*	3,562 15,132-31,130	
ก.พ. 2552	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Skeletonema* spp.	1,652-36,773 4,060-475,878	
ก.พ. 2552	บริเวณคลองสหกรณ์ จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans*	25,200	

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) ***[17]***

เดือน	พื้นที่	ชนิดแพลงก์ตอน	ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)	หมายเหตุ
ก.พ. 2552	บริเวณชายหาดชะอำ จังหวัดเพชรบุรี คลองบางตะบูน จังหวัดเพชรบุรี	*Noctiluca scintillans*	2,800-18,850	
ก.พ. 2552	แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ	*Noctiluca scintillans*	247-24,960	
มี.ค. 2552	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans*	684-8,700	
เม.ย. 2552	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp.	264,000-3,869,320 2,211,066	
ส.ค. 2552	ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร	*Ceratium furca* *Skeletonema* spp. *Oscillatoria* spp.	12,438-34,440 262,947 5,698,000	สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) ***[17]***

เดือน	พื้นที่	ชนิดแพลงก์ตอน	ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)	หมายเหตุ
ส.ค. 2552	ชายฝั่งทะเล ตำบลบางกระจ้าว จังหวัดสมุทรสาคร	*Ceratium furca* *Skeletonema* spp. *Noctiluca scintillans*	117,180-653,000 366,193 750	หอยแมลงภู่ตายเป็นจำนวนมาก
พ.ย. 2552	ชายฝั่งทะเล ตำบลบางกระจ้าว จังหวัดสมุทรสาคร	*Pseudo-nitzschia* spp.	360,827-1,494,667	สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก
พ.ย. 2552	ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	*Pseudo-nitzschia* spp.	183,902-3,407,910	สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก
พ.ย. 2552	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Chaetoceros* spp. *Peridinium* spp.	4,511,467 76,104	
8 ธ.ค. 2552	ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ	*Ceratium furca* *Dinophysis caudate*	95,200 122,400	

2.2 ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นแก๊สที่พบมากในบรรยากาศของโลกประมาณ 78% และยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของชีวโมเลกุล เช่น โปรตีน พอร์ฟีริน กรดนิวคลีอิก การหมุนเวียนของไนโตรเจนในบรรยากาศและสิ่งมีชีวิตในวัฏจักรไนโตรเจนมีความสำคัญเนื่องจากเป็นกระบวนการ ที่เปลี่ยนแปลงโมเลกุลของไนโตรเจนไปเป็นโมเลกุลอื่นที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ สามารถนำโมเลกุลเหล่านั้นนำไปใช้ได้เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน แสดงดังสมการ

$$N_2 + 8H^+ + 6e^- \longrightarrow 2NH_4^+$$

$$2NO_3^- + 12H^+ + 10e^- \longrightarrow N_2 + 6H_2O$$

$$NO_3^- + 10H^+ + 8e^- \longrightarrow NH_4^+ + 3H_2O$$

$$NH_4^+ + 2H_2O \longrightarrow NO_2^- + 8H^+ + 6e^-$$

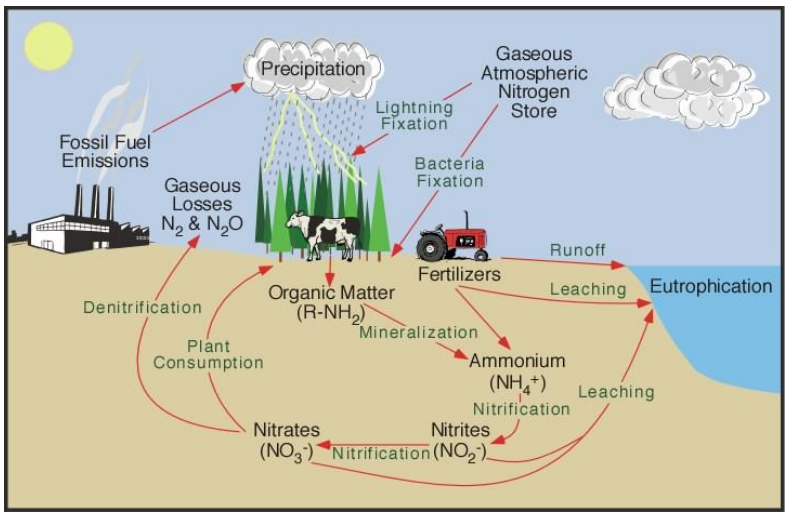
$$NO_2^- + H_2O \longrightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e^-$$

$$NH_4^+ + 3H_2O \longrightarrow NO_3^- + 10H^+ + 8e^-$$

$$N_2 + 8H^+ + 6e^- \longrightarrow 2NH_3 + H_2$$

เราจะพบว่าในสมการที่เกิดขึ้นมาจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของ ไนโตรเจนที่ปรากฏในวัฏจักรไนโตรเจนโดยปกติ ไนโตรเจนจะเป็นโมเลกุลที่ยึดกันด้วยพันธะสาม จึงทำให้ไนโตรเจนไม่ทำปฏิกิริยาง่ายๆ กับโมเลกุลอื่น ซึ่งวัฏจักรไนโตรเจนสามารถแสดงได้ใน**รูปที่ 2. 2**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2. 2 วัฏจักรไนโตรเจน [18]

กระบวนการที่สำคัญในวัฏจักรไนโตรเจน

1. Fertilizer ธาตุอาหารที่ เติมลงไปในดินเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช
2. Volatilization แอมโมเนีย หรือ ยูเรีย สามารถเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียซึ่งเป็นแก๊สที่ปลดปล่อยไปในอากาศ
3. Animal wastes สิ่งปฏิกูลที่มาจากสัตว์ซึ่งเติมลงไปในดิน และเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ผลผลิต
4. Organic matter ซากพืชซากสัตว์ ที่อยู่ในดิน
5. Immobilization ธาตุอนินทรีย์ เช่น ไนโตรเจน หรือ ฟอสฟอรัส ถูกใช้โดยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและเปลี่ยนไปเป็นสารอินทรีย์
6. Nitrification แอมโมเนียถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรต โดยแบคทีเรียในดิน
7. Biological fixation หรือ Nitrogen fixation พืชตระกูลถั่ว สามารถตรึงไนโตรเจนเนื่องจากมีแบคทีเรีย อาศัยอยู่ในปมรากถั่ว แบคทีเรียได้รับอาหารในรูปคาร์โบไฮเดรตจากพืช ในทางกลับกัน แบคทีเรียใช้ไนโตรเจน เปลี่ยนไปให้อยู่ในรูปสารอินทรีย์ ซึ่งพืชสามารถใช้ได้
8. Mineralization การปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ จากสิ่งมีชีวิต
9. Denitrification ไนเตรต ถูกเปลี่ยนไปในรูปแก๊สไนโตรเจน , ไนตรัสออกไซด์ , ไนตริกออกไซด์โดยแบคทีเรียในดิน เมื่อดินเปียก
10. Crop uptake and removal การสูญหายของธาตุอาหารจากระบบเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจากพื้นที่เพาะปลูก

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตของผู้ผลิตในแหล่งน้ำ ธาตุอาหารจำกัดในที่นี้หมายความว่า เมื่อมีธาตุอาหารเหล่านี้ในรูปที่ผู้ผลิตนำไปใช้ได้ (available form) (ได้แก่ ฟอสเฟต แอมโมเนีย) น้อยเกินไปผู้ผลิตในแหล่งน้ำก็ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ในทางตรงกันข้ามมีธาตุอาหารมากขึ้นและมีปัจจัย อื่นเหมาะสม เช่น แสง อุณหภูมิ เป็นต้น ผู้ผลิตก็จะเพิ่มจำนวนมากขึ้น นั่นคือมีผลผลิตขั้นต้นหรือมีมวลชีวภาพมากขึ้น ตามปกติผู้ผลิตจะเพิ่มจำนวนไม่มากและเป็นเวลาสั้นๆ แต่หากมีธาตุอาหารเข้าสู่แหล่งน้ำเป็นจำนวนมากหรือไม่ถูกชะออกไป การเจริญเติบโตของผู้ผลิตก็จะยิ่งมากขึ้นและสามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ตลอดทั้งปี

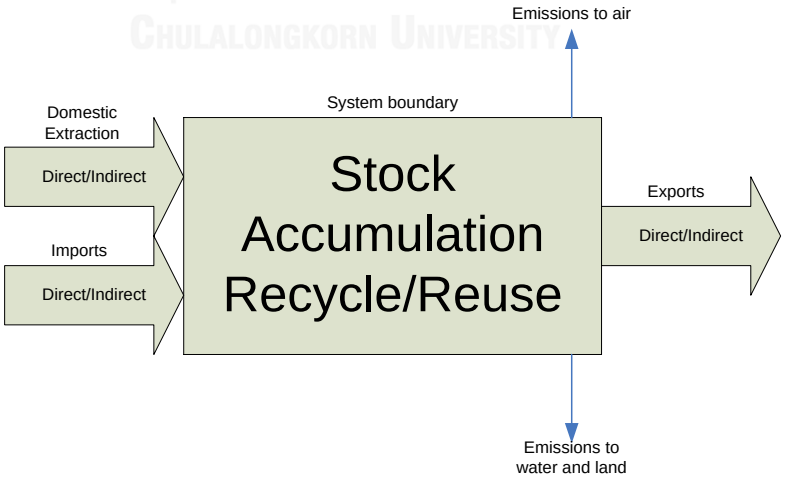
2.3 Mass Flow Analysis

Mass Flow analysis (MFA) เป็นวิธีการศึกษาหาข้อมูลเชิงปริมาณว่าเกิดอะไรขึ้นกับ material ที่เราใช้ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการสกัดวัตถุดิบ (raw material extraction) การผลิต (processing) การใช้ และการกำจัดซาก เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่เป็นภัยต่อสิ่งแวดล้อม

หลักการของ Mass Balance ถูกใช้ในการเก็บข้อมูลดังกล่าวซึ่งครอบคลุมถึง น้ำหนักของ material และ ปริมาณของพลังงานที่ไหลเข้าออกในแต่ละส่วนของระบบ ดัง**รูปที่ 2. 3**

MFA ใช้หลักการของ Mass Balance คือ Inputs = Outputs

Extractions + Imports = Consumptions + Accumulation + Exports + Wastes



รูปที่ 2. 3 ผังการวิเคราะห์การไหลของสารในระบบ [5]

จากหลักการดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ถึงสภาพของปัญหามลภาวะต่างๆ ว่าเกิดจากกิจกรรมใด ในปริมาณเท่าไหร่ เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน โดยหลักพื้นฐานที่สำคัญที่สุดในการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน คือ ต้องมีความรู้ความเข้าใจปัญหา อย่างแท้จริง รวมทั้งภาพรวมของระบบที่กำลังจะจัดการ จนถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ (ปัญหา) ภายในระบบ ก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินการใดๆ (System perspective) ดังนั้นข้อมูลที่จะใช้เพื่อตอบคำถามข้างต้น และเป็นข้อมูลพื้นฐาน ที่จะใช้ช่วยสนับสนุน กระบวนการตัดสินใจ จึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง ต่อการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม และสังคมอย่างมีระบบแบบแผน [19] ที่ผ่านมา มีการวิจัยพัฒนาและนำเสนอ เครื่องมือ วิเคราะห์เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน หลายวิธี เช่น การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment-LCA) การวิเคราะห์ การไหลของสารหรือวัสดุ (Substance Flow Analysis–SFA หรือ Mass Flow Analysis) การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Risk Assessment–ERA) เป็นต้น [20], [21]

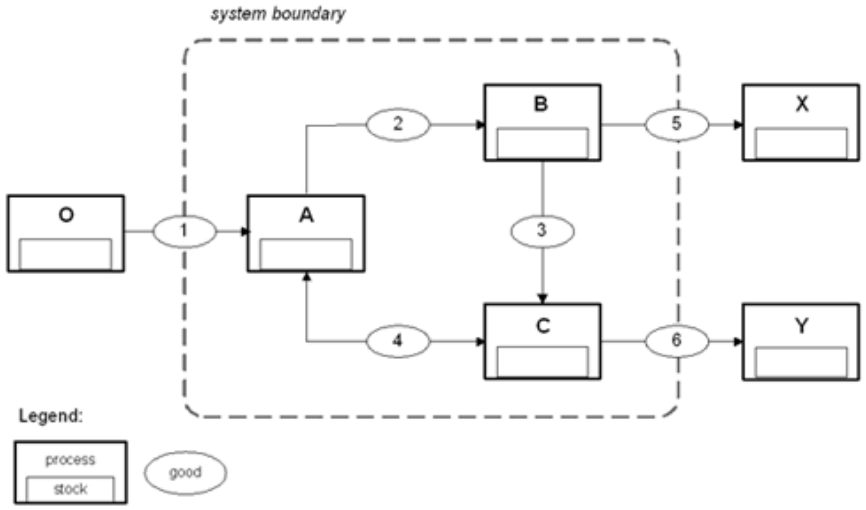
สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้กระบวนการประเมินปริมาณการไหลของไนโตรเจนโดยใช้วิธี “การวิเคราะห์การไหลของสาร (Mass Flow Analysis – MFA)” ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นพื้นฐานสำคัญ สำหรับนโยบายการบริหารจัดการมวลสาร ในทุกระดับองค์กร (เช่น โรงงานอุตสาหกรรม จังหวัด ประเทศ หรือ ลุ่มน้ำ) โดยเฉพาะ มวลสารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์การไหลของสาร (Mass Flow Analysis – MFA) สามารถใช้อธิบายถึงเส้นทางผ่านเข้า-ออก ของสารเฉพาะตัวหนึ่งๆ (เช่น ปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น) จากจุดที่สารนั้นเริ่มต้น เช่น การแยกสกัดได้จากการทำเหมืองแร่ ผ่านขั้นตอนทั้งหมด ของกระบวนการผลิต นำไปใช้เป็นส่วนผสม หรือส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ สินค้าและบริการต่างๆ เพื่ออุปโภคบริโภค จนถึงขั้นตอนการกำจัด รวมถึง การปลดปล่อยสารนั้นออกสู่สิ่งแวดล้อม ในรูปของมลพิษทางอากาศ ทางน้ำ และขยะของเสีย บางท่าน อาจเรียกการวิเคราะห์นี้ว่า การทำบัญชีการไหลของสารหรือวัสดุ (ทางกายภาพ)

หลักในการวิเคราะห์ จะใช้หลักการทำ สมดุลมวลสาร (Mass Balance) ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐาน ของกฎการอนุรักษ์มวล ว่า มวลสารไม่สูญหาย หรือถูกทำลายไป ถ้าพิจารณาระบบ (ดังแสดงใน**รูปที่ 2. 4**) ที่มีมวลสารไหลผ่านเข้า-ออก สมการทั่วไป ของสมดุลมวลสาร ในแต่กระบวนการหน่วยย่อย และระบบรวมคือ

สารที่สะสมในระบบ = สารที่เข้าสู่ระบบ – สารที่ออกจากระบบ

ในการศึกษาวิเคราะห์เบื้องต้นเราจะสมมติว่า ระบบอยู่ในสภาวะคงที่ (Steady State) หมายถึง สารที่เข้าและออกคงที่ไม่เปลี่ยนไปตามเวลา



รูปที่ 2. 4 ผังอย่างง่ายแสดงการไหลของสาร (หรือวัสดุ อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ [22]

ขั้นตอนเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์การไหลของสาร อาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การวิเคราะห์ระบบ และ การเก็บข้อมูล ซึ่งสามารถแยกเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้ [22]

เลือกขอบเขตของระบบ (System boundary) สารหรือวัสดุ (Substance, Mass) และระยะเวลาที่สนใจจะศึกษาเก็บข้อมูล ระบุผลิตภัณฑ์สินค้า กระบวนการผลิต ขนส่ง แปรรูป ที่เกี่ยวข้องกับสารที่สนใจ เขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการย่อย และการไหลของสาร เก็บข้อมูล เช่น ปริมาณผลิตภัณฑ์สินค้า (การผลิต ขนส่ง อุปโภคบริโภค) ปริมาณสินค้าที่หมดสภาพกลายเป็นขยะเพื่อทิ้ง กำจัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่ ปริมาณสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์นั้นๆ รวมถึงปริมาณมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม คำนวณปริมาณการไหลของสาร ใช้หลักสมดุลมวลสารที่กล่าวแล้วข้างต้น เขียนแผนภูมิเชิงปริมาณสรุปผลการวิเคราะห์ แสดงการไหลของสารทั้งระบบด้วยหลักการและวิธีวิเคราะห์การไหลของสารเบื้องต้น จะทำให้ได้ข้อมูลสนับสนุน นโยบายการบริหารจัดการมวลสาร ทำให้เข้าใจถึงสาเหตุ ของปัญหาในภาพรวม ทั้งระบบก่อนการตัดสินใจดำเนินการใดๆ

เครื่องมือนี้ได้รับการคิดค้นพัฒนาเพื่อใช้สนับสนุนนโยบาย การจัดการสิ่งแวดล้อมในประเด็นต่างๆ ในประเทศแถบยุโรปมานาน โดยเฉพาะ สวิตเซอร์แลนด์ ออสเตรีย เนเธอร์แลนด์ เดนมาร์ค และสวีเดน สำหรับประเทศไทย เครื่องมือชนิดนี้ ยังไม่ค่อยเป็นที่รู้จัก งานวิจัยมีน้อย เมื่อเทียบกับเครื่องมือชนิดอื่นๆ หรือมีอยู่บ้าง ก็เป็นเพียงขั้นพื้นฐาน และยังไม่มีการนำไปประยุกต์ใช้สนับสนุนเชิงนโยบายอย่างจริงจัง

2.4 พื้นที่ศึกษา

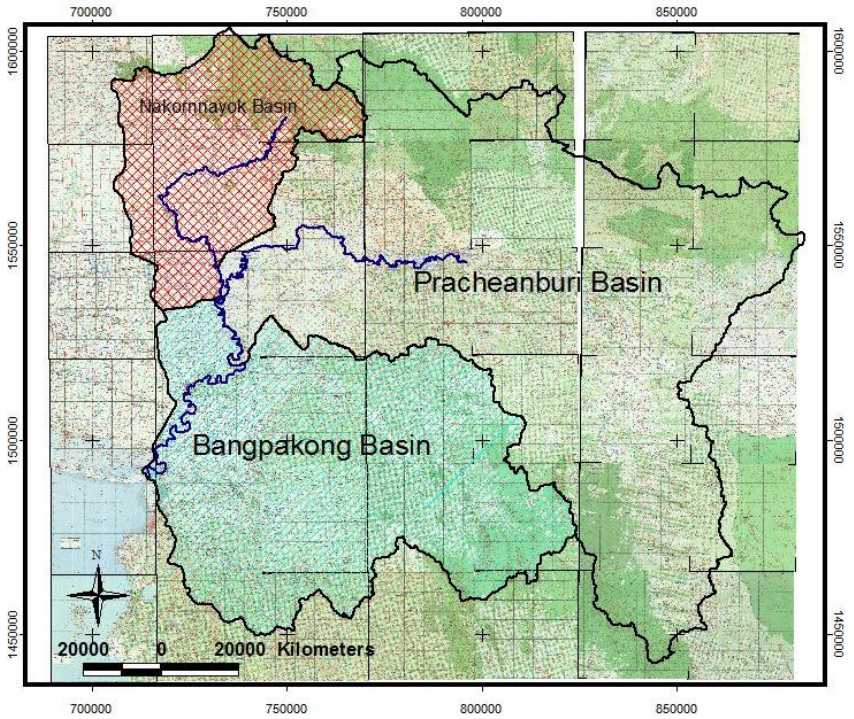
พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย พื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงตอนล่าง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา ตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกของประเทศไทย มีขอบเขตลุ่มน้ำดังนี้

ทิศเหนือ	ติดกับ	ลุ่มน้ำป่าสักและลุ่มน้ำมูล
ทิศใต้	ติดกับ	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก
ทิศตะวันตก	ติดกับ	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา
ทิศตะวันออก	ติดกับ	ลุ่มน้ำน้ำปราจีนบุรี

2.4.1 สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ทางตอนเหนือของลุ่มน้ำมีลักษณะเป็นแนวเทือกเขาที่แบ่งเส้นเขตจังหวัดนครราชสีมา และเขตจังหวัดนครนายก รวมถึงเขตจังหวัดปราจีนบุรี แนวเทือกเขาเหล่านี้ ได้แก่ เทือกเขาพนมดงรัก เขาสูง เขาตะกรุด เขาสามยอด เขาเขียว เขากำแพง ภูสามง่าม และเขาใหญ่ เป็นต้น สำหรับทางตอนใต้ของลุ่มน้ำ มีเทือกเขาที่เป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสาขาของแม่น้ำบางปะกง ได้แก่ เขาเขียว เขาตะแบก เขาหนองผักหนาม และเขาสอยดาวเหนือ

ลุ่มน้ำบางปะกง ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13 องศา 09 ลิบดา เหนือ ถึง 14 องศา 32 ลิบดา เหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศา 52 ลิบดา ตะวันออกถึง 102 องศา 0 ลิบดา ตะวันออก อาณาเขตทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำป่าสักและลุ่มน้ำมูล ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำปราจีนบุรี และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำบางปะกงพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ ทางเหนือจะมีเทือกเขาสูงซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำนครนายก ส่วนทางตอนใต้และทางตะวันออกเฉียงใต้ของลุ่มน้ำ มีเทือกเขาซึ่งเป็นแนวแบ่งเขตระหว่างจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา และจังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสาขาสายต่างๆ ได้แก่ คลองใหญ่ คลองหลวง และคลองท่าลาด ส่วนทางตอนใต้ของพื้นที่เป็นที่ราบต่ำลุ่มน้ำบางปะกงมีพื้นที่ประมาณ 8,630 ตารางกิโลเมตร และครอบคลุมขอบเขตการปกครอง 4 จังหวัด โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา และจังหวัดนครนายก และพื้นที่ส่วนน้อยในเขตจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดชลบุรี โดยในการศึกษานี้จะศึกษาเฉพาะลุ่มน้ำบางปะกงตอนล่างเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา (ดังแสดงใน**รูปที่ 2. 5**)

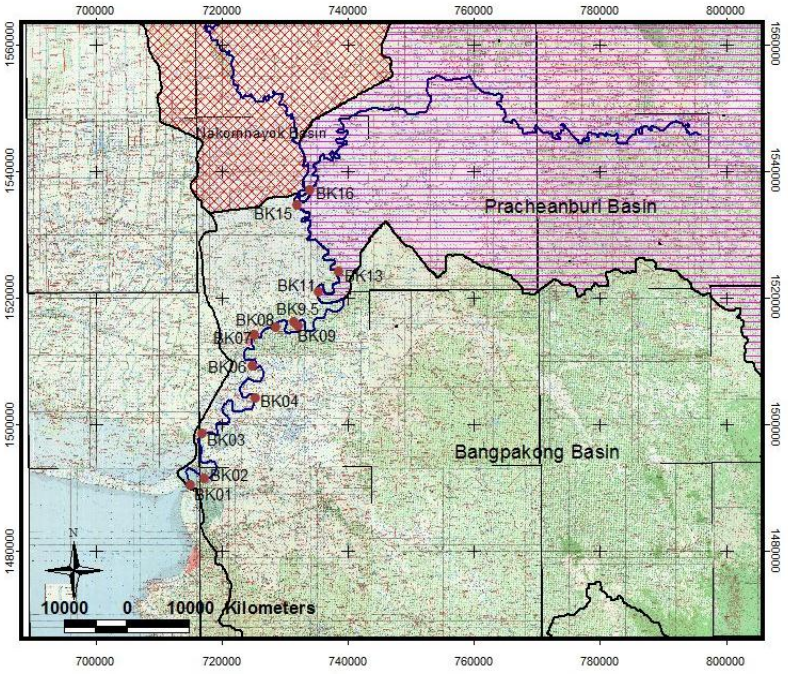


รูปที่ 2. 5 พื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง [23]

แม่น้ำบางปะกงเกิดจากแม่น้ำสายสำคัญ 2 สาย คือ แม่น้ำนครนายก และแม่น้ำปราจีนบุรี ไหลมาบรรจบกันที่บริเวณ บ้านบางขนาก อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา รวมเป็นแม่น้ำบางปะกง ไหลจากทิศเหนือลงสู่ที่ราบต่ำด้านใต้ ผ่าน อ.บางน้ำเปรี้ยว กิ่ง อ.คลองเขื่อน อ.บางคล้า อ.เมืองฉะเชิงเทรา อ.บ้านโพธิ์ และไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทยที่ อ.บางปะกง มีความยาวของลำน้ำประมาณ 115 กิโลเมตร นอกจากนี้ แม่น้ำบางปะกงยังมีลำน้ำที่สำคัญที่ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำบางปะกง อาทิ เช่น คลองท่าลาด คลองหลวง คลองบางไผ่ คลองอ้อมน้อย เป็นต้น โดยในปัจจุบันกรมควบคุมมลพิษได้ทำการกำหนดจุดเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงไว้จำนวนทั้งสิ้น 12 จุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 2. 3** และ**รูปที่ 2. 6**

ตารางที่ 2. 3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่น้ำบางปะกง [24]

พื้นที่รับผิดชอบ	รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่าง			
	รหัส	**ที่ตั้ง**	**พิกัดแกน X**	**พิกัดแกน Y**
ฉะเชิงเทรา	BK01	ปากน้ำบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	714905N	1490311E
	BK02	สะพานบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	717158N	1491370E
	BK03	สะพานมอเตอร์เวย์ อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	716803N	1498523E
	BK04	สะพาน อ.บ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา	725157N	1504097E
	BK06	สะพาน BY PASS บ้านบางพระ อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	724781N	1509098E
	BK07	สะพานฉะเชิงเทรา อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	725025N	1513990E
	BK08	วัดสายชล ณ รังษี อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	728383N	1515184E
	BK09	วัดสมานรัตนาราม(เขื่อนทดน้ำบางปะกง) อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	731980N	1515401E
	BK9.5	ท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกง อ.เมือง จ. ฉะเชิงเทรา	731257N	1516060E
	BK11	ท่าเรือ อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา	735249N	1520786E
	BK13	วัดหัวไทร อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา	738507N	1523978E
	BK15	สะพานบางขนาก อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	731918N	1534589E
ปราจีนบุรี	BK16	ต้นน้ำบางปะกง อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี	733950N	1536985E



รูปที่ 2. 6 สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง [24]

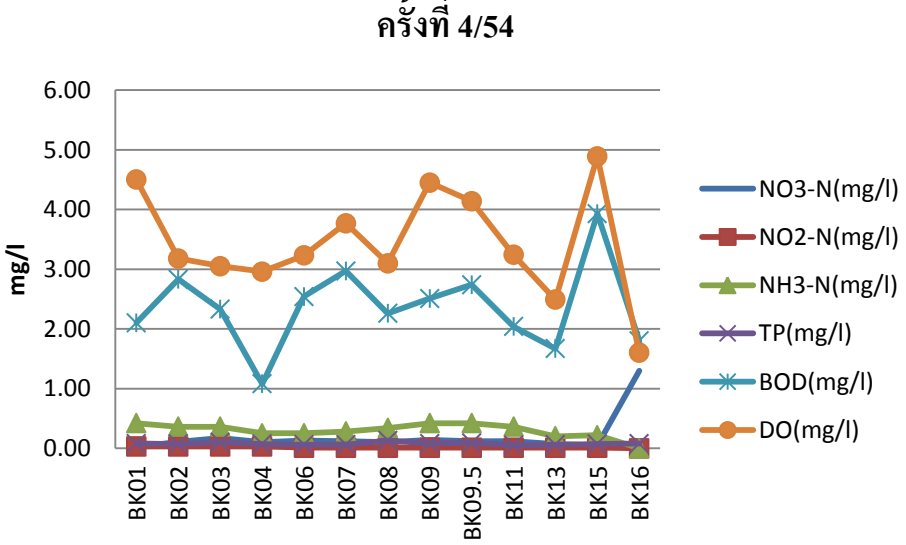
2.4.2 สภาพภูมิอากาศ [25]

- ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม โดยมีลมตะวันออกและลมใต้พัดปกคลุม ทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าวและอากาศร้อนจัดเป็นบางวัน บางครั้งอาจมีพายุฤดูร้อน ลักษณะเป็นฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรงอุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย 35 - 38 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนรวมเฉลี่ย 200 - 300 มิลลิเมตร เป็นช่วงที่เหมาะแก่การปลูกพืชไร่ อายุการเก็บเกี่ยวสั้น เช่น ข้าวโพดและถั่วต่างๆ
- ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุม ประกอบกับมีร่องความกดอากาศต่ำ พาดผ่านภาคกลางและภาคตะวันออกทำให้มี ฝนฟ้าคะนองเกือบทั่วไปและตกหนักบางพื้นที่ อาจก่อให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันในที่ราบลุ่มแม่น้ำบางปะกง โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,000 - 1,200 มิลลิเมตร
- ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดปกคลุม ประกอบกับบริเวณความกดอากาศสูงพัดผ่านทำให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศเย็นกับมีหมอกในตอนเช้า และมีฟ้าหลัวในตอนกลางวัน อุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ย 18 - 21 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนรวมเฉลี่ย 50 - 100 มิลลิเมตร เป็นช่วงที่เหมาะแก่การปลูกพืชผักสวนครัว ไม้ดอกและไม้ประดับ

สถิติข้อมูลภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศชลบุรี (ซึ่งเป็นสถานีที่ใกล้เคียงจังหวัดฉะเชิงเทรามากที่สุด เนื่องจากจังหวัดฉะเชิงเทราไม่มีสถานีตรวจวัดอากาศ) ของกรมอุตินิยมวิทยาในคาบ 10 ปี (พ.ศ.2538-2547) พบว่าจังหวัดฉะเชิงเทรามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด 150.0 มิลลิเมตร ในเดือนกรกฎาคม จำนวนฝนตกเฉลี่ย 117 วัน และมีค่าการระเหยเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดในเดือนเมษายน วัดได้ 172.1 มิลลิเมตร

2.4.3 คุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง

คุณภาพน้ำบริเวณลุ่มแม่น้ำบางปะกงได้ทำการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ โดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งในรอบ 1 ปี จะทำการตรวจวัดจำนวน 4 ครั้ง ตามจุดต่างๆ ที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น สามารถแสดงคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงได้ดัง**รูปที่ 2. 7**



รูปที่ 2. 7 คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง ตรวจวัดครั้งที่ 4 ในรอบปี 2554 [24]

2.4.4 ปัญหาการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำบางปะกง

ปัญหาการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในลุ่มแม่น้ำบางปะกงเกิดจากหลายสาเหตุ ทั้งจากสิ่งมีชีวิต และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยในการศึกษานี้จะแบ่งปัญหาการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนออกเป็นภาคส่วน ดังนี้

ภาคเกษตร

ปัญหาการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในลุ่มแม่น้ำบางปะกงของภาคเกษตรเป็นปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งกับการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน เนื่องจากการใช้ปุ๋ย การสังเคราะห์โดยธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การใช้อาหารเสริมสำหรับการเลี้ยงสัตว์ มูลสัตว์ เป็นต้น โดยในภาคนี้สามารถแยกออกเป็นภาคย่อยๆ ได้จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ การเพาะปลูก ปศุสัตว์ และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

- การเพาะปลูก

การรวบรวมข้อมูลจำนวนและประเภทเกษตรกรรมการเพาะปลูก เป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในรูปของการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยทำการรวบรวมจากข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจะถูกนำมาใช้เพื่อการประเมินแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทพื้นที่เพาะปลูกซึ่งจัดอยู่ในประเภทแหล่งกำเนิดแบบไม่แน่นอน (non-point source) ในการประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากพื้นที่เพาะปลูกมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงจำนวนพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละพื้นที่ สำหรับข้อมูลการเพาะปลูกซึ่งนำมาใช้ในการประเมินมลพิษจากแหล่งกำเนิดเกษตรกรรม จะพิจารณาจำแนกออกเป็นประเภทการเพาะปลูกออกเป็น 2 ประเภท ซึ่งเป็นประเภทการเกษตรที่สำคัญที่ก่อให้เกิดธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง เนื่องจากมีปริมาณการเพาะปลูกจำนวนมาก ได้แก่ นาข้าว และพืชไร่

เพาะปลูกข้าว การประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำบางปะกงจากแหล่งกำเนิดในกิจกรรมการเพาะปลูกข้าว มีทั้งการเพาะปลูกแบบนาปี และการเพาะปลูกแบบนาปรัง สำหรับการรวบรวมข้อมูลขนาดพื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตนั้น ได้รวบรวมข้อมูลจากข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งในการศึกษานี้ได้จำแนกประเภทของการเพาะปลูกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ นาปี และนาปรัง ดังแสดงใน**ตารางที่ 2. 4**

ตารางที่ 2. 4 การใช้ที่ดินสำหรับกิจกรรมการเพาะปลูกข้าว ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา [26]

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
นาปี	725,239	405,015
นาปรัง	465,153	327,468

เพาะปลูกพืชไร่ การประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำบางปะกงจากแหล่งกำเนิดในกิจกรรมการเพาะปลูกพืชไร่ มีกิจกรรมการเพาะปลูกพืชไร่หลายชนิด สำหรับการรวบรวมข้อมูลขนาดพื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตนั้น ได้รวบรวมข้อมูลจากข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งในการศึกษานี้มีการแบ่งประเภทของการเพาะปลูกพืชไร่ที่สำคัญได้แก่ การเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การเพาะปลูกมันสำปะหลัง การเพาะปลูกสับปะรด การเพาะปลูกยางพารา และการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน ดังแสดงใน**ตารางที่ 2. 5**

ตารางที่ 2. 5 การใช้ที่ดินสำหรับกิจกรรมการเพาะปลูกพืชไร่ ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา [26]

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	3,819	2,572
มันสำปะหลัง	307,580	974,556
สับปะรด	7,766	34,369
ยางพารา	126,224	27,790
ปาล์มน้ำมัน	14,991	31,584

- ปศุสัตว์

การประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำบางปะกงจากแหล่งกำเนิดในกิจกรรมปศุสัตว์ในแต่ละประเภทนั้นมีการใช้น้ำ มีการให้อาหารเสริม และมีน้ำเสียเกิดขึ้น ซึ่งน้ำเสียดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณธาตุไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำได้เช่นกัน ดังนั้น เพื่อประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูล จำนวนและประเภทปศุสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำบางปะกง รวมทั้งการประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษปศุสัตว์

สำหรับการรวบรวมข้อมูลจำนวนและประเภทปศุสัตว์นั้น ได้รวบรวมข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในระดับตำบล จากศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์ ซึ่งในการศึกษานี้ได้จำแนกประเภทของปศุสัตว์ออกเป็น 6 ประเภท ซึ่งเป็นประเภทของปศุสัตว์ที่สำคัญและมีปริมาณมาก ได้แก่ โคเนื้อ โคนม กระบือ สุกร ไก่ และเป็ด จากการรวบรวมข้อมูลปศุสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำบางปะกง พบว่า มีจำนวนปศุสัตว์โดยแบ่งตามประเภทปศุสัตว์ ได้แก่ ไก่ เป็ด แกะ แพะ สุกร โคเนื้อ โคนม และกระบือ ดังแสดงใน**ตารางที่ 2. 6**

ตารางที่ 2. 6 จำนวนปศุสัตว์ที่เลี้ยงในจังหวัดฉะเชิงเทราในปี 2554 [27],[28],[29],[30],[31],[32],[33],[34]

ไก่ (ตัว)	เป็ด (ตัว)	แกะ (ตัว)	แพะ (ตัว)	สุกร (ตัว)	โคเนื้อ (ตัว)	โคนม (ตัว)	กระบือ (ตัว)
11,700,881	960,242	137	1,344	378,112	26,352	265	3,027

- การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การรวบรวมข้อมูล จำนวนและประเภทการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น ได้รวบรวมข้อมูลการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จากศูนย์สารสนเทศ กรมประมง ซึ่งในการศึกษานี้ได้จำแนกประเภทของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำออกเป็น 2 ประเภท ซึ่งเป็นประเภทของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญและมีปริมาณมาก ได้แก่ ปลา และกุ้ง ซึ่งครอบคลุมลักษณะการเพาะเลี้ยงจำนวน 4 ประเภท ได้แก่ การเพาะเลี้ยงในบ่อ (Pond culture) การเพาะเลี้ยงในนา (Paddy-field culture) การเพาะเลี้ยงในร่องสวน (Ditch culture) และการเพาะเลี้ยงในกระชัง (Cage culture) ดังแสดงใน**ตารางที่ 2. 7**

ตารางที่ 2. 7 การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในจังหวัดฉะเชิงเทราในปี 2553 [35]

ประเภท	พื้นที่เพาะเลี้ยง (ไร่)
ปลา	31,529.79
กุ้ง	5,441.62

ภาคอุตสาหกรรม

ปัญหาการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในลุ่มแม่น้ำบางปะกงของภาคอุตสาหกรรมเป็นปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งกับการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน โดยโรงงานอุตสาหกรรมที่ส่งผลกระทบสูง ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหาร ปุ๋ย เป็นต้น เนื่องจากกลุ่มอุตสาหกรรมดังกล่าวมีปริมาณการใช้ธาตุไนโตรเจนสูง

การดำเนินงานรวบรวมข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในการศึกษานี้ จะทำการรวบรวมข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม จากระบบฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยรายละเอียดของข้อมูลที่บันทึกในฐานข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย ประเภทอุตสาหกรรม กำลังการผลิต เป็นต้น จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์และคัดเลือกข้อมูลให้มีรายละเอียดของข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการประเมินปริมาณไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม ซึ่งข้อมูลที่ได้ทำการคัดเลือกและนำมาใช้ประกอบด้วย ข้อมูลที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรม ประเภทอุตสาหกรรม กำลังการผลิต โดยใช้ข้อมูลจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมจากฐานข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมมากที่สุดเป็นข้อมูลหลัก ดัง**ตารางที่ 2. 8**

ตารางที่ 2. 8 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำบางปะกง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา[23]

ประเภทอุตสาหกรรม	กำลังการผลิต (ตัน)
ข้าวสาร	33,082,174.00
อาหารสัตว์	73,499.35
อาหาร	60,220.00
อาหารสัตว์น้ำ	50,212.00
อาหารเสริมพืช	32,102.00
มันสำปะหลัง	843,600.00
แปรรูปปลา	265,225.00
แปรรูปกุ้ง	616,692.00
ขนมจีน	2,487.52
แปรรูปหมู	46,950.60
แปรรูปไก่/เป็ด	101,390.00
ซอส/ซีอิ้ว	2,162.00
ปุ๋ย	44,830.00

ภาคชุมชน

ปัญหาการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในลุ่มแม่น้ำบางปะกงของภาคชุมชนมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งกับปัญหาการเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุไนโตรเจน เนื่องจากน้ำเสียจากภาคชุมชน ประกอบด้วยน้ำเสียจากการขับถ่าย การประกอบอาหาร เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง

สำหรับข้อมูลจำนวนประชากรที่นำมาใช้ประกอบในการศึกษาธาตุไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำบางปะกงนั้น ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ดัง**ตารางที่ 2. 9** และจำนวนประชากรแฝงกำหนดให้ใช้ค่าจำนวนแรงงานต่างด้าวที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าว กระทรวงแรงงาน ดัง**ตารางที่ 2. 10**

ตารางที่ 2. 9 ข้อมูลประชากรในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา [36]

ประชากร	จำนวนประชากร(คน)
จำนวนประชากรทั้งหมด	679,370
จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	109,418
จำนวนประชากรในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	28,627

ตารางที่ 2. 10 ข้อมูลประชากรแฝงในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา [36],[37]

ประชากร	จำนวนประชากร(คน)
จำนวนประชากรแฝงทั้งหมด	27,182
จำนวนประชากรแฝงในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	4,378
จำนวนประชากรแฝงในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	1,145

การกำจัดขยะ

การกำจัดขยะส่งผลให้เกิดปัญหาการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในลุ่มแม่น้ำบางปะกง เนื่องจากการมีการแลกเปลี่ยนธาตุไนโตรเจนในบริเวณดังกล่าวสูงทั้งในรูปของการระเหยสู่บรรยากาศ และจากน้ำชะขยะ เป็นต้น

สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ตั้งอยู่ที่ ตำบลเกาะขนุน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา มีพื้นที่ทั้งหมด จำนวน 80 ไร่ การกำจัดเป็นแบบ Trench Method มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เข้าฝังกลบประมาณ 60 ตันต่อวัน โดยเป็นขยะมูลฝอยจากในเขตเทศบาลทั้งหมด [38]

การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียก่อให้เกิดปัญหาการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในลุ่มแม่น้ำบางปะกง เนื่องจากการปล่อยน้ำเสียในปริมาณมากลงสู่แม่น้ำบางปะกงโดยตรง ซึ่งแม้น้ำทิ้งดังกล่าวจะผ่านการบำบัดจนมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำแล้ว ปริมาณน้ำทิ้งที่มีมากก็สามารถส่งกระทบสะสมต่อปริมาณธาตุไนโตรเจนได้ โดยปัจจุบันเขตจังหวัดฉะเชิงเทรามีระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 2 แห่ง รองรับน้ำเสียจากเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา และเขตเทศบาลตำบลบางคล้า ดังแสดงใน**ตารางที่ 2. 11**

