



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต

ปริญญา

เศรษฐศาสตร์

สาขา

เศรษฐศาสตร์

ภาควิชา

เรื่อง การวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ของโครงการบำบัดน้ำเสียแอคทีฟเวดเตท สลัดจ์  
แบบใหม่

The Cost - Benefit Analysis of the New Activated Sludge Wastewater Treatment System  
Project

นามผู้วิจัย นางสาวโชติกา ดิษฐอำนาจ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์วัลลภกร์ พลทรัพย์, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์กนกวรรณ จันทร์เจริญชัย, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์ฐิพ พิพัฒน์ศิริ, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ \_\_\_\_\_ เดือน \_\_\_\_\_ พ.ศ. \_\_\_\_\_

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ของโครงการระบบบำบัดน้ำเสียแเอคทีเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่

The Cost - Benefit Analysis of the New Activated Sludge Wastewater Treatment System Project

โดย

นางสาวโชติกา ดิษฐอำนาจ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต

พ.ศ. 2552

โชติกา คิชฐอำนาจ 2552: การวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ของโครงการระบบ  
บำบัดน้ำเสียแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่ ปริญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:  
อาจารย์วัลลภกร์ พลทรัพย์, Ph.D. 87 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ทั้งทางด้านการเงินและ  
ทางเศรษฐศาสตร์ ความคุ้มค่าของโครงการและการประหยัดต้นทุน เมื่อนำระบบบำบัดน้ำเสีย  
แอ็คทีเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่ มาใช้ โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 3 กรณี ได้แก่ 1. ระบบแอ็คทีเวตเตด  
สลัดจ์ แบบเก่า 2. ระบบแอ็คทีเวตเตดสลัดจ์แบบใหม่ กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ 3. ระบบแอ็คทีเวตเตด  
สลัดจ์ แบบใหม่ กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม โดยใช้ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ คือ มูลค่าปัจจุบัน  
สุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนของโครงการ  
(IRR) โดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 7 และระยะเวลาโครงการ 30 ปี

ผลของการศึกษาทางด้านการเงินและทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ไม่มีความคุ้มค่าทั้ง 3 กรณี  
กล่าวคือ ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบแบบปรับค่าของเวลาทั้ง 3 เกณฑ์ โดยที่การสร้างระบบแอ็ค  
ทีเวตเตดสลัดจ์แบบใหม่ กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ จะทำให้เกิดการขาดทุนน้อยที่สุด ถึงแม้ว่าจะ  
เกิดการไม่คุ้มทุนขึ้น แต่โรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องปฏิบัติตามกฎหมายมาตรฐานน้ำทิ้ง  
ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยผลจากการศึกษาพบว่า ระบบแอ็คทีเวตเตดสลัดจ์  
แบบใหม่ กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ สามารถประหยัดต้นทุนได้มากที่สุด 300.86 ล้านบาททางด้านการเงิน  
และ 276.79 ล้านบาททางด้านเศรษฐศาสตร์ รองลงมาคือ กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม ซึ่งสามารถ  
ประหยัดต้นทุนได้ทั้งหมด 250.44 ล้านบาททางด้านการเงิน และ 230.40 ล้านบาททางด้าน  
เศรษฐศาสตร์

ทั้งนี้หากมีการนำต้นทุนและผลประโยชน์ทางสังคมที่ไม่ใช่ตัวเงินมาใช้ในการคำนวณ  
การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ อาจทำให้การสร้างระบบแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์แบบใหม่ กรณี  
สร้างใหม่ทั้งระบบ มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากยิ่งขึ้น

Shotika Dit-amnat 2009: The Cost - Benefit Analysis of the New Activated Sludge Wastewater Treatment System Project. Master of Economics, Major Field: Economics, Department of Economics. Thesis Advisor: Ms. Wallapak Polasub, Ph.D. 87 pages.

The objectives of this research is to study the financial and economic costs and benefits of the activated sludge wastewater treatment system project, the feasibility of the project as well as the reduction of expenditure by comparing costs and benefits between the general activated sludge and new activated sludge systems. The study is analyzed in three cases: (1) the case of general activated sludge wastewater treatment system, (2) the case of the new activated sludge wastewater treatment system (new construction), and (3) the case of the new activated sludge wastewater treatment system (adding additional equipment to the old system). The criteria for the decision making are the net present value, the benefit-cost ratio and the internal rate of return. The 7 percent discount rate is chosen while the given project life is 30 years.

The results of the study show that the wastewater treatment systems in all three cases are neither feasible in the financial nor economics terms. However, the case of the new activated sludge wastewater treatment system (new construction) gives the least financial and economic losses. Despise the losses, manufacturers need to operate under the federal water pollution regulations and standards. Therefore, the wastewater treatment system is necessary. The analysis on the cost reduction shows that the case of the new activated sludge wastewater treatment system (new construction) has the highest magnitude. The financial expenditure reduction is 300.86 million baht while the economic expenditure reduction is 276.79 million baht. The case of the new activated sludge wastewater treatment system (adding additional equipment to the ole system) has the financial and economic expenditure reduction of 250.44 million baht and 230.40 million baht, respectively.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

## กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วัลลภภัทร์ พลทรัพย์  
ประธานกรรมการ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการ  
ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์  
กนกวรรณ จันทร์เจริญชัย กรรมการ ที่ได้กรุณาตรวจแก้ไขเพิ่มเติม เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มี  
ความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ ที่ให้  
ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงเพื่อนๆ รุ่น 5 ทุกคนที่ให้อำลัใจตลอดมา  
ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่สนับสนุนในการศึกษา ให้อำลัใจในการเรียบเรียง  
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

โชติกา ดิษฐอำนาจ

ตุลาคม 2552

## สารบัญ

### หน้า

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| สารบัญตาราง                                                                      | (3) |
| สารบัญภาพ                                                                        | (5) |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ                                                        | (6) |
| บทที่ 1 บทนำ                                                                     | 1   |
| ความสำคัญของปัญหา                                                                | 1   |
| วัตถุประสงค์ของการศึกษา                                                          | 5   |
| ขอบเขตของการศึกษา                                                                | 5   |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                                                        | 6   |
| นิยามศัพท์                                                                       | 6   |
| บทที่ 2 โครงร่างทางทฤษฎี                                                         | 8   |
| แนวคิดทางทฤษฎี                                                                   | 8   |
| การตรวจเอกสาร                                                                    | 18  |
| บทที่ 3 วิธีการศึกษา                                                             | 23  |
| การรวบรวมข้อมูล                                                                  | 23  |
| ข้อสมมติในการศึกษา                                                               | 23  |
| การวิเคราะห์                                                                     | 24  |
| บทที่ 4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์ แบบเก่าและใหม่ | 27  |
| ระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์                                              | 27  |
| ระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่                                      | 34  |
| สภาพทั่วไปของพื้นที่ทำการศึกษา                                                   | 37  |

## สารบัญ (ต่อ)

### หน้า

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| บทที่ 5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการบำบัดน้ำเสีย                              | 40 |
| การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบแอ็คทีเวเต็ด สลัดจ์                                 | 41 |
| การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบแอ็คทีเวเต็ด สลัดจ์ ใหม่<br>(กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ) | 46 |
| การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบแอ็คทีเวเต็ด สลัดจ์ ใหม่<br>(กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม) | 50 |
| การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์                                                 | 55 |
| การวิเคราะห์การประหยัดต้นทุน                                                          | 56 |
| บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ                                                             | 61 |
| สรุป                                                                                  | 61 |
| ข้อเสนอแนะ                                                                            | 65 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง                                                                  | 66 |
| ภาคผนวก                                                                               | 69 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน                                                            | 87 |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |                                                                                     | หน้า |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1        | เปรียบเทียบการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์ทางการเงิน                  | 14   |
| 2        | ค่าใช้จ่ายของโครงการบำบัดน้ำเสียระบบเก่า                                            | 42   |
| 3        | ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว                         | 44   |
| 4        | ค่าใช้จ่ายของโครงการบำบัดน้ำเสียแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่ (กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ) | 47   |
| 5        | ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว                         | 49   |
| 6        | ค่าใช้จ่ายของโครงการบำบัดน้ำเสียแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่ (กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม) | 52   |
| 7        | ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว                         | 53   |
| 8        | ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์                                             | 55   |
| 9        | ต้นทุนที่ประหยัดได้                                                                 | 56   |

## ตารางผนวกที่

|   |                                                                 |    |
|---|-----------------------------------------------------------------|----|
| 1 | ค่าใช้จ่ายระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์ แบบเก่า           | 70 |
| 2 | ค่าใช้จ่ายของโครงการระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์ ใหม่ | 70 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ |                                                          | หน้า |
|--------------|----------------------------------------------------------|------|
| 3            | มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม | 71   |
| 4            | บัญชีอัตราค่าปรับสำหรับมลพิษน้ำที่ระบายออกจากโรงงาน      | 74   |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                          | หน้า |
|--------|----------------------------------------------------------|------|
| 1      | ปัญหามลพิษที่ควรจัดการและมีต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด | 2    |
| 2      | แผนผังการศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์                        | 5    |
| 3      | ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีกับผลผลิต                        | 9    |
| 4      | ผลกระทบภายนอกทางลบและความไม่มีประสิทธิภาพ                | 11   |
| 5      | แผนผังการทำงานของระบบแอ็คทิเวเตด สลัดจ์                  | 27   |
| 6      | แผนผังการทำงานของระบบแอ็คทิเวเตด สลัดจ์ แบบใหม่          | 35   |
| 7      | กระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง                                | 39   |

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

BOD = Biochemical Oxygen Demand

COD = Chemical Oxygen Demand

AS = Activated Sludge

## บทที่ 1

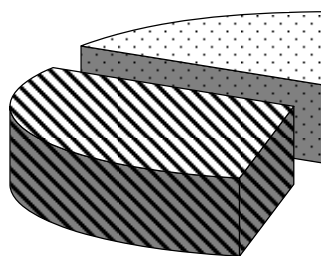
### บทนำ

#### ความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นสิ่งแวดล้อมอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทั้งยังเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ปัญหาการเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำหรือที่เรียกว่าน้ำเสีย นั้นเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้จะส่งผลกระทบต่อสถานภาพทางเศรษฐกิจ สังคม สุขอนามัยของชุมชน ตลอดจนระบบนิเวศของแหล่งน้ำอื่นๆ สาเหตุที่สภาพแวดล้อมทางน้ำเสื่อมโทรมลงเนื่องมาจากการพัฒนาอุตสาหกรรม การขยายตัวของเมือง การเพิ่มขึ้นของประชากร สารเคมีจากภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งชุมชนที่ถูกระบายลงแหล่งน้ำต่างๆ ได้ทำให้แหล่งน้ำเหล่านั้นสกปรกจนถึงกับเน่าเสีย

การจัดลำดับความสำคัญของปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยสถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย (2548) กลุ่มของมลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็น 6 ด้าน คือ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง ขยะ สารอันตราย และของเสียอันตราย โดยปัญหามลพิษที่ควรจัดการและมีต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ได้แก่ มลพิษทางน้ำร้อยละ 53 แสดงในภาพที่ 1 ต้นทุนจากการศึกษาการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมนี้เป็นต้นทุนค่ารักษาพยาบาลของโรคที่เกิดจากมลพิษทางน้ำ เช่น โรคท้องร่วง โรคลำไส้อักเสบ โรคไทฟอยด์ โรคบิด เป็นต้น

มิลพิษทางอากาศ ร้อยละ 16



น้ำเสีย ร้อยละ 53

ของเสียอันตราย ร้อยละ 31

**ภาพที่ 1** ปัญหามลพิษที่ควรจัดการและมีต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด  
ที่มา: สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย (2548)

ด้วยเหตุผลดังกล่าว การมีระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือแหล่งชุมชนจึงจำเป็นต้องการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ ซึ่งในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจะมีความสลับซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นต้องพิจารณาหลายปัจจัย ได้แก่ ขอบเขตพื้นที่กำเนิดน้ำเสีย วิธีการรวมน้ำเสีย ลักษณะน้ำเสีย ความเป็นไปได้ของที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย วิธีการบำบัดน้ำเสีย มาตรฐานคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว เป็นต้น ดังนั้นการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องพิจารณาไม่เพียงแต่ในทางเทคนิคเท่านั้น ยังต้องพิจารณาถึงด้านเศรษฐศาสตร์ สังคม และสุขอนามัยอีกด้วย โดยการบำบัดน้ำเสียนั้นต้องมีค่าใช้จ่ายในการบำบัดเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นค่าสารเคมี ค่าไฟฟ้า ค่าดูแลระบบ ค่ากำจัดตะกอน ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะถูกรวมอยู่ในต้นทุนการผลิตด้วย ดังนั้นหน่วยผลิตจึงต้องทำการพิจารณาศึกษาอย่างรอบคอบ เพื่อเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสมแก่หน่วยผลิตนั้นๆ ที่สุด เพื่อลดต้นทุนการผลิตที่อาจเกิดขึ้น

หลักการของการบำบัดน้ำเสียที่สำคัญ ได้แก่ การนำน้ำเสียที่เกิดขึ้นเข้าสู่กระบวนการบำบัดให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัย โดยทั่วไปการจัดการน้ำเสียจะประกอบด้วย การรวมน้ำเสีย (Collection) การบำบัดน้ำเสีย (Treatment) และ การนำกลับมาใช้ประโยชน์ (Reuse and Reclamation) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมมีการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ในการจัดการเรื่องระบบน้ำเสีย โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีการถ่ายเทน้ำเสียในปริมาณมากออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่น โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตอาหารทางการเกษตร จะมีการจัดการเรื่องระบบบำบัดถ้าโรงงานอุตสาหกรรมมีพื้นที่ขนาดใหญ่ ระบบบำบัดที่เหมาะสมเป็นระบบบ่อชนิดต่างๆ ทั้งมีการใช้ออกซิเจน เช่นระบบ บ่อผึ่ง (Oxidation Pond)

บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) และไม่มีการใช้ออกซิเจน เช่น บ่อหมัก (Anaerobic Pond) ระบบบำบัดน้ำเสียเหล่านี้อาศัยการทำงานของแบคทีเรียและสาหร่าย บ่อเหล่านี้ยังให้ผลพลอยได้ที่ประโยชน์ เช่น จะให้ก๊าซมีเทนมาใช้หุงต้มอาหาร แต่มีข้อจำกัดที่ใช้พื้นที่ขนาดใหญ่และการทำงานจะดียิ่งขึ้นถ้าบริเวณนั้นมีแสงแดดมาก ดังนั้นระบบแบบนี้จึงเหมาะกับประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องการลงทุนและค่าใช้จ่าย แต่ถ้ามีพื้นที่น้อยก็มีระบบบำบัดหลายประเภทให้เลือก ที่มีรูปแบบและลักษณะที่แตกต่างกันออกไปเริ่มจากระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge, AS) ที่ต้องใช้เครื่องจักรกลมากที่สุดและมีค่าใช้จ่ายสูง แต่มีคุณภาพในการจัดการสูง ระบบตะกอนยัดติดวัสดุ (Trickling Filter, TF) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) ระบบจานหมุน (Rotating Biological Contractors) ระบบบำบัดในกลุ่มนี้ ออกแบบยากกว่า ผู้ดูแลจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจ จึงจะเกิดประสิทธิภาพ (กรมควบคุมมลพิษ, 2544) จะเห็นได้ว่าวิธีการบำบัดน้ำเสียมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี และมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเรื่อยๆ ระบบบำบัดทางชีวภาพที่นิยมมากในการบำบัดน้ำเสียคือ ระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge: AS) (มันสิน ตันกุลเวศม์, 2542) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูงโดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดที่ต้องการออกซิเจนในน้ำ เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกตกลง ระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์นี้เหมาะกับการบำบัดน้ำเสียชุมชน น้ำเสียอุตสาหกรรมที่มีความสกปรกปานกลาง (BOD มากกว่า 200 mg/l) ถึงความสกปรกสูง (BOD มากกว่า 1000 mg/l) ข้อดีคือใช้พื้นที่ไม่มากนักในการสร้างระบบ มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ข้อเสียคือมีค่าลงทุนและค่าดำเนินการสูงกว่าระบบอื่นๆ และเกิดตะกอนมาก (Sludge)

ระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์แบบใหม่ (New Activated Sludge Process) เป็นเทคโนโลยีใหม่ในการบำบัดน้ำเสีย ที่ประเทศไทยเพิ่งนำมาใช้เป็นครั้งแรก ได้เริ่มก่อสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2550 ที่บริษัท ฟู้ดแอนด์ดริงส์ จำกัด (มหาชน) โดยได้ทำการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์เดิม โดยมีการกระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบ เพิ่มจำนวนจุลินทรีย์และขยายพันธุ์จุลินทรีย์ประเภท แกรม-บวก คือ จุลินทรีย์บาซิลลัส (*Bacillus* spp.) ขึ้นร้อยละ 2-5 โดยมีอุปกรณ์เสริมที่เพิ่มเติมจากระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์เดิม คือ Bio-Scramble-Unit ซึ่งเป็นระบบสำหรับเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์จุลินทรีย์บาซิลลัส และ Submerged membrane (MF Membrane) ซึ่งระบบใหม่นี้จะช่วยลดกลิ่นที่เกิดจากระบวนการบำบัดให้มากกว่าเดิม ลดค่า BOD ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามที่กฎหมายบังคับไว้ และช่วยลดการเกิดตะกอน

(Sludge) ให้น้อยกว่าระบบเดิม เพื่อลดต้นทุนในการกำจัดตะกอนส่วนเกิน เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์ใช้หลักการทางชีวภาพจะมีตะกอนเป็นผลผลิตตามมาด้วยเสมอ ซึ่งเป็นผลจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในการกินสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องบำบัดตะกอนเหล่านั้น เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการเน่าเหม็นของตะกอน การเพิ่มภาวะมลพิษ และเป็นการทำลายเชื้อโรคด้วย ระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์แบบใหม่สามารถลดปริมาณตะกอนลงได้ ก็จะช่วยลดต้นทุนในการกำจัด และยังลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

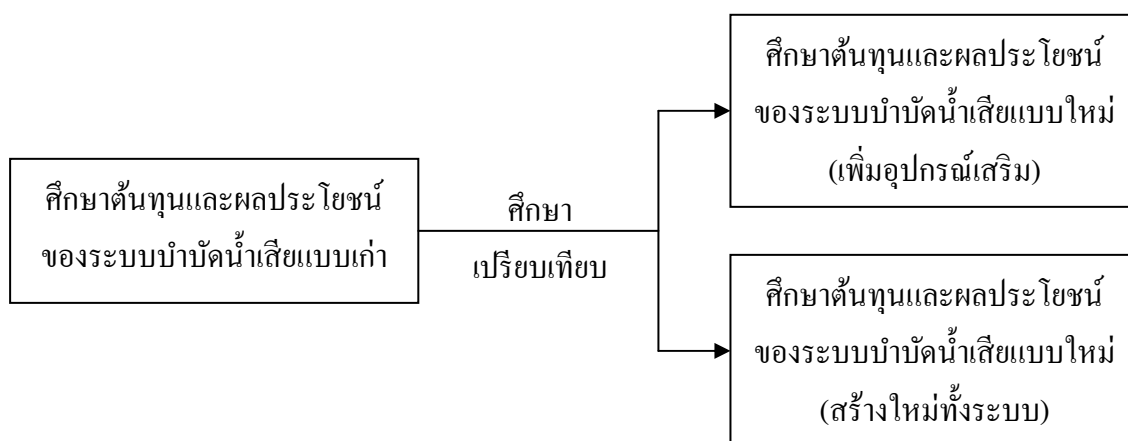
ระบบใหม่ดังกล่าวหน่วยผลิตอาจต้องมีระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์อยู่แล้ว แล้วจึงเพิ่มอุปกรณ์เสริมเข้าไปได้แก่ คือ Bio-Scrubble-Unit และ Submerged Membrane (MF Membrane) หรืออาจจะสร้างระบบระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์ใหม่ทั้งหมดเลยก็ได้ ซึ่งการลงทุนระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์นี้ต้องใช้เงินทุนสูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียประเภทอื่น เช่น ค่าก่อสร้าง ค่าเครื่องจักร อุปกรณ์ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ค่ากำจัดตะกอน อาจทำให้หน่วยผลิตไม่สนใจที่จะลงทุน หรือคิดว่าระบบบำบัดที่มีอยู่แล้วยังสามารถใช้งานได้ดีจึงไม่จำเป็นที่จะต้องทำการปรับปรุงหรือเปลี่ยนระบบใหม่ แต่ในระยะยาวแล้วระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์ใหม่นี้จะช่วยลดต้นทุนค่อนข้างมาก เช่น ค่าดำเนินการ ที่สำคัญคือค่ากำจัดตะกอน ซึ่งเป็นปัญหาค่อนข้างมากของหน่วยผลิตที่ใช้ระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์เดิม และสามารถรองรับน้ำเสียที่มีปริมาณมากขึ้นหรือมีความสกปรกมากขึ้นจากการขยายกำลังการผลิตในอนาคต การศึกษาเรื่อง “การวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ของโครงการระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็คทิเวตเต็ด สลัดจ์ ใหม่ (New Activated Sludge Process): กรณีศึกษาบริษัท ฟู้ดแอนด์ดริ้งส์ จำกัด (มหาชน)” เป็นตัวอย่างให้แก่หน่วยผลิตอื่นที่สนใจปรับปรุงแก้ไขระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ โดยในขณะนี้ทางบริษัท ฟู้ดแอนด์ดริ้งส์ จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นโรงงานเกี่ยวกับอาหารกำลังเริ่มติดตั้งระบบนี้เป็นแห่งแรก โดยมีการทดลองเดินระบบ ซึ่งเป็นโรงงานต้นแบบในการนำระบบแอ็คทิเวตเต็ด สลัดจ์ ใหม่ มาใช้ แบบสร้างระบบบำบัดใหม่ทั้งระบบ เป็นความร่วมมือระหว่างบริษัท BENEAR Inc. จากประเทศญี่ปุ่นและภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ดูแลในเรื่องของการทดลองเดินระบบ ให้ มีระยะเวลาการวิจัยตั้งแต่กุมภาพันธ์ 2550 ถึง กุมภาพันธ์ 2551 ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาด้านทุนผลประโยชน์ระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์ใหม่ทั้งหมดเพื่อเป็นตัวอย่างให้โรงงานอื่นๆ และช่วยประกอบการตัดสินใจในการนำระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์ใหม่มาใช้

### วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาดัชนีทุนและผลประโยชน์ทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ และ ความคุ้มค่าของโครงการ ของการนำระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์แบบใหม่ มาใช้
2. เพื่อศึกษาการประหยัดต้นทุนเมื่อมีการนำระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์แบบใหม่ มาใช้

### ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเก่า แบบใหม่ของ บริษัท ฟู้ดแอนด์ดริ้งส์ จำกัด (มหาชน) ซึ่งทางโรงงานได้แบ่งการผลิตออกเป็น 2 ส่วนคือ Fruits&Vegetable Product และ Meat Product โดยศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มาจาก Meat Product ซึ่งมีความสกปรกมากกว่าส่วนแรก และทำการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนผลประโยชน์ระหว่างระบบเก่าและระบบใหม่ ดังนี้



ภาพที่ 2 แผนผังการศึกษาดัชนีทุนและผลประโยชน์

โดยใช้อัตราคิดลดเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 7 ตลอดอายุโครงการ เพื่อสะท้อนค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2550) และระยะเวลาของโครงการ 30 ปี (พ.ศ. 2550 – 2580) ตามอายุการใช้งานทางเทคนิคของระบบบำบัดน้ำเสียแเอคทีเวเตด สลัดจ์ ระบบต้นทุนและผลประโยชน์ที่ทำการศึกษามีดังนี้

1. ศึกษาต้นทุนของโครงการ โดยมุ่งเน้นต้นทุนเอกชน (Private Cost) ซึ่งประกอบไปด้วยค่าใช้จ่าย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ค่าลงทุน (Investment Costs) และค่าดำเนินงานและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Costs)
2. ศึกษาผลประโยชน์ของโครงการ ได้แก่ ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น สามารถนำน้ำที่บำบัดกลับมาใช้ใหม่ได้

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษานี้ทำให้ทราบถึงต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีและไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียแเอคทีเวเตด สลัดจ์แบบใหม่ มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด เนื่องจากระบบแเอคทีเวเตด สลัดจ์แบบใหม่ สามารถช่วยลดปริมาณของตะกอน ที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งในส่วนนี้จะช่วยลดต้นทุนในการกำจัดตะกอนส่วนเกิน นอกจากนี้ยังสามารถคาดหวังในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัด คือลดเวลาในการบำบัดหรือใช้เวลาในการบำบัดเท่าเดิมแต่สามารถบำบัดน้ำเสียในปริมาณเพิ่มขึ้นได้ จึงเป็นการลดต้นทุนในการเดินระบบ ซึ่งคาดว่าจะน่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการที่จะตัดสินใจในการนำเอาระบบชีวภาพเสริมมาใช้ เพื่อทำให้เกิดต้นทุนในการผลิตต่ำสุด

### นิยามศัพท์

**การบำบัดน้ำเสีย (Waste Water Treatment)** หมายถึง การกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไป หรือเหลือน้อยที่สุดให้ได้มาตรฐานที่กำหนดและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

**ระบบแอคทิเวเตดสลัดจ์ (Activated Sludge: AS)** หมายถึง บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้จุลินทรีย์พวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

**ระบบแอคทิเวเตดสลัดจ์แบบใหม่ (New Activated Sludge Process)** หมายถึง ระบบบำบัดน้ำเสียที่พัฒนามาจากระบบบำบัดน้ำเสียแอคทิเวเตดสลัดจ์ โดยมีอุปกรณ์เสริม ได้แก่ BIO-SCRAMBLE-UNIT และ Submerged membrane (MF membrane) เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดยิ่งขึ้น

**ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)** หมายถึง ปริมาณความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ

**ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)** หมายถึง ปริมาณความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้งที่ได้โดยวิธีทางเคมี หรือค่าซีโอดี เป็นค่าที่แสดงถึงความสกปรกของน้ำทิ้ง ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำทิ้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้

## บทที่ 2

### โครงร่างทางทฤษฎี

#### แนวคิดทางทฤษฎี

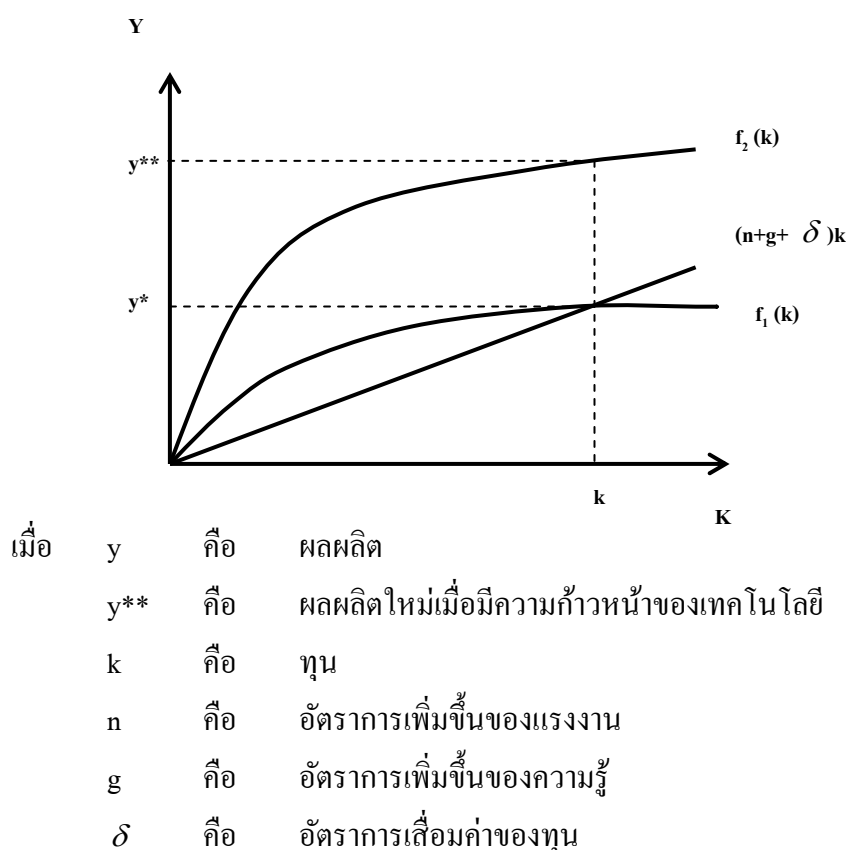
เนื่องจากการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับหน่วยผลิตต้องคำนึงถึงเรื่องต้นทุน และการผลิต เป้าหมายของหน่วยผลิตคือจะผลิตอย่างไรให้มีต้นทุนต่ำที่สุดหรือให้ได้กำไรสูงสุดนั่นเอง และเนื่องจากระบบแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์แบบใหม่ เป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย จึงช่วยให้ต้นทุนในการผลิตสินค้าต่ำลง และการปล่อยน้ำเสียสู่สิ่งแวดล้อมที่ยังไม่ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกกับประชาชนโดยรอบ และพื้นที่โรงงานที่ทำการศึกษานี้ ใกล้กับวนอุทยานเขาเขียว อาจส่งผลกระทบทางลบกับสิ่งมีชีวิตในอุทยานด้วย ในการตัดสินใจที่จะลงทุนจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อดูความคุ้มค่า ต้นทุน และผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบก่อนมีโครงการและหลังมีโครงการ โดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจ 3 ประเภท ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนของโครงการ

#### ทฤษฎีการผลิต

การผลิตสินค้าและบริการในระบบเศรษฐกิจให้มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องทำการผลิตที่รายได้หน่วยสุดท้ายเท่ากับต้นทุนหน่วยสุดท้าย และสังคมจะมีสวัสดิการสูงสุด แต่ในความเป็นจริง กิจกรรมการผลิตทางเศรษฐกิจจะมีผลกระทบภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอ ทำให้การจัดสรรทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสวัสดิการสังคมโดยรวม การผลิตในที่นี้หมายถึง กระบวนการในการทำให้มีสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งให้ปรากฏขึ้น โดยทั่วไปแล้วเป้าหมายของผู้ผลิต คือ การแสวงหากำไรสูงสุดจากการผลิตของตน และการพิจารณาถึงกำไรในขณะหนึ่งๆ ว่าจะได้รับเท่าใด จำเป็นต้องเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิตเป็นจุดสำคัญ ในกระบวนการผลิตได้ก่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบและพลังงานที่มีมูลค่าน้อยไปสู่รูปแบบที่มีมูลค่าสูงขึ้นและเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ หลักดังกล่าวนี้แม้จะต่างไปจากกฎของเทอร์โมไดนามิกส์ (ข้อที่ 1 กล่าวว่า ในทางฟิสิกส์แล้วสสารและพลังงานไม่สามารถจะสร้างขึ้นใหม่และไม่สามารถทำลายออกไปจากโลกได้ ในข้อที่สองนั้นว่า สสารและพลังงานจะถูกปรับเปลี่ยน

ไปสู่รูปแบบที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้) ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตทำให้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่เกิดจากการผลิตอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์มากกว่ารูปแบบของวัตถุดิบที่นำมาใช้ สมมติว่าผู้ผลิตแต่ละรายอยู่ในตลาดแข่งขัน ทั้งตลาดปัจจัยการผลิตและตลาดผลผลิต การที่ผู้ผลิตจะผลิตสินค้ามากน้อยอย่างไร แต่ต้องการใช้ปัจจัยการผลิตมากน้อยแค่ไหน จึงจะทำให้ได้กำไรสูงสุด เป็นประเด็นปัญหาทางการผลิต

ในการพิจารณากระบวนการผลิต สิ่งที่น่าสนใจ คือลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตที่ใส่เข้าไปในกระบวนการผลิตและผลผลิตที่ได้รับออกมา ความสัมพันธ์เช่นนี้เราเรียกว่า ฟังก์ชันการผลิต (Production function) ซึ่งฟังก์ชันการผลิตจะบอกให้รู้ถึงจำนวนค่าสุดของปัจจัยการผลิตที่ใช้ และผลผลิตที่สามารถผลิตได้จากการใช้ปัจจัยการผลิตจำนวนหนึ่งภายใต้เทคนิคการผลิตการผลิตที่เป็นอยู่ขณะนั้น ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Technology progress) ทำให้ฟังก์ชันการผลิตสูงขึ้น (จาก  $f_1(k)$  เป็น  $f_2(k)$ ) ใช้ปัจจัยการผลิตเท่าเดิม แต่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีกับผลผลิต

ที่มา: Van (2001)

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ด้วยกัน

1. Technological progress as an externality of investment คือ เทคโนโลยีที่เป็นผลพลอยได้จากการลงทุน
2. Technological progress as an externality of production (Learning by doing) คือ เมื่อมีการผลิตเพิ่มมากขึ้น ผู้ผลิตจะมีการเรียนรู้และปรับปรุงเครื่องมือการผลิต เป็นผลพลอยได้จากการผลิต
3. R&D Model Technological คือ เทคโนโลยีที่เกิดจากการวิจัยและพัฒนา ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแอ๊คทีเวตเตท สลัดจ์ แบบใหม่ ก็จัดอยู่ในประเภทนี้ด้วย

#### ทฤษฎีผลกระทบภายนอก

สิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติซึ่งได้แก่ อากาศ น้ำ และที่ดิน เป็นที่มาของสินค้าบริการต่างๆ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจทั้งทางตรงและทางอ้อม สิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติจัดเป็นสินค้าที่ใช้บริโภคโดยตรง เช่น ความบริสุทธิ์ของอากาศ และน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ และเป็นแหล่งรับของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่นรองรับอากาศเสีย เนื่องจากสิ่งแวดล้อมธรรมชาติมีลักษณะเป็นสินค้าที่ใช้ร่วมกัน ดังนั้นจึงนำไปสู่ปัญหาเกี่ยวกับผลกระทบภายนอกหรือผลกระทบข้างเคียง ผลกระทบภายนอกที่เกิดกับคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาตินั้น เกิดขึ้นเมื่อบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่ก่อให้เกิดผลกระทบนั้น ไม่สนใจถึงต้นทุนและประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับสังคม การเกิดผลกระทบภายนอกไม่ว่าจะเป็นบวกหรือลบ ล้วนมีผลกระทบต่อต้นทุนสังคม (Social Cost) ซึ่งอาจแตกต่างจากต้นทุนเอกชน (Private Cost) ได้ ผลคือ ทำให้เกิดความไม่มีประสิทธิภาพขึ้น เนื่องจากว่าต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้นมิได้สะท้อนถึงต้นทุนที่ภาคเอกชนจะได้รับจริงอธิบายได้ดังภาพที่ 4



สำหรับคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลงไปอันเนื่องมาจากกิจกรรมการผลิต ปัญหามลพิษทางน้ำ ทางเสียง และทางอากาศ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก (Externalities) จัดเป็นสินค้าสาธารณะอย่างหนึ่ง เนื่องจากกลไกราคาไม่สามารถทำหน้าที่ได้ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมถูกใช้พื้นฐานในกิจกรรมการผลิตสินค้าและบริการ ผู้ผลิตด้กวดการใช้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมโดยมิได้มีการชดเชยค่าเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมไม่ได้มีการรวบรวมหรือทำการสำรวจว่าแต่ละปีมีเหลือเท่าใด เสื่อมสภาพไปแล้วเท่าไร ดังนั้นเพื่อพิจารณาการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดในการผลิตสินค้าและบริการ เพื่อตอบสนองความต้องการที่ไม่มีที่สิ้นสุดของผู้บริโภค รัฐบาลจะต้องดำเนินการทำกิจกรรม หรือใช้ทรัพยากรหรือใช้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้ผลิตได้ชดเชยค่าเสียหาย และให้ราคาสินค้าได้สะท้อนถึงความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม (Environmental Cost) หรือเป็นการชดเชยต้นทุนต่อสังคม (Social Cost) โดยยึดหลักความเสียหายที่เกิดขึ้น (Emission Charge for Destructive)

### แนวคิดและทฤษฎีการวิเคราะห์และประเมินโครงการ

#### 1. การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน (ซูชีพ พิพัฒน์ศิริ, 2540)

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) คือ การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจ เป็นวิธีการกำหนดผลตอบแทนรวม หรือผลิตภาพ หรือความสามารถในการทำกำไรกับสังคม โดยส่วนรวม หรือระบบเศรษฐกิจที่ทรัพยากรทั้งหมดได้ทุ่มเทไปให้กับโครงการ โดยไม่คำนึงว่าใครในสังคมจะเป็นผู้ให้และใครในสังคมจะเป็นผู้ได้รับผลประโยชน์เหล่านั้น หรือกล่าวโดยย่อว่าการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจมีทรศนะเพื่อสังคมเป็นส่วนรวม (The Society as a Whole) ส่วนการวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) เป็นการประเมินการเปลี่ยนแปลงในฐานะการเงิน (Financial Position) ของผู้ที่มีส่วนร่วมในโครงการแต่ละราย ได้แก่ เกษตรกร พ่อค้า ฝ้าย พัสตุ ทั้งภาครัฐและเอกชน วิศวกรการแปรรูป สถาบันเงินกู้ หน่วยราชการ เจ้าหน้าที่โครงการ เป็นต้น หรือกล่าวโดยสรุป ว่าการวิเคราะห์ทางการเงิน มีทรศนะเพื่อปัจเจกบุคคลผู้ที่มีส่วนร่วมในโครงการ (Individual Project Participants)

ความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจและการวิเคราะห์ทางการเงินที่สำคัญ 3 ประการ ระหว่างการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจและการวิเคราะห์ทางการเงิน มีดังนี้

1) ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจ ใช้ราคาที่แน่นอนเพื่อสะท้อนถึงมูลค่าที่แท้จริงทางสังคมหรือทางเศรษฐกิจ (True Social or Economic Values) ที่ดีกว่า ราคาที่ถูกปรับค่านี้นักเรียกกันว่า ราคาเงา (Shadow Price) หรือ ราคาในทางบัญชี (Accounting Price) ส่วนในการวิเคราะห์ทางการเงินใช้ราคาตลาด (Market Price) ซึ่งรวมเอาภาษีและเงินอุดหนุนเข้าไว้ด้วย

2) ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจ ภาษี (Taxes) และเงินอุดหนุน (Subsidies) จัดว่าเป็นรายการเงินโอน (Transfer Payments) ภาษีเป็นส่วนหนึ่งของผลประโยชน์รวมของโครงการ ซึ่งโอนไปให้กับสังคมโดยส่วนรวมเพื่อใช้จ่ายต่อไป ในทางกลับกัน เงินอุดหนุนคิดเป็นต้นทุนต่อสังคม เนื่องจากเงินอุดหนุนเป็นค่าใช้จ่ายทางสังคมที่ใช้ไปในทางดำเนินงานโครงการ ส่วนในการวิเคราะห์ทางการเงิน การปรับค่างกล่าวไม่มีความจำเป็น เพราะภาษีถือว่าเป็นต้นทุนและเงินอุดหนุนถือว่าเป็นผลประโยชน์ของโครงการนั่นเอง

3) ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจ ดอกเบี้ยของทุนจะไม่ถูกแยกและหักออกจากผลประโยชน์เบื้องต้น ทั้งนี้เพราะรายการดอกเบี้ยนี้เป็นส่วนหนึ่งของผลประโยชน์ต่อเงินทุนที่มีไว้ให้กับสังคมโดยส่วนรวม ส่วนการวิเคราะห์ทางการเงิน ดอกเบี้ยจ่ายให้กับแหล่งเงินทุนภายนอก จัดได้ว่าเป็นต้นทุนค่าใช้จ่าย จะต้องนำมาหักออกก่อนที่จะหาเป็นกระแสผลประโยชน์ดอกเบี้ยที่จ่ายให้กับผู้ร่วมโครงการ (Project Entity) ไม่นำมาคิดว่าเป็นต้นทุน แต่เป็นส่วนหนึ่งของผลประโยชน์ทางการเงินซึ่งผู้ร่วมโครงการได้รับ

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจยังให้ความสนใจกับผลทางอ้อม (Indirect Effects) ซึ่งจะไม่สอดคล้องสัมพันธ์กันกับการวิเคราะห์ทางการเงิน ผลทางอ้อมนี้ คือ ต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นเพราะโครงการ แต่มิได้เพิ่มพูนให้กับโครงการ แต่ให้กับสาขาเศรษฐกิจ หรือ วิชาอื่นในระบบเศรษฐกิจ ต้นทุนทางอ้อม (Indirect Costs) เช่น ผลของมลภาวะเป็นพิษทางอากาศ และหรือที่ดินที่มีการเกษตร และสภาพความเป็นอยู่ของประชาชนเป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์ทางการเงิน

| หัวข้อ             | การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์                                                 | การวิเคราะห์ทางการเงิน                                                                  |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| หลักการ            | เน้นวัดสวัสดิการผลประโยชน์รวมของสังคมเน้นความอยู่กินดีที่เกิดจากโครงการทั้งหมด | เน้นวัดความคุ้มค่าในการลงทุนโดยพิจารณากระแสเงินสด เพื่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดขององค์กร |
| ผลประโยชน์         | คำนวณทั้งที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน                                       | คำนวณที่เป็นตัวเงินเท่านั้น                                                             |
| ต้นทุน             | คำนวณทั้งที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน                                       | คำนวณที่เป็นตัวเงินเท่านั้น                                                             |
| ราคาที่ใช้         | ราคาเงา เพื่อสะท้อนมูลค่าที่แท้จริงในเชิงเศรษฐกิจ                              | ราคาตลาดเป็นมูลค่าที่แท้จริงที่เกิดขึ้นในตลาดเป็นมูลค่าทางการเงิน                       |
| ภาษีและเงินอุดหนุน | ภาษีถือเป็นรายการเงินโอน แต่การอุดหนุนเป็นการโอนเงินจากรัฐบาลไปสู่โครงการ      | ภาษีเป็นค่าใช้จ่ายของโครงการ ส่วนการอุดหนุนเป็นรายรับของโครงการ                         |
| อัตราดอกเบี้ย      | ถือเป็นรายการเงินโอนจึงไม่นำมาคำนวณ                                            | เป็นค่าใช้จ่ายของโครงการ                                                                |

ที่มา: นันทิยาณี เชียรนนท์ (2545 อ้างถึง Gittinger, 1982)