ตารางที่ 2. 11 ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา [39]

เขตพื้นที่รองรับน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสีย(ลบ.ม./วัน)
เทศบาลฉะเชิงเทรา	12,847
เทศบาลตำบลบางคล้า	1,200

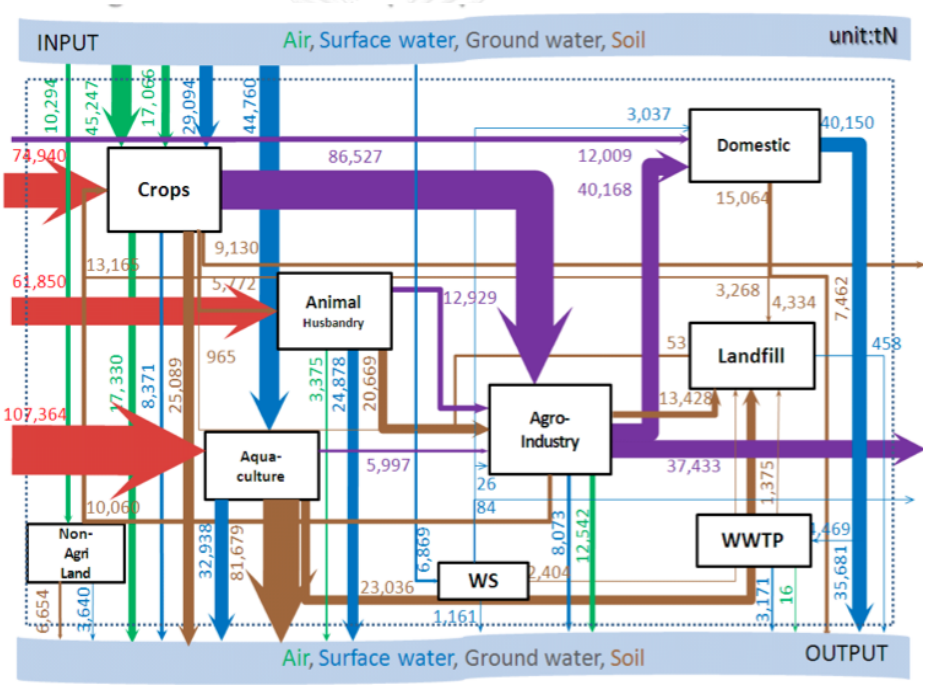
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้ได้มีการทบทวน รวบรวมผลงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนการจัดการปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวทางการวิเคราะห์ด้วยหลักการ Mass Flow Analysis เป็นจุดเริ่มต้น และได้มีการใช้แนวทางดังกล่าว วิจัยในหลากหลายระบบที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังต่อไปนี้

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ Mass Flow Analysis

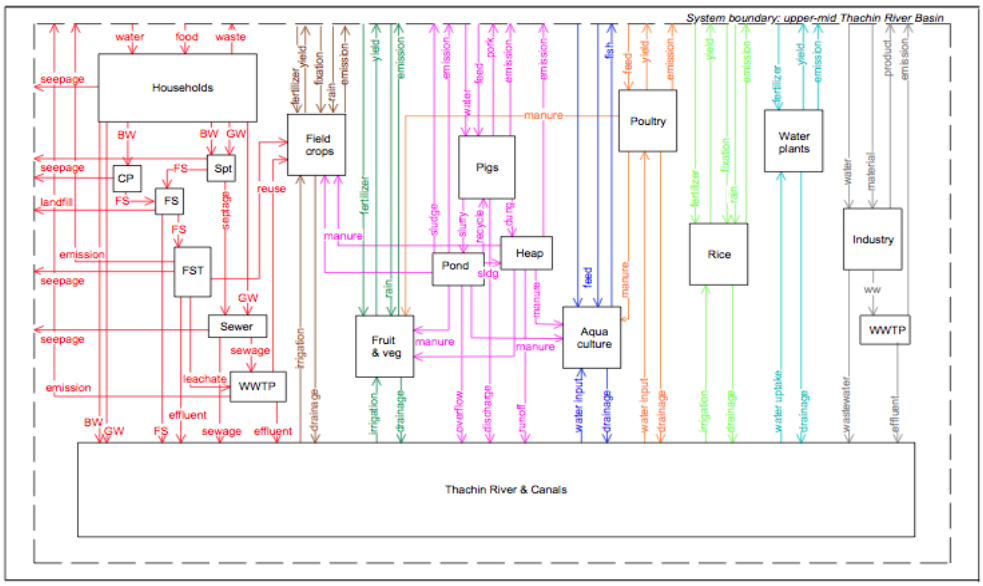
Leelapanang (2010) [40] ใช้วิเคราะห์ผังการไหลด้วยวิธีการ Mass Flow Analysis เพื่อศึกษาการไหลของไนโตรเจนที่เกิดจากการบริโภคอาหาร และการผลิตจากภาคส่วนอุตสาหกรรมและการเกษตร เพื่อการบริหารจัดการน้ำในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา โดยการศึกษานี้แบ่งเป็นช่วงฤดูกาล 2 ฤดูกาล คือ ฤดูแล้งช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน และฤดูฝนช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ครอบคลุมทั้งภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือน ในพื้นที่ 11 จังหวัด ซึ่งแบ่งกลุ่มลักษณะกิจกรรมเป็น พื้นที่เพาะปลูก ปศุสัตว์ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อุตสาหกรรมเกษตร อุตสาหกรรมเกี่ยวข้องกับอาหาร ปุ๋ยอินทรีย์ การบริโภคในครัวเรือน โรงบำบัดน้ำเสีย การฝังกลบ และการผลิตน้ำประปา

จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมหลักของการไหลของไนโตรเจนคือ พื้นที่เพาะปลูกและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยถ้าเรียงลำดับตามการไหลของไนโตรเจนประจำปีจากการวิเคราะห์แบบ Mass Flow Analysis พบว่า การให้อาหารของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด รองลงมาเป็นปริมาณอาหารที่เหลือจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์จากพื้นที่เพาะปลูกไปสู่อุตสาหกรรมการใส่ปุ๋ย และการให้อาหารปศุสัตว์ ดังแสดงใน**รูปที่ 2. 8** ซึ่งเมื่อพิจารณาตามฤดูกาลแล้ว พบว่ากระแสไนโตรเจนจากกิจกรรมในฤดูร้อนส่วนใหญ่จะสูงกว่าในฤดูฝน ยกเว้นการชะผิวหน้าจากพื้นที่เพาะปลูกซึ่งสูงกว่าฤดูร้อน 3 เท่า โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่ถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำ 116,739 ตันไนโตรเจน มี Uncertainty Factors อยู่ที่ 3-24 เปอร์เซ็นต์ โดยผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา คือ การนำน้ำเสียจากปศุสัตว์ และน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมาเป็นปุ๋ยในการเพาะปลูก รวมถึงการนำของเสียจากขยะชุมชนและบ่อเกรอะมาใช้เป็นปุ๋ยด้วย



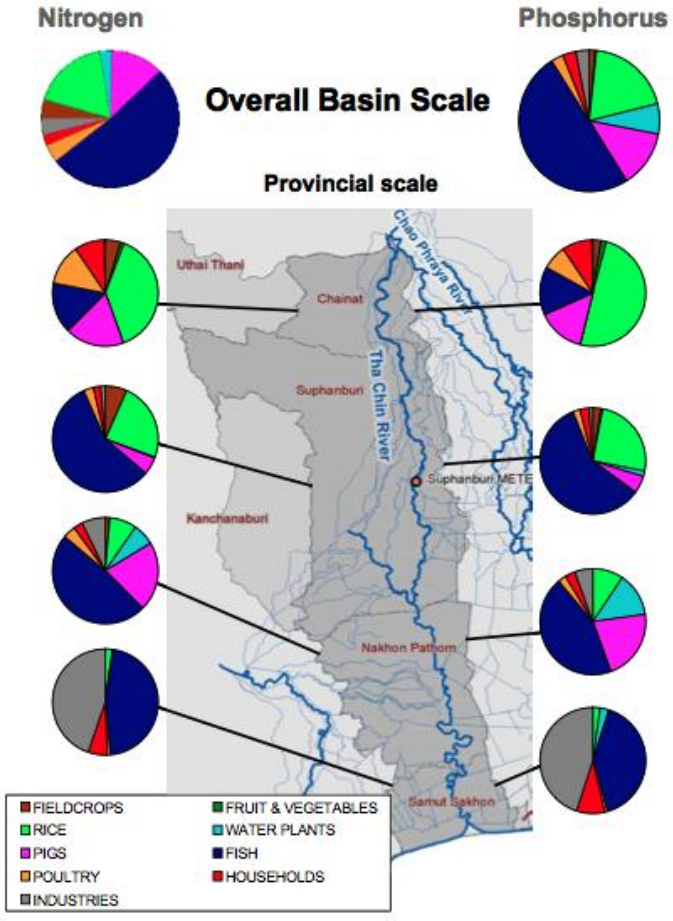
รูปที่ 2. 8 กระแสของไนโตรเจนในแม่น้ำเจ้าพระยาประจำปี 2007 [40]

Schaffner (2007) [41] ทำการประเมินมลพิษทางน้ำในลุ่มแม่น้ำท่าจีน โดยใช้หลักการวิเคราะห์ของ Mass Flow Analysis และใช้ข้อมูลปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และตติยภูมิ ในการทำแบบจำลองซึ่งรวบรวมและจำลองการไหลของธาตุอาหาร โดยมีการยืนยันผลจากการวัดโดยตรงควบคู่กับงานวิจัย รวมทั้งใช้การจำลองของ Monte Carlo ในการหา Uncertainty Factor ของแบบจำลอง (ดังแสดงใน**รูปที่ 2. 9**) รวมถึงการคิดโครงการและพัฒนาแนวทางในการแก้ไขปัญหา



รูปที่ 2. 9 ผลการวิเคราะห์ระบบทั้งหมดของแม่น้ำท่าจีน [41]

ผลของการคำนวณตามแบบจำลองได้ว่ากิจกรรมที่มีการปลดปล่อยมลพิษสูงได้แก่ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีปริมาณมลพิษจากไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในลุ่มแม่น้ำท่าจีน รองลงมาคือการเพาะปลูกข้าว ส่วนการปลดปล่อยมลพิษที่มีส่วนสำคัญต่อค่า BOD_5 ในแม่น้ำท่าจีนเป็นหลัก คือการเพาะเลี้ยงสุกร รองลงมาเป็น การเพาะปลูก ฟาร์มสัตว์ปีก การอุตสาหกรรม และชุมชน ส่วนกิจกรรมที่มีการปล่อยมลพิษลงสู่แม่น้ำท่าจีนอยู่ในระดับต่ำคือ การเพาะปลูกผักและผลไม้ และการเพาะปลูกพืชในน้ำ โดยเมื่อวิเคราะห์ในรายจังหวัดจะพบว่า การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีส่วนสำคัญในทุกจังหวัดในบริเวณลุ่มแม่น้ำ การเพาะปลูกข้าวเป็นกิจกรรมหลักที่ปลดปล่อยมลพิษในจังหวัดชัยนาท การเพาะเลี้ยงสุกรเป็นกิจกรรมหลักในจังหวัดนครปฐม และอุตสาหกรรมเป็นกิจกรรมหลักที่ปลดปล่อยมลพิษในรูปแบบของสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในจังหวัดสมุทรสาคร ดัง**รูปที่ 2. 10** ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการแก้ไขโดย การปรับปรุงการระบบการจัดการตะกอนและระบบการระบายน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การลดการใช้ปุ๋ยในการเพาะปลูกข้าว และการดำเนินการที่เหมาะสมกับการควบคุมมลพิษในการเพาะเลี้ยงสุกร



รูปที่ 2. 10 ความสัมพันธ์ที่สำคัญของแบบจำลองแหล่งมลพิษจากสารอาหารในแม่น้ำท่าจีน [41]

Chulalongkorn University

Sisi และคณะ (2010) [42] ได้ทำการวิเคราะห์การไหลของฟอสฟอรัสที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในเมืองเหอเฟยประเทศจีน โดยใช้การประเมินการไหลของฟอสฟอรัสด้วยวิธีการวิเคราะห์การไหลของสสาร (Mass Flow Analysis) สาเหตุที่เลือกวิเคราะห์การไหลของฟอสฟอรัสในเมืองดังกล่าว เนื่องจากเมืองดังกล่าวเป็นที่ตั้งของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับฟอสเฟต รวมถึงเป็นเมืองที่ติดทะเลสาบเฉาหู เป็นพื้นที่รับน้ำจากเมืองซึ่งใหญ่เป็นอันดับ 5 ของจีน และเกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่น ซึ่งการประเมินวัฏจักรดังกล่าวแบ่งเป็น 4 ช่วงคือ 1.การแยกหรือการสกัด 2.การสร้างและการผลิต 3.การนำไปใช้ 4.การจัดการของเสีย โดยการศึกษามุ่งเน้นเฉพาะปริมาณการไหลของสารอาหารฟอสฟอรัสจากส่วนที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ไม่รวมการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากสภาวะทางธรรมชาติ สำหรับข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จาก ข้อมูลทางสถิติอย่างเป็นทางการ ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ และข้อมูลจากการทำแบบสอบถาม

ผลของการวิเคราะห์การไหลของสารอาหารฟอสฟอรัส พบว่าในกระบวนการผลิตมีการนำเข้าฟอสฟอรัสเข้ามาในระบบในรูปของแร่ธาตุและผลผลิตทางการเกษตร สำหรับใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์และในผงซักฟอกโดยคิดเป็นร้อยละ 47 ของการนำเข้าฟอสฟอรัสดังกล่าว แต่จะถูกนำออกคิดเป็นร้อยละ 65 จากการนำเข้าดังกล่าว ในส่วนการใช้ประโยชน์โดยส่วนใหญ่เกิดในภาคการเกษตรโดยมีการใช้ฟอสฟอรัสคิดเป็นร้อยละ 40 ของการนำเข้า ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วถูกนำเข้าในรูปของปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ในภาคการเกษตรยังมีการนำฟอสฟอรัสจากภาคส่วนการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์และชุมชนกลับมาใช้ใหม่ในรูปของปุ๋ยคอก ปริมาณสารอาหารในรูปของฟอสฟอรัสที่ถูกนำออกจากภาคส่วนนี้โดยส่วนใหญ่แล้วจะถูกดูดซับลงดิน และส่วนหนึ่งจะถูกชะไปกับน้ำ ส่วนที่เหลือจะอยู่ในรูปของผลผลิตที่ส่งไปยังภาคการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ และภาคชุมชน สำหรับภาคส่วนของการจัดการของเสียในรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียจากภาคชุมชนจะถูกกำจัดในรูปแบบของกากตะกอน แล้วถูกนำไปกำจัดต่อโดยการฝังกลบ หากวิเคราะห์เฉพาะสารอาหารในรูปของฟอสฟอรัสที่ไหลลงสู่แม่น้ำ พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วมลพิษในรูปของสารอาหารฟอสฟอรัสเกิดจากภาคเกษตรกรรมประมาณร้อยละ 64 รองลงมาเป็นการชะของเสียจากการขับถ่ายประมาณร้อยละ 14 และจากน้ำเสียประมาณร้อยละ 11 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเสนอแนวทางในการลดการปลดปล่อยฟอสฟอรัส ได้แก่ การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค เช่น การใช้ผงซักฟอกที่ไม่มีฟอสฟอรัส การผลิตปุ๋ยหมัก สำหรับความคลาดเคลื่อนของงานวิจัยนี้มีสาเหตุมาจากการความไม่เพียงพอของข้อมูลท้องถิ่นจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากงานวิจัย

Zengwei และคณะ(2011) [43] ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ผังการไหลของสารอาหารฟอสฟอรัสที่เกิดจากกิจกรรมในชุมชนของมนุษย์ โดยการวิเคราะห์การไหลของสสารในรูปของ Mass Flow Analysis โดยผู้วิจัยเลือกศึกษาในเขตเมืองเฉาหู มณฑลอันหุย ซึ่งมีแม่น้ำหลายสายไหลลงสู่ทะเลสาบเฉาหู ที่เกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่นอยู่บ่อยครั้ง ในการศึกษานี้แบ่งการใช้ประโยชน์ของสารอาหารฟอสฟอรัสออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ 1.ฟอสฟอรัสในสินแร่และการแปรรูป 2.ฟอสฟอรัสในกระบวนการผลิต 3.ฟอสฟอรัสจากการนำไปใช้ 4.ฟอสฟอรัสจากการกำจัดของเสีย โดยจากการวิเคราะห์ดังกล่าวพบว่า ไม่พบฟอสฟอรัสในสินแร่และการแปรรูปเกิดขึ้นในเมือง ส่วนฟอสฟอรัสจากการนำไปใช้แบ่งเป็น ภาคการเกษตร ภาคการบริโภคของมนุษย์ และภาคปศุสัตว์ สำหรับข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยดังกล่าวได้จากข้อมูลสถิติ การสอบถาม การสัมภาษณ์ และการทำแบบสำรวจ งานวิจัยนี้ตั้งสมมุติฐานการผลิตมีความสัมพันธ์กับความต้องการในการบริโภค เมื่อเกินความต้องการกำหนดให้นำออกนอกระบบ

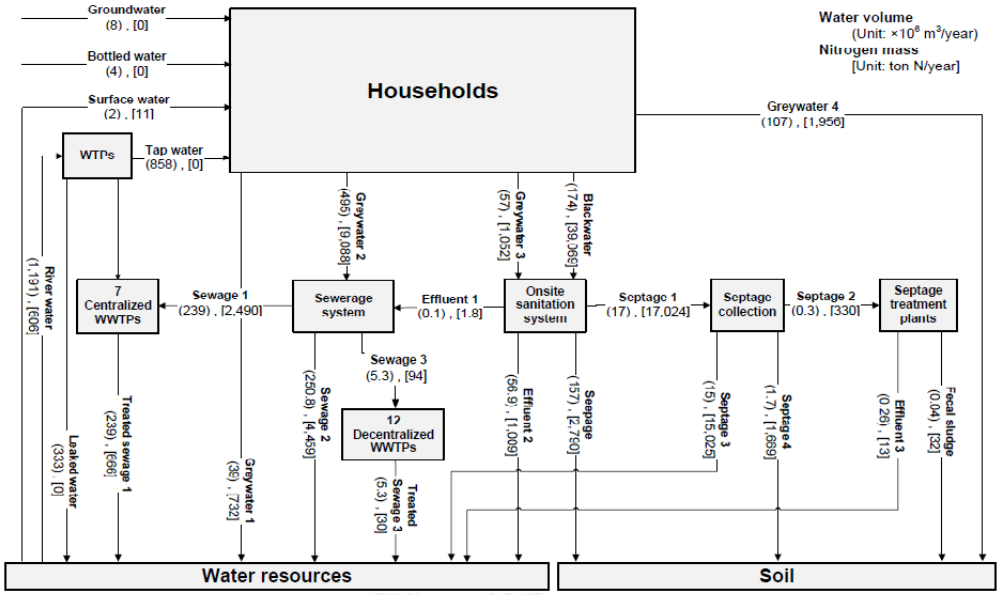
สำหรับผลการศึกษาในงานวิจัยดังกล่าวพบว่าในปี 2008 มีการนำเข้าฟอสฟอรัสสู่เมืองในรูปปุ๋ยประมาณร้อยละ 75.5 อาหารสัตว์ร้อยละ 21.3 ส่วนฟอสฟอรัสออกนอกระบบจะถูกส่งออกในรูปของปุ๋ยร้อยละ 71.4 ผลผลิตทางการเกษตรร้อยละ 18.9 โดยส่วนใหญ่แล้วการปลดปล่อยฟอสฟอรัสสู่แหล่งน้ำมาจากภาคการเกษตรร้อยละ 72 รองลงมาเป็นภาคการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ร้อยละ 10 สำหรับแนวทางการแก้ไขที่ผู้วิจัยนำเสนอได้แก่ การเปลี่ยนวิธีการระบายน้ำจากพื้นที่การเกษตร เช่นการปลูกพืชกันระหว่างพื้นที่การเกษตรและแหล่งน้ำ การเพิ่มการรวบรวมและการกำจัดของเสียจากภาคชุมชนและภาคการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ ความคลาดเคลื่อนของงานวิจัยนี้สามารถเกิดขึ้นได้จากข้อมูลทางสถิติสำหรับแบบจำลองการวิเคราะห์ Mass Flow Analysis ที่ใช้วิเคราะห์เพียงปีเดียว การขาดข้อมูลการนำเข้าสู่ภายในระบบและการส่งออกนอกระบบ ทั้งยังมีการใช้ตัวแปรจากหลากหลายการอ้างอิงมาใช้ในการคำนวณโดยมีความแตกต่างกันในด้านของสภาพทางภูมิศาสตร์

Saeuy (2008) [44] ได้ทำการศึกษาผังการไหลของสารอาหารไนโตรเจนในบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิดโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Mass Flow Analysis ในพื้นที่ศึกษาเขตจังหวัดสมุทรสงคราม โดยใช้วิธีการคำนวณตามงานวิจัยของ Wittmer (2005) [45] พบว่าสารอาหารไนโตรเจนเข้าสู่ระบบมาจากฝนมีปริมาณ 0.04 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี ทางน้ำและแพลงค์ตอนพืชในคลองผีหลอกมีปริมาณ 96.46 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี และสิ่งที่ถูกเพิ่มเข้ามาในระบบคือ จากปุ๋ยคอก จากอาหารเม็ด และจากปุ๋ยเคมีมีปริมาณ 374.42 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี รวมปริมาณสารอาหารไนโตรเจนเข้าสู่ระบบทั้งหมด 470.92 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ถูกนำออกนอกระบบมีปริมาณ 402.62 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี โดยแบ่งเป็นสารอาหารไนโตรเจนในรูปผลิตภัณฑ์จำนวน 135.07 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี และสารอาหารไนโตรเจนที่ถูกนำออกนอกระบบในการเพาะเลี้ยงปลาสลิดสู่คลองผีหลอกในรูปของปริมาณผลรวมของสารอาหารไนโตรเจนที่เจือปนมากับตะกอนจากน้ำ และแพลงคตอนพืชเท่ากับ 61.10 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี และสารอาหารไนโตรเจนจากการยอยสลายการระเหยของแอมโมเนีย และการรั่วซึมเทากับ 206.45 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี รวมสารอาหารไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 267.55 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี

Noyboonya (2008) [46] ทำการวิเคราะห์การไหลของฟอสฟอรัสในแม่น้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดสมุทรสงครามซึ่งมีความยาวประมาณ 22 กิโลเมตร การศึกษาได้แบ่งแหล่งกำเนิดเป็น ชุมชน เกษตรกรรม(การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการเพาะปลูก) และอุตสาหกรรม โดยการศึกษาใช้วิธี Mass Flow Analysis ในส่วนการคำนวณนั้นผู้วิจัยได้ใช้แนวทางจากหลายๆงานวิจัยร่วมกัน และใช้ข้อมูลในลักษณะทุติยภูมิในการคำนวณ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ไหลลงสู่แม่น้ำแม่กลองมีประมาณ 226 ตัน/ปี โดย 64 เปอร์เซ็นต์เป็นฟอสฟอรัสที่มาจากน้ำเสียชุมชน(ไม่รวมน้ำเสียจากส้วม) 24 เปอร์เซ็นต์มาจากกิจกรรมทางการเกษตร

Chen และคณะ (2008) [47] ได้ทำการศึกษาผังการไหลของสารอาหารฟอสฟอรัสจากพื้นที่ทางการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ สำหรับอธิบายการลักษณะการไหลของสารอาหารฟอสฟอรัสในภาคการเกษตรในประเทศจีน และทำการประเมินผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ในภาคชุมชน สู่แหล่งน้ำจากกิจกรรมการเกษตรและภาคชุมชนในชนบท โดยใช้การวิเคราะห์แบบการสังเคราะห์จากแหล่งกำเนิด Emission Inventory Analysis หรือ EIA และการสมดุลสารอาหาร Nutrient Full Balance หรือ NFB โดยในงานวิจัยนี้ใช้หลักการวิเคราะห์การไหลของสะสาร Substance Flow Analysis หรือ SFA เพื่อประเมินปริมาณมลพิษจากสารอาหารฟอสฟอรัสในภาคการเกษตร และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการกำหนดนโยบายการแก้ไขปัญหา โดยการวิเคราะห์ตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามหลักการที่ได้กล่าวมาแล้วในการคำนวณปริมาณสารอาหารฟอสฟอรัสที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลสถิติแห่งชาติ และข้อมูลจากฐานข้อมูลสถิติจังหวัดในการคำนวณ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าในปี 2004 มีปริมาณสารอาหารฟอสฟอรัสขาเข้าอยู่ที่ 28.9 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี และมีปริมาณสารอาหารฟอสฟอรัสขาออกอยู่ที่ 14.2 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี สารอาหารฟอสฟอรัสที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในภาคการเกษตรอยู่ที่ร้อยละ 45.7 มีสารอาหารฟอสฟอรัสส่วนเกินเฉลี่ยอยู่ที่ 14.7 กิโลกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี แสดงให้เห็นว่าสาเหตุหลักของปัญหาคุณภาพน้ำมาจากปุ๋ยเคมีที่สะสมในดินมีปริมาณที่สูงจนเกินไปสำหรับพื้นที่ทางการเกษตร ส่วนในพื้นที่สำหรับการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์กลับขาดแคลนสารอาหารฟอสฟอรัสเนื่องจากความเสื่อมโทรมของดิน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการลดปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการควบคุมความสมดุลการไหลของสารอาหารฟอสฟอรัสระหว่างสองระบบ

Buathong (2013) [48] ได้ทำการศึกษาผังการไหลของไนโตรเจนที่เกิดจากกิจกรรมในภาคส่วนต่างๆ บริเวณเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Material Flow Analysis พบว่าเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีน้ำเสียที่เกินขึ้นจากภาคชุมชนเท่ากับ 872,106 ลูกบาศก์เมตรต่อปี มีสารอาหารไนโตรเจนเกิดขึ้น 51,897 ตันไนโตรเจนต่อปี ดังแสดงใน**รูปที่ 2. 11**



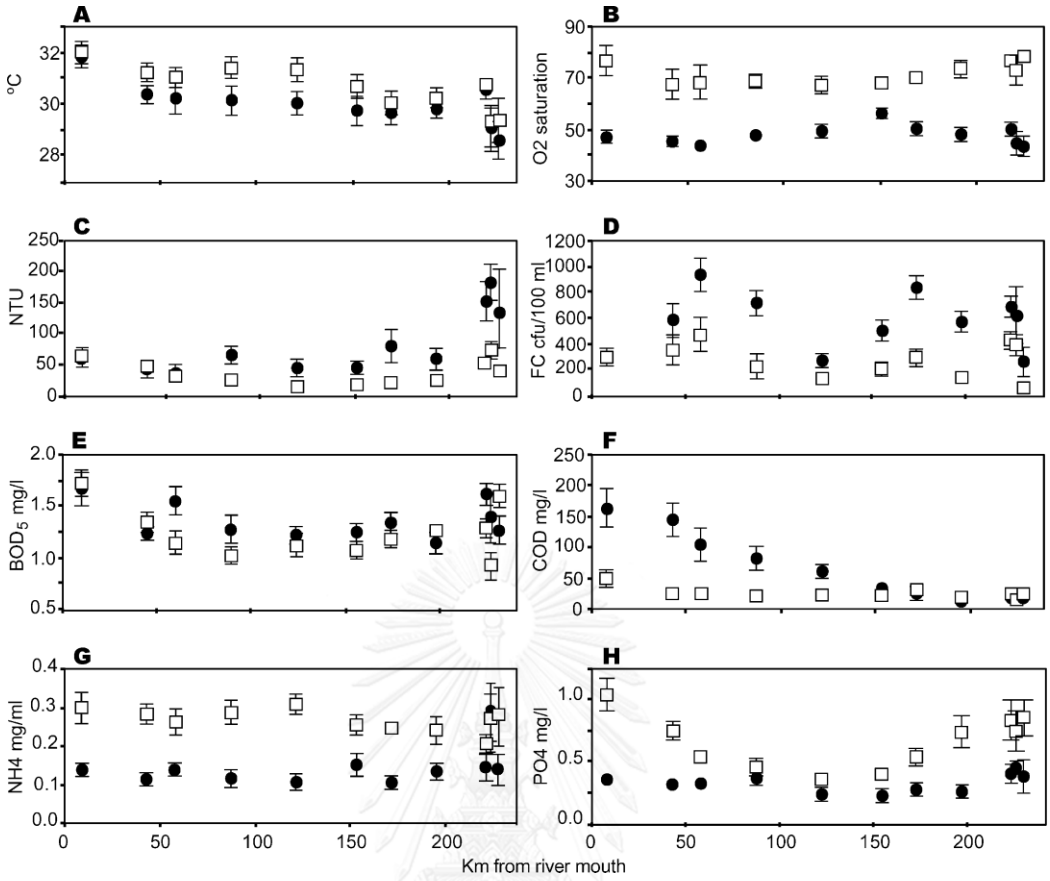
รูปที่ 2. 11 แผนผังการไหลของธาตุอาหารไนโตรเจน เขตกรุงเทพฯ [48]

2.5.2 งานวิจัยเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา

Buranapratheprat (2008) [49] ได้ทำการศึกษาผลกระทบต่อสภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน จากสาเหตุการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ การไหลหลากของน้ำจืดจากแม่น้ำ ปรากฏการณ์น้ำขึ้น น้ำลง และอิทธิพลของลม พบว่าในเดือนธันวาคม มีอิทธิพลของลมสูง ส่วนอิทธิพลของน้ำหลากต่ำ ในเดือนกันยายน และตุลาคม ได้รับอิทธิพลจากน้ำหลากสูง ส่วนในเดือนเมษายน และพฤษภาคม ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิสูง

Taha (2006) [50] ได้ศึกษาการปล่อยไตรฮาโลมีเทนจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งบริเวณลุ่มแม่น้ำบางปะกง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา พบไตรฮาโลมีเทนบริเวณลุ่มแม่น้ำบางปะกงตอนล่างมากกว่า บริเวณลุ่มแม่น้ำบางปะกงตอนบน (810–3,100 µg/L)

Bordalo (2001) [51] ได้ทำการศึกษามลภาวะทางน้ำของลุ่มแม่น้ำบางปะกง ในปี ค.ศ. 2000 พบว่าค่าความสกปรกที่วัดได้ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำในแม่น้ำ ตามกฎหมายของประเทศไทย ดังแสดงใน**รูปที่ 2. 12**

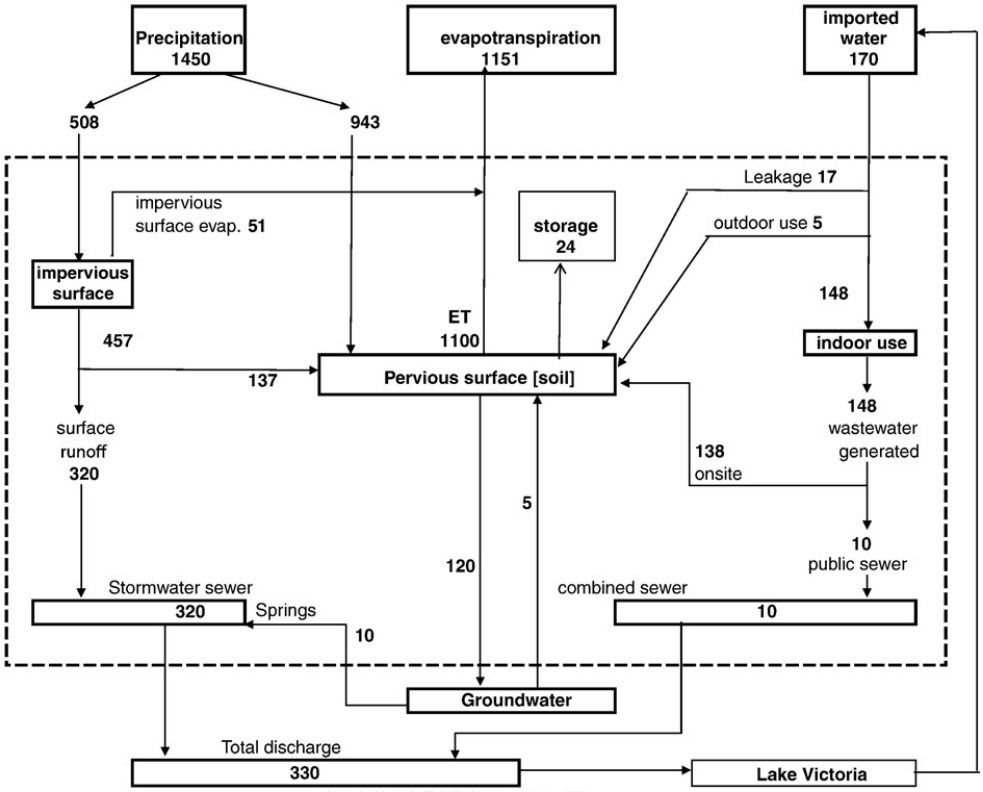


รูปที่ 2. 12 คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง ปี 2000 [51]

2.5.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการเกิดยูโทรฟิเคชัน

Cheevaporn (2003) [52] ได้ทำการศึกษามลภาวะทางน้ำ บริเวณอ่าวไทยตอนบน โดยวัดพารามิเตอร์ โลหะหนัก อุณหภูมิ ออกซิเจนอิ่มตัว ความขุ่น ฟีคอลคลอโรฟอร์มแบคทีเรีย บีโอดี ซีโอดี แอมโมเนียม ฟอสเฟต โดยทำการวัดตามสถานีต่างๆ จำนวน 11 สถานี พบว่ามีค่าสูงทุกพารามิเตอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารไนโตรเจน

Nyenje (2010) [53] ได้ทำการศึกษาการปล่อยธาตุอาหารที่มีผลกระทบต่อการเกิดยูโทรฟิเคชันใน ซัพซาฮาราน แอฟริกา พบว่าการเกิดยูโทรฟิเคชันในบริเวณซัพซาฮาราน แอฟริกา มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังพบว่าน้ำเสียชุมชนถูกรวบรวมไปบำบัดไม่ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัด ไหลลงสู่ธรรมชาติสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน**รูปที่ 2. 13**



รูปที่ 2. 13 ผังปริมาณน้ำผิวดิน (mm/y) ของเมือง Kampala city, Uganda [53]

Herbeck (2013) [54] ได้ทำการศึกษาการปล่อยธาตุอาหารที่มีผลต่อปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน จากบ่อเลี้ยงกุ้ง และบ่อเลี้ยงปลา ในเมือง NE Hainan ประเทศจีน พบอัตราการปล่อยไนโตรเจนมีค่าเท่ากับ 31.9 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ดังแสดงใน**ตารางที่ 2. 12**

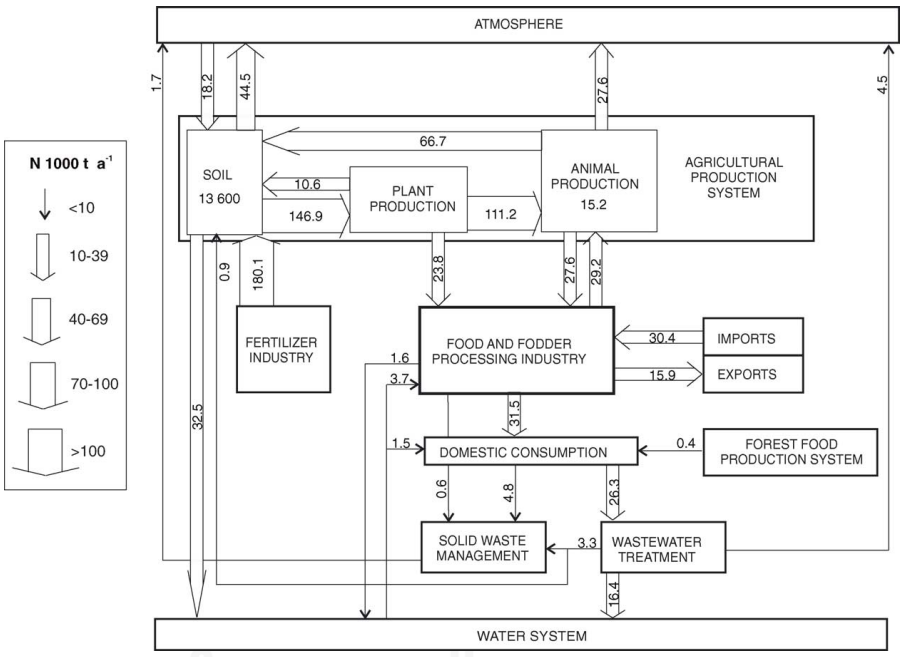
ตารางที่ 2. 12 การเปรียบเทียบการปล่อยธาตุอาหารจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั่วโลก [54]

	Net nitrogen export ($t\,km^{-2}\,yr^{-1}$)	Net phosphorus export ($t\,km^{-2}\,yr^{-1}$)	Reference
Intensive shrimp production			
NE Hainan, China	31.9	1.3[a]	this study
Thailand	60.2	6.1	Briggs & Funge-Smith (1994)
Thailand	143.4	42.4	Phillips (1994) cited by Beveridge et al. (1997)
Thailand	19.9	3.9	Robertson and Phillips (1995)
Australia	36.2	–	Jackson et al. (2003)
USA	119.8	8.1[a]	Hopkins et al. (1993)
Semi-intensive shrimp production			
Mexico	10.4	1.7	Páez-Osuna et al. (1997)
Honduras	35.6	4.8	Teichert-Coddington et al. (2000)
Columbia	6.4[b]	–	Rivera-Monroy et al. (1999)
Venezuela	9.1[b]	–	Clifford (1994) cited by Rivera-Monroy et al. (1999)
Vietnam	12.8	4.0	Robertson and Phillips (1995)
Bangladesh	34.4	11.5	Islam et al. (2004)
Thailand	2.9	2.7	Phillips (1994) cited by Beveridge et al. (1997)
Extensive shrimp production			
Bangladesh	1.6	0.6	Wahab et al. (2003)

[a] refers to PO_4^{3-}-phosphate only.
[b] refers to DIN-nitrogen only.

2.5.4 งานวิจัยเกี่ยวกับไนโตรเจน

Antikainen (2005) [55] ได้ทำการศึกษาผังการไหลของไนโตรเจน ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและบริโภคอาหารของชาวฟินแลนด์ พบว่าธาตุอาหารไนโตรเจนในระบบจะกระจายตัวอยู่ทั้งในแหล่งน้ำ อากาศ และในชั้นดิน ส่วนกระบวนการที่ใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนมากที่สุด ได้แก่ กระบวนการผลิตที่เกี่ยวกับสัตว์ มีจำนวนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ทั้งสิ้น 70 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน **รูปที่ 2. 14**



รูปที่ 2. 14 ผังการไหลของธาตุอาหารไนโตรเจนของกระบวนการผลิตอาหารในฟินแลนด์[55]

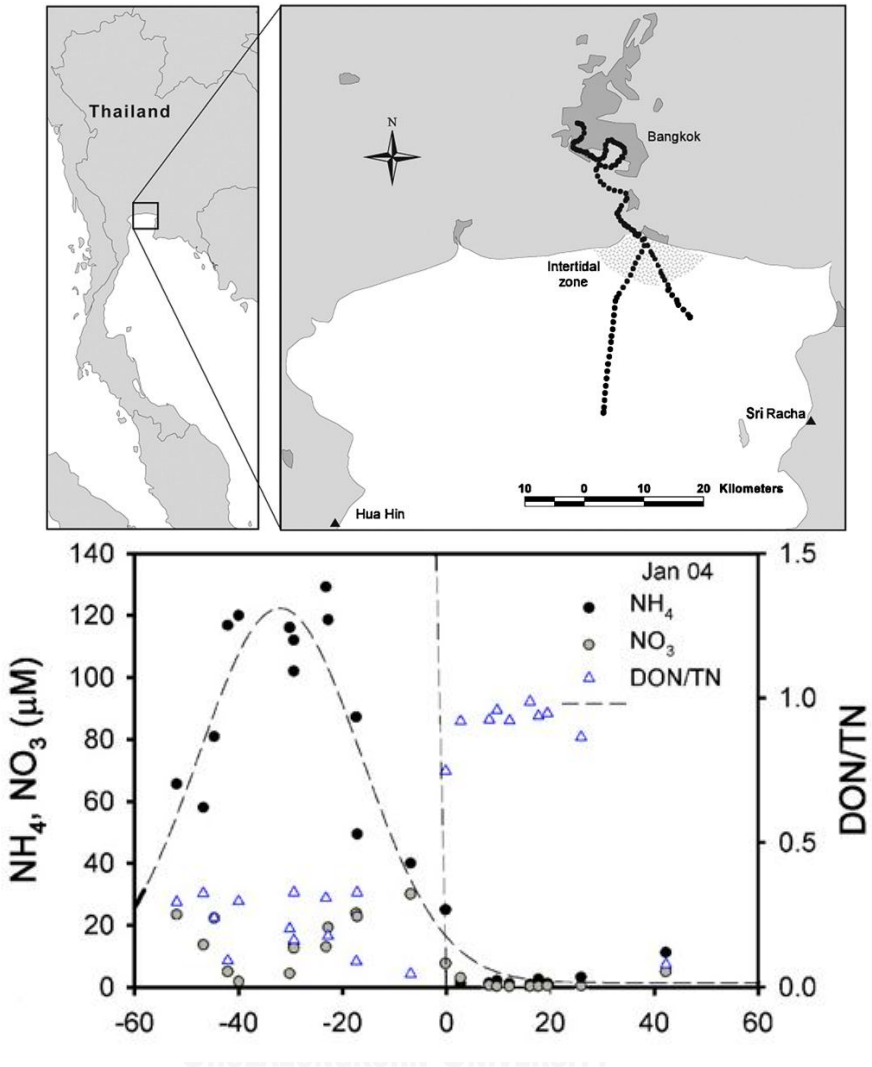
Fujimori (2007) [56] ได้ทำการพัฒนาตารางแสดงค่าปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ในปี 2001 พบว่ามนุษย์จะได้รับคาร์บอน 13,392 Tg ไนโตรเจน 248 Tg และฟอสฟอรัส 29.2 Tg จากธรรมชาติ ดังแสดงใน**ตารางที่ 2. 13**

ตารางที่ 2. 13 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่มนุษย์ได้รับจากกิจกรรมต่างๆ [56]

Products		Sectors													
		Activities										Consumption and stock		Foreign	Total
		Agriculture	Livestock	Forestry	Mining	Food production	Wood production	Chemistry	Petroleum coal production	Waste treatment	Others	Consumption	Stock change		
Commodities	Agricultural products	4.8	12.4	0.0	0.0	25.6	0.3	0.9	0.0	0.3	2.4	13.6		9.9	70.3
	Livestock products	0.7	0.7	0.0	0.0	6.9	0.1	0.3	0.0	0.1	1.2	4.3		3.2	17.5
	Forestry products	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.7	0.1		0.0	0.2	0.5		0.1	2.0
	Mining products														0.0
	Food products	0.1	1.5	0.0	0.0	5.9	0.1	0.4	0.0	0.4	2.2	14.9		7.0	32.4
	Wood products	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2		0.3	1.2
	Chemical products	75.8	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	30.3	116.1
	Fossil fuel products														
	Others	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	1.0	0.1	1.9	
Wastes	Crop residue	27.5	11.2												38.7
	Excrement	27.9	111.2							28.3		19.8			187.3
	Wood residue			0.8											0.8
	Other wastes						0.2			16.1		1.6			17.9
	Sludge									4.2					4.2
Environmental discharge	Waste disposal														0.0
	Sewage effluent														0.0
	N_2O														0.0
	NH_3														0.0
	NO_x														
	N_2														0.0
Environmental inputs		50.9	76.8	2.7	0.4	0.1	0.1	86.2	9.7	0.1	20.8	1.1			248.9
Stock inputs	Commodities														0.0
	Crop residue														0.0
	Wood residue														0.0
	Wastes														0.0
Total		187.8	217.7	3.7	0.5	38.8	1.8	88.0	9.7	49.7	27.6	57.1	5.8	50.9	739.3

Burnett (2007) [57] ได้ทำการศึกษามลภาวะจากธาตุอาหารของน้ำผิวดินที่ไหลมายังบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่ามีธาตุอาหารมากบริเวณอ่าวไทยตอนบนฝั่งหัวหิน มากกว่าอ่าวไทยตอนบนฝั่งศรีราชา ในช่วงฤดูฝน ดังแสดงใน

รูปที่ 2. 15



รูปที่ 2. 15 ลักษณะการไหลและปริมาณธาตุอาหารของน้ำผิวดินบริเวณอ่าวไทยตอนบน[57]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือช่วงแรกจะเป็นการศึกษารวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลในเบื้องต้นเพื่อทำการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น บริเวณลุ่มแม่น้ำบางปะกงตอนล่าง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา จากนั้นช่วงต่อไปจะเป็นช่วงของการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งจะเป็นการรวบรวมข้อมูลสถานการณ์ของกิจกรรมต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเกิดธาตุอาหารไนโตรเจนจากหน่วยงานต่างๆ ของภาครัฐ แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้โดยใช้หลักการ Mass Flow Analysis

3.1.1 การรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ก. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลแม่น้ำบางปะกง เช่น ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ สภาพแวดล้อม ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น เป็นต้น

ข. ใช้ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพน้ำตามสถานีต่างๆ ของกรมควบคุมมลพิษ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน รวมทั้งทิศทางการไหลของธาตุอาหารไนโตรเจนที่ไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกง

ค. รวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นในจังหวัดฉะเชิงเทราที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน เช่น ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม ภาคครัวเรือน น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย และน้ำทิ้งจากกระบวนการกำจัดขยะ

ง. รวบรวมวิธีการที่ใช้คำนวณปริมาณการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน จากกิจกรรมตามข้อ ค.

จ. วิเคราะห์ปริมาณการไหลโดยใช้หลักการ Mass Flow Analysis ของกิจกรรมในจังหวัดฉะเชิงเทรา

3.1.2 การรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

ก. รวบรวมข้อมูลสถิติของจังหวัดฉะเชิงเทราจากหัวข้อ 3.1.1 ข้อ ข. ตามกิจกรรมและวิธีการคำนวณ จากหน่วยงานภาครัฐ หรือเอกชน ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลดังกล่าวจะพิจารณาหาข้อมูลที่ใช้แทนดังนี้

- กรณีที่ไม่มีข้อมูลจากหน่วยงานรัฐ หรือเอกชน ให้ใช้ข้อมูลที่มีวิธีการคำนวณในการเปลี่ยนค่า
- ใช้ข้อมูลจากจังหวัดข้างเคียงที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน
- ใช้ข้อมูลเฉลี่ยจากทั้งประเทศ
- ใช้ข้อมูลจากงานวิจัย

ข. ทำการคำนวณตามวิธีการในหัวข้อ 3.1.1 ข้อ ง.

ค. รวบรวมผลการวิเคราะห์และจัดทำ Mass Flow Analysis ของกิจกรรมในจังหวัดฉะเชิงเทรา

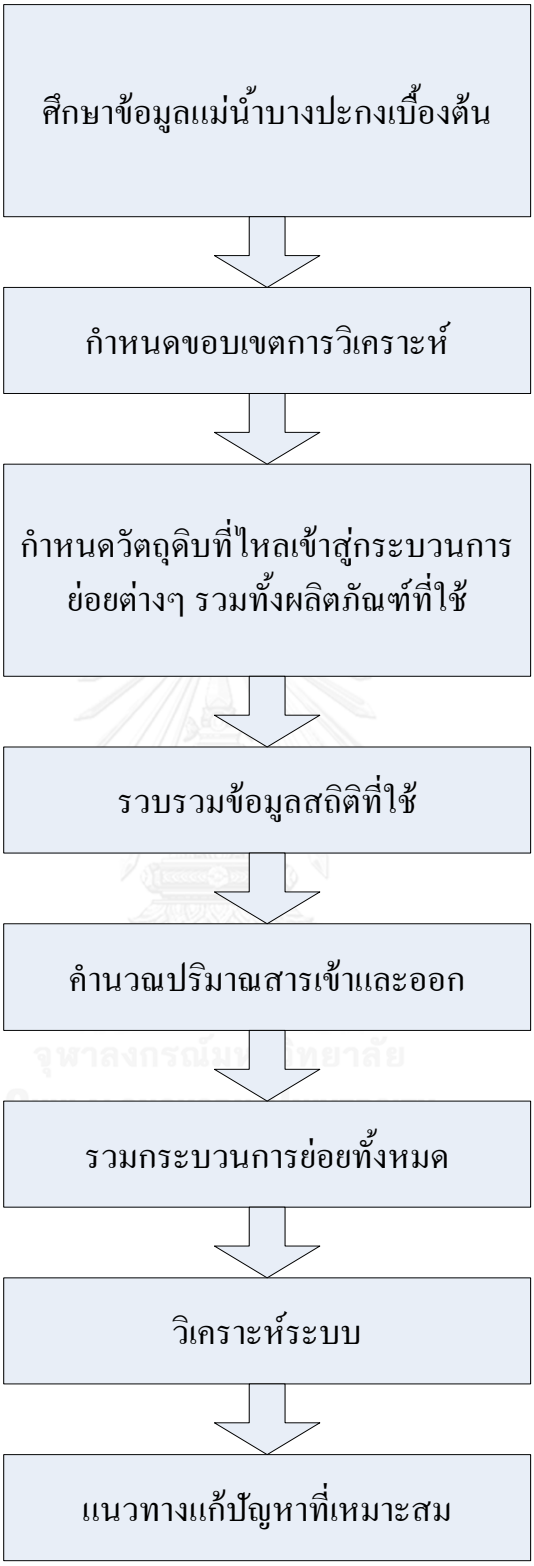
ง. วิเคราะห์หากิจกรรมที่มีสัดส่วนหลักในการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนลงสู่แม่น้ำบางปะกง

จ. เสนอแนวทางการลดปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากสาเหตุโดยตรง พร้อมทั้งคาดการณ์ผลกระทบที่จะลดลงได้หากมีการดำเนินการตามแนวทางที่ได้เสนอ

ฉ. สรุปแผนการแก้ไขปัญหาพร้อมแนวนโยบายที่เหมาะสมสำหรับการลดการปล่อยไนโตรเจนลงแม่น้ำบางปะกง

โดยขั้นตอนการทำงานวิจัยโดยสรุปเป็นไปดัง**รูปที่ 3. 1**

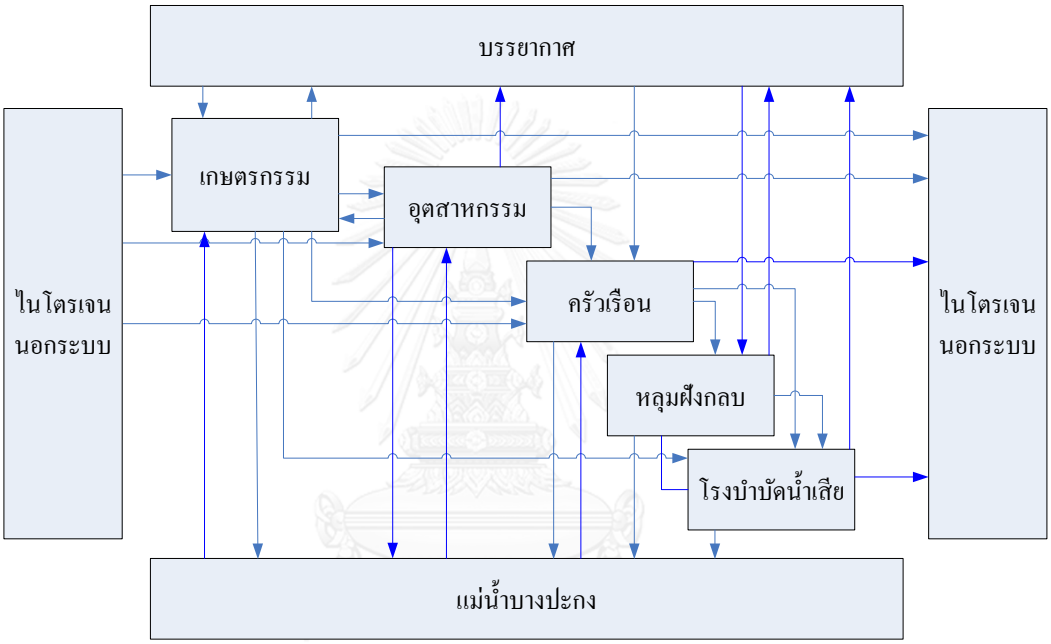
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3. 1 ขั้นตอนการทำงานวิจัยโดยสรุป

3.2 Mass Flow Analysis และ วิธีการคำนวณ

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นกิจกรรมหลักที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทราที่อาจส่งผลให้มีการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปต่างๆ ลงสู่แม่น้ำบางปะกงได้แก่ ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม ภาคครัวเรือน การจัดการขยะ และการบำบัดน้ำเสีย โดยทำการศึกษากระแสการไหลของไนโตรเจนในน้ำในรูปของไนโตรเจนรวม (TN) โดยกิจกรรมดังกล่าวในข้างต้นจะถูกนำไปจัดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม และแม่น้ำบางปะกงดัง**รูปที่ 3. 2**



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3. 2 Mass Flow บริเวณแม่น้ำบางปะกง เขตจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่คาดการณ์ไว้

ในการพัฒนาแผนผังการไหล ได้แบ่งการวิเคราะห์การไหลออกเป็นส่วนย่อยๆ ตามประเภทแหล่งกำเนิด โดยมีรายละเอียดในส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.2.1 ภาคการเกษตร

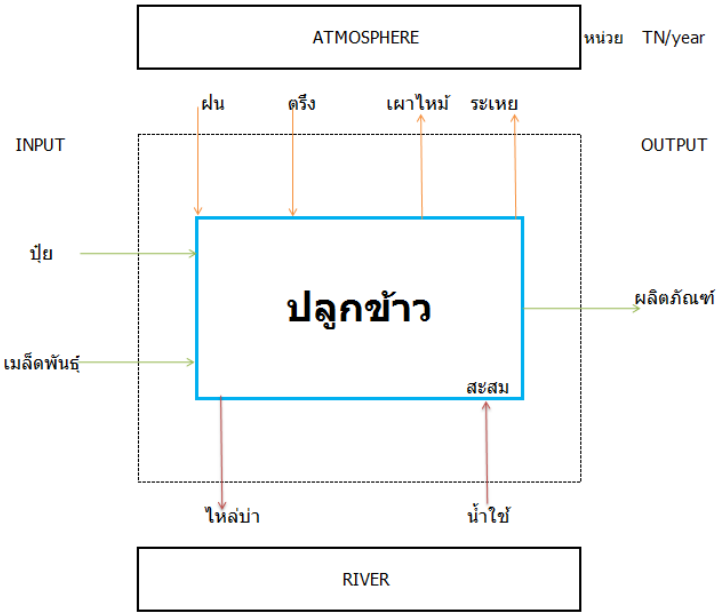
การรวบรวมข้อมูลจากภาคเกษตรกรรม เป็นการรวบรวมข้อมูลจากกิจกรรมการเกษตรที่ส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ทั้งจากการนำไปใช้และการปล่อยออกนอกระบบ โดยกิจกรรมทางการเกษตรที่ส่งผลกระทบต่อการไหลของธาตุอาหารไนโตรเจนได้แก่ การเพาะปลูก การปศุสัตว์ และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการหาปริมาณการไหลของธาตุอาหารไนโตรเจนได้ดังนี้

การเพาะปลูก

การรวบรวมข้อมูลจำนวนและประเภทเกษตรกรรมการเพาะปลูก เป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในรูปของการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยทำการรวบรวมจากข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี พ.ศ.2554 โดยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจะถูกนำมาใช้เพื่อการประเมินแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทพื้นที่เพาะปลูกซึ่งจัดอยู่ในประเภทแหล่งกำเนิดแบบไม่แน่นอน (non-point source) ในการประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากพื้นที่เพาะปลูกมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงจำนวนพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละเขตพื้นที่ ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการประเมินพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาถึงระดับจังหวัด สำหรับข้อมูลการเพาะปลูกซึ่งนำมาใช้ในการประเมินธาตุอาหารไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดเกษตรกรรม พิจารณาจำแนกประเภทการเพาะปลูกออกเป็น 2 ประเภท ซึ่งเป็นประเภทการเกษตรที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ได้แก่ นาข้าว และพืชไร่

ก. การเพาะปลูกข้าว

การเพาะปลูกข้าวมีการนำเข้าไนโตรเจนในระบบหลายรูปแบบทั้งไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจากการชลประทาน ไนโตรเจนจากฝน ไนโตรเจนจากเมล็ดพันธุ์ รวมถึงไนโตรเจนจากการตรึงไนโตรเจน ส่วนไนโตรเจนที่ถูกส่งออกนอกระบบจะออกจากระบบในรูปของการเผาไหม้ การระเหย การไหลบ่า ฟางข้าว และผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ยังมีไนโตรเจนสะสมอยู่ภายในระบบในรูปของการซึมดินอีกด้วย สำหรับรูปแบบของผังการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะปลูกข้าวสามารถแสดงได้ดัง**รูปที่ 3. 3**ส่วนรายละเอียดการรวบรวมปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3. 3 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะปลูกข้าว

- **ขาเข้า** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - การใส่ปุ๋ย

การประเมินปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดการเพาะปลูกข้าว แบ่งเป็นการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยโดยในหนึ่งรอบการเพาะปลูกจะมีการใส่ปุ๋ยทั้งหมดเท่ากับ 18.32 กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการเพาะปลูก[58] โดยนาปีมีการเพาะปลูกจำนวน 1 รอบต่อปี นาปรังมีการเพาะปลูกจำนวน 2 รอบต่อปี แล้วนำค่ามาคูณกับพื้นที่เพาะปลูก

  - การชลประทาน

การชลประทานสามารถคำนวณปริมาณการเกิดไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าจำนวนวันที่ข้าวต้องการน้ำ ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าที่ 86 วัน [59] คูณกับค่าปริมาณการใช้น้ำของข้าวที่ 8.52 มิลลิเมตรต่อวัน และคูณกับค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำชลประทาน ที่ในงานวิจัยนี้ใช้ตามค่าเฉลี่ยที่ 0.69 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

  - ฝน

ไนโตรเจนจากฝนสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณไนโตรเจนจากฝน [60] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.93 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี คูณกับพื้นที่เพาะปลูก

- เมล็ดพันธุ์

การประเมินปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากเมล็ดพันธุ์ในการเพาะปลูกข้าว คำนวณได้จากการนำค่าปริมาณไนโตรเจนจากเมล็ดพันธุ์เท่ากับ 7.98 กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการเพาะปลูก[58] โดยนาปีมีการเพาะปลูกจำนวน 1 รอบต่อปี นาปรังมีการเพาะปลูกจำนวน 2 รอบต่อปี แล้วนำมาคูณกับพื้นที่เพาะปลูก

- การตรึง

การประเมินปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากการตรึงในการเพาะปลูกข้าว คำนวณได้จากการนำค่าปริมาณไนโตรเจนจากการตรึงมีค่าเท่ากับ 6.61 กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการเพาะปลูก[61] โดยนาปีมีการเพาะปลูกจำนวน 1 รอบต่อปี นาปรังมีการเพาะปลูกจำนวน 2 รอบต่อปี แล้วนำมาคูณกับพื้นที่เพาะปลูก

- **ขาออก** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่ออกจากระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - ระเหย

ไนโตรเจนระเหยสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการระเหย [62] ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.20 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

- ไหลบ่า

ไนโตรเจนไหลบ่าสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการไหลบ่า [63] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.07 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

- ผลิตภัณฑ์

ไนโตรเจนในข้าวสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณไนโตรเจนในข้าว [61] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.55 กรัมต่อตารางเมตร คูณกับพื้นที่เพาะปลูก

- การเผาไหม้

ไนโตรเจนจากการเผาไหม้สามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าร้อยละปริมาณไนโตรเจนจากการเผาไหม้ [64] ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 7.85 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

- ฟางข้าว

ไนโตรเจนในฟางข้าวสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณฟางข้าวในนาเฉลี่ย [65] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 800 กิโลกรัมต่อไร่ คูณกับพื้นที่เพาะปลูก และคูณกับสัดส่วนไนโตรเจนสะสมในฟางข้าว [66] จำนวนร้อยละ 1.57

- **สะสม** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่สะสมอยู่ภายในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - ซึมดิน

ไนโตรเจนซึมดินสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการซึมดิน [63] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.10 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

สมการการคำนวณทั้งหมดสามารถดัง**ตารางที่ 3. 1 ตารางที่ 3. 2 ตารางที่ 3. 3** และรายละเอียดรวบรวมข้อมูลสามารถอธิบายได้ดังนี้

$N(Rice)_{inf} = N_{FE} + N_{IR} + N_{RA} + N_{FD} + N_{FI}$

$N(Rice)_{inf}$ = Nitrogen Influent From Rice
= ไนโตรเจนขาเข้าจากการเพาะปลูกข้าว

N_{FE} = Nitrogen From Fertilizer
= ไนโตรเจนจากปุ๋ย

N_{IR} = Nitrogen From Irrigation
= ไนโตรเจนจากชลประทาน

N_{RA} = Nitrogen From Rain
= ไนโตรเจนจากฝน

N_{FD} = Nitrogen From Feeding
= ไนโตรเจนจากเมล็ดพันธุ์

N_{FI} = Nitrogen From Fixation
= ไนโตรเจนจากการตรึง

$N(Rice)_{eff} = N_{CO} + N_{EV} + N_{RO} + N_{P} + N_{ST}$

$N(Rice)_{eff}$ = Nitrogen Effluent From Rice
= ไนโตรเจนขาออกจากการเพาะปลูกข้าว

N_{CO} = Nitrogen From Combustion
= ไนโตรเจนจากการเผาไหม้

N_{EV} = Nitrogen From Evaporate
= ไนโตรเจนจากการระเหย

N_{RO} = Nitrogen From Run Off
= ไนโตรเจนจากน้ำไหลบ่า

N_{P} = Nitrogen From Product
= ไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์

N_{ST} = Nitrogen In Straw
= ไนโตรเจนในฟาง

ตารางที่ 3. 1 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของการเพาะปลูกข้าว

ปลูกข้าว						
ขาเข้า						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
ปุ๋ย	$N_{FE} = V_{FE} \times L \times A_{Rice}$	V_{FE}	ปริมาณNในปุ๋ย	ภาคผนวก 3	kg/rai/loop	[58]
		L	รอบการปลูก	ภาคผนวก 3	loop	[67]
		A_{Rice}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 2	rai	[26]
ชลประทาน	$N_{IR} = D_P \times V_{IR} \times N_{RI} \times A_{Rice}$	D_P	จำนวนวันที่ต้องใช้น้ำ	86	day	[59]
		V_{IR}	ปริมาณการใช้น้ำ	8.52	mm/D	[59]
		N_{RI}	ไนโตรเจนในแม่น้ำ	ภาคผนวก 3	mg/L	[1]
		A_{Rice}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 2	rai	[26]
ฝน	$N_{RA} = N_R \times A_{Rice}$	N_R	ไนโตรเจนจากฝน	0.93	Kg/rai/y	[60]
		A_{Rice}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 2	rai	[26]
เมล็ดพันธุ์	$N_{FD} = V_{FD} \times L \times A_{Rice}$	V_{FD}	ปริมาณNในเมล็ดพันธุ์	ภาคผนวก 3	kg/rai/loop	[58]
		L	รอบการปลูก	ภาคผนวก 3	loop	[67]
		A_{Rice}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 2	rai	[26]
การตรึง	$N_{FI} = V_{FI} \times L \times A_{Rice}$	V_{FI}	ปริมาณNจากการตรึง	ภาคผนวก 3	kg/rai/loop	[61]
		L	รอบการปลูก	ภาคผนวก 3	loop	[67]
		A_{Rice}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 2	rai	[26]

ตารางที่ 3. 2 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของการเพาะปลูกข้าว

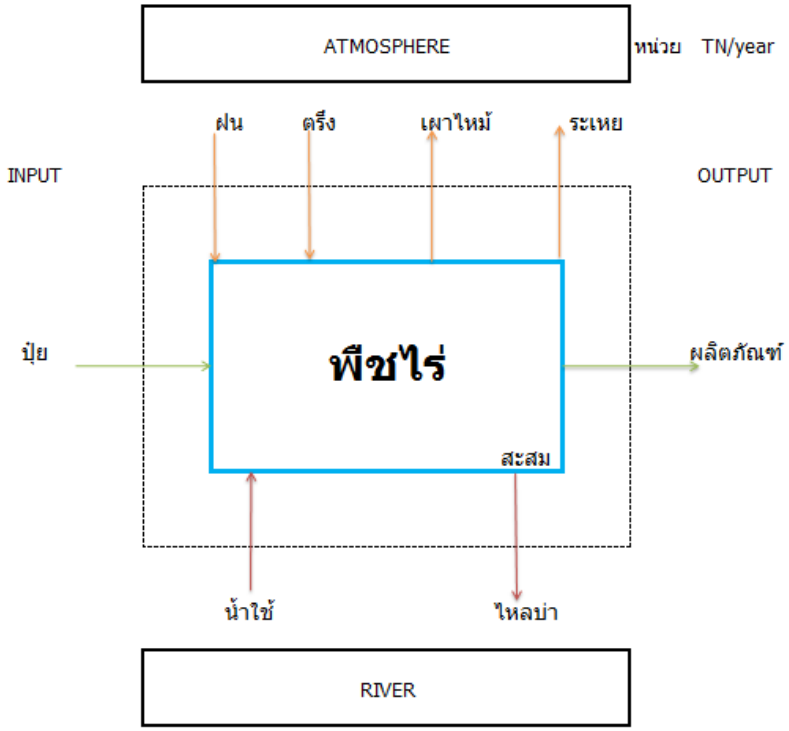
ปลูกข้าว						
ขาออก						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
การเผาไหม้	$N_{CO} = N(Rice)_{inf} \times A_C$	$N(Rice)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		A_C	สัดส่วนการเผาไหม้	7.85	%	[64]
การระเหย	$N_{EV} = N(Rice)_{inf} \times E_F$	$N(Rice)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		E_F	สัดส่วนการระเหย	1.20 %	byN	[62]
การไหลบ่า	$N_{RO} = N(Rice)_{inf} \times R_F$	$N(Rice)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		R_F	สัดส่วนการไหลบ่า	0.07	byN	[63]
ผลิตภัณฑ์	$N_P = N_R \times A_{Rice}$	N_R	ไนโตรเจนในข้าว	11.55	g/m^2	[61]
		A_{Rice}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 2	rai	[26]
ฟางข้าว	$N_{ST} = N_{str} \times N_F \times A_{Rice}$	N_{str}	ฟางข้าว	800	kg/rai	[65]
		N_F	สัดส่วนไนโตรเจนในฟาง	1.57	%	[66]
		A_{Rice}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 2	rai	[26]

ตารางที่ 3. 3 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของการเพาะปลูกข้าว

ปลูกข้าว						
สะสม						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
การซึม	$N_{AB} = N(Rice)_{inf} \times A_F$	$N(Rice)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		A_F	สัดส่วนการซึม	0.10	byN	[63]

ข. การเพาะปลูกพืชไร่

การเพาะปลูกพืชไร่มีการนำเข้าไนโตรเจนในระบบหลายรูปแบบทั้งไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ย ไนโตรเจนจากการชลประทาน ไนโตรเจนจากฝน รวมถึงไนโตรเจนจากการตรึง ส่วนไนโตรเจนที่ถูกส่งออกนอกระบบจะออกจากระบบในรูปของ การระเหย การไหลบ่า ผลิตภัณฑ์ และการเผาไหม้ ทั้งนี้ยังมีไนโตรเจนสะสมอยู่ภายในระบบในรูปของการซึมดิน และไนโตรเจนสะสมในพืชอีกด้วย สำหรับรูปแบบของผังการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะปลูกพืชไร่สามารถแสดงได้ดัง**รูปที่ 3. 4** ส่วนรายละเอียดการรวบรวมปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3. 4 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะปลูกพืชไร่

- **ขาเข้า** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้

  - การใส่ปุ๋ย

การประเมินปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดการเพาะปลูกพืชไร่ ใช้อัตราการใส่ปุ๋ยในพืชแต่ละชนิด คูณกับรอบการเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิด คูณกับสัดส่วนไนโตรเจนในปุ๋ย คูณกับจำนวนรอบการใส่ปุ๋ย และคูณกับพื้นที่เพาะปลูก ดัง**ตารางที่ 3. 4**

ตารางที่ 3. 4 ปริมาณไนโตรเจนที่มาจากการใส่ปุ๋ย[68]

ชนิดพืช	รอบการปลูก/ปี	ความหนาแน่นพืช (ต้น/ไร่)	การใส่ปุ๋ย		สัดส่วนไนโตรเจน (ร้อยละ)	รอบการใส่ปุ๋ย/ปี
			อัตรา	หน่วย		
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ระยะเริ่มปลูก	3	-	50	กก./ไร่/รอบ	15	3
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ระยะหลังปลูก	1	-	25	กก./ไร่/รอบ	46	3
มันสำปะหลัง	1	-	70	กก./ไร่/ปี	15	1
สับปะรด	1	-	68	กก.N/ไร่/ปี	-	1
ยางพาราระยะก่อนกรีด	1	75	2	กก./ต้น/ปี	20	1
ยางพาราระยะหลังกรีด	1	75	1	กก./ต้น/รอบ	30	2
ปาล์มน้ำมัน	1	20	1.50	กก./ต้น/รอบ	21	2

- การชลประทาน

การชลประทานสามารถคำนวณปริมาณการเกิดไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าจำนวนรอบในการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด คูณกับค่าความต้องการน้ำในการชลประทานของพืชแต่ละชนิด โดยการเพาะปลูกข้าวโพด และปาล์มน้ำมัน ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 400 มิลลิเมตรต่อรอบ [59] การเพาะปลูกมันสำปะหลัง สับปะรด และยางพารา ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 1,250 มิลลิเมตรต่อรอบ [59] คูณกับพื้นที่เพาะปลูก และคูณกับค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำชลประทาน ที่ในงานวิจัยนี้ใช้ตามค่าเฉลี่ยที่ 0.69 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

- ฝน

ไนโตรเจนจากฝนสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณไนโตรเจนจากฝน [60] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.93 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี คูณกับพื้นที่เพาะปลูก

- การตรึง

การประเมินปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากการตรึงในการเพาะปลูกพืชไร่ คำนวณได้จากการนำพื้นที่เพาะปลูก คูณกับค่าปริมาณไนโตรเจนจากการตรึงดังแสดงใน**ตารางที่ 3. 5**

ตารางที่ 3. 5 ปริมาณไนโตรเจนจากการตรึงในการเพาะปลูกพืชไร่ [58]

ประเภทพืชไร่	ปริมาณไนโตรเจนจากการตรึง	หน่วย
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	1.28	Kg/rai/year
มันสำปะหลัง	0.40	Kg/rai/year
สับปะรด	0.34	Kg/rai/year
ยางพารา	0.26	Kg/rai/year
ปาล์มน้ำมัน	0.11	Kg/rai/year

- **ขาออก** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่ออกจากระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - การเผาไหม้

ไนโตรเจนจากการเผาไหม้สามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าร้อยละปริมาณไนโตรเจนจากการเผาไหม้ [64] ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 7.66 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

  - ระเหย

ไนโตรเจนระเหยสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการระเหย [69] ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.44 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

  - ไหลบ่า

ไนโตรเจนไหลบ่าสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการไหลบ่า [63] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.07 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

  - ผลิตภัณฑ์

การประเมินปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์ในการเพาะปลูกพืชไร่ คำนวณได้จากการนำพื้นที่เพาะปลูก คูณกับจำนวนรอบในการปลูก และคูณกับค่าปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์ดังแสดงใน**ตารางที่ 3. 6**

ตารางที่ 3. 6 ปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์จากการเพาะปลูกพืชไร่ [70]

ประเภทพืชไร่	ปริมาณไนโตรเจนจากการตรึง	หน่วย
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	19.46	Kg/rai/loop
มันสำปะหลัง	18.66	Kg/rai/loop
สับปะรด	18.98	Kg/rai/loop
ยางพารา	2.60	Kg/rai/loop
ปาล์มน้ำมัน	3.12	Kg/rai/loop

- **สะสม** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่สะสมอยู่ภายในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
    - ซึมดิน

ไนโตรเจนซึมดินสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการซึมดิน [63] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.10 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

    - สะสมในระบบ

ไนโตรเจนสะสมในระบบสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนไนโตรเจนสะสม [71] ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดัง**ตารางที่ 3. 7** คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

ตารางที่ 3. 7 สัดส่วนไนโตรเจนสะสมในระบบ [71]

พืชไร่	**สัดส่วนไนโตรเจนสะสม (ร้อยละ)**
ข้าวโพด	17
มันสำปะหลัง	20
สับปะรด	18
ยางพารา	25
ปาล์มน้ำมัน	17

สมการการคำนวณทั้งหมดสามารถดัง**ตารางที่ 3. 8 ตารางที่ 3. 9 ตารางที่ 3. 10** และรายละเอียดรวบรวมข้อมูลสามารถอธิบายได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$N(Cul)_{inf}$ = $N_{FE} + N_{IR} + N_{RA} + N_{FI}$

$N(Cul)_{inf}$ = Nitrogen Influent From Culture

= ไนโตรเจนขาเข้าจากการเพาะปลูกพืชไร่

N_{FE} = Nitrogen From Fertilizer

= ไนโตรเจนจากปุ๋ย

N_{IR} = Nitrogen From Irrigation

= ไนโตรเจนจากชลประทาน

N_{RA} = Nitrogen From Rain

= ไนโตรเจนจากฝน

N_{FI} = Nitrogen From Fixation

= ไนโตรเจนจากการตรึง

$N(Cul)_{eff}$ = $N_{CO} + N_{EV} + N_{RO} + N_{P}$

$N(Cul)_{eff}$ = Nitrogen Effluent From Rice

= ไนโตรเจนขาออกจากการเพาะปลูกข้าว

N_{CO} = Nitrogen From Combustion

= ไนโตรเจนจากการเผาไหม้

N_{EV} = Nitrogen From Evaporate

= ไนโตรเจนจากการระเหย

N_{RO} = Nitrogen From Run Off

= ไนโตรเจนจากน้ำไหลบ่า

N_{P} = Nitrogen From Product

= ไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3. 8 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของการเพาะปลูกพืชไร่

ปลูกพืชไร่						
ขาเข้า						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
ปุ๋ย	$N_{FE} = V_{FE} \times (N/V_{FE}) \times A_{Rice}$	V_{FE}	ปริมาณการใส่ปุ๋ย	คำนวณ	kg/rai	-
		N/V_{FE}	สัดส่วน N/V_{FE}	ภาคผนวก 21	by V_{FE}	[71]
		A_{Rice}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 20	rai	[26]
ชลประทาน	$N_{IR} = L_P \times V_{IR} \times N_{RI} \times A_{Rice}$	L_P	จำนวนรอบในการปลูก	ภาคผนวก 21	loop	[59]
		V_{IR}	ปริมาณการใช้น้ำ	ภาคผนวก 21	mm/loop	-
		N_{RI}	ไนโตรเจนในแม่น้ำ	ภาคผนวก 21	mg/L	[1]
		A_{Rice}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 20	rai	[26]
ฝน	$N_{RA} = N_R \times A_{Rice}$	N_R	ไนโตรเจนจากฝน	0.93	Kg/rai/y	[60]
		A_{Rice}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 20	rai	[26]
การตรึง	$N_{FI} = V_{FI} \times A_C$	V_{FI}	ปริมาณNจากการตรึง	ภาคผนวก 21	kg/rai/year	[58]
		A_C	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 20	rai	[26]

ตารางที่ 3. 9 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของการเพาะปลูกพืชไร่

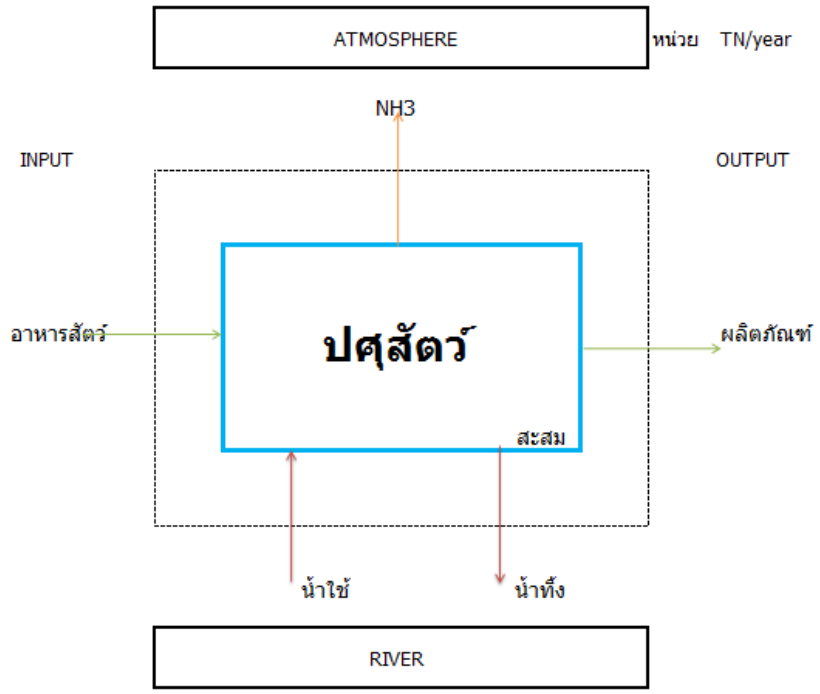
ปลูกพืชไร่						
ขาออก						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
การเผาไหม้	$N_{CO} = N(Cul)_{inf} \times A_C$	$N(Cul)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		A_C	สัดส่วนการเผาไหม้	7.66	%	[64]
การระเหย	$N_{EV} = N(Cul)_{inf} \times E_F$	$N(Cul)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		E_F	สัดส่วนการระเหย	2.44 %	byN	[69]
การไหลบ่า	$N_{RO} = N(Cul)_{inf} \times R_F$	$N(Cul)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		R_F	สัดส่วนการไหลบ่า	0.07	byN	[63]
ผลิตภัณฑ์	$N_P = N_R \times A_{Cul}$	N_R	ไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์	ภาคผนวก 19	Kg/rai/y	[1]
		A_{Cul}	พื้นที่เพาะปลูก	ภาคผนวก 20	rai	[26]

ตารางที่ 3. 10 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของการเพาะปลูกพืชไร่

ปลูกพืชไร่						
สะสม						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
สะสม	$N_{acc} = N_F \times N(Cul)_{inf}$	N_F	สัดส่วนไนโตรเจนสะสม	ภาคผนวก 22	%	[66]
		$N(Cul)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
การซึม	$N_{AB} = N(Cul)_{inf} \times A_F$	$N(Cul)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		A_F	สัดส่วนการซึม	0.10	byN	[63]

ปศุสัตว์

การเพาะเลี้ยงปศุสัตว์มีการนำเข้าไนโตรเจนในระบบหลายรูปแบบทั้งไนโตรเจนจากอาหารสัตว์ และไนโตรเจนจากน้ำใช้ ส่วนไนโตรเจนที่ถูกส่งออกนอกระบบจะออกจากระบบในรูปของการปล่อย NH_3 น้ำเสีย ผลิตภัณฑ์ และของเสีย ทั้งนี้ยังมีไนโตรเจนสะสมอยู่ภายในระบบในสัตว์อีกด้วย สำหรับรูปแบบของผังการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์สามารถแสดงได้ดัง**รูปที่ 3. 5** ส่วนรายละเอียดการรวบรวมปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3. 5 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์

- **ขาเข้า** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - อาหารเพาะเลี้ยงปศุสัตว์

อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์สามารถคำนวณปริมาณการเกิดไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าน้ำหนักอาหารแห้งที่สัตว์ต้องการ คูณกับจำนวนรอบการเพาะเลี้ยง คูณกับสัดส่วนไนโตรเจนในอาหาร และคูณกับจำนวนปศุสัตว์ ดังแสดงใน**ตารางที่ 3. 11**

ตารางที่ 3. 11 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากอาหารเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ [72]

ชนิดปศุสัตว์	ปริมาณอาหารที่ต้องการ		รอบการเลี้ยง (รอบ/ปี)	สัดส่วนไนโตรเจนในอาหาร (ร้อยละ)
	อัตรา	หน่วย		
โคนม	48	ปอนด์/ตัว/วัน	1	2.72
โคเนื้อ	21	ปอนด์/ตัว/วัน	1	1.92
สุกร	711	ปอนด์/ตัว/รอบ	5	2.64
ไก่ไข่	194	ปอนด์/1,000ตัว/วัน	1	2.62
ไก่เนื้อ	8.40	ปอนด์/ตัว/รอบ	15	3.36
เป็ดไข่	194	ปอนด์/1,000ตัว/วัน	1	2.62
เป็ดเนื้อ	8.40	ปอนด์/ตัว/รอบ	15	3.36

  - การใช้น้ำ

การใช้น้ำสามารถคำนวณปริมาณการเกิดไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าปริมาณน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงปศุสัตว์ (**ตารางที่ 3. 12**) คูณกับค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำใช้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าที่ 0.54 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร [73] และคูณกับจำนวนปศุสัตว์

ตารางที่ 3. 12 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากการใช้น้ำ [74]

ชนิดปศุสัตว์	**ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง(ลิตร/ตัว/วัน)**
โคนม	25
โคเนื้อ	25
สุกร	48
ไก่ไข่	0.25
ไก่เนื้อ	0.17
เป็ดไข่	0.12
เป็ดเนื้อ	0.25

- **ขาออก** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่ออกจากระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - การปล่อย NH_3