## 2. การกำหนดต้นทุนและผลประโยชน์

การกำหนดปริมาณและการตีราคาต้นทุนและผลประโยชน์ทั้งหมดของโครงการในการประเมินค่าทางเศรษฐกิจ ต้นทุนและประโยชน์ของโครงการอาจถูกกำหนดมูลค่าด้วยราคาตลาด (Market price) ถ้าราคาตลาดสะท้อนถึงความหายากของทรัพยากร หรือมิฉะนั้นจะต้อง

กำหนดมูลค่าโดยราคาเงาหรือราคาทางบัญชี (Shadow or Accounting price) แทน เพราะเป็นราคาสะท้อนถึงราคาที่แท้จริงของทรัพยากร

ต้นทุน หมายถึง อะไรก็ได้ที่ลดหรือมีผลในทางกลับกันต่อวัตถุประสงค์ ต้นทุนของโครงการสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนทางตรง (Direct cost) คือ ต้นทุนในการก่อสร้างและดำเนินงานที่จำเป็นต้องใช้ปัจจัยในการผลิตหลายประเภทคือ วัสดุดิบ แรงงาน ที่ดินและทรัพยากรธรรมชาติ และต้นทุนทางอ้อม (Indirect cost) คือ ความเสียหายที่กลุ่มคนได้รับจากโครงการโดยปราศจากการจ่ายชดเชย ซึ่งสามารถวัดได้จากการสำรวจและสัมภาษณ์ผู้ที่ได้รับผลกระทบจากโครงการนั้นๆ

ผลประโยชน์ หมายถึง อะไรก็ได้ที่ส่งเสริมเพิ่มพูนวัตถุประสงค์ ผลประโยชน์ทางตรงของโครงการเป็นสิ่งที่โครงการตั้งใจที่จะให้บรรลุผล เช่น ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ผลประโยชน์จากการลดและประหยัดต้นทุน ซึ่งผลประโยชน์ของรูปแบบเหล่านี้ไม่ชัดเจนเสมอไปและการตีค่าก็ยากลำบากด้วย ในขณะที่ผลประโยชน์ทางอ้อม คือ ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นนอกเหนือไปจากเป้าหมาย และผู้ได้รับผลประโยชน์เหล่านี้ไม่จำเป็นต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการลงทุนก่อสร้าง

### 3. การปรับลดมูลค่าตามความเหมาะสมตลอดอายุโครงการ

อายุโครงการ (Project Life) จะเริ่มขึ้นเมื่อมีการก่อสร้างโครงการ และสิ้นสุดเมื่อโครงการไม่สามารถที่จะให้ผลประโยชน์ได้อีกต่อไป โครงการจะให้ผลประโยชน์รายปีนับตั้งแต่ปีแรกของการดำเนินงานไปจนกระทั่งปีสุดท้ายของระยะเวลาโครงการ ซึ่งเรียกว่าอายุทางเศรษฐกิจของโครงการ (Economic Life of The Project)

อัตราคิดลด (Discount Rate) ทำหน้าที่ส่วนกับอัตราดอกเบี้ย ทำให้มูลค่าต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการในอนาคตคิดกลับมาเป็นมูลค่าที่ต่ำลงของปัจจุบัน การเลือกใช้อัตราคิดลดมีผลโดยตรงต่อการคำนวณหาตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ ทั้งนี้เพราะต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการกระจายตัวอย่างไม่มีแบบแผนเดียวกัน ถ้าหากอัตราคิดลดมีค่าที่สูง ค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ก็ยังมีค่าต่ำ

4. ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ มีความสำคัญมากในการตัดสินใจที่จะรับหรือปฏิเสธโครงการ หรือนำมาใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน ทั้งนี้เพราะตัวชี้วัดสามารถบอกได้ว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่ และยังสามารถบอกให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของโครงการอีกด้วย

เมื่อมีข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการแล้ว ข้อมูลจะถูกนำมาคำนวณหาค่าตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการตามการวิเคราะห์แบบปรับค่าของเวลา (Discount Measures of Project Worth) ซึ่งมีอยู่ 3 วิธีด้วยกัน ได้แก่

#### 4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าสุทธิในปัจจุบันของโครงการคือ ผลรวมของผลประโยชน์สุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้วของโครงการ เพื่อวัดว่าโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นจะให้ผลประโยชน์คุ้มค่าหรือมีกำไรต่อส่วนรวมหรือไม่ กล่าวคือ ถ้า NPV ที่ได้ออกมามีค่ามากกว่า 0 หรือเป็นบวก ก็เป็นการลงทุนที่คุ้มค่า แต่ถ้า NPV ที่ได้ออกมามีค่าน้อยกว่า 0 หรือเป็นลบ แสดงว่าการลงทุนตามโครงการนั้นจะไม่คุ้มค่า เกณฑ์นี้จึงนำมาใช้เพื่อช่วยในการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธโครงการได้ โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$NPV = PVB - PVC$$

หรือ

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

|       |       |   |                                     |
|-------|-------|---|-------------------------------------|
| เมื่อ | NPV   | = | มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ       |
|       | PVB   | = | มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์เพิ่ม    |
|       | PVC   | = | มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเพิ่ม        |
|       | $B_t$ | = | ผลประโยชน์ในปีที่ 1, 2, ....., n    |
|       | $C_t$ | = | ค่าใช้จ่ายในปีที่ 1, 2, ....., n    |
|       | i     | = | อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของทุน |
|       | t     | = | ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n    |
|       | n     | = | อายุโครงการ                         |

#### 4.2 อัตราผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C ratio)

เกณฑ์นี้แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์กับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายตลอดอายุของโครงการ ค่าใช้จ่ายในที่นี้ก็คือ ค่าใช้จ่ายทั้งทางด้านต้นทุน (Capital) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา ซึ่งหมายถึงค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นที่ไม่มีการแบ่งแยกว่าเป็นค่าใช้จ่ายประเภทใด เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกโครงการคือ B/C ratio ที่มีค่ามากกว่า 1 เนื่องจากถ้า B/C ratio มากกว่า 1 หมายความว่าผลตอบแทนที่ได้จากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป โดยมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

|       |       |   |                                      |
|-------|-------|---|--------------------------------------|
| เมื่อ | $B_t$ | = | ผลประโยชน์ในปีที่ t                  |
|       | $C_t$ | = | ค่าใช้จ่ายในปีที่ t                  |
|       | t     | = | ปีของโครงการซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n |
|       | i     | = | อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของทุน  |

#### 4.3 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนของโครงการคือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 0 อัตราที่กล่าวถึงนี้ จะเป็นอัตราความสามารถของเงินทุนที่จะก่อให้เกิดรายได้คุ้มค่ากับการลงทุนในโครงการนั้นพอดี หรืออีกนัยหนึ่งคือ หาอัตราส่วนลดค่าไหนที่จะทำให้ค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็น 0 เกณฑ์นี้จึงมีลักษณะคล้ายคลึงกับการหา NPV จะแตกต่างที่เปลี่ยนจาก i หรืออัตราดอกเบี้ยใน NPV มาเป็น i หรืออัตราคิดลดใน IRR เกณฑ์การตัดสินใจคือ ถ้าค่า IRR ที่คำนวณได้สูงกว่าอัตราดอกเบี้ยทั่วไปที่ยอมรับโครงการนั้น ถ้าต่ำกว่าก็จะปฏิเสธโครงการ โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{IRR คือค่า } i \text{ ที่ทำให้ } NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0$$

|       |       |   |                                        |
|-------|-------|---|----------------------------------------|
| เมื่อ | $B_t$ | = | ผลประโยชน์ในปีที่ $t$                  |
|       | $C_t$ | = | ค่าใช้จ่ายในปีที่ $t$                  |
|       | $t$   | = | ปีของโครงการซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง $n$ |
|       | $i$   | = | อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลด            |

จากการตรวจแนวคิดและทฤษฎีดังกล่าว จะนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเวเตด สลัดจ์ ใหม่ ว่าจะมีความคุ้มค่าในการดำเนินกิจกรรมจากต้นทุนที่ต้องลงทุนในการดำเนินงานกับผลประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินงานมาน้อยแค่ไหน เพื่อที่จะเป็นแนวทางให้กับหน่วยผลิตที่สนใจจะนำระบบนี้ไปใช้ หรือปรับปรุงระบบแอคทิเวเตด สลัดจ์ เดิมที่มีอยู่

#### การตรวจเอกสาร

นิษานันท์ ทองนาค (2540) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ในการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ประโยชน์ในเขตพื้นที่เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมเมืองพัทยากลับมาใช้ประโยชน์เป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจและมีความเป็นไปได้ในการที่จะช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหาขาดแคลนน้ำที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศ วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาเฉพาะในส่วนของการนำมาใช้ประโยชน์เพื่อกิจการสวนสาธารณะในเขตพื้นที่เมืองพัทยา

ในการศึกษาได้ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost-Benefit Analysis: CBA) โดยทำการวิเคราะห์ทั้งทางด้านการเงิน (Financial Analysis) และทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) โดยใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์ 3 วิธี คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการยอมรับความเป็นไปได้ของโครงการ คือมูลค่าปัจจุบันสุทธินี้มีค่ามากกว่าศูนย์ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง และอัตราผลตอบแทนของโครงการมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเสียโอกาส

ของต้นทุนที่ร้อยละ 12 นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของโครงการ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่าไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนทางการเงิน กล่าวคือ มี NPV เท่ากับ -216,677.96 บาท BCR เท่ากับ 0.98 และ FIRR เท่ากับร้อยละ 10 แต่มีความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐกิจ คือมีค่า NPV เท่ากับ 1,656,466.41 บาท BCR เท่ากับ 1.17 และ EIRR เท่ากับร้อยละ 39

จากการศึกษานี้ได้ทำการประเมินผลตอบแทนของโครงการเฉพาะผลตอบแทนที่เกิดขึ้นเป็นตัวเงินได้ (Tangible Benefit) เท่านั้น ซึ่งหากมีการรวมผลตอบแทนอื่นๆ ที่ไม่สามารถตีค่าเป็นตัวเงินได้ เช่น การลดปริมาณน้ำทิ้งสู่แม่น้ำลำคลอง การลดผลกระทบต่อสัตว์น้ำ และระบบนิเวศของแหล่งน้ำไว้ในการวิเคราะห์ ก็ยังจะทำให้โครงการมีความเป็นไปได้ และมีความคุ้มค่าในการลงทุนยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการช่วยลดความต้องการใช้น้ำประปาและน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติ รวมทั้งเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและเกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย

พรชัย อิงโชติศักดิ์ (2541) ได้ทำการศึกษาถึงการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองระยอง โดยเล็งเห็นถึงปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่อาจมีผลต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือเรื่องน้ำเสีย และในจังหวัดระยองเป็นจังหวัดหนึ่งที่ปัญหาในเรื่องน้ำเสียมากและสมควรที่จะได้รับการแก้ไข เนื่องจากเป็นแหล่งอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวที่สำคัญทางภาคตะวันออก วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปทางกายภาพ แหล่งน้ำเสีย และระบบแก้ไขปัญหาน้ำเสีย รวมถึงการศึกษาผลประโยชน์และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองระยอง โดยทำการศึกษาในพื้นที่ ต. เนินพระ อ. เมือง จ. ระยอง มีขนาดพื้นที่รวม 115 ไร่ ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบบ่อเติมอากาศ (Activated Lagoon) โดยเริ่มดำเนินการก่อสร้างในระยะแรกปี พ.ศ. 2538 และเสร็จในปี 2540 รวมระยะเวลาในการก่อสร้างขึ้นต้นเป็นเวลา 3 ปี

การศึกษานี้ใช้วิธีบรรยายเชิงพรรณนาและวิเคราะห์การลงทุนของโครงการ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของโครงการ และอัตราผลตอบแทนต่อการลงทุน โดยผลการศึกษาผลตอบแทนและความคุ้มค่าของโครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองระยอง ซึ่งนำทางเลือกของระบบระบายน้ำ ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียที่ได้รับการพิจารณาว่ามีค่าใช้จ่ายต่ำสุดนำมาเปรียบเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับจากการมีโครงการ ซึ่งประกอบไปด้วยการลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลอันเนื่องมาจาก

โรคที่มีสาเหตุมาจากน้ำเสีย การลดค่าใช้จ่ายในการแสวงหาน้ำที่มีคุณภาพ และการเพิ่มของมูลค่าที่ดินอันเนื่องมาจากความน่าอยู่ที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการ ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยเกณฑ์ชีวิตต่างๆ พบว่า โครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองระยองมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และมีความเหมาะสมในการลงทุน กล่าวคือ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 2 ต่อปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิตลอดอายุโครงการเท่ากับ 136.88 ล้านบาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของโครงการมีค่าเท่ากับ 1.18 และอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ ร้อยละ 15

ราชันย์ ว่องกิจ (2548) ศึกษาต้นทุน และผลประโยชน์ของโครงการบำบัดน้ำเสียในกระบวนการชุบผิวโลหะ รวมถึงนำผลการศึกษามาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยแบ่งการวิเคราะห์แยกเป็น 2 โครงการ โครงการแรกเป็นโครงการบำบัดน้ำเสียแบบเคมี และโครงการที่สองเป็นโครงการบำบัดน้ำเสียแบบเคมีและชีวภาพ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลาเป็นตัวชี้วัด คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) โดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 6.49 และระยะเวลาโครงการ 10 ปี รวมทั้งวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 ต้นทุนรวมของโครงการเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 กรณีที่ 2 ต้นทุนของโครงการเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และกรณีที่ 3 ผลประโยชน์ของโครงการลดลงร้อยละ 10

ผลของการศึกษาพบว่าทั้งโครงการบำบัดน้ำเสียแบบเคมีและโครงการบำบัดน้ำเสียแบบเคมีและชีวภาพมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากผ่านเกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา ดังนี้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่ามากกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) มีค่ามากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าร้อยละ 6.49 นอกจากนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของทั้ง 2 โครงการ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลาเป็นตัวชี้วัดเช่นเดียวกัน ปรากฏว่าทั้ง 2 โครงการยังมีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์

Jae-Young Ko *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบในเรื่องการเงินและพลังงานโดยใช้การวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนขั้นที่ 3 โดยใช้ Forested Wetlands เปรียบเทียบกับ Sand Filtration ในรัฐ Louisiana ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยระบบบำบัดแบบ Forested Wetlands มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการบำบัดแบบขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 โดยที่การบำบัดแบบใช้ Wetland เป็นวิธีที่ใช้มานานในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย ของแฉะละลายน้ำ (Suspended Solids) และสารอาหาร (Nutrient) ในน้ำเสียจะไปเพิ่มผลผลิตสาหร่ายตั้งต้นสุทธิ