การปล่อย NH_3 สามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณการปลดปล่อย NH_3 จากการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ (**ตารางที่ 3. 13**) คูณกับจำนวนปศุสัตว์

ตารางที่ 3. 13 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากการปล่อย NH_3 [75]

ชนิดปศุสัตว์	**ปริมาณการปล่อย NH_3 (กก./ตัว/ปี)**
โคนม	8.80
โคเนื้อ	5.70
สุกร	8.00
ไก่ไข่	0.20
ไก่เนื้อ	1.00
เป็ดไข่	0.20
เป็ดเนื้อ	1.00

  - ระบบบำบัดน้ำเสีย

ไนโตรเจนจากระบบบำบัดน้ำเสียคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ (**ตารางที่ 3. 12**) คูณกับความเข้มข้นไนโตรเจนหลังการบำบัด ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าที่ 196 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร [1] คูณกับจำนวนปศุสัตว์

  - ผลิตภัณฑ์

ไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์จากการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ สามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าน้ำหนักผลิตภัณฑ์ [76] คูณกับค่าปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ [77] ดังแสดงใน**ตารางที่ 3. 14** คูณกับสัดส่วนไนโตรเจนต่อโปรตีน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 1/6.25 [35] คูณกับจำนวนปศุสัตว์

ตารางที่ 3. 14 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากผลิตภัณฑ์

ชนิดปศุสัตว์	น้ำหนักผลิตภัณฑ์ (กก./ตัว)	ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ฟอง/ตัว/ปี)	โปรตีนในผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ)
โคนม	250	-	14.70
โคเนื้อ	446.70	-	14.70
สุกร	100	-	9.80
ไก่ไข่	0.06	290	10.60
ไก่เนื้อ	1.49	-	24.50
เป็ดไข่	0.06	165	11.30
เป็ดเนื้อ	2.82	-	17.00

- ของเสีย

ไนโตรเจนจากของเสียในการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์สามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนของเสียต่อน้ำหนักอาหารแห้ง คูณกับน้ำหนักอาหารแห้ง คูณกับสัดส่วนไนโตรเจนในของเสีย ดังแสดงใน **ตารางที่ 3. 15** คูณกับจำนวนปศุสัตว์

ตารางที่ 3. 15 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากของเสีย [72]

ชนิดปศุสัตว์	สัดส่วนของเสียต่อน้ำหนักอาหารแห้ง (ร้อยละ)	สัดส่วนไนโตรเจนในของเสีย (ร้อยละ)
โคนม	38	5.24
โคเนื้อ	24	6.74
สุกร	21	8.23
ไก่ไข่	22	7.40
ไก่เนื้อ	21	8.52
เป็ดไข่	22	7.40
เป็ดเนื้อ	21	8.52

- **สะสม** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่สะสมอยู่ภายในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - ไนโตรเจนสะสม

ไนโตรเจนสะสมในการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์สามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณไนโตรเจนสะสมในสัตว์ ดังแสดงใน**ตารางที่ 3. 16** คูณกับจำนวนปศุสัตว์

ตารางที่ 3. 16 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม [78]

ชนิดปศุสัตว์	ปริมาณไนโตรเจนสะสม	หน่วย
โคนม	10.14	Kg/cap/year
ไก่ไข่	0.12	Kg/cap/year
เป็ดไข่	0.12	Kg/cap/year

สมการการคำนวณทั้งหมดสามารถดัง**ตารางที่ 3. 17 ตารางที่ 3. 18 ตารางที่ 3. 19** และรายละเอียดรวบรวมข้อมูลสามารถอธิบายได้ดังนี้

$$N(LS)_{inf} = N_{FD} + N_{TW}$$

$N(LS)_{inf}$ = Nitrogen Influent From Livestock

= ไนโตรเจนขาเข้าจากการปศุสัตว์

N_{FD} = Nitrogen From Food

= ไนโตรเจนจากอาหาร

N_{TW} = Nitrogen From Tab Water

= ไนโตรเจนจากน้ำใช้

$$N(LS)_{eff} = N_{Gas} + N_{WP} + N_P + N_W$$

$N(LS)_{eff}$ = Nitrogen Effluent From Livestock

= ไนโตรเจนขาออกจากการปศุสัตว์

N_{Gas} = Nitrogen From NH_3

= ไนโตรเจนจากการปล่อย NH_3

N_{WP} = Nitrogen From Waste Water Treatment Plant

= ไนโตรเจนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

N_P = Nitrogen From Product

= ไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์

N_W = Nitrogen From Waste

= ไนโตรเจนจากของเสีย

ตารางที่ 3. 17 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์

ปศุสัตว์						
ขาเข้า						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
อาหาร	$N_{FD} = V_{FD} \times L_P \times (N/V_{FD}) \times C_{LS}$	V_{FD}	ปริมาณอาหาร	ภาคผนวก 10	pound/cap	[72]
		L_P	จำนวนรอบในการเลี้ยง	ภาคผนวก 10	loop	[72]
		N/V_{FD}	สัดส่วน N/V_{FD}	ภาคผนวก 10	%	[72]
		C_{LS}	จำนวนปศุสัตว์	ภาคผนวก 8	cap	[27]
น้ำใช้	$N_{TW} = V_{TW} \times Q_{TW} \times C_{LS}$	V_{TW}	ปริมาณน้ำใช้	ภาคผนวก 10	L/cap	[35]
		Q_{TW}	ไนโตรเจนในน้ำใช้	ภาคผนวก 10	mg/L	[79]
		C_{LS}	จำนวนปศุสัตว์	ภาคผนวก 8	cap	[27]

ตารางที่ 3. 18 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์

ปศุสัตว์						
ขาออก						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
NH_3	$N_{Gas} = V_N \times C_{LS}$	V_N	ปริมาณการปล่อย NH_3	ภาคผนวก 9	kg/cap/y	[75]
		C_{LS}	จำนวนปศุสัตว์	ภาคผนวก 8	cap	[27]
ระบบบำบัด	$N_{WP} = V_N \times Q_N \times C_{LS}$	V_N	ปริมาณน้ำเสีย	ภาคผนวก 10	L/cap/y	[35]
		Q_N	ไนโตรเจนหลังบำบัด	196	mg/L	[1]
		C_{LS}	จำนวนปศุสัตว์	ภาคผนวก 8	cap	[27]
ผลิตภัณฑ์	$N_P = W_P \times P_P \times (N/P) \times C_{LS}$	W_P	น้ำหนักผลิตภัณฑ์	ภาคผนวก 10	kg/cap	[76]
		P_P	โปรตีนในผลิตภัณฑ์	ภาคผนวก 10	%	[77]
		N/P	สัดส่วน N/P	1/6.25	byP	[35]
		C_{LS}	จำนวนปศุสัตว์	ภาคผนวก 8	cap	[27]
ของเสีย	$N_{acc} = N_S \times C_{LS}$	N_S	ไนโตรเจนในกากของเสีย	ภาคผนวก 9	Kg/cap	[72]
		C_{LS}	จำนวนปศุสัตว์	ภาคผนวก 8	Cap	[27]

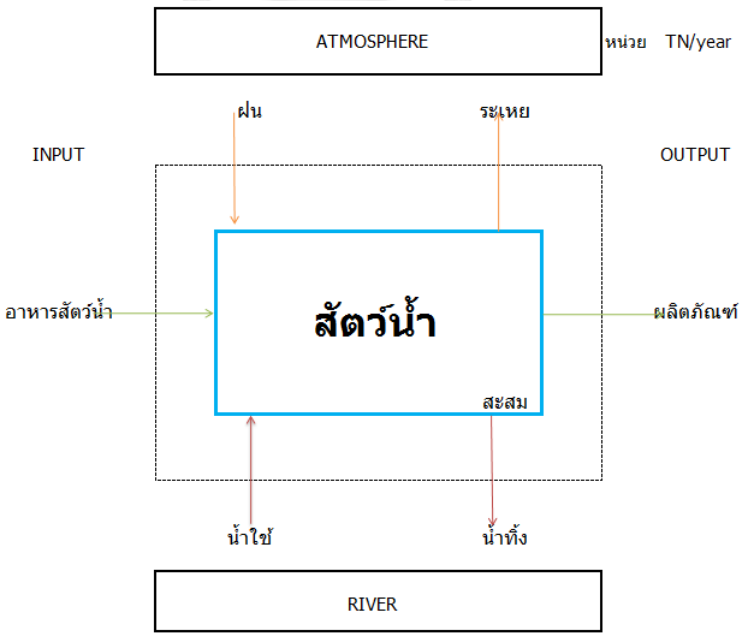
ตารางที่ 3. 19 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์

ปศุสัตว์						
สะสม						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
สะสม	$N_W = N_S \times C_{LS}$	N_S	ไนโตรเจนในกากของเสีย	ภาคผนวก 11	Kg/cap/year	[58]
		C_{LS}	จำนวนปศุสัตว์	ภาคผนวก 8	Cap	[27]

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีการเพาะเลี้ยงปลา และกุ้ง ซึ่งในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีลักษณะการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลา ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าคำนวณต่างๆ ในการเพาะเลี้ยงปลาจากการเพาะเลี้ยงปลานิลเป็นหลัก ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำดังกล่าวมีการนำเข้าไนโตรเจนในระบบหลายรูปแบบทั้งไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ย ไนโตรเจนจากอาหาร ไนโตรเจนจากการชลประทาน และไนโตรเจนจากฝน ส่วนไนโตรเจนที่ถูกส่งออกนอกระบบจะออกจากระบบในรูปของ การระเหย น้ำทิ้ง และผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ยังมีไนโตรเจนสะสมอยู่ในรูปของการซึมดิน และของเสียภายในระบบอีกด้วย สำหรับรูปแบบของผังการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถแสดงได้

รูปที่ 3. 6 ส่วนรายละเอียดการรวบรวมปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3. 6 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

- **ขาเข้า** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - การใส่ปุ๋ย

การประเมินปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ใช้อัตราการใส่ปุ๋ยในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละชนิด คูณกับความเข้มข้นไนโตรเจนในปุ๋ย และคูณกับพื้นที่เพาะเลี้ยง ดัง**ตารางที่ 3. 20**

ตารางที่ 3. 20 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากการใส่ปุ๋ย [80]

ชนิดสัตว์น้ำ	ปริมาณการใส่ปุ๋ย (กก./ไร่/เดือน)	ความเข้มข้นไนโตรเจนในปุ๋ย (กรัมไนโตรเจน/กก.)
ปลา	450	60
กุ้ง	47.50	60

  - อาหารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

อาหารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถคำนวณปริมาณการเกิดไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าอัตราการแลกเนื้อ คูณกับสัดส่วนโปรตีน คูณกับสัดส่วนไนโตรเจนในต่อโปรตีน ดัง**ตารางที่ 3. 21** และคูณกับพื้นที่เพาะเลี้ยง

ตารางที่ 3. 21 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากอาหารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ [81]

ชนิดสัตว์น้ำ	อัตราการแลกเนื้อ (กก./กก.)	สัดส่วนโปรตีน (ร้อยละ)	สัดส่วนไนโตรเจน (ต่อโปรตีน)
ปลา	1.27	30	0.16
กุ้ง	1.52	42	0.16

  - การชลประทาน

การชลประทานสามารถคำนวณปริมาณการเกิดไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าความลึกของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละชนิด ดัง**ตารางที่ 3. 22**คูณกับพื้นที่เพาะเลี้ยง คูณกับความเข้มข้นไนโตรเจนจากชลประทาน โดยในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 0.69 มิลลิกรัมต่อลิตร [1]

ตารางที่ 3. 22 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากชลประทาน [35]

ชนิดสัตว์น้ำ	ความลึกบ่อ (เมตร)
ปลา	1.80
กุ้ง	1.20

- ฝน

ไนโตรเจนจากฝนสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณไนโตรเจนจากฝน [60] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.93 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี คูณกับพื้นที่เพาะเลี้ยง

- **ขาออก** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่ออกจากระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้

  - ระเหย

ไนโตรเจนระเหยสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการระเหย [82] ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.61 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

  - ผลิตภัณฑ์

ไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าผลผลิตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คูณกับปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์ ดัง**ตารางที่ 3. 23** และคูณกับพื้นที่เพาะเลี้ยง

ตารางที่ 3. 23 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากผลิตภัณฑ์ [81]

ชนิดสัตว์น้ำ	ผลผลิต (ตัน/ไร่/ปี)	ปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์ (กรัมไนโตรเจน/กก.)
ปลา	10	25
กุ้ง	0.91	30

  - น้ำทิ้ง

ไนโตรเจนจากน้ำทิ้งในบ่อเลี้ยงปลาคำนวณได้จากการใช้ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนจากบ่อเลี้ยงปลา [83] มีค่าเท่ากับ 0.75 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร คูณกับปริมาณน้ำทิ้งจากการคำนวณส่วนไนโตรเจนจากน้ำทิ้งในบ่อเลี้ยงกุ้งคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนขาเข้า [84] มีค่าเท่ากับร้อยละ 21 คูณกับค่าปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

- **สะสม** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่สะสมอยู่ภายในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - สะสมในระบบ

ไนโตรเจนสะสมในระบบสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนไนโตรเจนในมูลสัตว์น้ำ [45] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 35 กรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณผลผลิตที่คำนวณได้

  - ซึมดิน

ไนโตรเจนซึมดินสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการซึมดิน [63] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.10 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

สมการการคำนวณทั้งหมดสามารถดัง**ตารางที่ 3. 24 ตารางที่ 3. 25 ตารางที่ 3. 26** และรายละเอียดรวบรวมข้อมูลสามารถอธิบายได้ดังนี้

$N(AQ)_{inf} = N_{FD} + N_{FE} + N_{IR} + N_{RA}$

$N(AQ)_{inf}$ = Nitrogen Influent From Aquatic

= ไนโตรเจนขาเข้าจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

N_{FD} = Nitrogen From Food

= ไนโตรเจนจากอาหาร

N_{FE} = Nitrogen From Fertilizer

= ไนโตรเจนจากปุ๋ย

N_{IR} = Nitrogen From Irrigation

= ไนโตรเจนจากชลประทาน

N_{RA} = Nitrogen From Rain

= ไนโตรเจนจากฝน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$N(AQ)_{eff}$= $N_{WW} + N_P + N_{EV}$

$N(AQ)_{eff}$= Nitrogen Effluent From Aquatic

= ไนโตรเจนขาออกจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

N_{WW} = Nitrogen From Waste water

= ไนโตรเจนจากน้ำเสีย

N_P = Nitrogen From Product

= ไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์

N_{EV} = Nitrogen From Evaporate

= ไนโตรเจนจากการระเหย

ตารางที่ 3. 24 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำ						
ขาเข้า						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
อาหาร	$N_{FD} = V_{FCR} \times V_P \times N_F \times C_{AQ}$	V_{FCR}	อัตราการแลกเนื้อ	ภาคผนวก 28	kg/kg	[83], [84]
		V_P	ปริมาณโปรตีน	ภาคผนวก 28	%	[83], [84]
		N_F	สัดส่วน N/V_P	ภาคผนวก 28	byP	[80]
		C_{AQ}	จำนวนสัตว์น้ำ	ภาคผนวก 26	cap	[35]
ปุ๋ย	$N_{FE} = V_{FE} \times (N/V_{FE}) \times A_{AQ}$	V_{FE}	ปริมาณการใส่ปุ๋ย	ภาคผนวก 28	kg/rai	[80]
		N/V_{FE}	สัดส่วน N/V_{FE}	60	gN/kg	[80]
		A_{AQ}	พื้นที่เพาะเลี้ยง	ภาคผนวก 26	rai	[35]
ชลประทาน	$N_{IR} = V_{IR} \times N_{RI}$	V_{IR}	ปริมาณการใช้น้ำ	ภาคผนวก 28	L/year	-
		N_{RI}	ไนโตรเจนในแม่น้ำ	ภาคผนวก 28	mg/L	[1]
ฝน	$N_{RA} = N_R \times A_{AQ}$	N_R	ไนโตรเจนจากฝน	0.93	Kg/rai/y	[60]
		A_{AQ}	พื้นที่เพาะเลี้ยง	ภาคผนวก 26	rai	[35]

ตารางที่ 3. 25 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำ						
ขาออก						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
น้ำเสีย	$N_{WW} = V_{WW} \times N_{WW} \times C_{LS}$	V_{WW}	ปริมาณน้ำเสีย	ภาคผนวก 27	L/y	[35]
		N_{WW}	ไนโตรเจนในน้ำเสีย	ภาคผนวก 27	mg/L	[83], [84]
ผลิตภัณฑ์	$N_P = W_P \times N_P \times A_{AQ}$	W_P	น้ำหนักผลิตภัณฑ์	ภาคผนวก 28	T/rai/y	[35]
		N_P	ไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์	ภาคผนวก 28	%	[45]
		A_{AQ}	พื้นที่เพาะเลี้ยง	ภาคผนวก 26	rai	[35]
การระเหย	$N_{EV} = N(AQ)_{inf} \times E_F$	$N(AQ)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		E_F	สัดส่วนการระเหย	3.61 %	byN	[82]

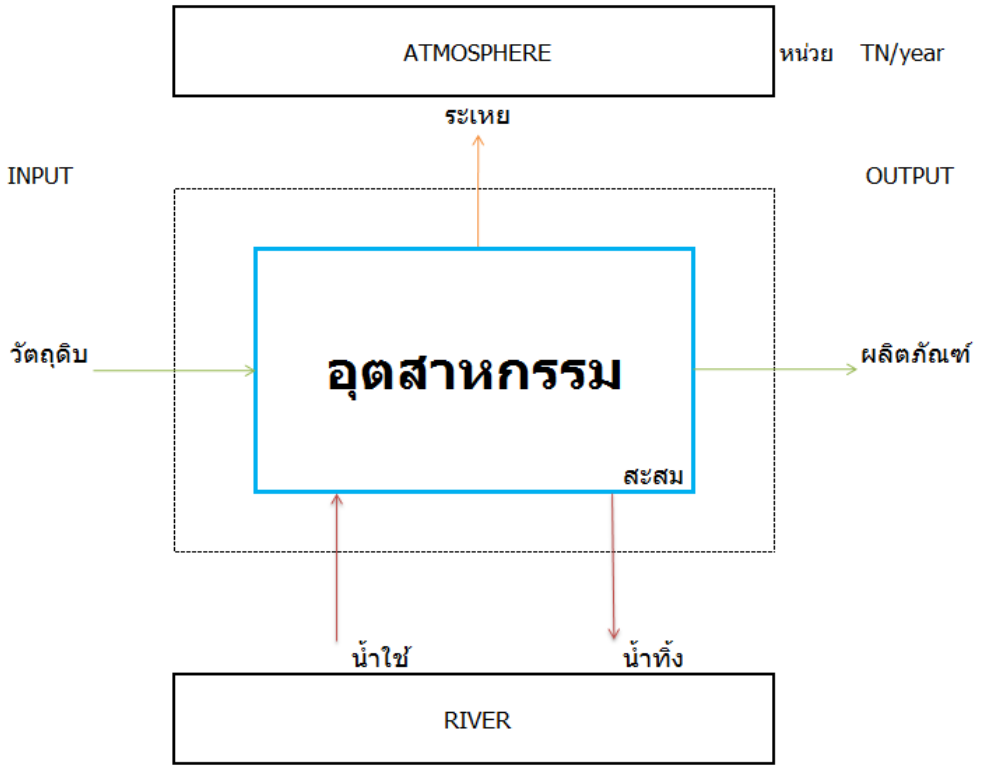
ตารางที่ 3. 26 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำ						
สะสม						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
สะสม	$N_{acc} = N_S \times W_P \times A_{AQ}$	N_S	ไนโตรเจนในกากของเสีย	ภาคผนวก 29	gN/kg	[45]
		W_P	น้ำหนักผลิตภัณฑ์	ภาคผนวก 29	T/rai/y	[35]
		A_{AQ}	พื้นที่เพาะเลี้ยง	ภาคผนวก 26	rai	[35]
การซึม	$N_{AB} = N(AQ)_{inf} \times A_F$	$N(AQ)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		A_F	สัดส่วนการซึม	0.10	byN	[63]

3.2.2 ภาคอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณไนโตรเจน หลักๆคือ อุตสาหกรรมเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนธาตุอาหารไนโตรเจนในกระบวนการเป็นจำนวนมาก จากการประเมินประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 107 ประเภท ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้จำแนกไว้ จะแบ่งกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมออกเป็น 2 กลุ่ม คือ อุตสาหกรรมประเภทก่อให้เกิดน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญ และอุตสาหกรรมประเภทที่ก่อให้เกิดน้ำเสียอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ให้นิยามของคำว่าอุตสาหกรรมประเภทที่ก่อให้เกิดน้ำเสียอย่างไม่มีนัยสำคัญ หมายถึง อุตสาหกรรมประเภทที่ไม่มีน้ำเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต หรือไม่ก่อให้เกิดธาตุอาหารไนโตรเจน โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้น จะเกิดจากกิจกรรมของพนักงาน เช่น การล้างมือ การเข้าห้องน้ำ และการชำระล้างร่างกายหลังการทำงาน เป็นต้น ส่วนโรงงานอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญ คือ โรงงานที่ปล่อยน้ำเสียที่มีธาตุอาหารไนโตรเจนออกมาด้วย

อุตสาหกรรมมีการนำเข้าไนโตรเจนในระบบหลายรูปแบบทั้งไนโตรเจนจากน้ำใช้ และไนโตรเจนจากวัตถุดิบ ส่วนไนโตรเจนที่ถูกส่งออกนอกระบบจะออกจากระบบในรูปของน้ำทิ้ง ระเหย และผลิตภัณฑ์ สำหรับรูปแบบของผังการไหลของไนโตรเจนจากการอุตสาหกรรมสามารถแสดงได้ดัง **รูปที่ 3. 7** ส่วนรายละเอียดการรวบรวมปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3. 7 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการอุตสาหกรรม

- **ขาเข้า** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - น้ำใช้

การประเมินปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดการอุตสาหกรรม ใช้อัตราการใช้น้ำของอุตสาหกรรมแต่ละชนิด ดัง**ตารางที่ 3. 27** คูณกับความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำใช้จากค่าคำนวณ และคูณกับกำลังการผลิต

ตารางที่ 3. 27 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากน้ำใช้ [1]

ประเภทอุตสาหกรรม	**ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม./ตัน)**
ข้าวสาร	0.00
อาหารสัตว์	27.50
อาหาร	46.95
อาหารสัตว์น้ำ	27.50
อาหารเสริมพืช	0.00
มันสำปะหลัง	15.81
แปรรูปปลา	157.00
แปรรูปกุ้ง	157.00
ขนมจีน	29.74
แปรรูปหมู	16.75
แปรรูปไก่/เป็ด	17.73
ซอส/ซีอิ้ว	1.69
ปุ๋ย	0.00

  - วัตถุดิบ

วัตถุดิบในอุตสาหกรรมสามารถคำนวณปริมาณการเกิดไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการคำนวณ บวกกับปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์จากการคำนวณ ลบกับปริมาณไนโตรเจนในน้ำใช้จากการคำนวณ

- **ขาออก** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่ออกจากระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - ผลิตภัณฑ์

ไนโตรเจนในการอุตสาหกรรมสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนโปรตีนในผลิตภัณฑ์ [23] ดัง**ตารางที่ 3. 28** คูณกับสัดส่วนไนโตรเจนต่อโปรตีน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 0.16 ต่อโปรตีน และคูณกับกำลังการผลิต

ตารางที่ 3. 28 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากผลิตภัณฑ์ [85]

ประเภทอุตสาหกรรม	สัดส่วนโปรตีนในผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ)
ข้าวสาร	12.30
อาหารสัตว์	14.70
อาหาร	8.50
อาหารสัตว์น้ำ	14.70
อาหารเสริมพืช	15.00
มันสำปะหลัง	8.50
แปรรูปปลา	23.89
แปรรูปกุ้ง	23.89
ขนมจีน	12.20
แปรรูปหมู	6.70
แปรรูปไก่/เป็ด	7.10
ซอส/ซีอิ้ว	8.80
ปุ๋ย	15.00

  - น้ำทิ้ง

ไนโตรเจนจากน้ำทิ้งในบ่อเลี้ยงปลาคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณน้ำทิ้งของอุตสาหกรรมแต่ละประเภท ดัง**ตารางที่ 3. 29** คูณกับปริมาณความเข้มข้น TKN ในน้ำเสีย ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร [1] คูณกับสัดส่วน TN/TKN ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 0.96 ต่อ TKN [86]

ตารางที่ 3. 29 ค่าคำนวณไนโตรเจนที่มาจากน้ำทิ้ง [23]

ประเภทอุตสาหกรรม	ปริมาณน้ำทิ้ง (ลบ.ม./วัน)
ข้าวสาร	0.00
อาหารสัตว์	10.00
อาหาร	1,500.00
อาหารสัตว์น้ำ	10.00
อาหารเสริมพืช	0.00
มันสำปะหลัง	5.00
แปรรูปปลา	400.00
แปรรูปกุ้ง	400.00
ขนมจีน	10.00
แปรรูปหมู	200.00
แปรรูปไก่/เป็ด	200.00
ซอส/ซีอิ้ว	50.00
ปุ๋ย	0.00

- ระเหย

ไนโตรเจนระเหยสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการระเหย [63] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.28 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้าในระบบบำบัดน้ำเสีย

สมการการคำนวณทั้งหมดสามารถดัง**ตารางที่ 3. 30 ตารางที่ 3. 31** และรายละเอียดรวบรวมข้อมูลสามารถอธิบายได้ดังนี้

$N(Ind)_{inf} = N_{TW} + N_{RM}$

$N(Ind)_{inf}$ = Nitrogen Influent From Industry

= ไนโตรเจนขาเข้าจากภาคอุตสาหกรรม

N_{TW} = Nitrogen From Tab Water

= ไนโตรเจนจากน้ำใช้

N_{RM} = Nitrogen From Raw Material

= ไนโตรเจนจากวัตถุดิบ

$N(Ind)_{eff}$ = $N_{WW} + N_P + N_{EV}$

$N(Ind)_{eff}$ = Nitrogen Effluent From Industry

= ไนโตรเจนขาออกจากภาคอุตสาหกรรม

N_{WW} = Nitrogen From Waste Water

= ไนโตรเจนจากน้ำทิ้ง

N_P = Nitrogen From Product

= ไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์

N_{EV} = Nitrogen From Evaporation

= ไนโตรเจนจากการระเหย

ตารางที่ 3. 30 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของการอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรม						
ขาเข้า						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
น้ำใช้	$N_{TW} = V_{TW} \times Q_{TW} \times P_{IND}$	V_{TW}	ปริมาณน้ำใช้	ภาคผนวก 33	m^3/T	[1]
		Q_{TW}	ไนโตรเจนในน้ำใช้	ภาคผนวก 33	mg/L	[73]
		P_{IND}	กำลังการผลิต	ภาคผนวก 32	T	[23]
วัตถุดิบ	$N_{RM} = (N_P \times P_{IND}) + (N_{WW} \times P_{IND})$	N_P	ไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์	คำนวณ	mg/L	-
		N_{WW}	ไนโตรเจนในน้ำเสีย	คำนวณ	mg/L	-
		P_{IND}	กำลังการผลิต	ภาคผนวก 32	T	[23]

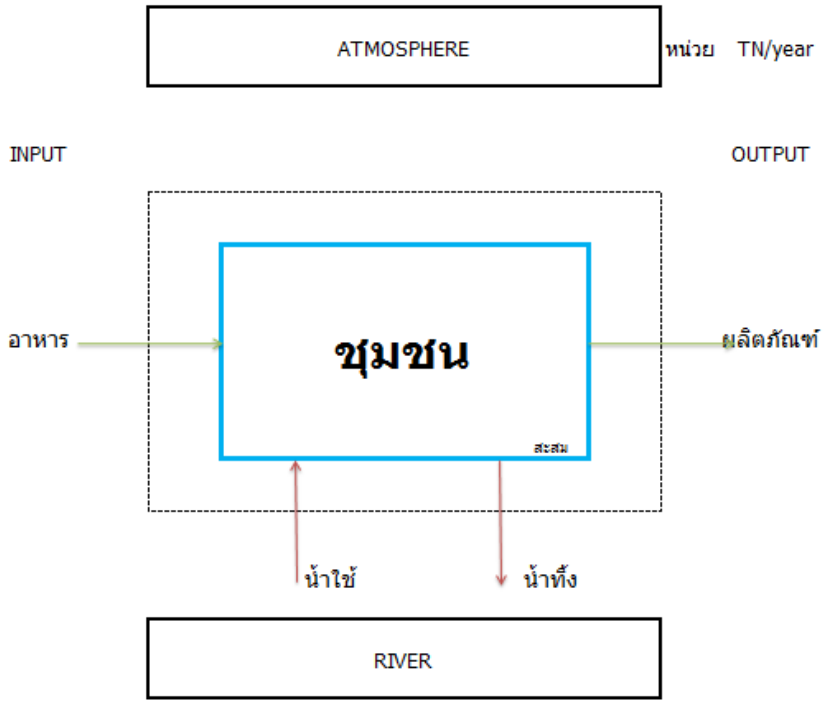
ตารางที่ 3. 31 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของการอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรม						
ขาออก						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
น้ำทิ้ง	N_{WW} = TKN x (TN/TKN) x P_{IND}	TKN	Total Kjeldahl Nitrogen	100	mg/L	[1]
		TN/TKN	สัดส่วน TN/TKN	0.96	byTKN	[86]
		P_{IND}	กำลังการผลิต	ภาคผนวก 32	T	[23]
ผลิตภัณฑ์	N_{P} = P_P x (N/P) x P_{IND}	P_P	โปรตีนในผลิตภัณฑ์	ภาคผนวก 34	ร้อยละ	[23]
		N/P	สัดส่วน N/P	0.16	By P	[86]
		P_{IND}	กำลังการผลิต	ภาคผนวก 32	T	[23]
การระเหย	N_{EV} = $N(IND)_{inf}$ x E_F	$N(AQ)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		E_F	สัดส่วนการระเหย	0.28	byN	[63]

3.2.3 ภาคชุมชน

การใช้น้ำในภาคชุมชนมีสาเหตุมาจากการอุปโภคและบริโภค ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมในครัวเรือนจะผ่านบ่อเกรอะก่อนน้ำเสียจะระบายออกสู่พื้นที่รับน้ำต่างๆส่วนหนึ่งจะไหลลงสู่แหล่งน้ำโดยตรงและอีกส่วนหนึ่งจะเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสีย

ภาคชุมชนมีการนำเข้าไนโตรเจนในระบบหลายรูปแบบทั้งไนโตรเจนจากการอุปโภค และการบริโภค ส่วนไนโตรเจนที่ถูกส่งออกนอกระบบจะออกจากระบบในรูปของน้ำเสีย และขยะ ทั้งนี้ยังมีไนโตรเจนสะสมในร่างกายคนอยู่ภายในระบบอีกด้วย สำหรับรูปแบบของผังการไหลของไนโตรเจนจากภาคชุมชนสามารถแสดงได้ดัง**รูปที่ 3. 8** ส่วนรายละเอียดการรวบรวมปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3. 8 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากชุมชน

- **ขาเข้า** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - การอุปโภค

การอุปโภคในภาคชุมชนในที่นี้หมายถึงอัตราการใช้น้ำ สามารถคำนวณปริมาณการเกิดไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าอัตราการใช้น้ำ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 300 ลิตรต่อคนต่อวัน [73] คูณกับปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำใช้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 0.54 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร [73] และคูณกับประชากร

  - การบริโภค

การบริโภคในภาคชุมชนสามารถคำนวณปริมาณการเกิดไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าปริมาณความต้องการอาหารประเภทต่างๆ [87] คูณกับสัดส่วนไนโตรเจนในอาหารประเภทต่างๆ [88] ดัง **ตารางที่ 3. 32** และคูณกับจำนวนประชากร

ตารางที่ 3. 32 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากการบริโภค [88]

ประเภทอาหาร	ปริมาณความต้องการอาหาร (กก./คน/ปี)	สัดส่วนไนโตรเจนในอาหาร (ร้อยละ)
ข้าว	186.44	1.07
เนื้อวัว	3.77	2.35
หมู	8.13	1.57
ไก่	14.40	3.87
นม	5.40	0.56
ไข่	9.63	1.67
สัตว์น้ำ	31.80	2.92

- **ขาออก** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่ออกจากระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - ขยะ

ขยะจากครัวเรือนสามารถคำนวณปริมาณไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนในขยะ ซึ่งในงานวิจัยนี้ค่าเท่ากับ 2.40 กรัมไนโตรเจนต่อคนต่อวัน [89] คูณกับจำนวนประชากร

  - น้ำเสีย

ไนโตรเจนจากน้ำเสียคำนวณได้จากการใช้ค่าอัตราการเกิดน้ำเสียชุมชน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 202.50 ลิตรต่อคนต่อวัน [1] คูณกับปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนในบ่อเกรอะ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าที่ 40 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร [90] คูณกับจำนวนประชากร

- **สะสม** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่สะสมอยู่ภายในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - สะสม

ไนโตรเจนสะสมในภาคชุมชนสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนไนโตรเจนสะสมในชุมชน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับร้อยละ 10 [89] คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

สมการการคำนวณทั้งหมดสามารถดัง**ตารางที่ 3. 33 ตารางที่ 3. 34 ตารางที่ 3. 35** และรายละเอียดรวบรวมข้อมูลสามารถอธิบายได้ดังนี้

$N(HH)_{inf}$ = $N_{FD} + N_{TW}$

$N(HH)_{inf}$ = Nitrogen Influent From Household

= ไนโตรเจนขาเข้าจากชุมชน

N_{FD} = Nitrogen From Food

= ไนโตรเจนจากอาหาร

N_{TW} = Nitrogen From Tab Water

= ไนโตรเจนจากน้ำใช้

$N(HH)_{eff}$ = $N_{WW} + N_{W}$

$N(HH)_{eff}$ = Nitrogen Effluent From Household

= ไนโตรเจนขาออกจากชุมชน

N_{WW} = Nitrogen From Waste Water

= ไนโตรเจนจากน้ำเสีย

N_{W} = Nitrogen From Waste

= ไนโตรเจนจากขยะ

ตารางที่ 3. 33 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของภาคชุมชน

ชุมชน						
ขาเข้า						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
อาหาร	$N_{FD} = V_{FD} \times (N/V_{FD}) \times C_{HH}$	V_{FD}	ปริมาณอาหาร	ภาคผนวก 16	kg/cap	[87]
		N/V_{FD}	สัดส่วน N/V_{FD}	ภาคผนวก 16	%	[88]
		C_{HH}	จำนวนประชากร	ภาคผนวก 14	cap	[36]
น้ำใช้	$N_{TW} = V_{TW} \times Q_{TW} \times C_{LS}$	V_{TW}	ปริมาณน้ำใช้	ภาคผนวก 15	L/cap	[73]
		Q_{TW}	ไนโตรเจนในน้ำใช้	ภาคผนวก 15	mg/L	[79]
		C_{HH}	จำนวนประชากร	ภาคผนวก 14	cap	[36]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3. 34 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของภาคชุมชน

ชุมชน						
ขาออก						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
น้ำเสีย	$N_{WW} = V_N \times Q_N \times C_{HH}$	V_N	ปริมาณน้ำเสีย	202.5	L/cap/y	[1]
		Q_N	ไนโตรเจนจากบ่อเกรอะ	40	mgN/L	[90]
		C_{HH}	จำนวนประชากร	ภาคผนวก 14	cap	[36]
ขยะ	$N_W = N_W \times C_{HH}$	N_W	ไนโตรเจนในขยะ	2.4	gN/cap/d	[76]
		C_{HH}	จำนวนประชากร	ภาคผนวก 14	cap	[36]

ตารางที่ 3. 35 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของภาคชุมชน

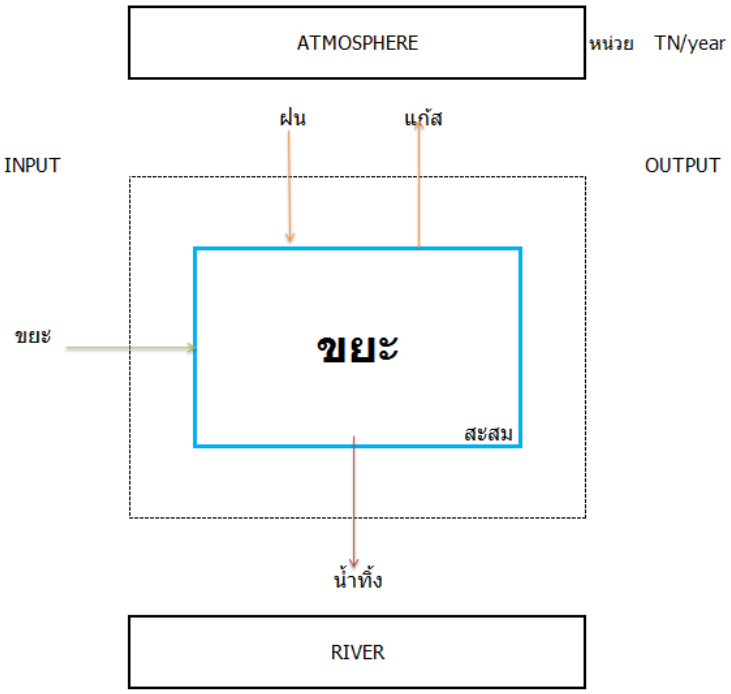
ชุมชน						
สะสม						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
สะสม	$N_{acc} = N_{inf} \times R_N$	N_{inf}	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	TN/year	-
		R_N	สัดส่วนไนโตรเจน	10	%	[89]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.4 การจัดการขยะ

สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ตั้งอยู่ที่ ตำบลเกาะขนุน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา มีพื้นที่ทั้งหมด จำนวน 80 ไร่ การกำจัดเป็นแบบ Trench Method มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เข้าฝังกลบประมาณ 60 ตันต่อวัน โดยเป็นขยะมูลฝอยจากในเขตเทศบาลทั้งหมด

การกำจัดขยะมีการนำเข้าไนโตรเจนในระบบหลายรูปแบบทั้งไนโตรเจนจากขยะ และไนโตรเจนจากฝน ส่วนไนโตรเจนที่ถูกส่งออกนอกระบบจะออกจากระบบในรูปของแก๊ส และน้ำเสีย ทั้งนี้ยังมีไนโตรเจนสะสมอยู่ภายในระบบในรูปขยะอีกด้วย สำหรับรูปแบบของผังการไหลของไนโตรเจนจากการกำจัดขยะสามารถแสดงได้ดัง**รูปที่ 3. 9**ส่วนรายละเอียดการรวบรวมปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3. 9 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากการกำจัดขยะ

- **ขาเข้า** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - ขยะ

ขยะในภาคการกำจัดขยะสามารถคำนวณปริมาณการเกิดไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าอัตราขยะที่เกิดขึ้นแต่ละประเภท คูณกับสัดส่วนไนโตรเจนในขยะแต่ละประเภท ดัง**ตารางที่ 3. 36**

ตารางที่ 3. 36 ค่าที่ใช้คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่มาจากขยะ [91]

ประเภทขยะ	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	สัดส่วนไนโตรเจนในขยะ (ร้อยละ)
เศษอาหาร	24.22	2.60
กระดาษ	8.56	0.30
พลาสติก	8.02	0.00
แก้ว	5.00	0.10
โลหะ	2.83	0.10
ยาง/หนัง	2.13	2.00
ผ้า	2.17	4.60
ไม้/ใบไม้	2.56	0.20
หิน/กระป๋อง	1.96	3.40
อื่นๆ	2.55	0.50

- ฝน

ไนโตรเจนจากฝนสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณไนโตรเจนจากฝน [60] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.93 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี คูณกับพื้นที่หลุมฝังกลบขยะ

- **ขาออก** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่ออกจากระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - แก๊ส

แก๊สจากการกำจัดขยะสามารถคำนวณปริมาณไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าสัดส่วนไนโตรเจนจากแก๊สในขยะ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับร้อยละ 30 ของไนโตรเจนขาเข้า [92] คูณกับปริมาณขยะจากการคำนวณ

  - น้ำเสีย

ไนโตรเจนจากน้ำเสียคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการเกิดน้ำเสียจากขยะ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับร้อยละ 3 ของขยะขาเข้า [92] คูณกับปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำทิ้ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าที่ 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร [1]

- **สะสม** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่สะสมอยู่ภายในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - สะสม

ไนโตรเจนสะสมในการกำจัดขยะสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนไนโตรเจนสะสมในหลุมฝังกลบต่อไนโตรเจนขาเข้า ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับร้อยละ 69 [92] คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

สมการการคำนวณทั้งหมดสามารถดัง**ตารางที่ 3. 37 ตารางที่ 3. 38 ตารางที่ 3. 39** และรายละเอียดรวบรวมข้อมูลสามารถอธิบายได้ดังนี้

$N(W)_{inf} = N_W + N_{RA}$

$N(W)_{inf}$ = Nitrogen Influent From Waste

= ไนโตรเจนขาเข้าจากขยะ

N_W = Nitrogen From Waste

= ไนโตรเจนจากขยะ

N_{RA} = Nitrogen From Rain

= ไนโตรเจนจากฝน

$N(W)_{eff} = N_{Gas} + N_{WW}$

$N(W)_{eff}$ = Nitrogen Effluent From Waste

= ไนโตรเจนขาออกจากขยะ

N_{Gas} = Nitrogen From N Gas

= ไนโตรเจนในรูปแก๊ส

N_{WW} = Nitrogen From Waste Water

= ไนโตรเจนจากน้ำเสีย

ตารางที่ 3. 37 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของภาคการกำจัดขยะ

ขยะ						
ขาเข้า						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
ขยะ	$N_W = V_W \times (N/V_W)$	V_{FD}	ปริมาณขยะ	ภาคผนวก 45	T/d	[39]
		N/V_W	สัดส่วน N/V_W	ภาคผนวก 45	%	[39]
ฝน	$N_{RA} = N_R \times A_{LF}$	N_R	ไนโตรเจนจากฝน	0.93	Kg/rai/y	[60]
		A_{LF}	พื้นที่จัดการขยะ	ภาคผนวก 43	rai	[39]

ตารางที่ 3. 38 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของภาคการกำจัดขยะ

ขยะ						
ขาออก						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
น้ำเสีย	$N_{WW} = V_{WW} \times (N/V_{WW}) \times W_{inf}$	V_{WW}	ปริมาณน้ำเสีย	3	%	[92]
		N/V_{WW}	สัดส่วน N/V_W	1	%	[92]
		W_{inf}	ขยะขาเข้า	คำนวณ	L	-
แก๊ส	$N_{Gas} = W_{inf} \times (N/W_{inf})$	N/W_{inf}	N/W_{inf} ในรูปแก๊ส	30	%	[92]
		W_{inf}	ขยะขาเข้า	คำนวณ	L	-

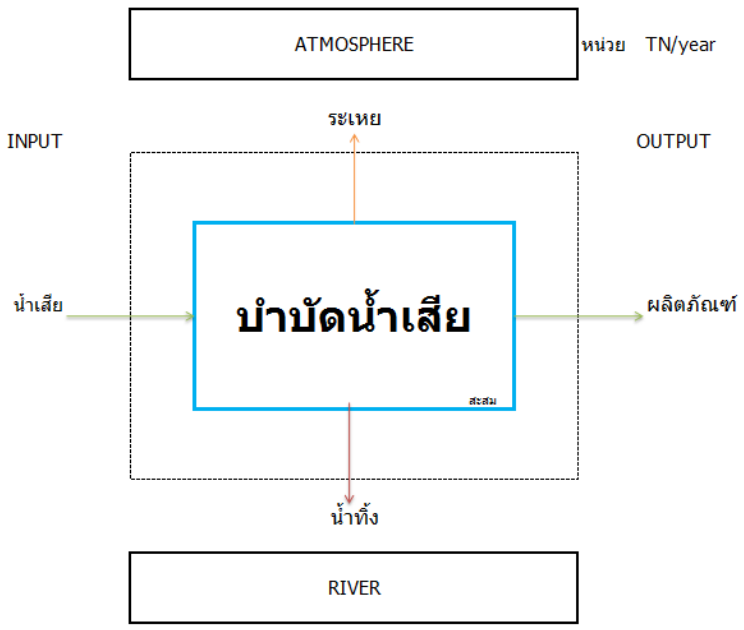
ตารางที่ 3. 39 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของภาคการกำจัดขยะ

ขยะ						
สะสม						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
สะสม	$N_{acc} = W_{inf} \times (N/W_{inf})$	N/W_{inf}	N/W_{inf} ในรูปของแข็ง	69	%	[92]
		W_{inf}	ขยะขาเข้า	คำนวณ	L	-

3.2.5 ระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีโรงบำบัดน้ำเสียทั้งหมด 1 แห่ง บริเวณพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ซึ่งมีความสามารถในการรองรับน้ำเสียได้ 24,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยรองรับน้ำเสียจากในเขตเทศบาลทั้งหมด ระบบบำบัดน้ำเสียมีการนำเข้าไนโตรเจนจากน้ำเสีย ส่วนไนโตรเจนที่ถูกส่งออกนอกระบบจะออกจากระบบในรูปของน้ำทิ้ง ตะกอนส่วนเกิน และการระเหย ทั้งนี้ยังมีไนโตรเจนสะสมอยู่ภายในระบบในรูปของตะกอนสะสมอีกด้วย สำหรับรูปแบบของผังการไหลของไนโตรเจนจากระบบบำบัดน้ำเสียสามารถแสดงได้ดัง

รูปที่ 3. 10 ส่วนรายละเอียดการรวบรวมปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3. 10 รูปแบบการไหลของไนโตรเจนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

- **ขาเข้า** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - น้ำเสีย

ไนโตรเจนจากน้ำเสียคำนวณได้จากการใช้ค่าอัตราการเกิดน้ำเสียชุมชน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 202.50 ลิตรต่อคนต่อวัน [1] คูณกับปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนในบ่อเกรอะ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าที่ 40 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร [90] คูณกับจำนวนประชากรในเขตพื้นที่

- **ขาออก** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่ออกจากระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - น้ำทิ้ง

น้ำทิ้งออกจากระบบบำบัดน้ำเสียสามารถคำนวณปริมาณไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าอัตราการเกิดน้ำเสียจากการคำนวณ คูณกับปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำทิ้ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าที่ 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร [1]

  - ตะกอนส่วนเกิน

ตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสียสามารถคำนวณปริมาณไนโตรเจนได้จากการใช้ค่าสัดส่วนปริมาณตะกอนส่วนเกินต่อน้ำเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับร้อยละ 1 ของน้ำเสียที่เกิดขึ้น คูณกับสัดส่วนปริมาณไนโตรเจนต่อตะกอนส่วนเกิน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับร้อยละ 3 ของตะกอนส่วนเกิน

  - ระเหย

ไนโตรเจนระเหยสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าสัดส่วนการระเหย [63] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.28 คูณกับปริมาณไนโตรเจนขาเข้า

- **สะสม** ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่สะสมอยู่ภายในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้
  - สะสม

ไนโตรเจนสะสมในระบบบำบัดน้ำเสียสามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณตะกอนสะสมในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 50 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [1] คูณกับปริมาณ TKN ในตะกอนสะสม ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 1,200 มิลลิกรัมต่อลิตร [1] คูณกับสัดส่วน TN/TKN ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเท่ากับ 0.96 ต่อ TKN [86]

สมการการคำนวณทั้งหมดสามารถดัง**ตารางที่ 3. 40 ตารางที่ 3. 41 ตารางที่ 3. 42** และรายละเอียดรวบรวมข้อมูลสามารถอธิบายได้ดังนี้

$$N(WWP)_{inf} = N_{WW}$$

$N(WWP)_{inf}$ = Nitrogen Influent From Waste Water Treatment Plant

= ไนโตรเจนขาเข้าจากระบบบำบัดน้ำเสีย

N_{WW} = Nitrogen From Waste Water

= ไนโตรเจนจากน้ำเสีย

$$N(WWP)_{eff} = N_S + N_{TW} + N_{EV}$$

$N(WWP)_{eff}$ = Nitrogen Effluent From Waste Water Treatment Plant

= ไนโตรเจนขาออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย

N_S = Nitrogen From Sludge

= ไนโตรเจนในรูปตะกอน

N_{EV} = Nitrogen From Evaporation

= ไนโตรเจนในจากการระเหย

ตารางที่ 3. 40 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาเข้า ของระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสีย						
ขาเข้า						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
ขยะ	$N_{WW} = V_{WW} \times N_{ST} \times C_{HH}$	V_{WW}	ปริมาณน้ำเสีย	202.5	L/cap/d	[1]
		N_{ST}	ไนโตรเจนในบ่อเกรอะ	40	mgN/L	[90]
		C_{HH}	ประชากรในพื้นที่	ภาคผนวก 37	cap	[36]

ตารางที่ 3. 41 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนขาออก ของระบบบำบัดน้ำเสีย

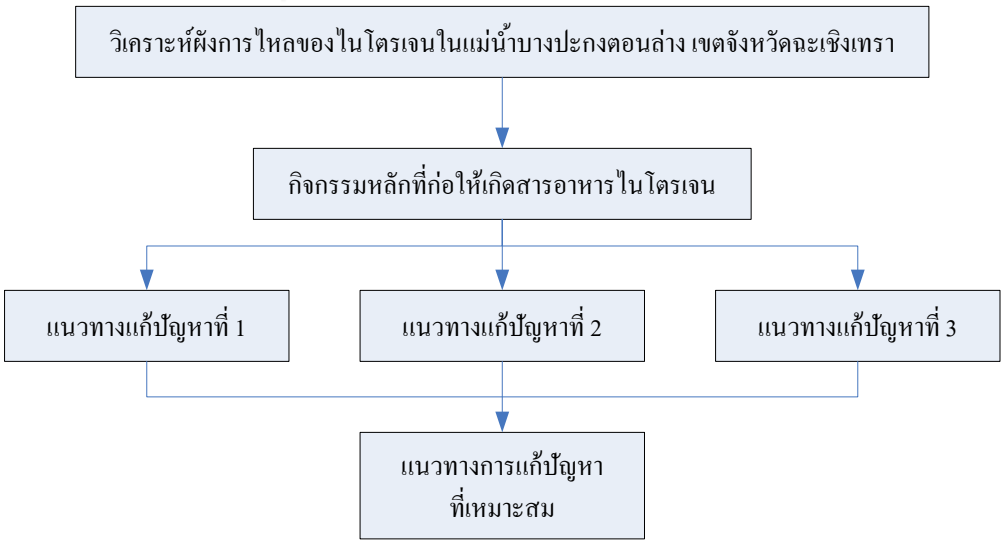
ระบบบำบัดน้ำเสีย						
ขาออก						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
ตะกอน	$N_S = V_{WW} \times V_S \times Q_N$	V_{WW}	ปริมาณน้ำเสีย	คำนวณ	L	-
		V_S	ปริมาณตะกอน	1	%	[93]
		Q_N	ไนโตรเจนในตะกอน	3	%	[93]
น้ำทิ้ง	$N_{TW} = V_{TW} \times Q_N$	V_{TW}	ปริมาณน้ำทิ้ง	ภาคผนวก 38	L	[39]
		Q_N	ไนโตรเจนในน้ำทิ้ง	20	mgN/L	[1]
การระเหย	$N_{EV} = N(W)_{inf} \times E_F$	$N(W)_{inf}$	ไนโตรเจนขาเข้า	คำนวณ	T/y	-
		E_F	สัดส่วนการระเหย	0.28	byN	[63]

ตารางที่ 3. 42 การคำนวณปริมาณไนโตรเจนสะสม ของระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสีย						
สะสม						
กิจกรรมย่อย	**สูตร**	**ตัวแปร**	**อธิบายตัวแปร**	**ค่าคำนวณ**	**หน่วย**	**ที่มา**
สะสม	$N_{acc}= V_S$ x V_{TKN} x (V_{TN}/V_{TKN}) x V_{TW}	V_S	ปริมาณตะกอนสะสม	50	kg/m^3	[1]
		V_{TKN}	ปริมาณ TKN	1,200	mg/L	[1]
		V_{TN}/V_{TKN}	สัดส่วน V_{TN}/V_{TKN}	0.96	-	[86]
		V_{TW}	ปริมาณน้ำทิ้ง	คำนวณ	L	-

3.4 วิเคราะห์กิจกรรม และเสนอแนวนโยบายในการแก้ไข

วิเคราะห์ผังระบบการไหลของธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาเพื่อหากิจกรรมหลักที่สำคัญที่เป็นสาเหตุของการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน ลงสู่แม่น้ำบางปะกง จากนั้นจะดำเนินการกำหนดวิธีหรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากการวิเคราะห์หาสาเหตุ รวมทั้งได้ทำการคาดการณ์ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงที่อาจจะลดลงได้ หากมีการดำเนินการตามวิธีการที่นำเสนอ โดยใช้พื้นฐานข้อมูลจากผังการไหลที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นโมเดลในการคาดการณ์ผลกระทบในอนาคต ทั้งยังสามารถดำเนินการคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมเพื่อจัดทำเป็นแผนการกำหนดนโยบายในการแก้ไขหรือลดปริมาณการปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนได้ในอนาคต ดังแสดงใน**รูปที่ 3. 11**



รูปที่ 3. 11 แผนผังแสดงการวิเคราะห์กิจกรรม และเสนอแนวนโยบายในการแก้ไข

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการประเมินการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำบางปะกงในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนคือ 1. ปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและปริมาณไนโตรเจนขาออกจากกิจกรรมต่างๆ อธิบายถึงปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากกิจกรรมต่างๆในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา 2. ภาพรวมการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง อธิบายถึงการรวมการไหลและกิจกรรมที่เป็นปัจจัยต่อการไหลของไนโตรเจนในลุ่มน้ำ และ 3.ปริมาณไนโตรเจนที่ระบายในรูปน้ำเสีย และแนวทางการลดผลกระทบ อธิบายเจาะจงเฉพาะไนโตรเจนในรูปน้ำเสีย และแนวทางที่เหมาะสมในการลดผลกระทบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและปริมาณไนโตรเจนขาออกจากกิจกรรมต่างๆ

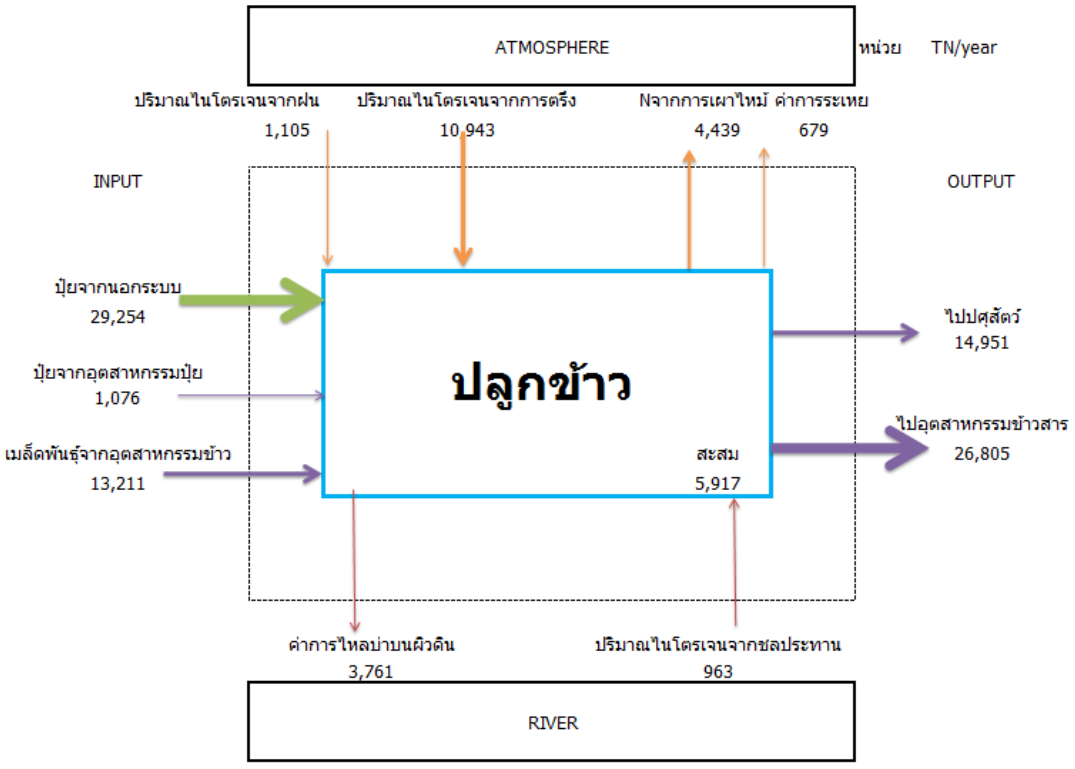
จากการศึกษาการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนเข้าสู่ระบบ 846,825 ตันไนโตรเจนต่อปี ปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบ 815,627 ตันไนโตรเจนต่อปี และปริมาณไนโตรเจนสะสมในระบบ 31,198 ตันไนโตรเจนต่อปี ซึ่งผลการวิเคราะห์จะแสดงในรูปของผังการไหล โดยลูกศรสีแดงแสดงถึงไนโตรเจนที่ไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกง ลูกศรสีเขียวแสดงถึงไนโตรเจนที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกระบบในรูปของวัตถุดิบ สีส้มแสดงถึงไนโตรเจนที่มาจากบรรยากาศ ลูกศรสีม่วงแสดงถึงไนโตรเจนที่ไหลอยู่ภายในระบบ ลูกศรสีน้ำเงินแสดงถึงไนโตรเจนที่ถูกนำออกนอกระบบในรูปผลิตภัณฑ์ และลูกศรสีดำแสดงถึงไนโตรเจนที่ถูกนำออกนอกระบบในรูปของเสีย โดยมีรายละเอียดกิจกรรมต่างๆ ดังนี้

4.1.1 ภาคเพาะปลูกข้าว

กิจกรรมการเพาะปลูกข้าวมีไนโตรเจนเข้าสู่ระบบในรูปฝน ปุ๋ย น้ำชลประทาน เมล็ดพันธุ์ และการตรึง โดยมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 1,105, 30,330, 963, 13,211 และ 10,943 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบส่วนหนึ่งจะออกไปกับผลผลิตในรูปของข้าวสารในปริมาณ 26,805 ตันไนโตรเจนต่อปี ฟางข้าว ในปริมาณ 14,951 ตันไนโตรเจนต่อปี ซึ่งข้าวสารที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารในพื้นที่ ส่วนฟางข้าวจะถูกนำไปใช้เป็นอาหารสำหรับปศุสัตว์ในภาคการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ในพื้นที่ นอกจากนั้นปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบยังออกนอกระบบในรูปแบบของน้ำไหลบ่าบนผิวดิน การระเหย และการเผาไหม้ มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 3,761, 679 และ 4,439 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ส่วนปริมาณไนโตรเจนสะสม

ในระบบ จะอยู่ในรูปของ การซึมดิน และในรูปแบบอื่นๆ (ไนโตรเจนตกค้างในระบบ) มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ที่ 5,429 และ 488 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ดัง**รูปที่ 4. 1**

จากผลของปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการเพาะปลูกข้าว พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากระบบจะเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่ใช้ในการเพาะปลูกเป็นหลัก เนื่องจากปริมาณพื้นที่จะส่งผลต่อปริมาณการใช้ปุ๋ย ซึ่งในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี 725,239 ไร่ พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง 465,153 ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกเท่ากับ 56,552 และ 50,635 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและขาออกคิดเป็นร้อยละ 7 และ 6 ของปริมาณไนโตรเจนในระบบทั้งหมดตามลำดับ



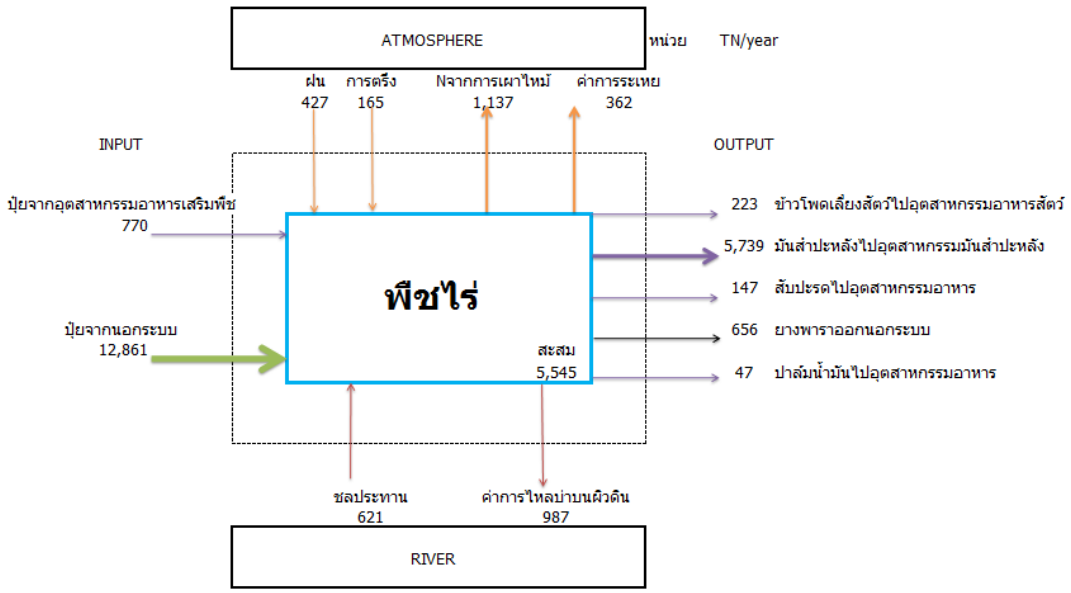
รูปที่ 4. 1 ผังการไหลของไนโตรเจนในการเพาะปลูกข้าว

4.1.2 ภาคเพาะปลูกพืชไร่

กิจกรรมจากการเพาะปลูกพืชไร่มีไนโตรเจนเข้าสู่ระบบในรูปปุ๋ย ฝน การชลประทาน และการตรึง โดยมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 13,631, 427, 621 และ 165 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบส่วนหนึ่งจะออกไปในรูปของผลิตภัณฑ์ในปริมาณ 6,813 ตันไนโตรเจนต่อปี ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปเป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ และยังมี

ไนโตรเจนสะสมอยู่ภายในระบบในรูปแบบของ การซึม สะสมในพืช และไนโตรเจนสะสมอื่นๆ (ไนโตรเจนตกค้างในระบบ) โดยมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ที่ 1,425, 3,477 และ 643 ตันไนโตรเจนต่อปี ตามลำดับ นอกจากปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบในรูปผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้วนั้น ไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบยังออกนอกระบบในรูปแบบของการระเหย น้ำไหลบ่าบนผิวดิน และการเผาไหม้ ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 362, 987 และ 1,137 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ดัง**รูปที่ 4. 2**

จากผลของปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในกิจกรรมจากการเพาะปลูกพืชไร่ พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากระบบจะเพิ่มขึ้นตามพื้นที่การเพาะปลูก เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกจะส่งผลต่อปริมาณการใช้ปุ๋ย และผลผลิตที่ได้ ซึ่งในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่จำนวน 460,380 ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกเท่ากับ 14,844 และ 9,299 ตันไนโตรเจนต่อปี ตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและขาออกคิดเป็นร้อยละ 2 และ 1 ของปริมาณไนโตรเจนในระบบทั้งหมดตามลำดับ



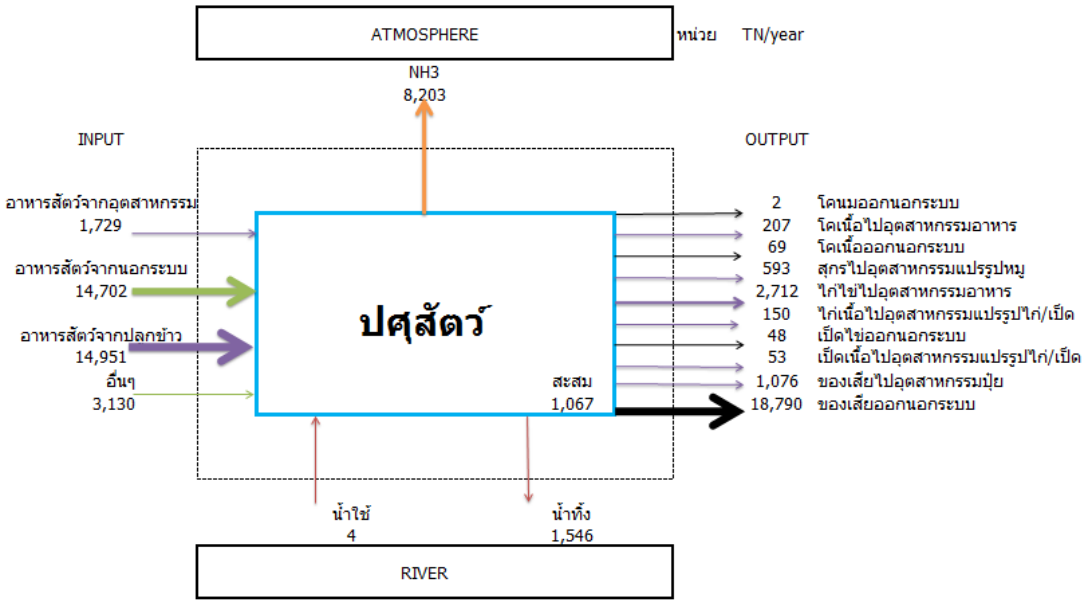
รูปที่ 4. 2 ผังการไหลของไนโตรเจนในการเพาะปลูกพืชไร่

4.1.3 ภาคปศุสัตว์

กิจกรรมการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงมีการเพาะเลี้ยงสัตว์หลายชนิดด้วยกัน ซึ่งแบบจำลองนี้ ได้ทำการประเมินปศุสัตว์ที่เลี้ยงในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา ประกอบด้วย ไก่ ไก่ไข่ เป็ด เป็ดไข่ สุกรโคเนื้อ และโคนม มีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าเท่ากับ 34,516 ตันไนโตรเจนต่อปี โดยไนโตรเจนที่เข้ามาในรูปของอาหารสัตว์เท่ากับ 31,382 ตันไนโตรเจนต่อปี น้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์ 4 ตันไนโตรเจนต่อปี และอื่นๆ (ไนโตรเจนที่ได้รับจากธรรมชาติ) อีก 3,130 ตัน

ไนโตรเจนต่อปี มีปริมาณไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในระบบในรูปของไนโตรเจนสะสมในสัตว์ 1,067 ตันไนโตรเจนต่อปี ในส่วนปริมาณไนโตรเจนขาออกจากกิจกรรรมนั้นได้ออกไปในรูปผลิตภัณฑ์ 3,835 ตันไนโตรเจนต่อปี ซึ่งจะถูกส่งต่อไปเป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมต่อไป นอกจากนี้ยังมีปริมาณไนโตรเจนขาออกในรูปแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) น้ำทิ้ง และของเสียสู่ภาคอุตสาหกรรมปุ๋ย 8,203, 1,546 และ 19,866 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับดัง**รูปที่ 4. 3**

จากผลของปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในกิจกรรมปศุสัตว์ พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากระบบจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณผลผลิตจากสุกรเป็นหลัก เนื่องจากปริมาณผลผลิตและจำนวนที่มากกว่าสัตว์ชนิดอื่นในพื้นที่ โดยมีไนโตรเจนขาเข้าปริมาณร้อยละ 50.97 ของไนโตรเจนขาเข้าทั้งหมด ซึ่งในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีปริมาณการเลี้ยงสุกร 378,112 ตัว มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกเท่ากับ 34,516 และ 33,449 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและขาออกคิดเป็นร้อยละ 4 และ 4 ของปริมาณไนโตรเจนในระบบทั้งหมดตามลำดับ



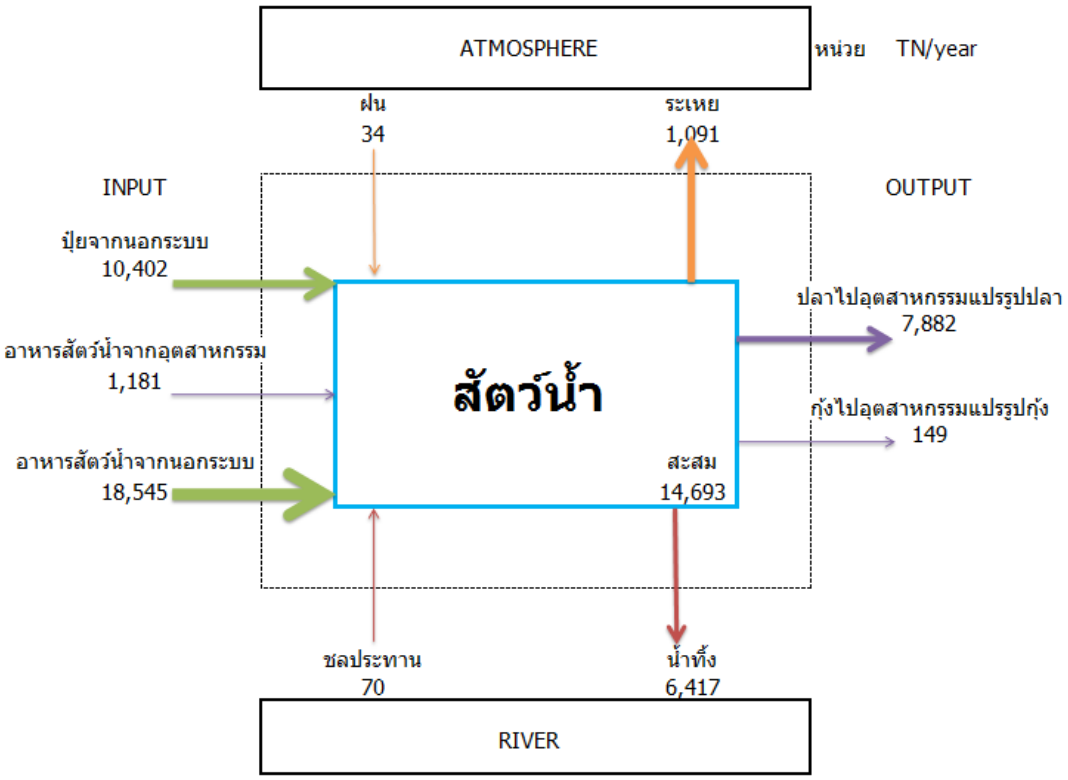
รูปที่ 4. 3 ผังการไหลของไนโตรเจนในการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์

4.1.4 ภาคเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

กิจกรรมจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีไนโตรเจนเข้าสู่ระบบในรูปปุ๋ย อาหาร ฝน และการชลประทาน โดยมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 10,402, 19,726, 34 และ70 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบส่วนหนึ่งจะออกไปในรูปของผลิตภัณฑ์ในปริมาณ 8,031 ตันไนโตรเจนต่อปี ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปเป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่

และยังมีไนโตรเจนสะสมอยู่ภายในระบบในรูปของเสีย การซึม และอื่นๆ(ไนโตรเจนตกค้าง) มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ที่ 11,209, 2,902 และ 582 ตันไนโตรเจนต่อปี นอกจากนี้ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบในรูปผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้วนั้น ไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบยังออกนอกระบบในรูปแบบของการระเหย และน้ำทิ้ง ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 1,091 และ 6,417 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ดัง **รูปที่ 4. 4**

จากผลของปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในกิจกรรมจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากระบบจะเพิ่มขึ้นตามพื้นที่เพาะเลี้ยง เนื่องจากพื้นที่เพาะเลี้ยงจะส่งผลต่อปริมาณการใช้ปุ๋ย ปริมาณสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยง และผลผลิตที่ได้ ซึ่งในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจำนวน 36,971 ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกเท่ากับ 30,232 และ 15,539 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและขาออกคิดเป็นร้อยละ 4 และ 2 ของปริมาณไนโตรเจนในระบบทั้งหมดตามลำดับ

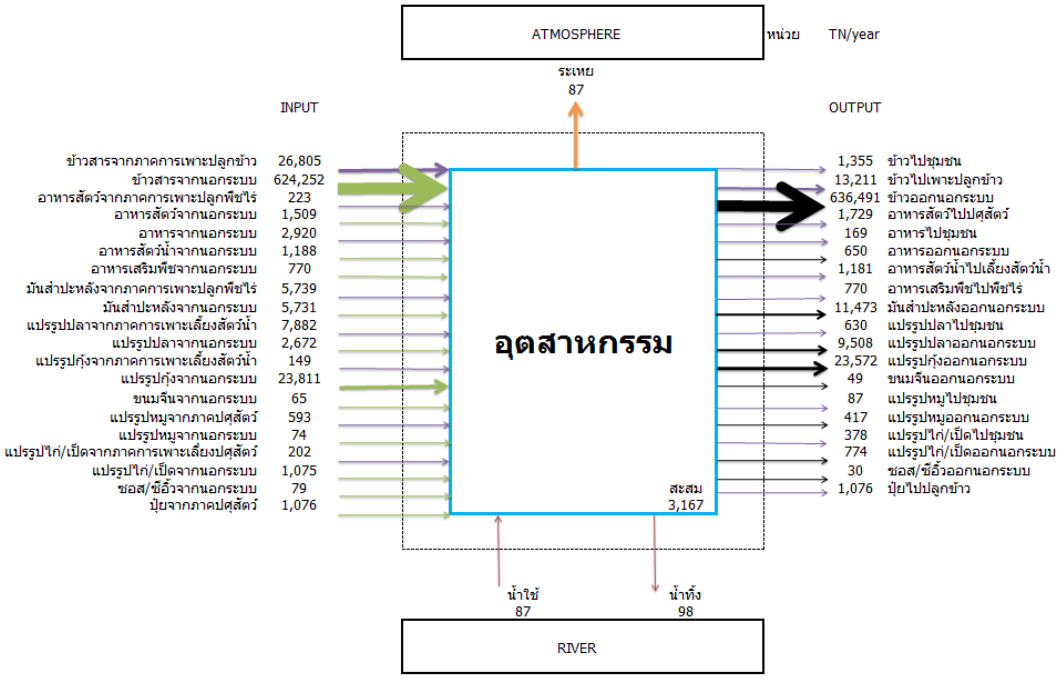


รูปที่ 4. 4 ผังการไหลของไนโตรเจนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

4.1.5 ภาคอุตสาหกรรม

กิจกรรมจากอุตสาหกรรมมีไนโตรเจนเข้าสู่ระบบในรูปวัตถุดิบ และน้ำใช้จากประปา โดยมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 706,814 และ 87 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบส่วนหนึ่งจะออกไปในรูปของผลิตภัณฑ์ในปริมาณ 703,550 ตันไนโตรเจนต่อปี ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปยังภาคเพาะปลูกข้าว ปศุสัตว์ ชุมชน พืชไร่ และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นอกจากปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบในรูปผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้วนั้น ไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบยังออกนอกระบบในรูปแบบของน้ำทิ้ง และการระเหย ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 98 และ 87 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ และมีไนโตรเจนสะสมในระบบ(ไนโตรเจนตกค้างในระบบ)ที่ 3,167 ตันไนโตรเจนต่อปีดัง**รูปที่ 4. 5**

จากผลของปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในกิจกรรมจากอุตสาหกรรม พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากระบบจะเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิตของโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไนโตรเจน เนื่องจากกำลังการผลิตจะส่งผลต่อปริมาณการใช้วัตถุดิบ และผลผลิตที่ได้ ซึ่งในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีกำลังการผลิตของโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไนโตรเจนจำนวน 35,221,544 ตัน มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกเท่ากับ 706,901 และ 703,734 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและขาออกคิดเป็นร้อยละ 83 และ 86 ของปริมาณไนโตรเจนในระบบทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งเป็นภาคส่วนที่มีการนำเข้า และส่งออกไนโตรเจนในปริมาณที่มากที่สุดในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

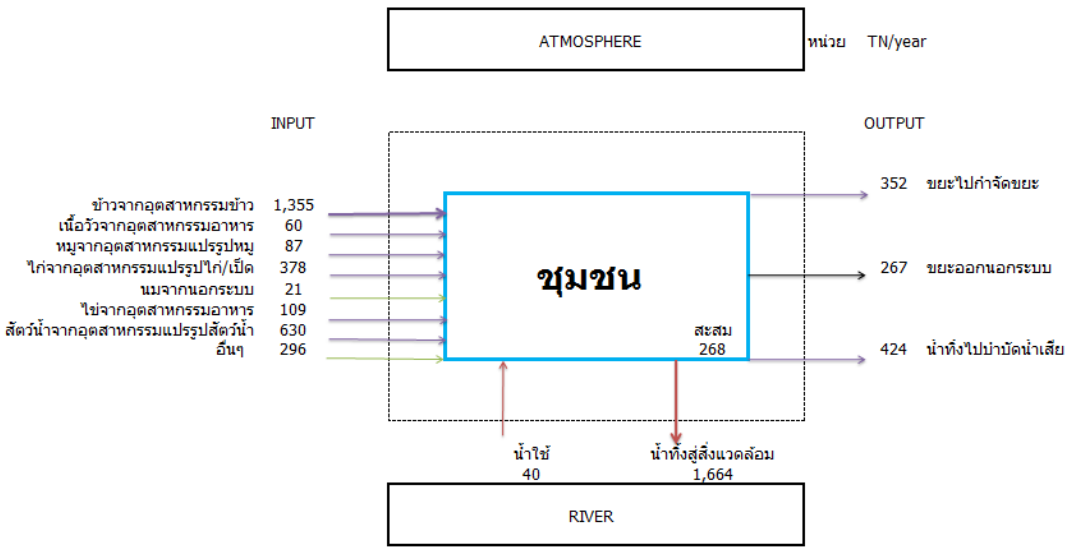


รูปที่ 4. 5 ผังการไหลของไนโตรเจนในอุตสาหกรรม

4.1.6 ภาคชุมชน

กิจกรรมจากชุมชนมีไนโตรเจนเข้าสู่ระบบในรูปอาหาร น้ำใช้ และอื่นๆ (ไนโตรเจนจากธรรมชาติ) โดยมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 2,640, 40 และ 296 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบส่วนหนึ่งจะออกไปในรูปของขยะในปริมาณ 619 ตันไนโตรเจนต่อปี ซึ่งขยะที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปใช้จัดการที่ระบบกำจัดขยะในพื้นที่ และยังมีไนโตรเจนสะสมอยู่ภายในระบบในรูปของไนโตรเจนสะสมในคน โดยมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ที่ 268 ตันไนโตรเจนต่อปี นอกจากปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบในรูปขยะดังกล่าวแล้วนั้น ไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบยังออกนอกระบบในรูปแบบของน้ำทิ้ง ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 2,089 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ดัง**รูปที่ 4. 6**

จากผลของปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในกิจกรรมจากชุมชน พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากระบบจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรในพื้นที่ เนื่องจากจำนวนประชากรจะส่งผลต่อปริมาณการบริโภค และปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ซึ่งในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีประชากรราษฎร์จำนวน 679,370 คน ประชากรแฝงจำนวน 27,182 คน มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกเท่ากับ 2,976 และ 2,708 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและขาออกมีค่าไม่ถึงร้อยละ 1 ของปริมาณไนโตรเจนในระบบทั้งหมด

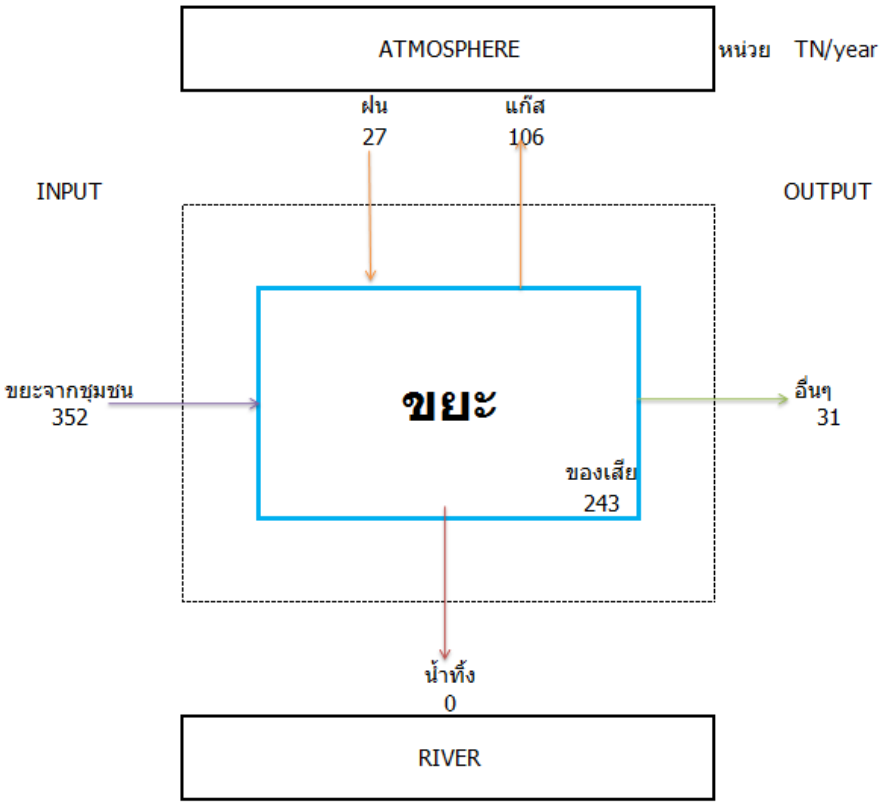


รูปที่ 4. 6 ผังการไหลของไนโตรเจนในชุมชน

4.1.7 ภาคการจัดการขยะ

ระบบจัดการขยะมีไนโตรเจนเข้าสู่ระบบในรูปขยะ และฝน โดยมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 352 และ 27 ตันไนโตรเจนต่อปี ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบส่วนหนึ่งจะสะสมอยู่ภายในระบบในรูปของเสียสะสม โดยมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ที่ 243 ตันไนโตรเจนต่อปี นอกจากปริมาณไนโตรเจนดังกล่าวแล้วนั้น ไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบยังออกนอกระบบในรูปแบบของน้ำทิ้ง แก๊ส และรูปอื่นๆ (ไนโตรเจนจากการรั่วซึม) ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.01, 106 และ 31 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ดัง**รูปที่ 4. 7**

จากผลของปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นจากระบบจัดการขยะ พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากระบบจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณขยะที่ระบบจัดการขยะสามารถรองรับได้ เนื่องจากความสามารถของระบบจัดการขยะจะส่งผลต่อปริมาณการรับขยะมาจัดการ และน้ำทิ้ง ซึ่งในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีระบบจัดการขยะที่สามารถรองรับขยะได้จำนวน 60 ตันต่อวัน มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกเท่ากับ 379 และ 136 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและขาออกน้อยกว่าร้อยละ 1 ของปริมาณไนโตรเจนในระบบทั้งหมด

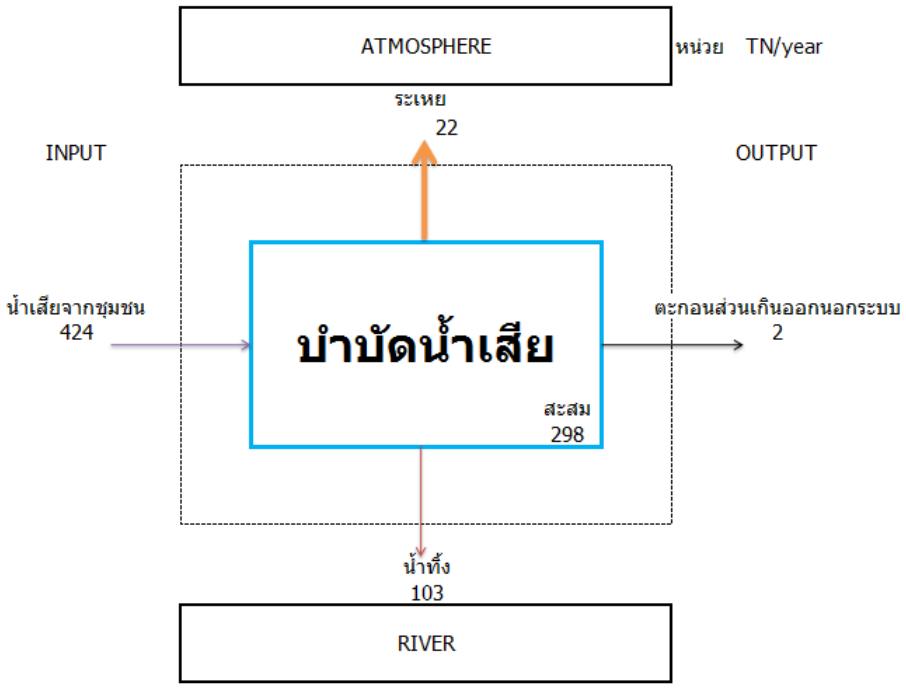


รูปที่ 4. 7 ผังการไหลของไนโตรเจนในระบบกำจัดขยะ

4.1.8 ภาคบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียมีไนโตรเจนเข้าสู่ระบบในรูปน้ำเสีย โดยมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 424 ตันไนโตรเจนต่อปี ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบส่วนหนึ่งจะออกไปในรูปของตะกอนส่วนเกินในปริมาณ 2 ตันไนโตรเจนต่อปี ซึ่งตะกอนส่วนเกินที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปกำจัด และยังมีไนโตรเจนสะสมอยู่ภายในระบบในรูปของของเสีย รวมถึงปริมาณไนโตรเจนสะสมรูปอื่นๆ (ไนโตรเจนตกค้างในระบบ) อยู่ที่ 295 และ 3 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ นอกจากปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบในรูปตะกอนส่วนเกินดังกล่าวแล้วนั้น ไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบยังออกนอกระบบในรูปแบบของน้ำทิ้งและการระเหย ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 103 และ 22 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ ดัง**รูปที่ 4. 8**

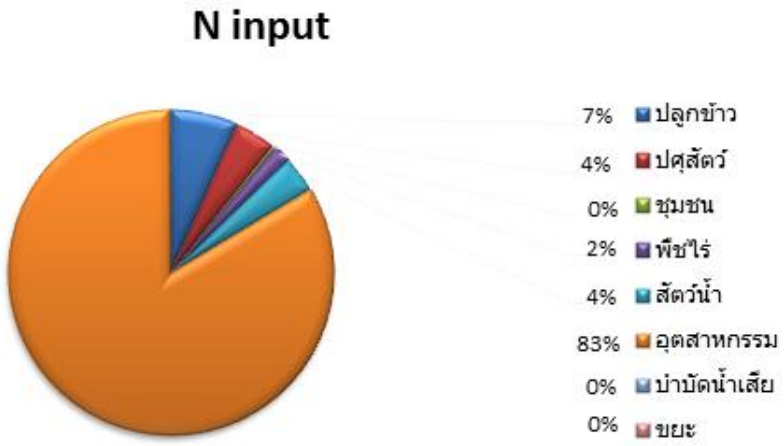
จากผลของปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากระบบจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำเสียที่ระบบบำบัดน้ำเสียสามารถรองรับได้ เนื่องจากความสามารถของระบบบำบัดน้ำเสียจะส่งผลต่อปริมาณการรับน้ำเสียมาบำบัด และตะกอนส่วนเกินซึ่งในเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถรองรับน้ำเสียได้จำนวน 14,047 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกเท่ากับ 424 และ 126 ตันไนโตรเจนต่อปีตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและขาออกน้อยกว่าร้อยละ 1 ของปริมาณไนโตรเจนในระบบทั้งหมด



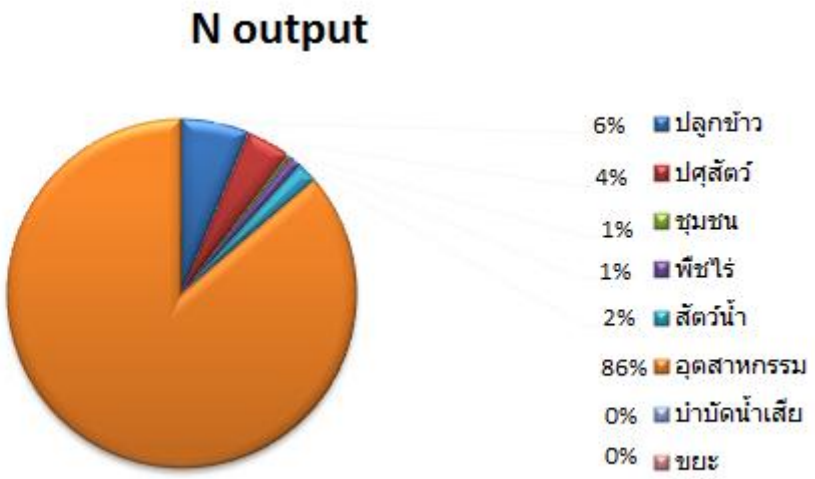
รูปที่ 4. 8 ผังการไหลของไนโตรเจนในระบบบำบัดน้ำเสีย

4.2 ภาพรวมการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

จากผลการประเมินการไหลของไนโตรเจนในกิจกรรมต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราพบว่า ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรากิจกรรมหลักของการไหลของไนโตรเจน คือ อุตสาหกรรมร้อยละ 83 การเพาะปลูกข้าว ร้อยละ 7 และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำร้อยละ 4 ตามลำดับ (**รูปที่ 4. 9**) สาเหตุที่อุตสาหกรรมเป็นปัจจัยหลักเนื่องจากพื้นที่เขตจังหวัดฉะเชิงเทราเป็นจังหวัดที่มีอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมอาหาร ส่วนกิจกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราพบว่า ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรากิจกรรมหลักของการไหลของไนโตรเจน คือ อุตสาหกรรมร้อยละ 86 การเพาะปลูกข้าวร้อยละ 6 และปศุสัตว์ร้อยละ 4 ตามลำดับ (**รูปที่ 4. 10**) ไนโตรเจนขาเข้าทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 846,825 ตันไนโตรเจนต่อปี ไนโตรเจนขาออกทั้งหมดเท่ากับ 815,627 ตันไนโตรเจนต่อปี ไนโตรเจนสะสมภายในระบบทั้งหมดเท่ากับ 31,198 ตันไนโตรเจนต่อปี ทั้งนี้ในกิจกรรมย่อยต่างๆ สามารถอธิบายการไหลของไนโตรเจนในระบบได้ดังนี้

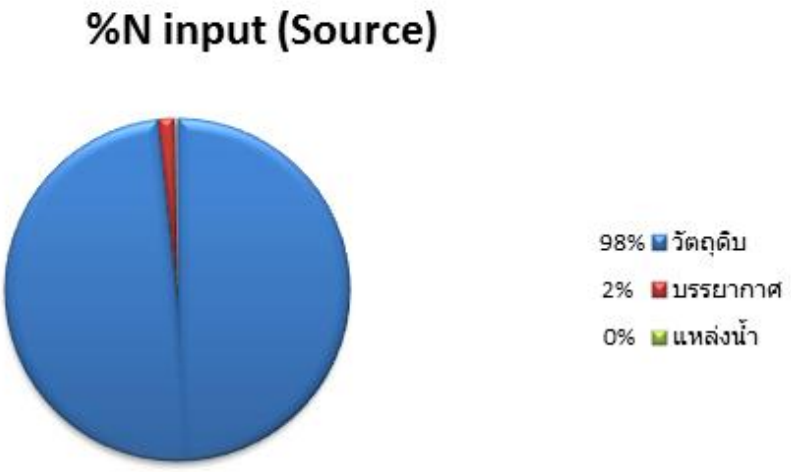


รูปที่ 4. 9 สัดส่วนไนโตรเจนขาเข้าของกิจกรรมในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

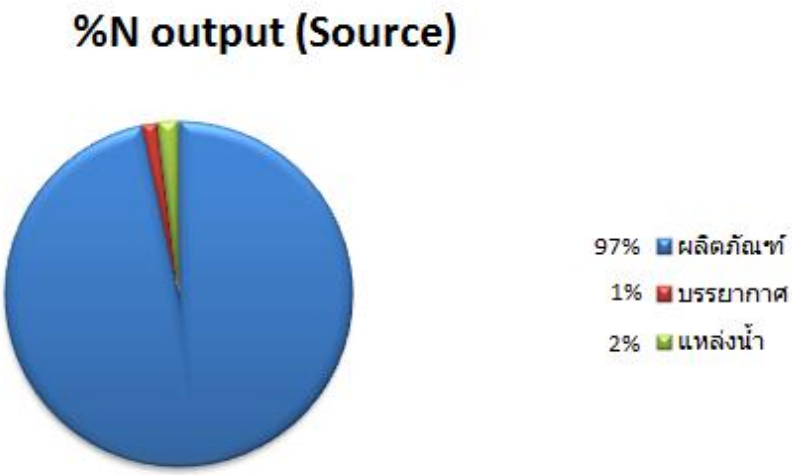


รูปที่ 4. 10 สัดส่วนไนโตรเจนขาออกของกิจกรรมในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

ไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดไนโตรเจนเข้า และออกสู่ระบบที่แตกต่างกันสามารถอธิบายได้ถึงปริมาณไนโตรเจนที่เข้า และออกสู่ระบบส่วนใหญ่มาจากแหล่งกำเนิดใด โดยปริมาณไนโตรเจนขาเข้าแบ่งต้นกำเนิดออกเป็น 3 แหล่งคือ แหล่งกำเนิดจากวัตถุดิบ แหล่งกำเนิดจากบรรยากาศ และแหล่งกำเนิดจากแหล่งน้ำ จากการรวบรวมข้อมูลจะเห็นได้ว่า มีไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดจากวัตถุดิบสูงถึงร้อยละ 98 เนื่องจากในแต่ละกิจกรรมมีการใช้ปริมาณวัตถุดิบสูง ลำดับถัดไปเป็นไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดจากบรรยากาศ มีปริมาณไนโตรเจนเข้าสู่ระบบร้อยละ 2 ส่วนไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดจากแหล่งน้ำ มีไนโตรเจนเข้าสู่ระบบในปริมาณเล็กน้อยคือน้อยกว่าร้อยละ 1 (**รูปที่ 4. 11**) ปริมาณไนโตรเจนขาออกแบ่งต้นกำเนิดออกเป็น 3 แหล่งคือ แหล่งกำเนิดจากผลิตภัณฑ์ แหล่งกำเนิดจากบรรยากาศ และแหล่งกำเนิดจากแหล่งน้ำ จากการรวบรวมข้อมูลจะเห็นได้ว่า มีไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดจากผลิตภัณฑ์สูงถึงร้อยละ 97 เนื่องจากในแต่ละกิจกรรมมีปริมาณผลิตภัณฑ์สูง ลำดับถัดไปเป็นไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดจากบรรยากาศ มีปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบร้อยละ 1 ส่วนไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดจากแหล่งน้ำ มีไนโตรเจนออกจากระบบร้อยละ 2 (**รูปที่ 4. 12**)

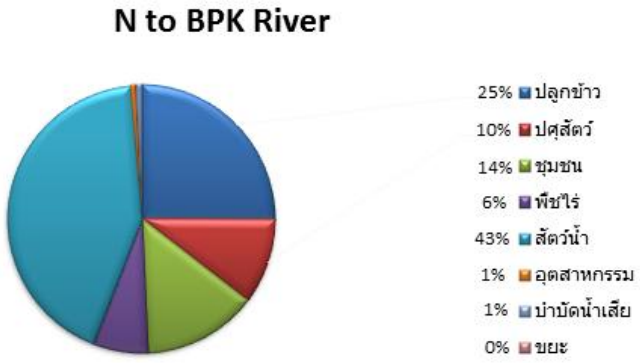


รูปที่ 4. 11 สัดส่วนไนโตรเจนขาเข้าของแต่ละแหล่งกำเนิดในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา



รูปที่ 4. 12 สัดส่วนไนโตรเจนขาออกของแต่ละแหล่งกำเนิดในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

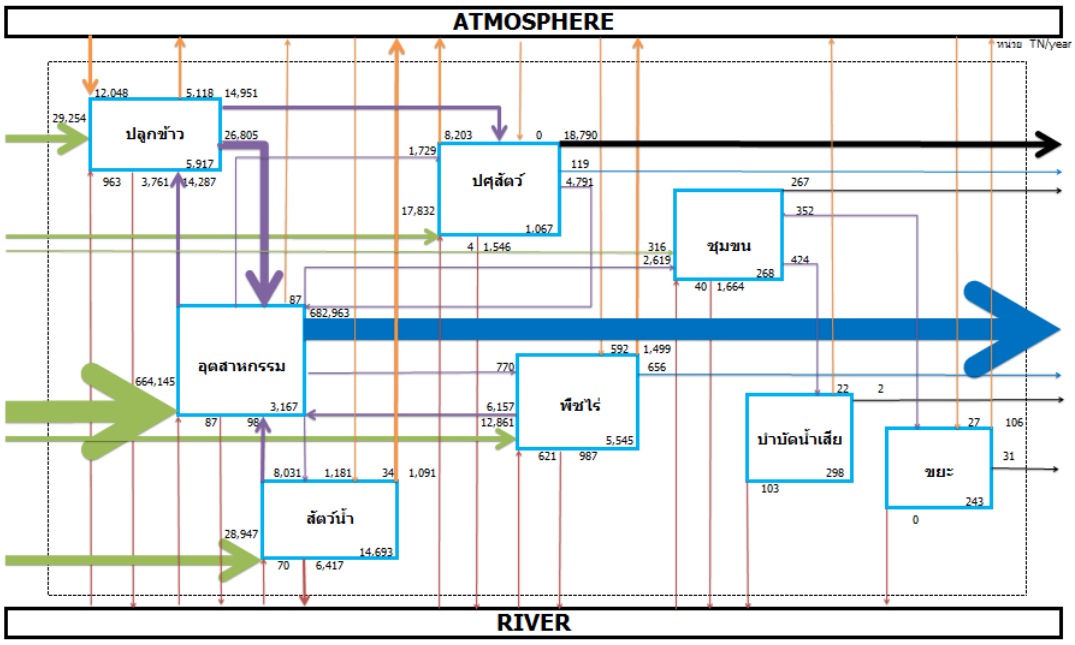
ในงานวิจัยนี้สนใจปริมาณไนโตรเจนที่ไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกงเป็นหลัก ซึ่งพบว่าปริมาณไนโตรเจนที่ไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกงมากที่สุดเกิดจากภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเพาะปลูกข้าว และภาคชุมชน ที่ร้อยละ 43, 25 และ 14 ตามลำดับ ดัง**รูปที่ 4. 13** ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร ที่ว่าปริมาณน้ำเสียในแม่น้ำบางปะกงส่วนใหญ่มาจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ร้อยละ 91 [94] สาเหตุเนื่องจากโดยส่วนมากจากการสำรวจภาคสนามในพื้นที่จริง และในคู่มือการประเมินปริมาณน้ำทิ้งและปริมาณมลพิษจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่ามีการสูบระบายน้ำออกจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงสู่แม่น้ำบางปะกงโดยตรง [95]



รูปที่ 4. 13 สัดส่วนไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำบางปะกงเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างไนโตรเจนขาเข้า และไนโตรเจนขาออก พบว่ามีสัดส่วนเปลี่ยนไปเล็กน้อย (ประมาณร้อยละ 4) เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในระบบจึงส่งผลให้สัดส่วนเปลี่ยนไป ดัง**รูปที่ 4. 14** ผังการไหลดังกล่าวยังสามารถแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมหลักที่มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกจากระบบ คือ ภาคอุตสาหกรรม

ในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้น มีความคลาดเคลื่อนของผลการคำนวณไนโตรเจนขาเข้า และขาออกมีค่าไม่ตรงกัน เนื่องจากใช้สูตรการคำนวณต่างกัน จึงมีการคำนวณค่าไนโตรเจนเพื่อปรับสมดุลปริมาณไนโตรเจนให้ตรงตามหลักสมดุลมวลสาร (Mass Balance) โดยในงานวิจัยนี้มีค่าปริมาณไนโตรเจนตกค้างภายในระบบ อยู่ระหว่างร้อยละ 0.45 – 11.04 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าปรับสมดุลของงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์การไหลของไนโตรเจนในอ่าวฮิโรชิมา [96] ที่มีค่าการปรับสมดุลมวลสารในรูปของไนโตรเจนสะสมภายในระบบอยู่ระหว่างร้อยละ2 - 12



รูปที่ 4. 14 ผังการไหลของไนโตรเจนของลุ่มน้ำบางปะกงเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

4.3. ปริมาณไนโตรเจนที่ระบายในรูปน้ำเสีย และแนวทางการลดผลกระทบ

จากการประเมินกิจกรรมในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำบางปะกงเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าสัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ลงสู่แม่น้ำบางปะกงมาจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณไนโตรเจนเกิดขึ้น 6,417 ตันไนโตรเจนต่อปีคิดเป็นร้อยละ 43 การเพาะปลูกข้าวมีปริมาณไนโตรเจนเกิดขึ้น 3,761 ตันไนโตรเจนต่อปีคิดเป็นร้อยละ 25 และชุมชนมีปริมาณไนโตรเจนเกิดขึ้น 2,089 ตันไนโตรเจนต่อปีคิดเป็นร้อยละ 14 เป็นหลัก (**ตารางที่ 4. 1**) โดยสาเหตุที่กิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณไนโตรเจนไหลเข้าสู่แม่น้ำบางปะกงสูงสุดเนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ใช้น้ำปริมาณมาก และโดยส่วนมากมีการปล่อยน้ำทิ้งโดยไม่มีการบำบัดก่อนดังที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น

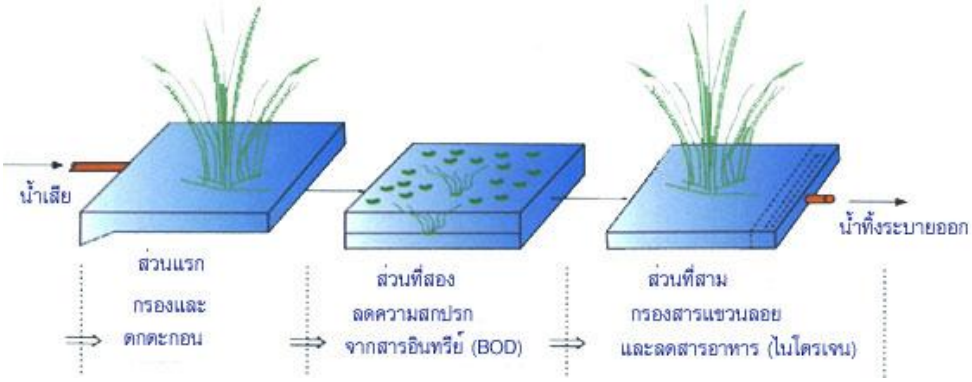
ตารางที่ 4. 1 ปริมาณไนโตรเจนไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกงจากกิจกรรมต่างๆ

กิจกรรม	ปริมาณไนโตรเจนสู่แม่น้ำ (ตันไนโตรเจนต่อปี)	ร้อยละของไนโตรเจนที่เกิดขึ้น
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	6,417	43
เพาะปลูกข้าว	3,761	25
ชุมชน	2,089	14
เพาะปลูกพืชไร่	987	6
ปศุสัตว์	1,546	10
ระบบบำบัดน้ำเสีย	103	1
อุตสาหกรรม	98	1
ระบบกำจัดขยะ	0.01	0

จากผลการประเมินดังกล่าวแสดงให้เห็นสาเหตุของปริมาณไนโตรเจนส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเพาะปลูกข้าว การเพาะปลูกพืชไร่ ชุมชน ปศุสัตว์ ระบบบำบัดน้ำเสีย อุตสาหกรรม และระบบกำจัดขยะ ตามลำดับ ทั้งนี้การเสนอแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินงาน สำหรับกิจกรรมที่มีความเป็นไปได้ในการดำเนินการได้แก่ กิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ชุมชน และปศุสัตว์ ส่วนกิจกรรมการเพาะปลูกข้าว และการเพาะปลูกพืชไร่ มีความเป็นไปได้ต่ำในการดำเนินงานเนื่องจากเป็นกิจกรรมที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ตามฤดูกาลเพาะปลูก โดยงานวิจัยฉบับนี้ได้เสนอแนวทางเพื่อลดปริมาณการปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำ 3 วิธีดังนี้

4.3.1 การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แม่น้ำบางปะกงในปริมาณมากเนื่องจากการเก็บผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นปลา และกุ้ง ในแต่ละรอบจะมีการสูบน้ำทิ้งเพื่อง่ายในการเก็บผลผลิต และเพื่อเป็นการเตรียมบ่อสำหรับการเพาะเลี้ยงในรอบถัดไป ซึ่งในปัจจุบันจากการสำรวจพื้นที่จริง กิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งจากการสำรวจพื้นที่หน้างานจริงในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา และในคู่มือการประเมินปริมาณน้ำทิ้งและปริมาณมลพิษจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่ามีการสูบระบายน้ำออกจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงสู่แม่น้ำบางปะกงโดยตรง [95] ดังนั้นแนวทางการแก้ปัญหา คือต้องทำการควบคุมกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้น้ำทิ้งจากกิจกรรมดังกล่าวผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะเป็นรูปแบบของบึงประดิษฐ์ (WET LAND) (ดัง**รูปที่ 4. 15**) มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียได้สูงถึงร้อยละ 80 [97] คาดการณ์การนำไปใช้ที่ร้อยละ 40 – 80 การดำเนินแนวทางนี้จะสามารถลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ 2,053 – 4,107 ตันไนโตรเจนต่อปี จากการลดดังกล่าวคิดเป็นสัดส่วนไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำอยู่ที่ร้อยละ 14 – 27 ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ (**ตารางที่ 4. 2**)



รูปที่ 4. 15 บึงประดิษฐ์ (WET LAND) [97]

ตารางที่ 4. 2 ปริมาณไนโตรเจนคาดการณ์จากแนวทางการลดจากภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ร้อยละการดำเนินการ	ปริมาณไนโตรเจนก่อนการบำบัด (ตันไนโตรเจนต่อปี)	ปริมาณไนโตรเจนหลังการบำบัด (ตันไนโตรเจนต่อปี)	ปริมาณไนโตรเจนที่ลดได้ (ตันไนโตรเจนต่อปี)	สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียจากทุกกิจกรรมที่ลดลง (ร้อยละ)
80	5,134	1,027	4,107	27
70	4,492	898	3,594	24
60	3,850	770	3,080	21
50	3,209	642	2,567	17
40	2,567	513	2,053	14

4.3.2 การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากกิจกรรมการปศุสัตว์

จากคาดการณ์การเพิ่มระบบบำบัดน้ำเสียในจากกิจกรรมการปศุสัตว์ โดยคาดการณ์ร้อยละการนำไปใช้ตั้งแต่ร้อยละ 40-80 ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสีย และอาศัยวิธีการลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียโดยใช้ระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor: ABR) ดัง**รูปที่ 4. 16** ตามคู่มือการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ เอบีอาร์ ของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งระบบมีความเหมาะสมกับน้ำเสียที่มีความสกปรกสูง และสามารถให้ผลผลิตเป็นแก๊สชีวภาพ มีองค์ประกอบของระบบได้แก่ บ่อรวบรวมน้ำเสีย บ่อสูบน้ำเสีย บ่อเอบีอาร์ บ่อเติมอากาศ บ่อดึงกาก และชุดปรับปรุงแก๊สชีวภาพ โดยระบบบำบัดสามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้อยู่ที่ร้อยละ 82 การดำเนินแนวทางนี้จะสามารถลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ 507 – 1,014 ตันไนโตรเจนต่อปี จากการลดดังกล่าวคิดเป็นสัดส่วนไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำอยู่ที่ร้อยละ 3 – 7 ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ (**ตารางที่ 4. 3**)

รูปที่ 4. 16 ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor: ABR) [98]

ตารางที่ 4. 3 ปริมาณไนโตรเจนคาดการณ์จากการแนวทางการลดจากภาคการปศุสัตว์

ร้อยละการดำเนินการ	ปริมาณไนโตรเจนก่อนการบำบัด (ตันไนโตรเจนต่อปี)	ปริมาณไนโตรเจนหลังการบำบัด (ตันไนโตรเจนต่อปี)	ปริมาณไนโตรเจนที่ลดได้ (ตันไนโตรเจนต่อปี)	สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียจากทุกกิจกรรมที่ลดลง (ร้อยละ)
80	1,237	223	1,014	7
70	1,082	195	887	6
60	927	167	761	5
50	773	139	634	4
40	618	111	507	3

4.3.3 การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากชุมชน

ในส่วนของภาคชุมชนนั้น เนื่องจากปัญหาระบบบำบัดน้ำเสียไม่เพียงพอ ซึ่งระบบที่มีอยู่ในปัจจุบันครอบคลุมพื้นที่เฉพาะในส่วนเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา และเทศบาลตำบลบางคล้าเท่านั้น ดังนั้นการเพิ่มระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียจะสามารถช่วยลดปริมาณไนโตรเจนลงได้ โดยคาดการณ์การเพิ่มระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสียจากภาคชุมชน โดยคาดการณ์ร้อยละการรวบรวมตั้งแต่ร้อยละ 40 - 80 ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสีย โดยระบบบำบัดสามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้ร้อยละ 75 (จากค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราในปัจจุบัน) การดำเนินแนวทางนี้จะสามารถลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ 627 – 1,253 ตันไนโตรเจนต่อปี จากการลดดังกล่าวคิดเป็นสัดส่วนไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้าอยู่ที่ร้อยละ 4 – 8 จากปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ (**ตารางที่ 4. 4**)

ตารางที่ 4. 4 ปริมาณไนโตรเจนคาดการณ์จากการแนวทางการลดจากภาคชุมชน

ร้อยละการดำเนินการ	ปริมาณไนโตรเจนก่อนการบำบัด (ตันไนโตรเจนต่อปี)	ปริมาณไนโตรเจนหลังการบำบัด (ตันไนโตรเจนต่อปี)	ปริมาณไนโตรเจนที่ลดได้ (ตันไนโตรเจนต่อปี)	สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียจากทุกกิจกรรมที่ลดลง (ร้อยละ)
80	1,671	418	1,253	8
70	1,462	366	1,097	7
60	1,253	313	940	6
50	1,044	261	783	5
40	836	209	627	4

4.4 สรุปข้อเสนอแนะและแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจน

จากแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนที่ได้นำเสนอไปแล้วนั้น แสดงให้เห็นว่าทางเลือกในแต่ละแนวทางมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ในการศึกษานี้ได้นำเสนอแนวทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการลดปริมาณไนโตรเจนให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ใช้ระยะเวลาการดำเนินงานที่เหมาะสม และใช้งบประมาณการดำเนินงานไม่สูงจนเกินไป โดยทางผู้วิจัยจะนำเสนอข้อดีและข้อเสียของแต่ละแนวทาง สำหรับการเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการลดปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นภายในแม่น้ำบางปะกงตอนล่างเขตจังหวัด ฉะเชิงเทรา การพิจารณาคัดเลือกระบบที่เหมาะสมที่สุดควรพิจารณาในหลายด้านโดยใช้หลักเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

1. ความเหมาะสมของรูปแบบกับพื้นที่ในปัจจุบัน (Land Available)
   ในการเสนอแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนลักษณะต่างๆ ต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินงานบนพื้นที่จริงเนื่องจากลักษณะพื้นที่จริงอาจมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดำเนินงานอยู่ใกล้กับบริเวณพื้นที่นั้นๆ และแนวทางดังกล่าวต้องไม่ส่งผลกระทบทางด้านอื่นๆ ด้วย

2. ข้อจำกัดด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Constraints)
   ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น กระแสลม ทิศทางลม การเป็นที่ยอมรับของสังคมและระยะห่างจากแหล่งชุมชน อาจเป็นข้อจำกัดหรือมีผลต่อแนวทางบางแนวทาง เช่น แนวทางการบำบัดน้ำเสีย โดยเฉพาะเรื่องกลิ่นที่เกิดขึ้น และฟองอากาศที่ถูกลมพัดไปก่อสภาพน่ารังเกียจกับบริเวณใกล้เคียง โดยในการกำหนดแนวทางจำเป็นต้องคำนึงถึงเหตุผลในด้านดังกล่าวด้วย

3. ความสามารถของระบบ (Performance)
   โดยทั่วไปแล้วความสามารถของแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนจะวัดจากปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบ ซึ่งต้องมีค่าต่ำกว่าปริมาณไนโตรเจนจากการประเมิน ดังนั้นแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนจึงต้องสามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้ในสัดส่วนที่สูง

4. ความต้องการด้านบุคลากร (Personal Requirement)
   ในการเสนอแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนต้องคำนึงถึงความต้องการทางด้านบุคลากรด้วย โดยความต้องการด้านบุคลากรต้องคำนึงถึงจำนวนคนและระดับเงินเดือนรวมทั้งทักษะในการดำเนินการ และความสามารถในการดำเนินการ ทั้งนี้ในแนวทางที่มีความซับซ้อนจำเป็นจะต้องมีบุคลากรที่มีความชำนานสูงเพื่อดำเนินการระบบด้วย

5. ความซับซ้อนของระบบ (Complexity)
   ความซับซ้อนของระบบสามารถแสดงถึงความยาก – ง่ายของการดำเนินงาน การใช้งานและการดูแลรักษาระบบ รวมถึงระดับความรู้ ความสามารถ และความรู้เพิ่มเติมที่ผู้ดำเนินระบบต้องได้รับอบรม

6. ระยะเวลาในการดำเนินงาน (Construction Period)
   ในการดำเนินงานตามแนวทางที่กำหนด จำเป็นต้องดำเนินการให้รวดเร็วที่สุดเพื่อให้ระบบฯ สามารถลดปริมาณไนโตรเจนไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบข้างได้
7. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economical Analysis)
8. ในการประเมินค่าใช้จ่ายต้องคำนึงถึงทุนเริ่มแรก และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการในระยะยาว แนวทางที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเริ่มต้นต่ำสุดอาจไม่ใช่ทางเลือกที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงอายุการใช้งานของระบบอีกด้วย

จากแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมที่ได้นำเสนอไปแล้วนั้น แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการลดปริมาณไนโตรเจนคือ การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้วิธีการบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ มีข้อดีคือเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อนใช้หลักการของธรรมชาติบำบัดโดยใช้พืช มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนสูง ไม่ต้องการบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญสูงในการดูแล ใช้ระยะเวลาการดำเนินงานสั้น ใช้พื้นที่มาก อันดับต่อมาคือ การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ โดยใช้วิธีการบำบัดแบบระบบถังกรองไร้อากาศ มีข้อดีคือ เป็นระบบที่สามารถเป็นเหล่งพลังงานสร้างไบโอแก๊สได้ ใช้ระยะเวลาการดำเนินงานสั้น ใช้พื้นที่น้อย มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนปานกลาง และการลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากชุมชน โดยใช้วิธีการเพิ่มระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย มีข้อดีคือเป็นระบบที่ใช้ระยะเวลาการดำเนินงานสั้น ใช้พื้นที่น้อย ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนปานกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปัญหามลพิษทางน้ำจากการเกิดไนโตรเจน ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา สู่แม่น้ำบางปะกงตอนล่าง มีกิจกรรมหลักอันประกอบด้วย ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม ภาคชุมชน ภาคการจัดการขยะ และภาคการบำบัดน้ำเสีย โดยในปี พุทธศักราช 2554 มีปริมาณไนโตรเจนเข้าสู่พื้นที่ศึกษาอยู่ที่ 846,825 ตันไนโตรเจนต่อปี ปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบ 815,627 ตันไนโตรเจนต่อปี และปริมาณไนโตรเจนสะสมในระบบ 31,198 ตันไนโตรเจนต่อปี

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนในระบบ คือ ปริมาณของกิจกรรม และลักษณะของกิจกรรม เช่น ปริมาณอุตสาหกรรม พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ วิธีการเลี้ยงสัตว์ วิธีการกำจัดของเสีย เป็นต้น โดยกิจกรรมย่อยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนเข้าระบบคืออุตสาหกรรมมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 706,901 ตันไนโตรเจนต่อปี หรือร้อยละ 83 การเพาะปลูกข้าวมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 56,552 ตันไนโตรเจนต่อปี หรือร้อยละ 7 และการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 34,516 ตันไนโตรเจนต่อปี หรือร้อยละ 4 ในส่วนกิจกรรมย่อยหลักที่ส่งผลต่อไนโตรเจนขาออกคืออุตสาหกรรมมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 703,734 ตันไนโตรเจนต่อปี หรือร้อยละ 86 การเพาะปลูกข้าวมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 50,635 ตันไนโตรเจนต่อปี หรือร้อยละ 6 และการเพาะเลี้ยงปศุสัตว์มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 33,449 ตันไนโตรเจนต่อปี หรือร้อยละ 4

ในส่วนของน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆนั้น แต่ละกิจกรรมได้ส่งผลต่อการปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำแตกต่างกันออกไป โดยกิจกรรมสำคัญที่ส่งผลต่อการปล่อยไนโตรเจนลงสู่แม่น้ำบางปะกงตอนล่างเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา ได้แก่ กิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 6,417 ตันไนโตรเจนต่อปี หรือร้อยละ 43 กิจกรรมการเพาะปลูกข้าวมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 3,761 ตันไนโตรเจนต่อปี หรือร้อยละ 25 และชุมชนมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 2,089 ตันไนโตรเจนต่อปี หรือร้อยละ 14 โดยแนวทางการลดปริมาณการปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำที่ได้มีการวิเคราะห์และเสนอว่ามีความเหมาะสมที่สุด คือ การทำระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์สำหรับภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งหากดำเนินการให้ได้ในช่วงร้อยละ 40 ถึง 80 จะสามารถลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงได้ 2,053 ถึง 4,107 ตันไนโตรเจนต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละไนโตรเจนในน้ำเสียจากทุกกิจกรรมที่ลดลงประมาณร้อยละ 14 ถึง 27

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้ ใช้ข้อมูลสถิติจากหน่วยงานต่างๆ ที่ได้รวบรวมไว้มาวิเคราะห์ค่าคาดการณ์ ซึ่งบางส่วนควรเพิ่มรายละเอียดของข้อมูลและข้อมูลสถิติจากการวัดค่าจริงของพื้นที่ และในส่วนพื้นที่การประเมินนั้นครอบคลุมพื้นที่เฉพาะเขตจังหวัดฉะเชิงเทราควรแบ่งตามพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่ไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกงเพื่อเพิ่มความละเอียดของงาน นอกจากนี้เพื่อเพิ่มความแม่นยำในงานควรวัดค่าความเข้มข้นจริงของไนโตรเจนที่ออกสู่แหล่งน้ำจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบในการวางแผนการจัดการและการตรวจวัดความแม่นยำของการวิเคราะห์ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปควรทำการแยกวิเคราะห์รายกิจกรรมโดยใช้การเก็บข้อมูลจริงภายในพื้นที่ เพื่อให้ได้รายละเอียดและความแม่นยำในการประเมินเพิ่มมากขึ้น ขยายพื้นที่วิเคราะห์ให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมถึงลุ่มน้ำสาขา และจัดทำผังกระแสการไหลของน้ำเพื่อใช้ประกอบในการประเมินร่วมกับผังการไหลของไนโตรเจน เพื่อเพิ่มความแม่นยำ ทำให้รู้ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ปล่อย และสามารถเปรียบเทียบผลการประเมินกับค่าที่ตรวจวัดจริง รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนการจัดการได้อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2554, กรมควบคุมมลพิษ, 2555, กรุงเทพมหานคร : ดอกเบี้ย.
2. มหาขันธ์, วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน: ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม (๒). ผลกระทบของการเกิดสาหร่ายผลิตสารพิษในแหล่งน้ำจืด. 2553, กรุงเทพฯ.
3. กองประสานการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, โครงการการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในทะเลสาบสงขลา. 2554, สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
4. วรยศ, การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (ประเทศไทย). 2556: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
5. โอฬาพิริยกุล, *Selected Topic in Industrial Management (Multi-lifecycle Engineering)*. 2554, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์.
6. Mason, C.F., *Biology of Freshwater Pollution 2nd ed*. 1991, Hong Kong: Longman Scientific & Technical.
7. Harper, D., *Eutrophication of freshwaters*. Principles, problems and restoration, ed. C. Hall. 1992, London.
8. OSPAR, *strategy to combat eutrophication*. 1999.
9. Gray J.S., R.R.S.S.W.a.Y.Y.O., *Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment.* Marine Ecology Progress Series, 2002. 238: p. 249-279.
10. Chinmayi, *Biosphere Atmosphere and Hydrosphere*. 2011.
11. Nedwell DB , P.J., Mason CF , Hine RE, Leaf S, Dils R., *Environmental costs of freshwater eutrophication in England and Wales*, in *Centre for Environment and Society*. 2002, University of Essex, Colchester Department of Biological Sciences.

12. Lundberg, C., *Environmental and Marine Biology*. Eutrophication in the Baltic Sea from area-specific biological effects to interdisciplinary consequences. 2005, Åbo, Finland Department of Biology Åbo Akademi University.
13. ละอองศิริวงศ์, ธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลา, in วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม. 2547, มหาวิทยาลัยสงขลา- นครินทร์. p. 134 หน้า.
14. Project, E., *Technical Background Report No.*9. VKI in association with : DHI,PEM Consult A/S,COWI A/S. 1998: Prince of Songkla University and Seatec International Ltd.
15. Paerl, H.W., *Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations.* Ecological Engineering, 2006. 26(1): p. 40-54.
16. พรศรี มิ่งขวัญ, ภาพถ่ายดาวเทียมเมื่อเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี. 2555.
17. ฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล, ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี. 2556
18. Pidwirny, M., *The Nitrogen Cycle*. 2006, Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition.
19. de Graaf, H.J., Musters, C.J.M., and ter Keurs, W.J. , *Regional opportunities for sustainable development*. theory, methods and application. 1999, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
20. Wrisberg, N., and Udo de Haes, H. (Eds.), *Analytical tools for environmental design and management in a systems perspective*. 2002, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
21. ISO14040, *International Standard Organization (ISO)*. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. 2006, Geneva.
22. Brunner, P.H.a.R., H, *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. 2004, the United States of America: Lewis.
23. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ข้อมูลโรงงานแยกตามพื้นที่. 2554
24. กรมควบคุมมลพิษ, สถานการณ์ปัจจุบันบริเวณอ่าวไทยตอนในและความเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. 2556
25. กรมอุตุนิยมวิทยา, สรุปสภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2555. 2556. 2556

26. กรมพัฒนาที่ดิน, รายงานผลการสำรวจ/ปรับปรุงแผนที่สภาพการใช้ที่ดินรายจังหวัด. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555
27. กรมปศุสัตว์, จำนวนแกะและเกษตรกรผู้เลี้ยงรายจังหวัดระหว่างปี 2553-2554. 2555, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
28. กรมปศุสัตว์, จำนวนแพะและเกษตรกรผู้เลี้ยงรายจังหวัดระหว่างปี 2553-2554. 2555, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
29. กรมปศุสัตว์, จำนวนเป็ดและเกษตรกรผู้เลี้ยงรายจังหวัดระหว่างปี 2553-2554. 2555, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
30. กรมปศุสัตว์, จำนวนไก่และเกษตรกรผู้เลี้ยงรายจังหวัดระหว่างปี 2553-2554. 2555, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
31. กรมปศุสัตว์, จำนวนกระบือและเกษตรกรผู้เลี้ยงรายจังหวัดระหว่างปี 2553-2554. 2555, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
32. กรมปศุสัตว์, จำนวนสุกรและเกษตรกรผู้เลี้ยงรายจังหวัดระหว่างปี 2553-2554. 2555, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
33. กรมปศุสัตว์, จำนวนโคนมและเกษตรกรผู้เลี้ยงรายจังหวัดระหว่างปี 2553-2554. 2555, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
34. กรมปศุสัตว์, จำนวนโคเนื้อและเกษตรกรผู้เลี้ยงรายจังหวัดระหว่างปี 2553-2554. 2555, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
35. เกษตรและสหกรณ์, สถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ประจำปี 2554, กรมปศุสัตว์, 2555, กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
36. กระทรวงมหาดไทย, จำนวนประชากรรายปี. กรมการปกครอง. 2555
37. สำนักบริหารแรงงานต่างด้าว. ข้อมูลสถิติแรงงานต่างด้าวรายเดือน. 2011; Available from: http://wp.doe.go.th/wp/index.php/2013-07-25-03-45-44/2013-07-25-03-50-28/2013-07-25-03-51-48.
38. ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, โครงการติดตามและประเมินผลการจัดการขยะมูลฝอยและน้ำเสียชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. 2548, สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
39. ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียและระบบกำจัดขยะมูลฝอย. 2556, สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13.
40. Pinida, L., *Material Flow Analysis of Nitrogen through Food Production and Consumption for Watershed Management in Chaophraya River Delta,*

Thailand, in *Department of Urban Engineering Graduate School of Engineering*. 2010, The University of Tokyo.