(Net Primary Productivity: NPP) ที่จะกลายไปเป็นสารอินทรีย์ในดิน ซึ่งสามารถนำไปชดเชยพื้นที่ชายฝั่งทะเลของ Louisiana ที่มีปัญหาในการสูญเสียชายฝั่งไป

ในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลประโยชน์และต้นทุนของ Forested Wetlands และ Sand Filtration โดยใช้วิธีวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ทั้ง Money-Based และ Energy -Based ซึ่ง Forested Wetlands มีอัตราส่วนต้นทุนต่อผลประโยชน์สูงกว่า Sand Filtration 6 เท่าเมื่อวิเคราะห์แบบ money-based และ 21.7 เท่า เมื่อวิเคราะห์แบบ energy-based และเนื่องจากผู้ทำการศึกษาคำนึงถึงเรื่องการขาดแคลนปริมาณเชื้อเพลิงในอนาคต ซึ่งจะนำไปสู่ต้นทุนค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการเกี่ยวกับต้นทุนค่าไฟฟ้าของการบำบัดน้ำเสียแบบ Sand Filtration พบว่า ต้นทุนค่าไฟฟ้าเท่ากับ 4,935 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี อายุโครงการ 20 ปี โดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 7 จะเสียต้นทุนค่าไฟฟ้าทั้งหมด 55,939 ดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2543 และเมื่อค่าไฟเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ใน 20 ปี จะเสียต้นทุนค่าไฟฟ้าทั้งหมด 111,878 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งถ้าเป็น Forested Wetlands จะไม่มีต้นทุนในส่วนนี้

Purohit and Kandpal (2005) ได้ศึกษาประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากการนำระบบการผลิตไบโอแก๊สมาใช้แทนน้ำมันดีเซลและไฟฟ้าในประเทศอินเดีย เพื่อลดการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ การนำไบโอแก๊สมาใช้ โดยประสิทธิภาพของการผลิตไบโอแก๊สที่จะนำมาศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ระบบที่มีความสามารถในการผลิต 15 ลูกบาศก์เมตร 20 ลูกบาศก์เมตร และ 25 ลูกบาศก์เมตร เครื่องมือที่นำมาใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบทั้ง 3 ประสิทธิภาพได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) โดยมีอายุโครงการ 25 ปี รวมถึงได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการไว้ด้วย

การศึกษานี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน คือ การวิเคราะห์ทางการเงินและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยต้นทุนที่นำมาทำการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าที่ดิน ค่าก่อสร้าง ค่าการดำเนินงาน และค่าการซ่อมบำรุง ในส่วนของผลประโยชน์ที่นำมาคิดได้แก่ การประหยัดค่าน้ำมันดีเซลหรือไฟฟ้า การลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ การจ้างงานที่เพิ่มขึ้น การลดการนำเข้าน้ำมันจากการศึกษาพบว่า การนำไบโอแก๊สมาใช้เพื่อทดแทนไฟฟ้าไม่มีคุ้มค่าเลยทั้ง 3 ประสิทธิภาพการผลิต แต่จะคุ้มค่าเมื่อมีการผลิตเพื่อนำมาใช้แทนการใช้น้ำมันดีเซล ของทั้ง 3 ประสิทธิภาพการผลิตคือ 15 ลูกบาศก์เมตร 20 ลูกบาศก์เมตร และ 25 ลูกบาศก์เมตร โดยมี B/C ratio เท่ากับ 1.41 1.54 และ

1.65 ตามลำดับ NPV เท่ากับ 224,096 356,571 รูปี และ 503,468 รูปี ตามลำดับ และ IRR เท่ากับ 36.70 44.22 และ 53.89 ตามลำดับ

Begum *et al.* (2006) ได้ทำการวิเคราะห์ผลประโยชน์และต้นทุนในการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการลดการเกิดของเสียจากการก่อสร้าง กรณีศึกษาในประเทศมาเลเซีย โดยได้เล็งถึงปัญหาที่ว่า การเกิดของเสียเริ่มที่จะเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของเมืองใหญ่ในหลายๆประเทศ ในประเทศมาเลเซียเอง ภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้างได้ผลิตของเสียออกมาจำนวนมากจนกระทบถึงสิ่งแวดล้อม และกระตุ้นให้สาธารณะใส่ใจในปัญหานี้มากขึ้น การศึกษานี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของกรณีศึกษาที่เกี่ยวกับการเกิดของเสียจากการก่อสร้าง ส่วนประกอบของของเสียที่จะนำมาใช้ใหม่ (Reuse) และการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้ โดยได้วิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการลดปริมาณของเสีย (Waste Minimization) เช่น การนำมาใช้ใหม่ (Reuse) และการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ด้วยวิธีวิเคราะห์ถึงผลประโยชน์และต้นทุน

การศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่ที่ครอบคลุมบริเวณก่อสร้างที่เรียกว่า Kamis H ตั้งอยู่ใน Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) และใช้แบบสอบถามในการสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลกับผู้ควบคุมการก่อสร้าง ผู้ควบคุมโครงการและไปดูพื้นที่ในการทิ้งของเสียจริง เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่เที่ยงตรง ข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจเป็นข้อมูลตั้งแต่ตุลาคม พ.ศ.2544 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2547 ตามระยะก่อสร้างโครงการ และทำการวิเคราะห์ผลประโยชน์และต้นทุนในการนำของเสียจากการก่อสร้างกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) และการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้แก่ คอนกรีต และส่วนผสมมีร้อยละ 65.80 ดินและทรายร้อยละ 27 วัสดุไม้ร้อยละ 5 อิฐร้อยละ 1.16 วัสดุโลหะร้อยละ 1 วัสดุผนังหลังคาร้อยละ 0.20 และพลาสติกวัสดุห่อหุ้มร้อยละ 0.05 โดยของเสียที่สามารถนำมา reuse และ recycle ได้คิดเป็นร้อยละ 73 ของของเสียทั้งหมด เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลประโยชน์และต้นทุนด้วยการหาผลประโยชน์สุทธิ จากการนำผลประโยชน์ทั้งหมดหักออกด้วยต้นทุนทั้งหมดพบว่า ผลประโยชน์สุทธิที่เกิดขึ้นประมาณร้อยละ 2.5 ของงบประมาณโครงการทั้งหมด ดังนั้นจึงสามารถประหยัดเงินในการก่อสร้างได้จากการจัดการเรื่องของเสียที่แหล่งกำเนิด

จากการตรวจสอบเอกสารที่ผ่านมา นำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ต้นทุนว่าควรจะต้องคิดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านใดบ้าง และผลประโยชน์ที่ควรนำมาศึกษามีด้านใดบ้าง ของโครงการบำบัดน้ำเสีย เพื่อเป็นประโยชน์ในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์แบบใหม่ เปรียบเทียบกับระบบบำบัดเดิมที่มีอยู่ มีการเปรียบเทียบวิธีการบำบัดเพื่อจะเลือกใช้วิธีที่ทำให้หน่วยผลิตประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด

### บทที่ 3

#### วิธีการศึกษา

##### การรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากโครงการระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทีเวตเตด สลัดจ์ ใหม่ (New Activated Sludge Process) ของบริษัท ฟู้ดเอนด์ริงส์ จำกัด (มหาชน) บทความ วารสาร หนังสือเอกสารงานวิจัย รวมไปถึงข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวข้องได้แก่

1. ราคาที่ดินที่ใช้ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย จากสำนักงานที่ดิน จังหวัดชลบุรี
2. ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแอคทีเวตเตด สลัดจ์ ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (ค่าไฟฟ้าสารเคมี และค่าซ่อมบำรุงรักษา) และค่าบำบัดกากตะกอน จากบริษัท ฟู้ดเอนด์ริงส์ จำกัด (มหาชน)

##### ข้อสมมติในการศึกษา

1. ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ของโครงการจะเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 4.0 ในแต่ละปีตามอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ย ปี พ.ศ.2547-2549 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2551)
2. กำหนดให้ผลประโยชน์โครงการ ระบบเก่าน้ำกลับมาใช้ได้ร้อยละ 70 ระบบใหม่น้ำกลับมาใช้ได้ทั้งหมด
3. กำหนดให้ระยะเวลาโครงการ 30 ปี ตามอายุการใช้งาน
4. อัตราคิดลดที่นำมาพิจารณาโครงการนี้มีค่าเท่ากับร้อยละ 7.0 ซึ่งเป็นอัตราเงินกู้ของธนาคารพาณิชย์ ณ เดือน ธันวาคม 2550 และกำหนดให้อัตราคิดลดที่นำมาพิจารณามีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

## การวิเคราะห์

1. การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทีฟเวทเตคสลัดจ์ทั้งก่อนและหลังการนำระบบใหม่มาใช้ โดยกำหนดต้นทุนและผลประโยชน์ในการศึกษา ดังนี้

การกำหนดค่าใช้จ่าย: ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียได้กำหนดส่วนประกอบค่าใช้จ่าย ดังนี้

1.1 ค่าลงทุน (Investment costs) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการลงทุน ประกอบด้วย ค่าที่ดิน และค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

1.1.1 ค่าที่ดิน คือค่าที่ดินสำหรับการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบแรกเป็นโครงการบำบัดเสียระบบเก่า แบบที่สองเป็นโครงการบำบัดน้ำเสียระบบแอ็คทีฟเวทเตค สลัดจ์ ใหม่

1.1.2 ค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้างโครงการบำบัดน้ำเสีย แบบแรกเป็นค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบเก่า และแบบที่สองเป็นระบบแอ็คทีฟเวทเตค สลัดจ์ ใหม่ โดยค่าก่อสร้างทั้งสองแบบ ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้าง และค่าแรง

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเป็นค่าใช้จ่ายทางการเงินหรือเป็นราคาตลาด ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ต้องทำการแปลงค่าใช้จ่ายของโครงการจากราคาตลาดให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์ โดยอาศัยตัวแปลงค่า Conversion Factor ของประเทศไทย ซึ่งมาจากเอกสารรายงานจากเจ้าหน้าที่ของธนาคาร โลก (Ahmed, 1983) ตัวแปลงค่าที่ใช้ในหมวดค่าก่อสร้าง (Construction Conversion Factor: CCF) เท่ากับ 0.88

1.2 ค่าดำเนินงานและค่าบำรุงรักษา (Operation and Maintenance costs) คือค่าใช้จ่ายเพื่อให้โครงการสามารถดำเนินงานไปได้ปกติ และบำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีตลอดอายุโครงการ ได้แก่ ค่าจ้างบุคคลกรในการควบคุมระบบ ค่าสารเคมีที่ใช้เดิม

ในระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าไฟฟ้า ค่าซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในระบบของทั้ง 2 ระบบ ดังนี้

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเป็นค่าใช้จ่ายทางการเงินหรือเป็นราคาตลาด ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ต้องทำการแปลงค่าใช้จ่ายของโครงการจากราคาตลาดให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์ โดยอาศัยตัวแปลงค่า Conversion Factor ของประเทศไทย ซึ่งมาจากเอกสารรายงานจากเจ้าหน้าที่ของธนาคารโลก (Ahmed, 1983) โดยตัวแปลงค่าที่ใช้ในหมวดค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (Labor Conservation Factor: LCF) เท่ากับ 0.92

การกำหนดผลประโยชน์: ผลประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียได้กำหนด  
ส่วนประกอบผลประโยชน์

1.3 ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำในกระบวนการผลิต โดยหน่วยผลิตสามารถนำน้ำที่ได้จากการบำบัดมาใช้ในการกระบวนการผลิตหรือกิจกรรมต่างๆ ภายในโรงงานได้ แทนที่การใช้น้ำประปา โดยอาศัยราคาน้ำประปา มาใช้ในการคำนวณหาผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว โดยหาจากราคาน้ำประปาในแต่ละเดือนที่จ่ายจริง นำมาหาค่าเฉลี่ยราคาน้ำประปาในแต่ละปี ส่วนปริมาณน้ำที่มีคุณภาพที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว กำหนดให้เท่ากับปริมาณน้ำเสียที่ผ่านเข้าไปในระบบในแต่ละปี ซึ่งผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นจะเท่ากับปริมาณน้ำเสียที่ผ่านเข้าไปในระบบ คูณด้วยราคาน้ำประปา

ในการวิเคราะห์ข้อมูลของการลงทุนระบบแอ็คทีฟเวทเตดสลัดจ์แบบใหม่ใช้การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์โครงการ โดยขั้นตอนของการวิเคราะห์มีดังนี้

การวิเคราะห์โครงการ: ใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา ดังนี้

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) คำนวณจาก

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

2) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) คำนวณจาก

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

3) อัตราผลตอบแทนต่อการลงทุน (IRR) คำนวณจาก

IRR คืออัตราคิดลด (i) ที่ทำให้ NPV = 0

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0$$

|        |       |   |                                          |
|--------|-------|---|------------------------------------------|
| โดยที่ | $B_t$ | = | ผลประโยชน์ของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t |
|        | $C_t$ | = | ต้นทุนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t     |
|        | i     | = | อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของทุน      |
|        | t     | = | ปีของโครงการ คือปีที่ 0, 1, 2, ..., n    |
|        | n     | = | อายุของโครงการ (30 ปี)                   |

2. วิเคราะห์การประหยัดต้นทุน เมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแอ็กทิเวเต็ด สลัดจ์ แบบใหม่ โดยแบ่งเป็น

2.1 วิเคราะห์การประหยัดต้นทุน เมื่อเปลี่ยนมาาระบบบำบัดน้ำเสียแอ็กทิเวเต็ด สลัดจ์ แบบใหม่ กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ โดยหาผลต่างระหว่างต้นทุนของระบบเก่าและระบบใหม่

2.2 วิเคราะห์การประหยัดต้นทุน เมื่อเปลี่ยนมาาระบบบำบัดน้ำเสียแอ็กทิเวเต็ด สลัดจ์ แบบใหม่ กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม โดยหาผลต่างระหว่างต้นทุนของระบบเก่าและระบบใหม่

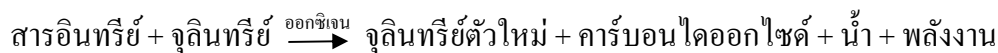
## บทที่ 4

### ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียแอคติเวตเตด สลัดจ์ แบบเก่าและใหม่

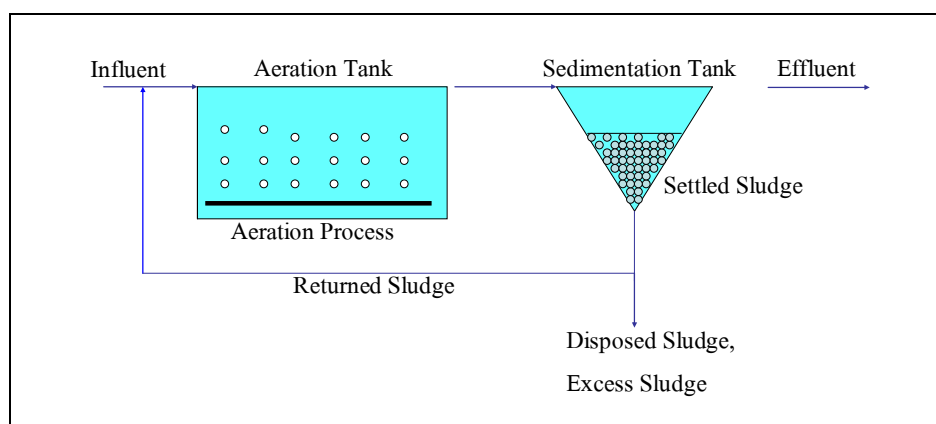
ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้ทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียอุตสาหกรรม ขั้นตอนของการบำบัดน้ำเสียทั่วไป คุณลักษณะของน้ำเสียทั่วไปของอุตสาหกรรมอาหาร การบำบัดน้ำเสียแอคติเวตเตด สลัดจ์ การบำบัดน้ำเสียแอคติเวตเตดสลัดจ์ แบบใหม่ และการบำบัดสลัดจ์

#### ระบบบำบัดน้ำเสียแอคติเวตเตด สลัดจ์

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวตเตด สลัดจ์ หรือเอเอส (Activated Sludge) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน โดยอาศัยสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ทั้งหลายในการย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลง หลักการทำงานของระบบเอเอสเป็นวิธีที่เลียนแบบธรรมชาติ ปฏิกิริยาชีวเคมีของกระบวนการสามารถเขียนได้ดังนี้



มลสารที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไป โดยสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสีย เมื่อถูกเปลี่ยนมาเป็นจุลินทรีย์จะมีน้ำหนักมากกว่าน้ำและสามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอนในถังตกตะกอน ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ



ภาพที่ 5 แผนผังการทำงานของระบบแอคติเวตเตด สลัดจ์

ระบบเอเอสประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอย่างน้อยสองส่วน คือ ถังเติมอากาศและถังตกตะกอน (ภาพที่ 5) น้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศ ซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมาก ภายในถังจะมีสภาวะแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน เช่น มีออกซิเจนละลาย ปริมาณสารอินทรีย์ และพีเอชเหมาะสม จุลินทรีย์จะทำการลดค่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปต่างๆ ด้วยการย่อยสลายให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ น้ำเสียที่บำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปยังถังเติมอากาศ เพื่อลดมลสารที่เข้ามาใหม่ อีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่เป็นผลจากการเจริญเติบโต ซึ่งจะต้องนำไปทิ้ง สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วทั้งจากระบบ การนำจุลินทรีย์ส่วนเกินไปทิ้งเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อรักษาปริมาณจุลินทรีย์ในระบบให้มีค่าเหมาะสม ซึ่งเป็นหลักสำคัญในการควบคุมการทำงานของกระบวนการเอเอสให้มีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ที่สมดุลกัน ซึ่งจะส่งผลให้อาหารหรือมลสารที่มีอยู่ในน้ำเสียสามารถถูกกำจัดให้หมดไปหรือมีค่าเหลืออยู่น้อย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2445)

## ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ

### 1. ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในระบบแอ็คทิเวเต็ด สลัดจ์ ดังนั้นความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจึงมีผลต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ ในกรณีที่อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์สูง จำนวนจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระจายอยู่ทั่วไป (Dispersed Growth) ไม่รวมตัวเป็นกลุ่มก้อนที่ดีเป็นผลให้ตกตะกอนได้ไม่ดี น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีความขุ่นและค่าสารอินทรีย์หรือบีโอดีเหลืออยู่สูง ถ้าอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ต่ำ จำนวนจุลินทรีย์ จะเจริญเติบโตได้น้อยลง จุลินทรีย์จะตกตะกอนได้รวดเร็วแต่ไม่สามารถจับส่วนเล็กๆ ลงได้หมด ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังมีความขุ่นอยู่ ดังนั้นการควบคุมการทำงานที่ดีจึงต้องควบคุมอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ในระบบให้มีค่าเหมาะสม

## 2. ธาตุอาหาร

จุลินทรีย์ต้องการธาตุอาหาร (Nutrient) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกเหนือไปจากสารอินทรีย์ต่างๆ ที่นำมาใช้เป็นพลังงาน การขาดธาตุอาหารที่สำคัญเหล่านี้จะทำให้จุลินทรีย์ที่สร้างฟล็อก (Flog) เจริญเติบโตได้ไม่ดี และทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่เป็นชนิดเส้นใย (Filamentous) เจริญเติบโตได้มากกว่า ซึ่งจะทำให้สลัดจ์ไม่จมตัวและอาจไหลปนมากับน้ำทิ้ง

## 3. ออกซิเจนละลาย

ในถังเติมอากาศจะต้องมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำไม่ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณของอากาศหรือออกซิเจนที่ใช้เพื่อรักษาค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิของน้ำในถังเติมอากาศสูง จุลินทรีย์จะสามารถทำงานได้มากและออกซิเจนจะมีค่าการละลายต่ำจึงทำให้ต้องการออกซิเจนมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิของน้ำในถังเติมอากาศต่ำ ความต้องการการเติมอากาศเพื่อที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายจะน้อยกว่าอุณหภูมิสูง

## 4. ระยะเวลาในการบำบัด

ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในถังเติมอากาศจะต้องมีมากเพียงพอที่จุลินทรีย์จะใช้ในการย่อยสลายมลสารต่างๆ หากระยะเวลาไม่เพียงพอมลสารบางส่วน โดยเฉพาะส่วนที่ย่อยสลายยากจะถูกย่อยสลายไม่หมด ทำให้มีค่าบีโอดีเหลืออยู่ในน้ำเสียมมาก สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในถังตกตะกอนก็เช่นเดียวกัน หากมีน้อยเกินไปก็จะทำให้สลัดจ์ตกตะกอนไม่ดี ถ้าหากว่านานเกินไปก็จะทำให้สลัดจ์ขาดออกซิเจนและเน่าได้

## 5. พีเอช

ค่าพีเอชมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีที่ค่าพีเอชระหว่าง 6.5-8.5 ถ้าค่าพีเอชต่ำกว่า 6.5 รา (Fungi) จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าจุลินทรีย์ ทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงและสลัดจ์ตกตะกอนไม่ดี ถ้าค่าพีเอชสูงจะทำให้ฟอสฟอรัสตกตะกอนผลึก (Precipitate) แยก

นอกจากนี้ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ระบบการทำงานได้ไม่ดีเช่นกัน ส่วนในกรณีที่ค่าพีเอชต่ำมากหรือสูงมาก จุลินทรีย์ก็จะตายหมดไม่สามารถดำรงชีพต่อไปได้

## 6. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการแอ็คทิเวเตด สลัดจ์ โดยทั่วไปการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุก  $10^{\circ}\text{C}$  จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตขึ้นอีกเท่าตัว จนกระทั่งถึงอุณหภูมิ  $37^{\circ}\text{C}$  อุณหภูมิจะมีค่าสูงเกินไป จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้น้อยลง

## 7. การกวน

ภายในถังเติมอากาศจะต้องมีการกวนอย่างทั่วถึง เพื่อป้องกันมิให้จุลินทรีย์ตกตะกอน เพื่อให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัด และเพื่อให้สลัดจ์จับตัวกันเป็นฟล็อกที่ดี การกวนที่ถูกต้องจะป้องกันมิให้น้ำเสียไหลลัดวงจร และทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารสูง การกวนที่สมบูรณ์ในถังเติมอากาศแบบกวนสมบูรณ์ (Complete Mixed) ต้องมีค่า MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid) และค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายสม่ำเสมอทั่วทั้งถัง

## 8. อัตราการไหลของน้ำเสีย

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัด มีผลโดยตรงต่อการทำงานของกระบวนการทางชีวภาพและถึงตกตะกอน หากน้ำเสียมีอัตราการไหลเพิ่มขึ้นมาก ระยะเวลาในการบำบัดน้อยลง ค่าสารอินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้น และระยะเวลาในการตกตะกอนในถังตกตะกอนลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบลดลง ส่วนอัตราการไหลที่น้อยเกินไปก็มีผลเสียเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงควรมีการควบคุมให้มีการส่งน้ำเสียเข้ามาบำบัดอย่างสม่ำเสมอในอัตราที่ใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบไว้

## ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียแอคทีเวตเตด สลัดจ์

ประเภทของกระบวนการเอเอส กระบวนการเอเอสมีส่วนประกอบหลักคือ ถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการขึ้นอยู่กับการจัดวางและรูปแบบของถังเติมอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย และการควบคุมดูแลระบบ ในปัจจุบันกระบวนการเอเอสมีหลายประเภท เช่น

1. กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา (Conventional Activated Sludge) หมายถึง ระบบที่มีถังตกตะกอนและถังเติมอากาศ การเติมอากาศจะใช้เครื่องเติมอากาศและใบพัด หรือแบบฟองอากาศก็ได้ โดยปกติระบบจะมีเวลากักตะกอน (Sludge Retention Time, SRT) ประมาณ 5-10 วัน ทำให้ต้องมีการกำจัดสลัดจ์ที่ระบายทิ้ง ในอดีตระบบนี้มักเป็นระบบที่มีการกวนแบบไหลตามกัน (Plug Flow) แต่ในปัจจุบันการกวนจะเป็นแบบกวนสมบูรณ์ (Complete Mixed) ก็ได้ การกวนแบบไหลตามกันจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแบบเส้นใยได้ดีกว่าการกวนสมบูรณ์ เนื่องจาก การกวนแบบไหลตามกันจะทำให้เกิด Concentration Gradient ซึ่งเป็นปัจจัยที่ช่วยให้แบคทีเรียแบบสร้างฟล็อกเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบบเส้นใย ในทางตรงกันข้ามการกวนแบบสมบูรณ์จะสามารถใช้ได้ดีกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอาจมีสารพิษเจือปนอยู่ เนื่องจากการเจือจางจะเกิดขึ้นทันที ทำให้สารพิษมีความเข้มข้นลดน้อยลง

2. กระบวนการเอเอสแบบยืดเวลา (Extended Aeration Activated Sludge) เนื่องจาก กระบวนการเอเอสแบบธรรมดามีสลัดจ์เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้จำเป็นต้องมีถังหมักสำหรับย่อยสลายสลัดจ์ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ ร่วมกับสารอินทรีย์อื่นๆ ที่เน่าเหม็นได้ง่ายให้เป็นสลัดจ์ที่มีความคงตัวและสามารถนำไปทิ้งได้ กระบวนการเอเอสแบบยืดเวลา เป็นกระบวนการที่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียและกักตะกอนนานกว่าระบบเอเอสแบบอื่นๆ โดยมีความมุ่งหมายให้แบคทีเรียอยู่ในถังเติมอากาศนานๆ และได้รับอาหารน้อยๆ เพื่อให้เกิดการย่อยสลายตัวเอง เป็นผลให้มีสลัดจ์ส่วนเกินเกิดขึ้นน้อยและอยู่ในรูปที่สามารถนำไปทิ้งได้ ดังนั้นระบบนี้จึงไม่จำเป็นต้องมีถังย่อยสลัดจ์ (ถังหมัก)

3. กระบวนการคูวนเวียน (Oxidation Ditch Process) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีหลักการเช่นเดียวกับกระบวนการแบบยืดเวลา เพียงแต่จะมีรูปแบบของถังเป็นลักษณะคูหรือคลองที่สร้างให้เป็นรูปวงรี ทำให้น้ำสามารถหมุนเวียนไปมาได้โดยรอบ กระบวนการคูวนเวียนเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันมาก เพราะเป็นระบบที่มีการควบคุมดูแลไม่ยุ่งยาก

#### 4. กระบวนการเอเอสแบบปรับเสถียรสัณสี (Contact Stabilization Activated Sludge)

จะแบ่งถังเติมอากาศออกเป็น 2 ถังอิสระจากกัน โดยสลัดจ์ที่ถูกสูบออกมาจากถังถังตกตะกอนจะถูกส่งมาถังเติมอากาศใหม่ โดยปกติจะเป็นเวลาประมาณ 4-8 ชั่วโมง จากนั้นสลัดจ์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์หมดแล้วจะถูกส่งมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส (Contact Tank) เป็นเวลา 30-60 นาที ในถังสัมผัสนี้ความเข้มข้นของสลัดจ์จะลดลงตามปริมาณของน้ำเสียที่ผสมเข้ามาใหม่ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วและสลัดจ์จะไหลไปยังถังตกตะกอน น้ำเสียส่วนบนจะถูกปล่อยทิ้งออกจากระบบ สลัดจ์ส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปเข้าถังย่อยสลายและอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปทิ้ง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการนี้กับกระบวนการแบบอื่นๆ จะพบว่ากระบวนการนี้สามารถรับอัตราภาระอินทรีย์ (BOD Load) ได้มากกว่าเมื่อเทียบกับปริมาตรของถังเติมอากาศที่เท่ากัน จุลินทรีย์ตกตะกอนได้ดี และสามารถรับสารพิษหรือการเปลี่ยนแปลงอัตราภาระอินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ดี

#### 5. บ่อหรือสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) อาจเป็นกระบวนการเอเอสแบบไม่มีการหมุนเวียนสลัดจ์ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้มักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ที่มีเวลากักน้ำหลายวัน

มีการเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศแบบลอยน้ำแต่ไม่มีถังตกตะกอน ด้วยเหตุนี้ น้ำทิ้งจึงมีจุลินทรีย์ติดออกไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำกว่ากระบวนการเอเอสแบบอื่นๆ

#### 6. ระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor, SBR) สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก

และน้ำเสียไหลเป็นบางช่วง เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งอาจมีน้ำไหลเพียง 4-8 ชั่วโมงวัน ระบบเอสบีอาร์เป็นระบบที่ใช้ถังเติมอากาศ ทำหน้าที่ทั้งการเติมอากาศเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ และทำหน้าที่แยกสลัดจ์ด้วยการตกตะกอนภายในถังเดียวกัน

### การบำบัดสลัดจ์ (Sludge Treatment)

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้หลักการทางชีวภาพจะมีกากตะกอนจุลินทรีย์หรือสลัดจ์เป็นผลผลิตตามมาด้วยเสมอ ซึ่งเป็นผลจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในการกินสารอินทรีย์ในน้ำเสีย การเกิดสลัดจ์ สลัดจ์เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอนในถังเติมอากาศ คือ

#### 1. ขั้นส่งถ่าย (Transfer Step) สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ดูดติดมาที่ผนังเซลล์และ

ส่งเอนไซม์ (Enzymes) ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของโมเลกุลที่เล็กพอที่จะซึมผ่านเข้าไปในเซลล์เพื่อใช้เป็นอาหารได้

2. ขั้นเปลี่ยนรูป (Conversion Step) จุลินทรีย์จะทำการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก โดยกระบวนการสังเคราะห์ (Synthesis) ซึ่งหมายถึงการสร้างเซลล์ใหม่และกระบวนการออกซิเดชัน ผลผลิตที่ได้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน กระบวนการทั้งสองนี้รวมกันเป็น กระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในจุลินทรีย์ (Metabolic Process)

3. ขั้นรวมตะกอน (Flocculation Step) เป็นการรวมตัวของสลัดจ์ โดยจุลินทรีย์จะถูกควบคุมกันอยู่ในถังเติมอากาศ เมื่อชนกันก็จะจับรวมตัวเป็นก้อนที่ใหญ่ขึ้นเรียกว่า ฟล็อกหรือสลัดจ์ (Activated Sludge) ซึ่งตกตะกอนได้ดีและสามารถแยกออกจากน้ำที่บำบัดแล้วได้ง่าย นอกจากนี้ เมื่อสลัดจ์ไปสัมผัสกับมลสารในน้ำเสียจะจับมลสารเหล่านี้ไว้ภายในและทำการย่อยสลายเป็นอาหารต่อไป

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องบำบัดสลัดจ์เหล่านั้น เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการเน่าเหม็นของสลัดจ์ การเพิ่มภาวะมลพิษ และเป็นการทำลายเชื้อโรคด้วย นอกจากนี้การลดปริมาณของสลัดจ์โดยการกำจัดน้ำออกจากสลัดจ์ ช่วยให้เกิดความสะดวกในการเก็บขนไปกำจัดทิ้งหรือนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ทั้งนี้ในการบำบัดสลัดจ์ประกอบด้วยกระบวนการหลักๆ ได้แก่

1. การทำข้น (Thickener) โดยใช้ถังทำข้นซึ่งมีทั้งที่ใช้กลไกการตกตะกอน (Sedimentation) และใช้กลไกการลอยตัว (Floatation) ทำหน้าที่ในการลดปริมาณสลัดจ์ก่อนส่งไปบำบัดโดยวิธีการอื่นต่อไป

2. การทำให้สลัดจ์คงตัว (Stabilization) โดยการย่อยสลัดจ์ด้วยกระบวนการใช้อากาศ หรือใช้กระบวนการไร้อากาศ เพื่อทำหน้าที่ในการลดสารอินทรีย์ในสลัดจ์ ทำให้สลัดจ์คงตัวสามารถนำไปทิ้งได้โดยไม่เน่าเหม็น

3. การปรับสภาพสลัดจ์ (Conditioning) เพื่อทำให้สลัดจ์มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป เช่น ทำปุ๋ย การใช้ปรับสภาพดินสำหรับใช้ทางการเกษตร เป็นต้น

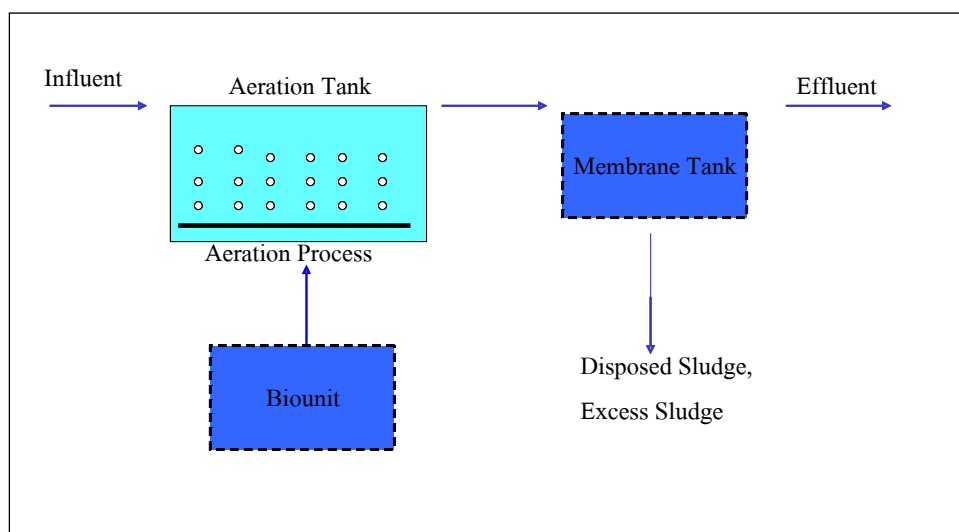
4. การรีดน้ำ (Dewatering) เพื่อลดปริมาณสลัดจ์ที่จะนำไปทิ้งโดยการฝังกลบ การเผา หรือนำไปใช้ประโยชน์อื่น ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการขนส่ง โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการรีดน้ำ ได้แก่ เครื่องกรองสุญญากาศ เครื่องอัดกรองหรือเครื่องกรองหมุนเหวี่ยง รวมถึงการลานตากสลัดจ์

หลังจากสลัดจ์ที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียได้รับการบำบัดให้มีความคงตัว ไม่มีกลิ่นเหม็น และมีปริมาตรลดลง เพื่อความสะดวกในการขนส่งแล้ว ในขั้นต่อมาก็คือ การนำสลัดจ์เหล่านั้นไปกำจัดทิ้งโดยวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการกำจัดทิ้งที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

1. การฝังกลบ (Landfill) เป็นการนำสลัดจ์มาฝังในสถานที่ที่จัดเตรียมไว้และกลบด้วยชั้นดินทับอีก ชั้นหนึ่ง
2. การหมักทำปุ๋ย (Composting) เป็นการนำสลัดจ์มาหมักต่อเพื่อนำไปใช้เป็นปุ๋ย ซึ่งเป็นการนำสลัดจ์กลับมาใช้ประโยชน์ในการเป็นปุ๋ยสำหรับปลูกพืช เนื่องจากในสลัดจ์ประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุต่างๆ
3. การเผา (Incineration) เป็นการนำสลัดจ์ที่จวนแห้ง (ตั้งแต่ร้อยละ 40 ของของแข็งขึ้นไป) มาเผา เพราะเนื่องจากไม่สามารถนำไปใช้ทำปุ๋ยหรือฝังกลบได้

### ระบบบำบัดน้ำเสียแอคทิเวตเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่

ระบบบำบัดน้ำเสียแอคทิเวตเต็ด สลัดจ์ แบบใหม่ ได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเก่า ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น โดยมีหลักการทำงานพื้นฐานเหมือนระบบเก่า แต่มีส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นมา (ภาพที่ 6) ได้แก่ Bio-Scramble-Unit ซึ่งเป็นระบบสำหรับเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์จุลินทรีย์บาซิลลัส และ Submerged membrane (MF Membrane) ซึ่งระบบใหม่นี้ได้พัฒนาจุลินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดความสกปรกมากขึ้น และช่วยลดการเกิดตะกอนลงได้ (BENEARS Inc, 2007)



ภาพที่ 6 แผนผังการทำงานของระบบแอ็คทิเวเต็ด สลัดจ์ แบบใหม่

กระบวนการของระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวเต็ด สลัดจ์ แบบใหม่ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่เหนือกว่า โดย

1. กระบวนการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบได้ดีกว่าแบบเก่า
2. ขยายพันธุ์จุลินทรีย์ชนิดแกรมบวก สายพันธุ์บาซิลลัส (*Bacillus spp.*) และ Submerged Membrane

ในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียนี้ จะต้องติดตั้งระบบร่วมกันระหว่าง Bio-Scramble Unit (เป็นระบบสำหรับเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์จุลินทรีย์) และ Submerged Membrane คุณลักษณะของระบบใหม่ จะช่วยกำจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้โดยสิ้นเชิง ปริมาณของสลัดจ์ลดลงมากกว่าครึ่งของระบบเก่า และเนื่องจากระบบบำบัดนี้เป็นระบบบำบัดขั้นสูง (Advanced Treatment) ดังนั้นน้ำที่ผ่านออกมาจะสามารถนำมาใช้ใหม่ได้

จุลินทรีย์บาซิลลัสที่นำมาใช้กับระบบบำบัดนี้ มีรูปร่างแบบแท่ง (Rod-Shaped) และเรียกว่า นัตโตะ เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ชนิดเดียวกับที่ใช้หมักถั่ว นัตโตะ จุลินทรีย์ชนิดนี้มีอยู่เป็นจำนวนมากในดินและก้นแม่น้ำ เป็นจุลินทรีย์ที่ช่วยย่อยสลายใบไม้และต้นไม้ที่ตายแล้ว และเปลี่ยนให้ไปอยู่ใน

รูปของสารอนินทรีย์และแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ในธรรมชาติ เพื่อเป็นอาหารให้แก่ต้นไม้ที่เจริญเติบโต  
ความสามารถในการทำงานของจุลินทรีย์บาซิลลัสมีดังนี้

1. สามารถย่อยสารประกอบอินทรีย์ได้ จุลินทรีย์บาซิลลัสสามารถละลายและย่อยสลาย  
เนื้อและโปรตีน ย่อยสลายแป้งจนกลายเป็นกลูโคส มีจุลินทรีย์ไม่กี่ชนิดที่สามารถทำได้ และย่อย  
สลายไขมันซึ่งจุลินทรีย์ทั่วไปไม่สามารถทำได้
2. สามารถลดการเกิดกลิ่นได้ จุลินทรีย์บาซิลลัสสามารถย่อยสลายแอมโมเนีย  
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และเอมีน
3. มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจน (Denitrification)
4. ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว
5. ความสามารถในการสร้างสปอร์ เมื่อธาตุอาหารลดลงระหว่างขั้นตอนในการบำบัดน้ำ  
เสีย จะทำให้สภาวะในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ไม่เหมาะสม จุลินทรีย์ชนิดนี้จะสร้างสปอร์ไว้  
ภายในเซลล์ ซึ่งสปอร์ของจุลินทรีย์ชนิดนี้มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้เป็น  
อย่างดี เมื่อสภาวะที่เหมาะสมกลับมา จุลินทรีย์ก็จะกลับมาเจริญเติบโตได้เช่นเดิม
6. สารคัดหลั่งและเอนไซม์จากจุลินทรีย์บาซิลลัสสามารถทำลาย E. coli ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่  
ก่อให้เกิดโรค ซึ่งเป็นจุดเด่นของจุลินทรีย์บาซิลลัส

#### ระบบ Bio-Unit

ผลลัพธ์ที่สำคัญของระบบ Bio-Unit คือมีการเปลี่ยนแปลงของสัณฐาน ผลของการใช้ระบบนี้  
จะเห็นผลชัดเจนใน 3-4 เดือน ภายหลังการติดตั้ง ความเร็วในการจับตัวเป็นสัณฐานเร็วขึ้น และปริมาณ  
ของสัณฐานลดลง สีของสัณฐานเปลี่ยนไปในขณะเดียวกันกลิ่นก็หายไปด้วย และขั้นตอนการรีดน้ำ  
ออกจากสัณฐานก็หายไป คุณสมบัติของระบบมีดังนี้

1. ลดกลิ่นที่เกิดขึ้น ระบบ Bio-Unit ใช้เป็นอุปกรณ์ในการบำบัดน้ำเสียขาดชุมชน น้ำเสียจากโรงงาน (โดยเฉพาะโรงงานอาหาร) น้ำเสียจากการปศุสัตว์ ภายหลังจากใช้ระบบนี้จะไม่มีการกลิ่นที่น่ารังเกียจออกมา ช่วยทำให้สภาพแวดล้อมรอบๆ บริเวณนั้นดีขึ้น
2. ลดความหนืดของสลัดจ์ ทำให้ง่ายต่อการควบคุม
3. ลดปริมาณการเกิดสลัดจ์ เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสลัดจ์ การรวมตัวของสลัดจ์ดีขึ้นและจากกระบวนการย่อยสลัดจ์จากจุลินทรีย์บาซิลลัส ทำให้ปริมาณของสลัดจ์ลดลงไปได้มาก
4. ขนาดเล็กสามารถนำไปติดตั้งได้ง่าย
5. ไม่ต้องใช้สารเคมีเพิ่มในการปล่อยน้ำทิ้ง เนื่องจากจุลินทรีย์บาซิลลัสช่วยให้เกิดการรวมตัวกันอย่างดีของสลัดจ์ จึงไม่ต้องใช้สารเคมีเพิ่มเติมเพื่อช่วยให้สลัดจ์รวมตัว ดังนั้นสลัดจ์ที่ได้สามารถนำไปทำปุ๋ยได้โดยไม่ต้องกังวลว่าจะเป็นพิษต่อพืช