41. Schaffner, M., *Applying a Material Flow Analysis model to assess river water pollution and mitigation potentials: a case study in the Thachin River Basin, Central Thailand*. 2007, University of Bern: Switzerland.
42. Li, S., et al., *Anthropogenic phosphorus flow analysis of Hefei City, China.* Science of The Total Environment, 2010. 408(23): p. 5715-5722.
43. Yuan, Z., et al., *Understanding the anthropogenic phosphorus pathway with substance flow analysis at the city level.* Journal of Environmental Management, 2011. 92(8): p. 2021-2028.
44. Uraiwan, S., *Flow of Nitrogen in the Snakeskin Gourami(Trichogater pectoralis Regan) Raising Pond Using Material Flow Analysis at Samut Songkhram Province*, in *Faculty of Graduate Studies* 2007, Mahidol University.
45. Wittmer, I., *Modeling the Water and Nutrient Flows of Freshwater Aquaculture in Thailand*, in *Environmental Science*. 2005, Swiss Federal Institute of Technology: Zurich.
46. Wannipa, N., *Material Flow Analysis of Phosphorus in the Maeklong River*, in *Faculty of Graduate Studies* 2008, Mahidol University.
47. Chen, M., J. Chen, and F. Sun, *Agricultural phosphorus flow and its environmental impacts in China.* Science of The Total Environment, 2008. 405(1–3): p. 140-152.
48. Buathong, T., et al., *Nitrogen Flow Analysis in Bangkok City, Thailand: Area Zoning and Questionnaire Investigation Approach.* Procedia Environmental Sciences, 2013. 17(0): p. 586-595.
49. Buranapratheprat, A., T. Yanagi, and S. Matsumura, *Seasonal variation in water column conditions in the upper Gulf of Thailand.* Continental Shelf Research, 2008. 28(17): p. 2509-2522.
50. Marhaba, T.F., et al., *Trihalomethanes formation potential of shrimp farm effluents.* Journal of Hazardous Materials, 2006. 136(2): p. 151-163.
51. Bordalo AA, N.W., Chalermwat K, *Water quality and uses of the Bangpakong river (Eastern Thailand).* Water Res, 2001. 35(15): p. 3635–42.

52. Cheevaporn, V. and P. Menasveta, *Water pollution and habitat degradation in the Gulf of Thailand.* Marine Pollution Bulletin, 2003. 47(1–6): p. 43-51.

53. Nyenje, P.M., et al., *Eutrophication and nutrient release in urban areas of sub-Saharan Africa — A review.* Science of The Total Environment, 2010. 408(3): p. 447-455.

54. Herbeck, L.S., et al., *Effluent, nutrient and organic matter export from shrimp and fish ponds causing eutrophication in coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China.* Continental Shelf Research, 2013. 57(0): p. 92-104.

55. Antikainen, R., et al., *Stocks and flows of nitrogen and phosphorus in the Finnish food production and consumption system.* Agriculture, Ecosystems & Environment, 2005. 107(2–3): p. 287-305.

56. Fujimori, S. and Y. Matsuoka, *Development of estimating method of global carbon, nitrogen, and phosphorus flows caused by human activity.* Ecological Economics, 2007. 62(3–4): p. 399-418.

57. Burnett, W.C., et al., *Groundwater-derived nutrient inputs to the Upper Gulf of Thailand.* Continental Shelf Research, 2007. 27(2): p. 176-190.

58. Viera-Vargas, M.S., et al., *Quantification of the contribution of N2 fixation to tropical forage legumes and transfer to associated grass.* Soil Biology and Biochemistry, 1995. 27(9): p. 1193-1200.

59. เกษตรและสหกรณ์, ข้อมูลการใช้น้ำของพืชในภาคตะวันออก. 2555, กรมชลประทาน.

60. Suparb Paramee, A.C., Sirintornthep Towprayoon, Pongpor Asnachinda, Bashkin, V. N. and Nipon Tangtham, *Three-Year Monitoring Resaults of Nitrate and Ammonium Wet Deposition in Thailand.* Environmental Monitoring and Assessment, 2005. 102: p. 27-40.

61. Rinaudo, G., B. Dreyfus, and Y. Dommergues, *Sesbania rostrata green manure and the nitrogen content of rice crop and soil.* Soil Biology and Biochemistry, 1983. 15(1): p. 111-113.

62. Shan Lin, K.D., Hongbin Tao, C. Kreye, Yangchu Xu, Qirong Shen, Xiaolin Fan, and B. Sattelmacher, *The ground-cover rice production system (GCRPS): a successful new approach to save water and increase nitrogen fertilizer efficiency?* water-Wise Rice Production, 2002: p. 186-195.

63. Liang, X.Q., et al., *Modeling transport and fate of nitrogen from urea applied to a near-trench paddy field.* Environmental Pollution, 2007. 150(3): p. 313-320.
64. Smil, V., *Nitrogen in crop production: An account of global flows.* GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES, 1999. 13(2): p. 647-662.
65. มะเสนา, การสูญเสียธาตุอาหารจากการเผาฟางข้าวในนา. แก่นเกษตร, 2533. 18(3): p. 123 - 127.
66. กาวิละ, การใช้ประโยชน์จากฟางข้าวเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร. 2556, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
67. กรมการข้าว, องค์ความรู้เรื่องข้าว. 2556.
68. กรมพัฒนาที่ดิน, การเพาะปลูกพืชไร่. 2556, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
69. Ploeg, B.H.R.R.v.d., *WHNSIM - a soil nitrogen simulation model for Southern Germany.* Fertilizer Research, 1991. 27: p. 331-339.
70. Boddey, R.M., *Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems (2nd Edition): Ken. E. Giller (Ed.); CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon OX*10 8*DE, UK,* 2001*, ISBN* 0-85199-417-2*,* £60.00 (*US$* 110.00). Soil Biology and Biochemistry, 2002. 34(12): p. 1969-1970.
71. กรมส่งเสริมการเกษตร, การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการปรับปรุงบำรุงดิน. 2556
72. Horn, H.H.V., *Factors Affecting Manure Quantity, Quality and Use*.
73. การประปาส่วนภูมิภาค, ข้อมูลการประปาส่วนภูมิภาค แยกตามจังหวัด. 2555.
74. สำนักงานปศุสัตว์เขต 9, การเลี้ยงสัตว์. 2556, กรมปศุสัตว์.
75. เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย, ปัญหามลภาวะในฟาร์มเลี้ยงสัตว์และการบำบัด. 2556
76. ธาราฉาย, การเลี้ยงและการจัดการไก่กระทง. 2555.
77. Smith, K.A., D.R. Charles, and D. Moorhouse, *Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface waters. Part 2: pigs and poultry.* Bioresource Technology, 2000. 71(2): p. 183-194.
78. Vuuren, D.P.v., et al., *Global projections for anthropogenic reactive nitrogen emissions to the atmosphere: an assessment of scenarios in the scientific*

literature. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2011. 3(5): p. 359-369.

79. ตัณฑุลเวศม์, วิศวกรรมการประปาเล่ม1. 2538, กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
80. กรมประมง, การเลี้ยงปลาดุกอุย. 2556
81. สารสนเทศภายในกรมประมง, การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. 2556, กรมประมง: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
82. Worsfold, P.J., et al., *Characterisation and quantification of organic phosphorus and organic nitrogen components in aquatic systems: A Review.* Analytica Chimica Acta, 2008. 624(1): p. 37-58.
83. วัฒนกิจ, การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในบ่อดินที่ความหนาแน่นต่างกัน. วารสารการประมง, 2545. 55(1): p. 33-46.
84. Thakur, D.P. and C.K. Lin, *Water quality and nutrient budget in closed shrimp (Penaeus monodon) culture systems.* Aquacultural Engineering, 2003. 27(3): p. 159-176.
85. สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน, มลพิษจากอุตสาหกรรม. 2555, กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
86. Diego-McGlone, M.L.S., S.V. Smith, and V.F. Nicolas, *Stoichiometric Interpretations of C:N:P Ratios in Organic Waste Materials.* Marine Pollution Bulletin, 2000. 40(4): p. 325-330.
87. Gerbens-Leenes, P.W., S. Nonhebel, and M.S. Krol, *Food consumption patterns and economic growth. Increasing affluence and the use of natural resources.* Appetite, 2010. 55(3): p. 597-608.
88. Heinemann, C., et al., *Influence of amylose-flavor complexation on build-up and breakdown of starch structures in aqueous food model systems.* LWT - Food Science and Technology, 2005. 38(8): p. 885-894.
89. Sinsupan, T., *Material Flux Analysis (MFA) FOR Planning of Domestic Wastes and Wastewater Management: Case Study in Pak Kret Municipality, Nonthaburi, Thailand*, in *School of Environment Resources and Development* 2004, Asian Institute of Technology.
90. Udomsinroj, K., *Wastewater treatment*. 1 ed. 1996, Bangkok: Mitnara.

91. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียและระบบกำจัดขยะมูลฝอย. 2554, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
92. Belevi, H. and P. Baccini, 6.2 - *Water and Element Fluxes from Sanitary Landfills*, in *Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact*, T.H.C.C. Stegmann, Editor. 1968, Academic Press. p. 391-397.
93. Metcalf & Eddy, I., George Tchobanoglous, Franklin Burton, H. David Stensel, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 2003.
94. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, สภาพปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องลุ่มน้ำบางปะกง. 2556.
95. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, คู่มือการประเมินปริมาณน้ำทิ้งและปริมาณมลพิษจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. 2554: กรมควบคุมมลพิษ.
96. Kittiwanich, J., et al., *Analyses of phosphorus and nitrogen cyclings in the estuarine ecosystem of Hiroshima Bay by a pelagic and benthic coupled model.* Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2007. 75(1–2): p. 189-204.
97. กรมควบคุมมลพิษ, ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์. 2556, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
98. กรมควบคุมมลพิษ, โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ. 2556, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

ภาคการเพาะปลูกข้าว

ภาคผนวกที่ 1 สมดุลมวลสารภาคการเพาะปลูกข้าว

input		
นาปี		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ย	13,286.38	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากชลประทาน	586.66	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากฝน	673.02	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากเมล็ดพันธุ์	5,787.41	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการตรึง	4,793.83	TN/year
รวม	25,127.30	TN/year
นาปรัง		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ย	17,043.21	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากชลประทาน	376.27	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากฝน	431.66	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากเมล็ดพันธุ์	7,423.84	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการตรึง	6,149.32	TN/year
	31,424.31	TN/year
output		
นาปี		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ค่าการระเหย	301.53	TN/year
ค่าการไหลบ่าบนผิวดิน	1,670.97	TN/year
ไนโตรเจนในข้าว	13,402.42	TN/year
Nจากการเผาไหม้	1,972.49	TN/year
Nในฟางข้าว	9,109.00	TN/year
รวม	26,456.40	TN/year

นาปรัง		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ค่าการระเหย	377.09	TN/year
ค่าการไหลบ่าบนผิวดิน	2,089.72	TN/year
ไนโตรเจนในข้าว	13,402.42	TN/year
Nจากการเผาไหม้	2,466.81	TN/year
Nในฟางข้าว	5,842.32	TN/year
รวม	24,178.35	TN/year
accumulate		
นาปี		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ค่าซึมดิน	2412.22	TN/year
รวม	2412.22	TN/year
นาปรัง		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ค่าซึมดิน	3016.73	TN/year
รวม	3016.73	TN/year
อื่นๆ		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
อื่นๆ	487.89	TN/year
รวม	487.89	TN/year

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานภาคการเพาะปลูกข้าว

รายการ	**เนื้อที่เพาะปลูก(ไร่)**	**ผลผลิต (T)**
นาปี	**725,239.00**	**405,015.00**
นาปรัง	**465,153.00**	**327,468.00**

ภาคผนวกที่ 3 ข้อมูลใช้คำนวณภาคการเพาะปลูกข้าว

ขาเข้า				
นาปี				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
รอบการผลิต	1.00	time/year		
ปริมาณไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ย	18.32	kgN/rai/year	13286.38	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากชลประทาน	0.69	mg/l	586.66	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากฝน	0.93	kgN/rai/year	673.02	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากเมล็ดพันธุ์	7.98	kgN/rai/year	5787.41	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการตรึง	6.61	kgN/rai/year	4793.83	TN/year
นาปรัง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
รอบการผลิต	1.00	time/year		
ปริมาณไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ย	36.64	kgN/rai/year	17043.21	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากชลประทาน	0.69	mg/l	376.27	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากฝน	0.93	kgN/rai/year	431.66	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากเมล็ดพันธุ์	7.98	kgN/rai/year	7423.84	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการตรึง	6.61	kgN/rai/year	6149.32	TN/year
ขาออก				
นาปี				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ค่าการระเหย	301.53	TN/year	301.53	TN/year
ค่าการไหลบ่าบนผิวดิน	1670.97	TN/year	1670.97	TN/year
ไนโตรเจนในข้าว	11.55	g/m3	13402.42	TN/year
Nจากการเผาไหม้	1972.49	TN/year	1972.49	TN/year
นาปรัง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ค่าการระเหย	377.09	TN/year	377.09	TN/year
ค่าการไหลบ่าบนผิวดิน	2089.72	TN/year	2089.72	TN/year
ไนโตรเจนในข้าว	11.55	g/m3	13402.42	TN/year
Nจากการเผาไหม้	2466.81	TN/year	2466.81	TN/year

ภาคผนวกที่ 4 รายการคำนวณเพิ่มเติมภาคการเพาะปลูกข้าว

การใส่ปุ๋ยในนาข้าว(ฉะเชิงเทรา)		
นาปี		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ย	18.32	kgN/rai/year
นาปรัง		
รายการ		**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ย	18.32	kgN/rai/loop
นาปี		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนจากการตรึง	6.61	kgN/rai/year
นาปรัง		
รายการ		**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนจากการตรึง	6.61	kgN/rai/loop

การชลประทาน				
นาปี				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
จำนวนวันที่ต้องการน้ำ	86	day		
ปริมาณการใช้น้ำของพืช	8.52	mm./day	850235392.13	m3/year
นาปรัง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
จำนวนวันที่ต้องการน้ำ	86	day		
ปริมาณการใช้น้ำของพืช	8.52	mm./day	545323049.9	m3/year

ค่าซึมดิน				
นาปี				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**รายการ**	**จำนวน**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	25127.2997	TN/year	สัดส่วนการซึม	0.096
นาปรัง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**รายการ**	**จำนวน**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	31424.30535	TN/year	สัดส่วนการซึม	0.096

ค่าการระเหย				
นาปี				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**รายการ**	**จำนวน**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	25127.2997	TN/year	สัดส่วนการระเหย	1.20 %
นาปรัง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**รายการ**	**จำนวน**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	31424.30535	TN/year	สัดส่วนการรเหย	1.20 %
ค่าการไหลบ่าบนผิวดิน				
นาปี				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**รายการ**	**จำนวน**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	25127.2997	TN/year	สัดส่วนการไหลบ่า	0.0665
นาปรัง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**รายการ**	**จำนวน**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	31424.30535	TN/year	สัดส่วนการไหลบ่า	0.0665
Nจากการเผาไหม้				
นาปี				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**รายการ**	**จำนวน (%)**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	25127.2997	TN/year	%Nจากการเผาไหม้	7.85
นาปรัง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**รายการ**	**จำนวน**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	31424.30535	TN/year	%Nจากการเผาไหม้	7.85
Nในฟางข้าว				
นาปี				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**จำนวน**	**หน่วย**
ตอซังข้าวเหลือในนาเฉลี่ย	800.00	kg/rai	580,191.20	ton
ไนโตรเจนสะสมในฟางข้าว	1.57	%	9,109.00	TN/year
นาปรัง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	จำนวน	หน่วย
ตอซังข้าวเหลือในนาเฉลี่ย	800.00	kg/rai	372,122.40	ton
ไนโตรเจนสะสมในฟางข้าว	1.57	%	5,842.32	TN/year

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวกที่ 5 ในโตรเจนสะสมในระบบภาคการเพาะปลูกข้าว

นาปี				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ค่าซึมดิน	2412.22	TN/year	2412.22	TN/year
นาปรัง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ค่าซึมดิน	3016.73	TN/year	3016.73	TN/year

ภาคผนวกที่ 6 สรุปผลภาคการเพาะปลูกข้าว

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
input	56,551.61	TN/year
accumulate	5,428.95	TN/year
output	50,634.76	TN/year
diff.	487.89	TN/year
	0.96	%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคปศุสัตว์

ภาคผนวกที่ 7 สมดุลมวลสารภาคปศุสัตว์

input		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงโคนม	56.83	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงโคเนื้อ	1745.18	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงสุกร	15968.96	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงไก่ไข่	7204.75	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงไก่เนื้อ	4889.52	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงเป็ดไข่	212.39	TN/year

input		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงเป็ดเนื้อ	1304.11	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงโคนม	0.00	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงโคเนื้อ	0.13	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงสุกร	3.58	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงไก่ไข่	0.42	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงไก่เนื้อ	0.09	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงเป็ดไข่	0.01	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงเป็ดเนื้อ	0.03	TN/year
รวม	31,385.99	TN/year
output		
อื่นๆ	3,130.25	TN/year
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณการปล่อย NH3 จากโคนม	2.33	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากโคเนื้อ	150.21	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากสุกร	3024.90	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากไก่ไข่	1723.37	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากไก่เนื้อ	2566.52	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากเป็ดไข่	50.80	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากเป็ดเนื้อ	684.53	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงโคนม	1.56	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงโคเนื้อ	276.86	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงสุกร	592.88	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงไก่ไข่	2712.39	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงไก่เนื้อ	149.91	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงเป็ดไข่	48.50	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงเป็ดเนื้อ	52.51	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงโคนม	0.47	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงโคเนื้อ	47.13	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงสุกร	1298.41	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงไก่ไข่	154.11	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงไก่เนื้อ	31.21	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงเป็ดไข่	2.18	TN/year

output		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงเป็ดเนื้อ	12.24	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงโคนม	41.60	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงโคเนื้อ	1470.31	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงสุกร	10454.22	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงไก่ไข่	4470.02	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงไก่เนื้อ	2603.67	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงเป็ดไข่	131.77	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงเป็ดเนื้อ	694.44	TN/year
รวม	33449.05	TN/year
accumulate		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนสะสมในโคนม	2.69	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนสะสมในไก่ไข่	1034.02	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนสะสมในเป็ดไข่	30.48	TN/year
รวม	1067.19	TN/year

ภาคผนวกที่ 8 ข้อมูลพื้นฐานภาคปศุสัตว์

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ไก่พื้นเมือง	517523	ตัว
ไก่เนื้อ	2337062	ตัว
ไก่ไข่	8200424	ตัว
ไก่เนื้อพันธุ์	229455	ตัว
ไก่ไข่พันธุ์	416417	ตัว
ไก่ทั้งหมด	11700881	ตัว
เป็ดเทศ	21697	ตัว
เป็ดเนื้อ	626938	ตัว
เป็ดไข่	217989	ตัว
เป็ดเนื้อไล่ทุ่ง	57591	ตัว
เป็ดไข่ไล่ทุ่ง	36027	ตัว
เป็ดทั้งหมด	960242	ตัว
สุกร	378112	ตัว
โคเนื้อ	26352	ตัว
โคนม	265	ตัว

ภาคผนวกที่ 9 ข้อมูลใช้คำนวณภาคปศุสัตว์

ขาเข้า				
รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงโคนม	214.44	kg/cap/year	56.83	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงโคเนื้อ	66.23	kg/cap/year	1745.18	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงสุกร	42.23	kg/cap/year	15968.96	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงไก่ไข่	0.84	kg/cap/year	7204.75	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงไก่เนื้อ	1.91	kg/cap/year	4889.52	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงเป็ดไข่	0.84	kg/cap/year	212.39	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงเป็ดเนื้อ	1.91	kg/cap/year	1304.11	TN/year

ขาเข้า				
รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงโคนม	0.00	TN/year	0.00	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงโคเนื้อ	0.13	TN/year	0.13	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงสุกร	3.58	TN/year	3.58	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงไก่ไข่	0.42	TN/year	0.42	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงไก่เนื้อ	0.09	TN/year	0.09	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงเป็ดไข่	0.01	TN/year	0.01	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้น้ำเลี้ยงเป็ดเนื้อ	0.03	TN/year	0.03	TN/year
ขาออก				
รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณการปล่อย NH3 จากโคนม	8.80	kg/cap/year	2.33	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากโคเนื้อ	5.70	kg/cap/year	150.21	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากสุกร	8.00	kg/cap/year	3024.90	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากไก่ไข่	0.20	kg/cap/year	1723.37	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากไก่เนื้อ	1.00	kg/cap/year	2566.52	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากเป็ดไข่	0.20	kg/cap/year	50.80	TN/year
ปริมาณการปล่อย NH3 จากเป็ดเนื้อ	1.00	kg/cap/year	684.53	TN/year

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขาออก				
รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงโคนม	1.56	TN/year	1.56	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงโคเนื้อ	276.86	TN/year	276.86	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงสุกร	592.88	TN/year	592.88	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงไก่ไข่	2712.39	TN/year	2712.39	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงไก่เนื้อ	149.91	TN/year	149.91	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงเป็ดไข่	48.50	TN/year	48.50	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงเป็ดเนื้อ	52.51	TN/year	52.51	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงโคนม	0.47	TN/year	0.47	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงโคเนื้อ	47.13	TN/year	47.13	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงสุกร	1298.41	TN/year	1298.41	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงไก่ไข่	154.11	TN/year	154.11	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงไก่เนื้อ	31.21	TN/year	31.21	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงเป็ดไข่	2.18	TN/year	2.18	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากระบบบำบัดจากการเลี้ยงเป็ดเนื้อ	12.24	TN/year	12.24	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงโคนม	156.99	kg/cap/year	41.60	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงโคเนื้อ	55.80	kg/cap/year	1470.31	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงสุกร	27.65	kg/cap/year	10454.22	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงไก่ไข่	0.52	kg/cap/year	4470.02	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงไก่เนื้อ	1.01	kg/cap/year	2603.67	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงเป็ดไข่	0.52	kg/cap/year	131.77	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากของเสียจากการเลี้ยงเป็ดเนื้อ	1.01	kg/cap/year	694.44	TN/year

*ปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงเป็ดกำหนดให้มีค่าเท่ากันกับปริมาณไนโตรเจนจากอาหารเลี้ยงไก่

ภาคผนวกที่ 10 รายการคำนวณเพิ่มเติมภาคปศุสัตว์

ขาเข้า			
ประเภท	รายการ	จำนวน	หน่วย
โคนม	น้ำหนักอาหารแห้งที่โคนมต้องการ	48	pound/cap/day
โคเนื้อ	น้ำหนักอาหารแห้งที่โคเนื้อต้องการ	21	pound/cap/day
สุกร	น้ำหนักอาหารแห้งที่สุกรต้องการ	711	pound/cap/cycle
ไก่ไข่	น้ำหนักอาหารแห้งที่ไก่ไข่ต้องการต่อ 1,000 ตัว	194	pound/1,000 caps/day
ไก่เนื้อ	น้ำหนักอาหารแห้งที่ไก่เนื้อต้องการ	8.4	pound/cap/cycle
โคนม	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงโคนม	25	L/cap/day
โคเนื้อ	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงโคเนื้อ	25	L/cap/day
สุกร	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงสุกร	48	L/cap/day
ไก่ไข่	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่	0.25	L/cap/day
ไก่เนื้อ	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงไก่เนื้อ	0.17	L/cap/day
เป็ดไข่	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงเป็ดไข่	0.12	L/cap/day
เป็ดเนื้อ	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงเป็ดเนื้อ	0.25	L/cap/day

ขาเข้า					
ประเภท	**รายการ**	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
โคนม				7884.00	kg/cap/year
โคเนื้อ				3449.25	kg/cap/year
สุกร	รอบการเลี้ยงในหนึ่งปี	5	cycle/year	1599.75	kg/cap/year
ไก่ไข่				31.86	kg/cap/year
ไก่เนื้อ	รอบการเลี้ยงในหนึ่งปี	15	cycle/year	56.70	kg/cap/year
โคนม	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำประปา	0.54	mg/L	0.00	TN/year
โคเนื้อ	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำประปา	0.54	mg/L	0.13	TN/year
สุกร	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำประปา	0.54	mg/L	3.58	TN/year
ไก่ไข่	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำประปา	0.54	mg/L	0.42	TN/year
ไก่เนื้อ	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำประปา	0.54	mg/L	0.09	TN/year
เป็ดไข่	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำประปา	0.54	mg/L	0.01	TN/year
เป็ดเนื้อ	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำประปา	0.54	mg/L	0.03	TN/year
โคนม	%N ในอาหาร	2.72	%	214.44	kg/cap/year
โคเนื้อ	%N ในอาหาร	1.92	%	66.23	kg/cap/year
สุกร	%N ในอาหาร	2.64	%	42.23	kg/cap/year
ไก่ไข่	%N ในอาหาร	2.624	%	0.84	kg/cap/year
ไก่เนื้อ	%N ในอาหาร	3.36	%	1.91	kg/cap/year

ขาออก					
ประเภท	รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
โคนม	% ของเสียจากโคนมต่อน้ำหนักอาหารแห้ง	38	%	2,995.92	TN/year
โคเนื้อ	% ของเสียจากโคเนื้อต่อน้ำหนักอาหารแห้ง	24	%	827.82	TN/year
สุกร	% ของเสียจากสุกรต่อน้ำหนักอาหารแห้ง	21	%	335.95	TN/year
ไก่ไข่	% ของเสียจากไก่ไข่ต่อน้ำหนักอาหารแห้ง	22	%	7.01	TN/year
ไก่เนื้อ	% ของเสียจากไก่เนื้อต่อน้ำหนักอาหารแห้ง	21	%	11.91	TN/year
เป็ดไข่	% ของเสียจากเป็ดไข่ต่อน้ำหนักอาหารแห้ง*	22	%	7.01	TN/year
เป็ดเนื้อ	% ของเสียจากเป็ดเนื้อต่อน้ำหนักอาหารแห้ง*	21	%	11.91	TN/year
โคนม	%N ในของเสีย	5.24	%	156.99	kg/cap/year
โคเนื้อ	%N ในของเสีย	6.74	%	55.80	kg/cap/year
สุกร	%N ในของเสีย	8.23	%	27.65	kg/cap/year
ไก่ไข่	%N ในของเสีย	7.4	%	0.52	kg/cap/year
ไก่เนื้อ	%N ในของเสีย	8.52	%	1.01	kg/cap/year
เป็ดไข่	%N ในของเสีย	7.4	%	0.52	kg/cap/year
เป็ดเนื้อ	%N ในของเสีย	8.52	%	1.01	kg/cap/year
นมโค	ปริมาณโปรตีนในนมโค	14.7	%	9.74	T/year
โคเนื้อ	ปริมาณโปรตีนในโคเนื้อ	14.7	%	1,730.40	T/year
สุกร	ปริมาณโปรตีนในสุกร	9.8	%	3,705.50	T/year
ไข่ไก่	ปริมาณโปรตีนในไข่ไก่	10.6	%	16,952.43	T/year
ไข่ไก่	ปริมาณไข่ไก่	290	pcs/cap/year	2,498,883,890.00	pcs/year
ไก่เนื้อ	ปริมาณโปรตีนในไก่เนื้อ	24.5	%	936.91	T/year
ไข่เป็ด	ปริมาณโปรตีนในไข่เป็ด	11.3	%	303.11	T/year
ไข่เป็ด	ปริมาณไข่เป็ด	165	pcs/cap/year	41,912,640.00	pcs/year
เป็ดเนื้อ	ปริมาณโปรตีนในเป็ดเนื้อ	17	%	328.16	T/year
นมโค	น้ำหนักนมโค	250	kg/cap	66.25	T/year
โคเนื้อ	น้ำหนักโคเนื้อ	446.7	kg/cap	11,771.44	T/year
สุกร	น้ำหนักสุกร	100	kg/cap	37,811.20	T/year
ไข่ไก่	น้ำหนักไข่ไก่	0.064	kg/cap	159,928.57	T/year
ไก่เนื้อ	น้ำหนักไก่เนื้อ	1.49	kg/cap	3,824.11	T/year
ไข่เป็ด	น้ำหนักไข่เป็ด	0.064	kg/cap	2,682.41	T/year
เป็ดเนื้อ	น้ำหนักเป็ดเนื้อ	2.82	kg/cap	1,930.37	T/year

ขาออก					
ประเภท	รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
นมโค	เปลี่ยนจากโปรตีนเป็นไนโตรเจน	1/6.25		1.56	TN/year
โคเนื้อ	เปลี่ยนจากโปรตีนเป็นไนโตรเจน	1/6.25		276.86	TN/year
สุกร	เปลี่ยนจากโปรตีนเป็นไนโตรเจน	1/6.25		592.88	TN/year
ไข่ไก่					
ไข่ไก่	เปลี่ยนจากโปรตีนเป็นไนโตรเจน	1/6.25		2,712.39	TN/year
ไก่เนื้อ	เปลี่ยนจากโปรตีนเป็นไนโตรเจน	1/6.25		149.91	TN/year
ไข่เป็ด					
ไข่เป็ด	เปลี่ยนจากโปรตีนเป็นไนโตรเจน	1/6.25		48.50	TN/year
เป็ดเนื้อ	เปลี่ยนจากโปรตีนเป็นไนโตรเจน	1/6.25		52.51	TN/year
โคนม	ปริมาณน้ำเสียจากการเลี้ยงโคนม	25	L/cap/day		
โคเนื้อ	ปริมาณน้ำเสียจากการเลี้ยงโคเนื้อ	25	L/cap/day		
สุกร	ปริมาณน้ำเสียจากการเลี้ยงสุกร	48	L/cap/day		
ไก่ไข่	ปริมาณน้ำเสียจากการเลี้ยงไก่ไข่	0.25	L/cap/day		
ไก่เนื้อ	ปริมาณน้ำเสียจากการเลี้ยงไก่เนื้อ	0.17	L/cap/day		
เป็ดไข่	ปริมาณน้ำเสียจากการเลี้ยงเป็ดไข่	0.12	L/cap/day		
เป็ดเนื้อ	ปริมาณน้ำเสียจากการเลี้ยงเป็ดเนื้อ	0.25	L/cap/day		
โคนม	ไนโตรเจนหลังบำบัด	196	mg/L	0.47	TN/year
โคเนื้อ	ไนโตรเจนหลังบำบัด	196	mg/L	47.13	TN/year
สุกร	ไนโตรเจนหลังบำบัด	196	mg/L	1,298.41	TN/year
ไก่ไข่	ไนโตรเจนหลังบำบัด	196	mg/L	154.11	TN/year
ไก่เนื้อ	ไนโตรเจนหลังบำบัด	196	mg/L	31.21	TN/year
เป็ดไข่	ไนโตรเจนหลังบำบัด	196	mg/L	2.18	TN/year
เป็ดเนื้อ	ไนโตรเจนหลังบำบัด	196	mg/L	12.24	TN/year

*ปริมาณ% ของเสียจากเป็ดต่อน้ำหนักอาหารแห้งกำหนดให้มีค่าเท่ากันกับปริมาณ% ของเสียจากไก่ต่อน้ำหนักอาหารแห้ง

**จำนวนไข่ไก่และไข่เป็ดต่อปีคิดจากค่าเฉลี่ย

ภาคผนวกที่ 11 ไนโตรเจนสะสมในระบบภาคปศุสัตว์

รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณไนโตรเจนสะสมในโคนม	10.14	kg/cap/year	2.6871	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนสะสมในไก่ไข่	0.12	kg/cap/year	1034.02092	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนสะสมในเป็ดไข่	0.12	kg/cap/year	30.48192	TN/year

ภาคผนวกที่ 12 สรุปผลภาคปศุสัตว์

รายการ	จำนวน	หน่วย
input	31,385.99	TN/year
accumulate	1,067.19	TN/year
output	33,449.05	TN/year
diff.	3,130.25	TN/year
	9.36	%

ภาคชุมชน

ภาคผนวกที่ 13 สมดุลมวลสารภาคชุมชน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

input		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากความต้องการข้าว	1,355.30	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการเนื้อวัว	60.24	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการหมู	86.61	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการไก่	378.11	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการนม	20.54	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการไข่	108.93	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการสัตว์น้ำ	630.19	TN/year
ปริมาณNจากน้ำใช้	40.17	TN/year
รวม	2,680.08	TN/year
อื่นๆ	295.79	TN/year

output		
ประชากรราษฎร์		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากน้ำทิ้ง	2,008.56	TN/year
ปริมาณNจากขยะ	595.13	TN/year
รวม	2,603.69	TN/year
ประชากรแฝง		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากน้ำทิ้ง	80.36	TN/year
ปริมาณNจากขยะ	23.81	TN/year
รวม	104.18	TN/year
accumulate		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
Nสะสมในชุมชน	268.01	TN/year
รวม	268.01	TN/year

ภาคผนวกที่ 14 ข้อมูลพื้นฐานภาคชุมชน

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
จำนวนประชากรทั้งหมด	679370	cap
จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	109418	cap
จำนวนประชากรในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	28627	cap
จำนวนประชากรนอกระบบบำบัดน้ำเสีย	541325	cap
จำนวนประชากรแฝงทั้งหมด	27182	cap
จำนวนประชากรแฝงในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	4378	cap
จำนวนประชากรแฝงในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	1145	cap
จำนวนประชากรแฝงนอกระบบบำบัดน้ำเสีย	21659	cap

ภาคผนวกที่ 15 ข้อมูลใช้คำนวณภาคชุมชน

รายการ	จำนวน	หน่วย
จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	16.11	%
จำนวนประชากรในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	4.21	%
จำนวนประชากรนอกระบบบำบัดน้ำเสีย	79.68	%
จำนวนประชากรแฝงในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา*	4,377.88	cap
จำนวนประชากรแฝงในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า*	1,145.38	cap
จำนวนประชากรแฝงนอกระบบบำบัดน้ำเสีย*	21,658.74	cap

ขาเข้า				
ประชากรราษฎร์				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNจากความต้องการข้าว	0.001995	TN/cap/year	1,355.30	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการเนื้อวัว	0.000089	TN/cap/year	60.24	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการหมู	0.000127	TN/cap/year	86.61	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการไก่	0.000557	TN/cap/year	378.11	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการนม	0.000030	TN/cap/year	20.54	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการไข่	0.000160	TN/cap/year	108.93	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการสัตว์น้ำ	0.000928	TN/cap/year	630.19	TN/year
ปริมาณNจากน้ำใช้	0.000059	TN/cap/year	40.17	TN/year
ประชากรแฝง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNจากความต้องการข้าว	0.001995	TN/cap/year	54.23	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการเนื้อวัว	0.000089	TN/cap/year	2.41	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการหมู	0.000127	TN/cap/year	3.47	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการไก่	0.000557	TN/cap/year	15.13	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการนม	0.000030	TN/cap/year	0.82	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการไข่	0.000160	TN/cap/year	4.36	TN/year
ปริมาณNจากความต้องการสัตว์น้ำ	0.000928	TN/cap/year	25.21	TN/year
ปริมาณNจากน้ำใช้	0.000059	TN/cap/year	1.61	TN/year

ขาออก				
ประชากรราษฎร์				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNจากน้ำทิ้ง	2,956,500.00	mgN/cap/year	2,008.56	TN/year
ปริมาณNจากขยะ	0.000876	T/cap/year	595.13	TN/year
ประชากรแฝง				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNจากน้ำทิ้ง	2,956,500.00	mgN/cap/year	80.36	TN/year
ปริมาณNจากขยะ	0.000876	T/cap/year	23.81	TN/year

*คิดตามสัดส่วนประชากรในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

ภาคผนวกที่ 16 รายการคำนวณเพิ่มเติมภาคชุมชน

ขาเข้า					
ประเภท	**รายการ**	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ข้าว	ปริมาณความต้องการข้าว	186.442	kg/cap/year	0.19	T/cap/year
เนื้อวัว	ปริมาณความต้องการเนื้อวัว	3.77	kg/cap/year	0.00	T/cap/year
หมู	ปริมาณความต้องการหมู	8.13	kg/cap/year	0.01	T/cap/year
ไก่	ปริมาณความต้องการไก่	14.4	kg/cap/year	0.01	T/cap/year
นม	ปริมาณความต้องการนม	5.4	kg/cap/year	0.01	T/cap/year
ไข่	ปริมาณความต้องการไข่	9.63	kg/cap/year	0.01	T/cap/year
สัตว์น้ำ	ปริมาณความต้องการสัตว์น้ำ	31.8	kg/cap/year	0.03	T/cap/year
น้ำใช้	ปริมาณน้ำใช้	300	L/cap/day	109,500.00	L/cap/year
ประเภท	**รายการ**	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ข้าว	%N ในข้าว	1.07	%	0.001995	TN/cap/year
เนื้อวัว	%N ในเนื้อวัว	2.35	%	0.000089	TN/cap/year
หมู	%N ในหมู	1.57	%	0.000127	TN/cap/year
ไก่	%N ในไก่	3.87	%	0.000557	TN/cap/year
นม	%N ในนม	0.56	%	0.000030	TN/cap/year
ไข่	%N ในไข่	1.67	%	0.000160	TN/cap/year
สัตว์น้ำ	%N ในสัตว์น้ำ	2.92	%	0.000928	TN/cap/year
น้ำใช้	ปริมาณNในน้ำประปา	0.54	mg/L	0.000059	TN/cap/year
		รวม		0.003945	TN/cap/year

ขาออก				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณการเกิดน้ำเสีย	202.50	L/cap/day		
ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในบ่อเกรอะ*	1.00	L/cap/day	365.00	L/cap/year
ปริมาณNในขยะ	2.40	gN/cap/day	0.00	TN/cap/year
ปริมาณNจากบ่อเกรอะ	40.00	mgN/L	2,956,500.00	mgN/cap/year
ปริมาณTKNในตะกอนบ่อเกรอะ	1,200.00	mg/L	438,000.00	mg/cap/year
สัดส่วนTN/TKN	0.96		420,480.00	mgN/cap/year

ภาคผนวกที่ 17 ไนโตรเจนสะสมในระบบภาคชุมชน

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
Nสะสมในชุมชน	10	%ของNขาเข้า	310.40	TN/year

ภาคผนวกที่ 18 สรุปผลภาคชุมชน

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
input	2,680.08	TN/year
output	2,707.86	TN/year
accumulate	268.01	TN/year
diff.	295.79	TN/year
	11.04	%

ภาคการเพาะปลูกพืชไร่

ภาคผนวกที่ 19 สมดุลมวลสารภาคการเพาะปลูกพืชไร่

input		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากฝนในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	3.54	TN/year
ปริมาณNจากฝนในการปลูกมันสำปะหลัง	285.43	TN/year
ปริมาณNจากฝนในการปลูกสับปะรด	7.21	TN/year
ปริมาณNจากฝนในการปลูกยางพารา	117.14	TN/year
ปริมาณNจากฝนในการปลูกปาล์มน้ำมัน	13.91	TN/year
ปริมาณNจากน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	5.06	TN/year
ปริมาณNจากน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง	424.46	TN/year
ปริมาณNจากน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกสับปะรด	10.72	TN/year
ปริมาณNจากน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกยางพารา	174.19	TN/year
ปริมาณNจากน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกปาล์มน้ำมัน	6.62	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	217.68	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง	3,229.59	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับสับปะรด	528.09	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับยางพารา	9,466.80	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมัน	188.89	TN/year
ปริมาณNจากการตรึงในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	4.89	TN/year
ปริมาณNจากการตรึงในการปลูกมันสำปะหลัง	123.03	TN/year
ปริมาณNจากการตรึงในการปลูกสับปะรด	2.64	TN/year
ปริมาณNจากการตรึงในการปลูกยางพารา	32.82	TN/year
ปริมาณNจากการตรึงในการปลูกปาล์มน้ำมัน	1.65	TN/year
รวม	14,844.35	TN/year

output		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
Nในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	222.95	TN/year
Nในมันสำปะหลัง(เทียบเท่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)	5,739.44	TN/year
Nในสับปะรด(เทียบเท่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)	147.40	TN/year
Nในยางพารา	656.36	TN/year
Nในปาล์มน้ำมัน	46.77	TN/year
ค่าการระเหย	362.20	TN/year
ค่าการไหลบ่าบนผิวดิน	987.15	TN/year
Nจากการเผาไหม้	1,137.08	TN/year
รวม	9,299.36	TN/year
accumulate		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ค่าซึมดิน	1,425.06	TN/year
Nสะสมในไร่ข้าวโพด	115.41	TN/year
Nสะสมในไร่มันสำปะหลัง	787.90	TN/year
Nสะสมในไร่สับปะรด	98.28	TN/year
Nสะสมในสวนยางพารา	2,439.53	TN/year
Nสะสมในไร่ปาล์มน้ำมัน	35.60	TN/year
รวม	4,901.78	TN/year
อื่นๆ		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
อื่นๆ	643.22	TN/year
รวม	643.22	TN/year

ภาคผนวกที่ 20 ข้อมูลพื้นฐานภาคการเพาะปลูกพืชไร่

รายการ	เนื้อที่เพาะปลูก	หน่วย	ผลผลิต	หน่วย
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	3,819.00	ไร่	2,572.00	ตัน
มันสำปะหลัง	307,580.00	ไร่	974,556.00	ตัน
สับปะรด	7,766.00	ไร่	34,369.00	ตัน
ยางพารา	126,224.00	ไร่	27,790.00	ตัน
ปาล์มน้ำมัน	14,991.00	ไร่	31,584.00	ตัน
รวม	460,380.00	ไร่	1,070,871.00	ตัน

ภาคผนวกที่ 21 ข้อมูลใช้คำนวณภาคการเพาะปลูกพืชไร่

ขาเข้า				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNจากฝนในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	0.93	kg/rai/year	3.54	TN/year
ปริมาณNจากฝนในการปลูกมันสำปะหลัง	0.93	kg/rai/year	285.43	TN/year
ปริมาณNจากฝนในการปลูกสับปะรด	0.93	kg/rai/year	7.21	TN/year
ปริมาณNจากฝนในการปลูกยางพารา	0.93	kg/rai/year	117.14	TN/year
ปริมาณNจากฝนในการปลูกปาล์มน้ำมัน	0.93	kg/rai/year	13.91	TN/year
ปริมาณNจากน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	0.69	mg/L	5.06	TN/year
ปริมาณNจากน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง	0.69	mg/L	424.46	TN/year
ปริมาณNจากน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกสับปะรด	0.69	mg/L	10.72	TN/year
ปริมาณNจากน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกยางพารา	0.69	mg/L	174.19	TN/year
ปริมาณNจากน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกปาล์มน้ำมัน	0.69	mg/L	6.62	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อนปลูก	85.93	TN/year	85.93	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังปลูก	131.76	TN/year	131.76	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง	3,229.59	TN/year	3,229.59	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับสับปะรด	528.09	TN/year	528.09	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับยางพาราก่อนกรีด	3,786.72	TN/year	3,786.72	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับยางพาราหลังกรีด	5,680.08	TN/year	5,680.08	TN/year
ปริมาณNในปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมัน	188.89	TN/year	188.89	TN/year
ปริมาณNจากการตรึงในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	1.28	kg/rai/year	4.89	TN/year
ปริมาณNจากการตรึงในการปลูกมันสำปะหลัง	0.40	kg/rai/year	123.03	TN/year
ปริมาณNจากการตรึงในการปลูกสับปะรด	0.34	kg/rai/year	2.64	TN/year
ปริมาณNจากการตรึงในการปลูกยางพารา	0.26	kg/rai/year	32.82	TN/year
ปริมาณNจากการตรึงในการปลูกปาล์มน้ำมัน	0.11	kg/rai/year	1.65	TN/year
ขาออก				
Nในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	19.46	kg/rai/loop	222.95	TN/year
Nในมันสำปะหลัง(เทียบเท่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)	18.66	kg/rai/loop	5,739.44	TN/year
Nในสับปะรด(เทียบเท่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)	18.98	kg/rai/loop	147.40	TN/year
Nในยางพารา	2.60	kg/rai/loop	656.36	TN/year
Nในปาล์มน้ำมัน	3.12	kg/rai/loop	46.77	TN/year
ค่าการระเหย	362.20	TN/year	362.20	TN/year
ค่าการไหลบ่าบนผิวดิน	987.15	TN/year	987.15	TN/year
Nจากการเผาไหม้	1,137.08	TN/year	1,137.08	TN/year

ภาคผนวกที่ 22 รายการคำนวณเพิ่มเติมภาคการเพาะปลูกพืชไร่

ขาเข้า			
ประเภท	**รายการ**	**จำนวน**	**หน่วย**
ข้าวโพด	จำนวนรอบการปลูกข้าวโพด	3	loop/year
มันสำปะหลัง	จำนวนรอบการปลูกมันสำปะหลัง	1	loop/year
มันสับปะรด	จำนวนรอบการปลูกสับปะรด	1	loop/year
ยางพารา	จำนวนรอบการปลูกยางพารา	1	loop/year
ปาล์มน้ำมัน	จำนวนรอบการปลูกปาล์มน้ำมัน	1	loop/year
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะเริ่มปลูก	อัตราการใส่ปุ๋ยในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะเริ่มปลูก	50	kg/rai/loop
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะหลังปลูก	อัตราการใส่ปุ๋ยในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะหลังปลูก	25	kg/rai/loop
มันสำปะหลัง	อัตราการใส่ปุ๋ยในมันสำปะหลัง	70	kg/rai/year
สับปะรด	อัตราการใส่ปุ๋ยในสับปะรด	68	kgN/rai/year
ยางพาราระยะก่อนกรีด	อัตราการใส่ปุ๋ยในยางพาราระยะก่อนกรีด	2	kg/cap/year
ยางพาราระยะหลังกรีด	อัตราการใส่ปุ๋ยในยางพาราระยะหลังกรีด	1	kg/cap/loop
ปาล์มน้ำมัน	อัตราการใส่ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน	1	kg/cap/loop
ประเภท	**รายการ**	**จำนวน**	**หน่วย**
ข้าวโพด	ความต้องการน้ำชลประทาน*	400	mm./loop
มันสำปะหลัง	ความต้องการน้ำชลประทาน*	1,250	mm./loop
มันสับปะรด	ความต้องการน้ำชลประทาน*	1,250	mm./loop
ยางพารา	ความต้องการน้ำชลประทาน*	1,250	mm./loop
ปาล์มน้ำมัน	ความต้องการน้ำชลประทาน*	400	mm./loop
ยางพาราระยะก่อนกรีด	จำนวนต้นยางพารา*	75	cap/rai
ยางพาราระยะหลังกรีด	จำนวนต้นยางพารา*	75	cap/rai
ปาล์มน้ำมัน	จำนวนต้นปาล์มน้ำมัน*	20	cap/rai

ประเภท	รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ข้าวโพด	ปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	7,332,480	m3/year	7,332,480,000	L/year
มันสำปะหลัง	ปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง	615,160,000	m3/year	615,160,000,000	L/year
มันสับปะรด	ปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง	15,532,000	m3/year	15,532,000,000	L/year
ยางพารา	ปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกยางพารา	252,448,000	m3/year	252,448,000,000	L/year
ปาล์มน้ำมัน	ปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้ในการปลูกปาล์มน้ำมัน	9,594,240	m3/year	9,594,240,000	L/year

ประเภท	รายการ	จำนวน	หน่วย
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะเริ่มปลูก	%Nในปุ๋ย	15.00	%
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะหลังปลูก	%Nในปุ๋ย	46.00	%
มันสำปะหลัง	%Nในปุ๋ย	15.00	%
ยางพาราระยะก่อนกรีด	%Nในปุ๋ย	20.00	%
ยางพาราระยะหลังกรีด	%Nในปุ๋ย	30.00	%
ปาล์มน้ำมัน	%Nในปุ๋ย	21.00	%
ประเภท	**รายการ**	**จำนวน**	**หน่วย**
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะเริ่มปลูก	รอบการใส่ปุ๋ย	3.00	loop
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะหลังปลูก	รอบการใส่ปุ๋ย	3.00	loop
ยางพาราระยะหลังกรีด	รอบการใส่ปุ๋ย	2.00	loop
ปาล์มน้ำมัน	รอบการใส่ปุ๋ย	2.00	loop

ค่าซึมดิน		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	14,844.35	TN/year
สัดส่วนการซึม	0.10	
ขาออก		
ค่าการระเหย		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	14,844.35	TN/year
สัดส่วนการซึม	2.44	%

ค่าการไหลบ่าบนผิวดิน		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	14,844.35	TN/year
สัดส่วนการซึม	0.07	
Nจากการเผาไหม้		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	14,844.35	TN/year
%Nจากการเผาไหม้	7.66	%

*เลือกใช้ค่าเฉลี่ย

ภาคผนวกที่ 23 ไนโตรเจนสะสมในระบบภาคการเพาะปลูกพืชไร่

รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
Nสะสมในไร่ข้าวโพด	17.00	%ของNขาเข้า	115.41	TN/year
Nสะสมในไร่มันสำปะหลัง	20.00	%ของNขาเข้า	787.90	TN/year
Nสะสมในไร่สับปะรด	18.00	%ของNขาเข้า	98.28	TN/year
Nสะสมในสวนยางพารา	25.00	%ของNขาเข้า	2,439.53	TN/year
Nสะสมในไร่ปาล์มน้ำมัน	17.00	%ของNขาเข้า	35.60	TN/year
ค่าซึมดิน	1,425.06	TN/year	1,425.06	TN/year

ภาคผนวกที่ 24 สรุปผลภาคการเพาะปลูกพืชไร่

รายการ	จำนวน	หน่วย
input	14,844.35	TN/year
output	9,299.36	TN/year
accumulate	4,901.78	TN/year
diff.	643.22	TN/year
	4.33	%

ภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ภาคผนวกที่ 25 สมดุลมวลสารภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

input		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากชลประทานบ่อเลี้ยงปลา	62.66	TN/year
ปริมาณNจากชลประทานบ่อเลี้ยงกุ้ง	7.21	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ยคอกบ่อเลี้ยงปลา	10,215.65	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ยเคมีบ่อเลี้ยงกุ้ง	186.10	TN/year
ปริมาณNจากการให้อาหารเลี้ยงปลา	19,220.56	TN/year
ปริมาณNจากการให้อาหารเลี้ยงกุ้ง	505.80	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากฝน	34.31	TN/year
รวม	30,232.29	TN/year
output		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์ปลา	7,882.45	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์กุ้ง	148.56	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากน้ำเสียบ่อเลี้ยงปลา	68.23	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากน้ำเสียบ่อเลี้ยงกุ้ง	6,348.78	TN/year
ค่าการระเหย	1,091.39	TN/year
รวม	15,539.40	TN/year
accumulate		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนจากมูลปลาในปลา	11,035.43	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากมูลกุ้งในกุ้ง	173.32	TN/year
ค่าซึมดิน	2,902.30	TN/year
รวม	14,111.04	TN/year
อื่นๆ		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
อื่นๆ	581.86	TN/year
รวม	581.86	TN/year

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวกที่ 26 ข้อมูลพื้นฐานภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

รายการ	จำนวน	หน่วย
ปลา*	31,529.79	rai
กุ้ง	5,441.62	rai
รวม	36,971.41	rai

*กำหนดให้ปลาเป็นชนิดเดียวกัน

ภาคผนวกที่ 27 ข้อมูลใช้คำนวณภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ขาเข้า				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNจากชลประทานบ่อเลี้ยงปลา	0.69	mg/L	62.66	TN/year
ปริมาณNจากชลประทานบ่อเลี้ยงกุ้ง	0.69	mg/L	7.21	TN/year
ปริมาณNจากการใส่ปุ๋ยคอกบ่อเลี้ยงปลา	60.00	gN/kg	10,215.65	TN/year
ปริมาณNจากการใส่ปุ๋ยเคมีบ่อเลี้ยงกุ้ง	60.00	gN/kg	186.10	TN/year
ปริมาณNจากการให้อาหารเลี้ยงปลา	0.16	byP	19,220.56	TN/year
ปริมาณNจากการให้อาหารเลี้ยงกุ้ง	0.16	byP	505.80	TN/year
ปริมาณNจากฝน	0.93	kg/rai/year	34.31	TN/year
ขาออก				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์ปลา	25.00	gN/kg	7,882.45	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์กุ้ง	30.00	gN/kg	148.56	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากน้ำเสียบ่อเลี้ยงปลา*	0.75	mg/L	68.23	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากน้ำเสียบ่อเลี้ยงกุ้ง	21.00	% by in.	6,348.78	TN/year
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ค่าการระเหย	1,091.39	TN/year	1,091.39	TN/year

ภาคผนวกที่ 28 รายการคำนวณเพิ่มเติมภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ขาเข้า					
ประเภท	**รายการ**	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
บ่อเลี้ยงปลา	อัตราการแลกเนื้อFCRบ่อเลี้ยงปลา	1.27	kg/kg	12.70	T/rai/year
บ่อเลี้ยงกุ้ง	อัตราการแลกเนื้อFCRบ่อเลี้ยงกุ้ง	1.52	kg/kg	1.38	T/rai/year
บ่อเลี้ยงปลาลึก	บ่อเลี้ยงปลาลึก	1.80	m		
บ่อเลี้ยงปลาลึก	บ่อเลี้ยงกุ้งลึก	1.20	m		
บ่อเลี้ยงปลา	ปริมาณปุ๋ยคอกบ่อเลี้ยงปลา	450.00	kg/rai/month	5,400.00	kg/rai/year
บ่อเลี้ยงกุ้ง	ปริมาณปุ๋ยเคมีบ่อเลี้ยงกุ้ง	47.50	kg/rai/month	570.00	kg/rai/year
บ่อเลี้ยงปลา	ปริมาณNจากการตรึงในบ่อเลี้ยงปลา	284.50	gN/m2	14,352.36	TN/year
บ่อเลี้ยงกุ้ง	ปริมาณNจากการตรึงในบ่อเลี้ยงกุ้ง	284.50	gN/m2	2,477.03	TN/year
ประเภท	**รายการ**	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
บ่อเลี้ยงปลา	ปริมาณโปรตีน	30.00	%	3.81	T/rai/year
บ่อเลี้ยงกุ้ง	ปริมาณโปรตีน	42.00	%	0.58	T/rai/year
บ่อเลี้ยงปลาลึก	ปริมาตรบ่อเลี้ยงปลา	90,805,795,200	L/year		
บ่อเลี้ยงปลาลึก	ปริมาตรบ่อเลี้ยงกุ้ง	10,447,910,400	L/year		

ขาออก				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ผลผลิตการเลี้ยงปลา	10	T/rai/year	10,000.00	kg/rai/year
ผลผลิตการเลี้ยงกุ้ง	0.91	T/rai/year	910.00	kg/rai/year

ค่าการระเหย		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	30,232.29	TN/year
สัดส่วนการซึม	3.61	%
ค่าซึมดิน		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณไนโตรเจนขาเข้า	30,232.29	TN/year
สัดส่วนการซึม	0.10	

ภาคผนวกที่ 29 ไนโตรเจนสะสมในระบบภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณไนโตรเจนจากมูลปลาในปลา	35.00	gN/kg	11,035.43	TN/year
ปริมาณไนโตรเจนจากมูลกุ้งในกุ้ง	35.00	gN/kg	173.32	TN/year
ค่าซึมดิน	2,902.30	TN/year	2,902.30	TN/year

ภาคผนวกที่ 30 สรุปผลภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

รายการ	จำนวน	หน่วย
input	30,232.29	TN/year
output	15,539.40	TN/year
accumulate	14,111.04	TN/year
diff.	581.86	TN/year
	1.96	%

ภาคอุตสาหกรรม

ภาคผนวกที่ 31 สมดุลมวลสารภาคอุตสาหกรรม

input		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานข้าวสาร	-	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหารสัตว์	1.09	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหาร	1.53	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหารสัตว์น้ำ	0.75	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหารเสริมพืช	-	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานมันสำปะหลัง	7.20	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปปลา	22.49	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปกุ้ง	52.28	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานขนมจีน	0.04	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปหมู	0.42	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	0.97	TN/year

รายการ	จำนวน	หน่วย
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานซอส/ซีอิ๊ว	0.00	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานปุ๋ย	-	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานข้าวสาร	651,057.18	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานอาหารสัตว์	1,731.58	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานอาหาร	2,919.87	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานอาหารสัตว์น้ำ	1,187.53	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานอาหารเสริมพืช	770.45	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานมันสำปะหลัง	11,469.96	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานแปรรูปปลา	10,554.64	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานแปรรูปกุ้ง	23,959.32	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานขนมจีน	64.87	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานแปรรูปหมู	666.41	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	1,276.96	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานซอส/ซีอิ๊ว	79.49	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานปุ๋ย	1,075.92	TN/year
รวม	706,900.96	TN/year
output		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานข้าวสาร	0	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหารสัตว์	0.3504	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหาร	52.56	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหารสัตว์น้ำ	0.3504	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหารเสริมพืช	0	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานมันสำปะหลัง	0.1752	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปปลา	14.016	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปกุ้ง	14.016	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน	0.3504	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปหมู	7.008	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	7.008	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานซอส/ซีอิ๊ว	1.752	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานปุ๋ย	0	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานข้าวสาร	651057.1843	TN/year

รายการ	จำนวน	หน่วย
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารสัตว์	1728.704712	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหาร	818.992	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารสัตว์น้ำ	1180.98624	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารเสริมพืช	770.448	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานมันสำปะหลัง	11472.96	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปปลา	10137.9604	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปกุ้ง	23572.43501	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานขนมจีน	48.5563904	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปหมู	503.310432	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	1151.7904	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานซอส/ซีอิ๊ว	30.44096	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานปุ๋ย	1075.92	TN/year
ค่าการระเหย	87.13308032	TN/year
รวม	703734.4083	TN/year
accumulate		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
อื่นๆ	3166.55284	TN/year

ภาคผนวกที่ 32 ข้อมูลพื้นฐานภาคอุตสาหกรรม

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ข้าวสาร	33,082,174.00	T
อาหารสัตว์	73,499.35	T
อาหาร	60,220.00	T
อาหารสัตว์น้ำ	50,212.00	T
อาหารเสริมพืช	32,102.00	T
มันสำปะหลัง	843,600.00	T
แปรรูปปลา	265,225.00	T
แปรรูปกุ้ง	616,692.00	T
ขนมจีน	2,487.52	T
แปรรูปหมู	46,950.60	T
แปรรูปไก่/เป็ด	101,390.00	T
ซอส/ซีอิ้ว	2,162.00	T
ปุ๋ย	44,830.00	T
รวม	35,221,544.47	T

ภาคผนวกที่ 33 ข้อมูลใช้คำนวณภาคอุตสาหกรรม

ขาเข้า				
รายการ	**จำนวน**	**จำนวน**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานข้าวสาร	0.54	mg/L	-	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหารสัตว์	0.54	mg/L	1.09	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหาร	0.54	mg/L	1.53	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหารสัตว์น้ำ	0.54	mg/L	0.75	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหารเสริมพืช	0.54	mg/L	-	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานมันสำปะหลัง	0.54	mg/L	7.20	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปปลา	0.54	mg/L	22.49	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปกุ้ง	0.54	mg/L	52.28	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานขนมจีน	0.54	mg/L	0.04	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปหมู	0.54	mg/L	0.42	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	0.54	mg/L	0.97	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานซอส/ซีอิ๊ว	0.54	mg/L	0.00	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานปุ๋ย	0.54	mg/L	-	TN/year
รายการ	**จำนวน**	**จำนวน**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานข้าวสาร	651,057.18	TN/year	651,057.18	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานอาหารสัตว์	1,729.60	TN/year	1,731.58	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานอาหาร	1,868.67	TN/year	2,919.87	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานอาหารสัตว์น้ำ	1,183.88	TN/year	1,187.53	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานอาหารเสริมพืช	770.45	TN/year	770.45	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานมันสำปะหลัง	11,467.86	TN/year	11,469.96	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานแปรรูปปลา	10,335.06	TN/year	10,554.64	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานแปรรูปกุ้ง	23,739.74	TN/year	23,959.32	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานขนมจีน	56.69	TN/year	64.87	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานแปรรูปหมู	584.65	TN/year	666.41	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	1,213.89	TN/year	1,276.96	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานซอส/ซีอิ๊ว	54.97	TN/year	79.49	TN/year
ปริมาณNในวัตถุดิบโรงงานปุ๋ย	1,075.92	TN/year	1,075.92	TN/year

ขาออก				
รายการ		**จำนวน**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานข้าวสาร	-	TN/year	-	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหารสัตว์	0.35	TN/year	0.35	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหาร	52.56	TN/year	52.56	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหารสัตว์น้ำ	0.35	TN/year	0.35	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหารเสริมพืช	-	TN/year	-	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานมันสำปะหลัง	0.18	TN/year	0.18	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปปลา	14.02	TN/year	14.02	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปกุ้ง	14.02	TN/year	14.02	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน	0.35	TN/year	0.35	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปหมู	7.01	TN/year	7.01	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	7.01	TN/year	7.01	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานซอส/ซีอิ๊ว	1.75	TN/year	1.75	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานปุ๋ย	-	TN/year	-	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานข้าวสาร	0.16	byP	651,057.18	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารสัตว์	0.16	byP	1,728.70	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหาร	0.16	byP	818.99	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารสัตว์น้ำ	0.16	byP	1,180.99	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารเสริมพืช	0.16	byP	770.45	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานมันสำปะหลัง	0.16	byP	11,472.96	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปปลา	0.16	byP	10,137.96	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปกุ้ง	0.16	byP	23,572.44	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานขนมจีน	0.16	byP	48.56	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปหมู	0.16	byP	503.31	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	0.16	byP	1,151.79	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานซอส/ซีอิ๊ว	0.16	byP	30.44	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานปุ๋ย	0.16	byP	1,075.92	TN/year
ค่าการระเหย	5.20	%	87.13	TN/year

ภาคผนวกที่ 34 รายการคำนวณเพิ่มเติมภาคอุตสาหกรรม

ขาเข้า				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณน้ำใช้โรงงานข้าวสาร*		m3/T		m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานอาหารสัตว์	27.50	m3/T	2,021,232.13	m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานอาหาร**	46.95	m3/T	2,827,329.00	m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานอาหารสัตว์น้ำ***	27.50	m3/T	1,380,830.00	m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานอาหารเสริมพืช*		m3/T		m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานมันสำปะหลัง	15.81	m3/T	13,337,316.00	m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานแปรรูปปลา	157.00	m3/T	41,640,325.00	m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานแปรรูปกุ้ง****	157.00	m3/T	96,820,644.00	m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานขนมจีน*****	29.74	m3/T	73,978.84	m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานแปรรูปหมู	16.75	m3/T	786,422.55	m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	17.73	m3/T	1,797,644.70	m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานซอส/ซีอิ๊ว	1.69	m3/T	3,653.78	m3/year
ปริมาณน้ำใช้โรงงานปุ๋ย*		m3/T		m3/year

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานข้าวสาร		TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหารสัตว์	1.99	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหาร	1,051.20	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหารสัตว์น้ำ	3.64	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานอาหารเสริมพืช		TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานมันสำปะหลัง	2.10	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปปลา	219.58	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปกุ้ง	219.58	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน	8.18	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปหมู	81.76	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	63.07	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานซอส/ซีอิ๊ว	24.53	TN/year
ปริมาณNในน้ำทิ้งโรงงานปุ๋ย		TN/year

รายการ	จำนวน	หน่วย
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานข้าวสาร	651,057.18	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารสัตว์	1,728.70	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหาร	818.99	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารสัตว์น้ำ	1,180.99	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารเสริมพืช	770.45	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานมันสำปะหลัง	11,472.96	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปปลา	10,137.96	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปกุ้ง	23,572.44	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานขนมจีน	48.56	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปหมู	503.31	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	1,151.79	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานซอส/ซีอิ๊ว	30.44	TN/year
ปริมาณNในผลิตภัณฑ์โรงงานปุ๋ย	1,075.92	TN/year
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานข้าวสาร	-	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหารสัตว์	1.09	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหาร	1.53	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหารสัตว์น้ำ	0.75	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานอาหารเสริมพืช		TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานมันสำปะหลัง	7.20	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปปลา	22.49	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปกุ้ง	52.28	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานขนมจีน	0.04	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปหมู	0.42	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	0.97	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานซอส/ซีอิ๊ว	0.00	TN/year
ปริมาณNน้ำใช้โรงงานปุ๋ย		TN/year

ขาออก				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานข้าวสาร*		m3/d		m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานอาหารสัตว์	10.00	m3/d	3,650.00	m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานอาหาร**	1,500.00	m3/d	547,500.00	m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานอาหารสัตว์น้ำ***	10.00	m3/d	3,650.00	m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานอาหารเสริมพืช*		m3/d		m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานมันสำปะหลัง	5.00	m3/d	1,825.00	m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปปลา	400.00	m3/d	146,000.00	m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปกุ้ง****	400.00	m3/d	146,000.00	m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน	10.00	m3/d	3,650.00	m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปหมู	200.00	m3/d	73,000.00	m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	200.00	m3/d	73,000.00	m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานซอส/ซีอิ๊ว	50.00	m3/d	18,250.00	m3/year
ปริมาณน้ำทิ้งโรงงานปุ๋ย*		m3/d		m3/year
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานข้าวสาร		mg/L		T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานอาหารสัตว์	850.00	mg/L	3.10	T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานอาหาร	3,000.00	mg/L	1,642.50	T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานอาหารสัตว์น้ำ	1,560.00	mg/L	5.69	T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานอาหารเสริมพืช		mg/L		T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานมันสำปะหลัง	1,800.00	mg/L	3.29	T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานแปรรูปปลา	2,350.00	mg/L	343.10	T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานแปรรูปกุ้ง	2,350.00	mg/L	343.10	T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานขนมจีน	3,500.00	mg/L	12.78	T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานแปรรูปหมู	1,750.00	mg/L	127.75	T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	1,350.00	mg/L	98.55	T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานซอส/ซีอิ๊ว	2,100.00	mg/L	38.33	T/year
ปริมาณBODในน้ำเสียโรงงานปุ๋ย		mg/L		T/year

รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	เปรียบเทียบ	หน่วย
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานข้าวสาร	0.64	byBOD			TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานอาหารสัตว์	0.64	byBOD	1.99	0.35	TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานอาหาร	0.64	byBOD	1,051.20	52.56	TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานอาหารสัตว์น้ำ	0.64	byBOD	3.64	0.35	TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานอาหารเสริมพืช	0.64	byBOD			TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานมันสำปะหลัง	0.64	byBOD	2.10	0.18	TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานแปรรูปปลา	0.64	byBOD	219.58	14.02	TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานแปรรูปกุ้ง	0.64	byBOD	219.58	14.02	TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานขนมจีน	0.64	byBOD	8.18	0.35	TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานแปรรูปหมู	0.64	byBOD	81.76	7.01	TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	0.64	byBOD	63.07	7.01	TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานซอส/ซีอิ๊ว	0.64	byBOD	24.53	1.75	TN/year
สัดส่วนTN/BODในน้ำเสียโรงงานปุ๋ย	0.64	byBOD			TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานข้าวสาร	0.96	byTKN			TN/year

รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานข้าวสาร	100.00	mg/L		T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานอาหารสัตว์	100.00	mg/L	0.37	T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานอาหาร	100.00	mg/L	54.75	T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานอาหารสัตว์น้ำ	100.00	mg/L	0.37	T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานอาหารเสริมพืช	100.00	mg/L		T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานมันสำปะหลัง	100.00	mg/L	0.18	T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานแปรรูปปลา	100.00	mg/L	14.60	T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานแปรรูปกุ้ง	100.00	mg/L	14.60	T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานขนมจีน	100.00	mg/L	0.37	T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานแปรรูปหมู	100.00	mg/L	7.30	T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	100.00	mg/L	7.30	T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานซอส/ซีอิ๊ว	100.00	mg/L	1.83	T/year
ปริมาณTKNควบคุมในน้ำเสียโรงงานปุ๋ย	100.00	mg/L		T/year

รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานอาหารสัตว์	0.96	byTKN	0.35	TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานอาหาร	0.96	byTKN	52.56	TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานอาหารสัตว์น้ำ	0.96	byTKN	0.35	TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานอาหารเสริมพืช	0.96	byTKN		TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานมันสำปะหลัง	0.96	byTKN	0.18	TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานแปรรูปปลา	0.96	byTKN	14.02	TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานแปรรูปกุ้ง	0.96	byTKN	14.02	TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานขนมจีน	0.96	byTKN	0.35	TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานแปรรูปหมู	0.96	byTKN	7.01	TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	0.96	byTKN	7.01	TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานซอส/ซีอิ๊ว	0.96	byTKN	1.75	TN/year
สัดส่วนTN/TKNในน้ำเสียโรงงานปุ๋ย	0.96	byTKN		TN/year
	Nขาเข้าระบบบำบัด		1,675.64	TN/year
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานข้าวสาร	12.30	%	4,069,107.40	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารสัตว์	14.70	%	10,804.40	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหาร	8.50	%	5,118.70	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารสัตว์น้ำ	14.70	%	7,381.16	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานอาหารเสริมพืช	15.00	%	4,815.30	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานมันสำปะหลัง	8.50	%	71,706.00	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปปลา	23.89	%	63,362.25	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปกุ้ง	23.89	%	147,327.72	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานขนมจีน	12.20	%	303.48	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปหมู	6.70	%	3,145.69	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานแปรรูปไก่/เป็ด	7.10	%	7,198.69	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานซอส/ซีอิ๊ว	8.80	%	190.26	m3/year
ปริมาณPในผลิตภัณฑ์โรงงานปุ๋ย	15.00	%	6,724.50	m3/year

*คิดน้ำใช้เป็น 0 เนื่องจากไม่จัดอยู่ในอุตสาหกรรมใช้น้ำหลัก

**ใช้ค่าประเมินสูงสุด

***เทียบเท่าอาหารสัตว์

****เทียบเท่าแปรรูปปลา

*****เทียบเท่าเส้นก๋วยเตี๋ยว

ภาคผนวกที่ 35 สรุปผลภาคอุตสาหกรรม

รายการ	จำนวน	หน่วย
input	706900.9612	TN/year
output	703734.4083	TN/year
accumulate	3166.55284	TN/year
diff.	3166.55284	TN/year
	0.447948583	%

ภาคการบำบัดน้ำสีย

ภาคผนวกที่ 36 สมดุลมวลสารภาคการบำบัดน้ำเสีย

input		
ประชากรราษฎร์		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	323.49	TN/year
ปริมาณNจากน้ำเสียในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	84.64	TN/year
รวม	408.13	TN/year
ประชากรแฝง		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	12.94	TN/year
ปริมาณNจากน้ำเสียในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	3.39	TN/year
รวม	16.33	TN/year
output		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากน้ำทิ้งในระบบบำบัดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	93.78	TN/year
ปริมาณNจากน้ำทิ้งในระบบบำบัดเทศบาลตำบลบางคล้า	8.76	TN/year
ปริมาณNในตะกอนส่วนเกินระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	1.41	TN/year
ปริมาณNตะกอนส่วนเกินในระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลตำบลบางคล้า	0.13	TN/year
ค่าการระเหย	22.07	TN/year
รวม	126.15	TN/year

accumulate		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNในตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	270.10	TN/year
ปริมาณNในตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลตำบลบางคล้า	25.23	TN/year
รวม	295.32	TN/year
อื่นๆ		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
อื่นๆ	2.98	TN/year

ภาคผนวกที่ 37 ข้อมูลพื้นฐานภาคการบำบัดน้ำเสีย

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
จำนวนประชากรทั้งหมด	679,370.00	cap
จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	109,418.00	cap
จำนวนประชากรในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	28,627.00	cap
จำนวนประชากรนอกระบบบำบัดน้ำเสีย	541,325.00	cap
จำนวนประชากรแฝงทั้งหมด	27,182.00	cap
จำนวนประชากรแฝงในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	4,378.00	cap
จำนวนประชากรแฝงในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	1,145.00	cap
จำนวนประชากรแฝงนอกระบบบำบัดน้ำเสีย	21,659.00	cap
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
อัตราการบำบัดน้ำเสียเทศบาลฉะเชิงเทรา	12,847.00	m3/day
อัตราการบำบัดน้ำเสียเทศบาลตำบลบางคล้า	1,200.00	m3/day
รวม	14,047.00	m3/day

ภาคผนวกที่ 38 ข้อมูลใช้คำนวณภาคการบำบัดน้ำเสีย

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	16.11	%
จำนวนประชากรในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	4.21	%
จำนวนประชากรนอกระบบบำบัดน้ำเสีย	79.68	%
รายการ	จำนวน	หน่วย
จำนวนประชากรแฝงในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา*	4,377.88	cap
จำนวนประชากรแฝงในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า*	1,145.38	cap
จำนวนประชากรแฝงนอกระบบบำบัดน้ำเสีย*	21,658.74	cap

ขาเข้า				
ประชากรราษฎร์				
รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณNจากน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	2,956,500.00	mgN/cap/year	323.49	TN/year
ปริมาณNจากน้ำเสียในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	2,956,500.00	mgN/cap/year	84.64	TN/year
ประชากรแฝง				
รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณNจากน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	2,956,500.00	mgN/cap/year	12.94	TN/year
ปริมาณNจากน้ำเสียในเขตเทศบาลตำบลบางคล้า	2,956,500.00	mgN/cap/year	3.39	TN/year
ขาออก				
รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณNจากน้ำทิ้งในระบบบำบัดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	20.00	mgN/L	93.78	TN/year
ปริมาณNจากน้ำทิ้งในระบบบำบัดเทศบาลตำบลบางคล้า	20.00	mgN/L	8.76	TN/year
ปริมาณNในตะกอนส่วนเกินระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	3.00	%	1.41	TN/year
ปริมาณNตะกอนส่วนเกินในระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลตำบลบางคล้า	3.00	%	0.13	TN/year
ค่าการระเหย	5.20	%	22.07	TN/year

*คิดตามสัดส่วนประชากรในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

ภาคผนวกที่ 39 รายการคำนวณเพิ่มเติมภาคการบำบัดน้ำเสีย

ขาเข้า				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณการเกิดน้ำเสีย	202.50	L/cap/day		
ปริมาณNจากบ่อเกรอะ	40.00	mg/L	2,956,500.00	mgN/cap/year
ขาออก				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
อัตราการบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	12,847.00	m3/day	4,689,155,000.00	L/year
อัตราการบำบัดน้ำเสียเทศบาลตำบลบางคล้า	1,200.00	m3/day	438,000,000.00	L/year
ปริมาณตะกอนส่วนเกินในระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	1.00	%	46.89	T/year
ปริมาณตะกอนส่วนเกินในระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลตำบลบางคล้า	1.00	%	4.38	T/year

ภาคผนวกที่ 40 ไนโตรเจนสะสมในระบบภาคการบำบัดน้ำเสีย

รายการ	จำนวน	หน่วย	คำนวณ	หน่วย
ปริมาณตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	50.00	kg/m3		
ปริมาณตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลตำบลบางคล้า	50.00	kg/m3		
ปริมาณTKNในตะกอน	1,200.00	mg/L	281.35	T/year
ปริมาณTKNในตะกอน	1,200.00	mg/L	26.28	T/year
สัดส่วนTN/TKN	0.96		270.10	TN/year
สัดส่วนTN/TKN	0.96		25.23	TN/year

ภาคผนวกที่ 41 สรุปผลภาคการบำบัดน้ำเสีย

รายการ	จำนวน	หน่วย
input	424.46	TN/year
output	126.15	TN/year
accumulate	295.32	TN/year
diff.	2.98	TN/year
	0.70	%

ภาคผนวกที่ 42 สมดุลมวลสารภาคการกำจัดขยะ

input		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากฝน	27.10	TN/year
ปริมาณNที่เกิดขึ้น	352.03	TN/year
รวม	379.13	TN/year
output		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากขยะในรูปแก๊ส	105.61	TN/year
ปริมาณNจากน้ำทิ้งในระบบบำบัด	0.01	TN/year
รวม	105.62	TN/year
อื่นๆ	30.60	TN/year

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

accumulate		
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณNจากขยะในรูปของแข็ง	242.90	TN/year
รวม	242.90	TN/year

ภาคผนวกที่ 43 ข้อมูลพื้นฐานภาคการกำจัดขยะ

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
ปริมาณขยะเข้าระบบ	60.00	T/day
พื้นที่จัดการขยะ	80.00	rai
เศษอาหาร	40.36	%
กระดาษ	14.27	%
พลาสติก	13.36	%
แก้ว	8.33	%
โลหะ	4.72	%
ยาง/หนัง	3.55	%
ผ้า	3.62	%
ไม้/ใบไม้	4.27	%
หิน/กระเบื้อง	3.27	%
อื่นๆ	4.25	%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวกที่ 44 ข้อมูลใช้คำนวณภาคการกำจัดขยะ

ขาเข้า				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNจากฝน	0.93	kg/rai/year	27.10	TN/year
ปริมาณNโดยน้ำหนักจากเศษอาหาร	2.60	%	229.81	TN/year
ปริมาณNโดยน้ำหนักจากกระดาษ	0.30	%	9.38	TN/year
ปริมาณNโดยน้ำหนักจากพลาสติก	-	%	-	TN/year
ปริมาณNโดยน้ำหนักจากแก้ว	0.10	%	1.82	TN/year
ปริมาณNโดยน้ำหนักจากโลหะ	0.10	%	1.03	TN/year
ปริมาณNโดยน้ำหนักจากยาง/หนัง	2.00	%	15.55	TN/year
ปริมาณNโดยน้ำหนักจากผ้า	4.60	%	36.47	TN/year
ปริมาณNโดยน้ำหนักจากไม้/ใบไม้	0.20	%	1.87	TN/year
ปริมาณNโดยน้ำหนักจากหิน/กระเบื้อง	3.40	%	24.35	TN/year
ปริมาณNโดยน้ำหนักอื่นๆ	0.50	%	4.65	TN/year
			352.03	TN/year
ขาออก				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNจากขยะในรูปแก๊ส	30.00	%	105.61	TN/year
ปริมาณNจากขยะในรูปน้ำเสีย	1.00	%	3.52	TN/year
ปริมาณNจากน้ำทิ้งในระบบบำบัด	20.00	mgN/L	0.01	TN/year

ภาคผนวกที่ 45 รายการคำนวณเพิ่มเติมภาคการกำจัดขยะ

ขาเข้า				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากเศษอาหาร	24.22	T/day	8,838.84	T/year
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากกระดาษ	8.56	T/day	3,125.13	T/year
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากพลาสติก	8.02	T/day	2,925.84	T/year
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากแก้ว	5.00	T/day	1,824.27	T/year
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากโลหะ	2.83	T/day	1,033.68	T/year
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากยาง/หนัง	2.13	T/day	777.45	T/year
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากผ้า	2.17	T/day	792.78	T/year
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากไม้/ใบไม้	2.56	T/day	935.13	T/year
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากหิน/กระเบื้อง	1.96	T/day	716.13	T/year
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอื่นๆ	2.55	T/day	930.75	T/year

ขาออก				
รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณขยะเข้าระบบ	60.00	T/day		
ปริมาณน้ำเสียจากขยะ	3.00	%	657,000.00	L/year

ภาคผนวกที่ 46 ไนโตรเจนสะสมในระบบภาคการกำจัดขยะ

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**คำนวณ**	**หน่วย**
ปริมาณNจากขยะในรูปของแข็ง	69.00	%	242.90	TN/year

ภาคผนวกที่ 47 สรุปผลภาคการกำจัดขยะ

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
input	379.13	TN/year
accumulate	242.90	TN/year
output	105.62	TN/year
diff.	30.60	TN/year
	8.07	%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายภานุวัฒน์ ทิพย์แสง เกิดเมื่อที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ.2528 ที่จังหวัดสกลนคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2555

ผลงานวิจัยส่วนหนึ่งจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 13 จัดที่โรงแรม เดอะ ทวิน ทาวเวอร์ รองเมือง กรุงเทพฯ ในชื่อหัวข้อการวิเคราะห์การไหลของสารอาหารจากเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา สู่แม่น้ำบางปะกงตอนล่าง วันที่ 26 - 28 มีนาคม 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University