### สภาพทั่วไปของพื้นที่ทำการศึกษา

#### ที่ตั้งของโครงการ

บริษัทฟู๊ดแอนด์ดริ้งส์ จำกัด (มหาชน) ประกอบธุรกิจหลักคือผลิตและจำหน่ายอาหารเพื่อส่งออกและขายในประเทศ โดยสินค้าอาหารดังกล่าว เป็นการแปรรูปผัก ผลไม้และเนื้อเป็นอาหาร ทั้งนี้ ชนิดของอาหารขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า โดยที่บริษัทจะพิจารณาถึงศักยภาพของเครื่องจักรที่โรงงานมีอยู่ ความสามารถในการจัดหาวัตถุดิบ และกฎหมายข้อบังคับของประเทศ คู่ค้า ทั้งนี้ บริษัทได้ใช้มาตรการเดียวกันในการผลิตและจำหน่ายสินค้าทั้งในประเทศและส่งออก ตั้งอยู่ที่เลขที่ 695/1 ถนนบ้านบึง-บ้านค่าย ตำบลคลองแก้ว อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี 20220 มีลักษณะของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. ผัก ผลไม้ เครื่องดื่ม เครื่องเทศ อาหารภาชนะผนึก ประกอบด้วยข้าวโพดอ่อน วุ้นหน้างกระเข้ เห้ว หน่อไม้ มะม่วง มะละกอ ผักผลไม้อื่นๆ น้ำผลไม้ เช่น น้ำสับปะรด น้ำสับปะรดเข้มข้น น้ำส้ม น้ำมะเขือเทศผสมน้ำผักผลไม้ และน้ำแครอทผสมน้ำผลไม้ เป็นต้น น้ำชา กาแฟ เครื่องเทศ

อาหารสำเร็จรูปและอาหารสำเร็จรูป นำมาบรรจุขวดแก้วหรือกระป๋องขนาดต่างๆ กัน ส่วนผสมที่ใช้บรรจุรวมกับผักผลไม้มีน้ำเกลือหรือน้ำส้มสายชู หรือน้ำเชื่อม หรือน้ำเปล่า

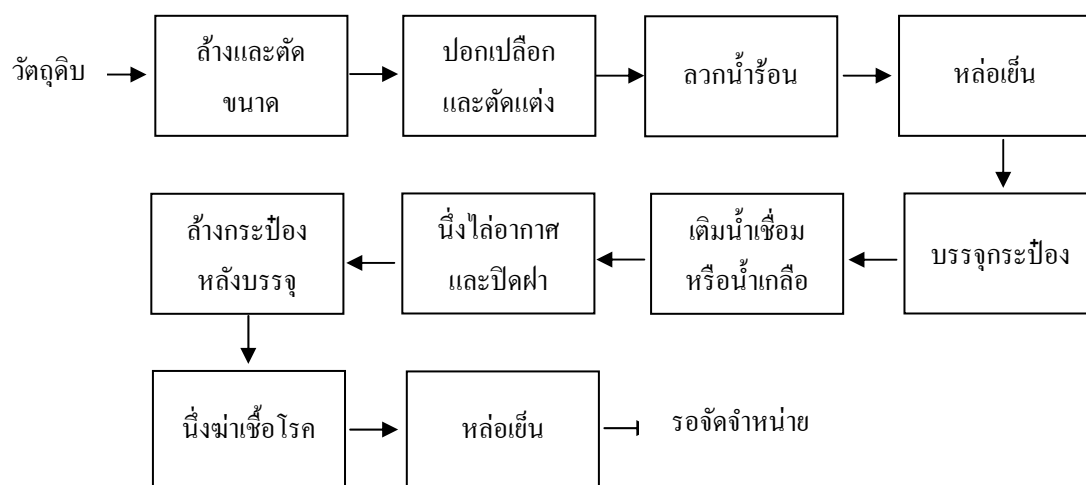
2. อาหารที่มีเนื้อสัตว์เป็นส่วนผสมบรรจุกระป๋อง ผลิตภัณฑ์เนื้อปรุงรสบรรจุกระป๋อง (Comed Beef) และซอสเนื้อ ผลิตตามสูตรของลูกค้า ใช้เนื้อวัวแช่แข็งนำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย และจากประเทศไทย นำมาแปรรูปแล้วบรรจุลงกระป๋องชนิดมีฝาเปิดในตัว

3. ผักผลไม้ อาหารแช่แข็ง ประกอบด้วยวุ้นหางจระเข้ ข้าวโพดอ่อน มะม่วง อาหารสำเร็จรูป และผักผลไม้อื่นๆ นำมาตัดแต่งและผ่านกระบวนการแช่แข็ง แล้วจึงบรรจุลงพลาสติกและกล่อง เก็บรักษาไว้ในห้องเย็น

ผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกจะอยู่ภายใต้เครื่องหมายการค้าของลูกค้าแต่ละราย ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ขายในประเทศ ได้แก่ น้ำชา กาแฟ น้ำวุ้นหางจระเข้ น้ำมะเขือเทศ น้ำแครอทผสมน้ำผลไม้ น้ำมะเขือเทศผสมน้ำผลไม้ วุ้นมะพร้าวในน้ำเชื่อมและวุ้นหางจระเข้ในน้ำเชื่อม จะจัดจำหน่ายภายใต้เครื่องหมายการค้า “Zummer” การจัดจำหน่ายในปัจจุบันเป็นการส่งออกต่างประเทศเกือบทั้งหมด ตลาดหลักที่สำคัญสำหรับสินค้าของบริษัทคือ ประเทศญี่ปุ่น ออสเตรเลีย ประเทศในทวีปยุโรป สหรัฐอเมริกา

### ลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากการผลิต

บริษัทฟู๊ดแอนด์ดริ้งส์ จำกัด (มหาชน) เป็นโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอุตสาหกรรมอาหาร ดังนั้นน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทนี้ จะประกอบไปด้วย สารอินทรีย์ ตะกอนแขวนลอย น้ำที่ใช้ล้าง โดยปกติแล้วจะไม่มีสารอันตรายอย่างเช่น โลหะหนัก แต่มักจะประกอบด้วย น้ำมัน ไนโตรเจน แลฟอสฟอรัส ค่าบีโอดีของโรงงานประเภทนี้จะอยู่ในช่วง 500-12,700 มิลลิกรัมต่อลิตร กระบวนการผลิตต่างๆ ไป ของโรงงานมีดังนี้



ภาพที่ 7 กระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง

## บทที่ 5

### การวิเคราะห์ทางการเงินและเศรษฐศาสตร์ของโครงการบำบัดน้ำเสีย

การวิเคราะห์ทางการเงินและเศรษฐศาสตร์ของโครงการบำบัดน้ำเสีย ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การศึกษาต้นทุนผลประโยชน์ของโครงการบำบัดน้ำเสีย การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการประหยัดต้นทุน ในส่วนของการศึกษาต้นทุนผลประโยชน์ได้แบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่

1. การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์ ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูงจากค่าลงทุน ค่าดำเนินการและค่าบำบัดและจัดการตะกอน

2. การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ (New Activated Sludge Process) กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ในการบำบัดน้ำเสียที่ประเทศไทยเพิ่งนำมาใช้เป็นครั้งแรก โดยพัฒนาให้ระบบมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิม คือ ช่วยลดการเกิดตะกอน ซึ่งเป็นผลผลิตตามมาด้วยเสมอของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้หลักการทางชีวภาพ

3. การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ (New Activated Sludge Process) กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม ได้แก่ Bio-Scumple-Unit และ Submerged Membrane (MF Membrane) เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่โรงงานอุตสาหกรรมที่มีระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์อยู่แล้วและยังใช้งานได้ดี เพื่อประกอบในการตัดสินใจในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่ตนเองมีอยู่

โดยศึกษาต้นทุนของโครงการ โดยมุ่งเน้นต้นทุนเอกชน (Private Cost) ซึ่งประกอบไปด้วยค่าใช้จ่าย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ค่าลงทุน (Investment Costs) และค่าดำเนินงานและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Costs) และศึกษาผลประโยชน์ของโครงการ โดยมุ่งเน้นผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น และต้นทุนในการดำเนินการลดลงเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใหม่ ส่วนของการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ คือ

4. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 กรณี ด้วยเกณฑ์ชี้วัดดังนี้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR)

ส่วนของการวิเคราะห์ต้นทุนที่ประหยัดได้ คือ

5. การวิเคราะห์การประหยัดต้นทุน จะพิจารณาถึงต้นทุนที่ลดลงเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแอ็กทิเวเตด สลัดจ์ แบบใหม่ ทั้งกรณีสร้างใหม่ทั้งระบบและเพิ่มอุปกรณ์เสริม

### การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบแอ็กทิเวเตด สลัดจ์

#### การกำหนดค่าใช้จ่ายของโครงการ

##### 1. ค่าลงทุน

###### 1.1 ค่าที่ดิน

ในการประเมินมูลค่าที่ดินสำหรับโครงการบำบัดน้ำเสียนี้ได้กำหนดราคาที่ดินในราคาตารางวาละ 8,000 บาท ซึ่งเป็นราคาประเมินที่ได้จากสำนักงานที่ดินจังหวัดชลบุรี ณ ปี พ.ศ. 2547 ซึ่งในระบบบำบัดแบบเก่านี้ใช้ที่ดินในการก่อสร้าง 9 ไร่ ซึ่งมีมูลค่าทั้งสิ้น 28,800,000 บาท

###### 1.2 ค่าก่อสร้างโครงการ

ค่าสร้างโครงการบำบัดน้ำเสียแบบเก่า โดยประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้างและค่าแรง มีมูลค่าทั้งสิ้น 7,960,000 บาท เนื่องจากค่าก่อสร้างเป็นมูลค่า ณ ปี พ.ศ. 2539 จึงต้องนำมาปรับค่าให้เป็นมูลค่า ณ ปี พ.ศ. 2550 ใช้อัตราคิดลดร้อยละ 7.0 ได้เท่ากับ 16,754,621.54 บาท นำมาปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ตัวแปลงค่าในหมวดค่าก่อสร้าง (Construction Conversion Factor: CCF) เท่ากับ 0.88 จะมีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 14,744,066.96 บาท

## 2. ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา (Operation and Maintenance costs)

ค่าใช้จ่ายเพื่อให้โครงการสามารถดำเนินงานไปได้ปกติ และบำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีตลอดอายุโครงการ ได้แก่ ค่าจ้างบุคคลกรในการควบคุมระบบ ค่าสารเคมีที่ใช้เติมในระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าไฟฟ้า ค่าซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในระบบ โดยมีข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2549 (ตารางภาคผนวกที่ 1) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการบันทึกรวบรวมเอาไว้และนำมาปรับให้เป็นมูลค่า ณ ปี 2551 โดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 7.0 กำหนดข้อสมมติ ให้ค่าใช้จ่ายของโครงการบำบัดน้ำเสียระบบเก่าเพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยปี พ.ศ. 2547-2549 คือ ร้อยละ 4.0 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2551) ดังตารางที่ 2 นำมาปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ตัวแปลงค่าในหมวดค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (Labor Conversion Factor: LCF) เท่ากับ 0.92

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายของโครงการบำบัดน้ำเสียระบบเก่า

(หน่วย: บาท)

| ปี พ.ศ. | ค่าที่ดิน  | ค่าก่อสร้าง   |               | ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ |               |
|---------|------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|
|         |            | การเงิน       | เศรษฐศาสตร์   | การเงิน                   | เศรษฐศาสตร์   |
| 2550    | 28,800,000 | 16,754,621.54 | 14,744,066.96 |                           |               |
| 2551*   |            |               |               | 7,020,640.00              | 6,458,988.80  |
| 2552*   |            |               |               | 8,309,366.12              | 7,644,616.83  |
| 2553*   |            |               |               | 9,229,713.04              | 8,491,336.00  |
| 2554**  |            |               |               | 9,598,901.57              | 8,830,989.44  |
| 2555**  |            |               |               | 9,982,857.63              | 9,184,229.02  |
| 2556**  |            |               |               | 10,382,171.93             | 9,551,598.18  |
| 2557**  |            |               |               | 10,797,458.81             | 9,933,662.11  |
| 2558**  |            |               |               | 11,229,357.16             | 10,331,008.59 |
| 2559**  |            |               |               | 11,678,531.45             | 10,744,248.93 |
| 2560**  |            |               |               | 12,145,672.71             | 11,174,018.89 |
| 2561**  |            |               |               | 12,631,499.62             | 11,620,979.65 |
| 2562**  |            |               |               | 13,136,759.60             | 12,085,818.83 |
| 2563**  |            |               |               | 13,662,229.99             | 12,569,251.59 |

ตารางที่ 2 (ต่อ)

(หน่วย: บาท)

| ปี พ.ศ.              | ค่าที่ดิน | ค่าก่อสร้าง |             | ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ |                |
|----------------------|-----------|-------------|-------------|---------------------------|----------------|
|                      |           | การเงิน     | เศรษฐศาสตร์ | การเงิน                   | เศรษฐศาสตร์    |
| 2564**               |           |             |             | 14,208,719.18             | 13,072,021.65  |
| 2565**               |           |             |             | 14,777,067.95             | 13,594,902.52  |
| 2566**               |           |             |             | 15,368,150.67             | 14,138,698.62  |
| 2567**               |           |             |             | 15,982,876.70             | 14,704,246.56  |
| 2568**               |           |             |             | 16,622,191.76             | 15,292,416.42  |
| 2569**               |           |             |             | 17,287,079.44             | 15,904,113.08  |
| 2570**               |           |             |             | 17,978,562.61             | 16,540,277.60  |
| 2571**               |           |             |             | 18,697,705.12             | 17,201,888.71  |
| 2572**               |           |             |             | 19,445,613.32             | 17,889,964.26  |
| 2573**               |           |             |             | 20,223,437.85             | 18,605,562.83  |
| 2574**               |           |             |             | 21,032,375.37             | 19,349,785.34  |
| 2575**               |           |             |             | 21,873,670.38             | 20,123,776.75  |
| 2576**               |           |             |             | 22,748,617.20             | 20,928,727.82  |
| 2577**               |           |             |             | 23,658,561.89             | 21,765,876.94  |
| 2578**               |           |             |             | 24,604,904.36             | 22,636,512.01  |
| 2579**               |           |             |             | 25,589,100.54             | 23,541,972.49  |
| 2580**               |           |             |             | 26,612,664.56             | 24,483,651.39  |
| รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด |           |             |             | 522,071,080.07            | 481,939,208.81 |

หมายเหตุ: \* ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำเสียของปี พ.ศ. 2547-2549

\*\* กำหนดข้อสมมติ ราคาต้นทุนน้ำประปาเพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยปี พ.ศ. 2547-2549  
คือ ร้อยละ 4.0 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2551)

ที่มา: จากการคำนวณ

### การกำหนดผลประโยชน์ของโครงการ

ผลประโยชน์ของโครงการบำบัดน้ำเสียระบบเก่าเกิดจากผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ สามารถนำน้ำที่ผ่านการบำบัด ร้อยละ 70 ของปริมาณน้ำทั้งหมด ไปใช้ในบางส่วนของสำนักงานได้ โดยอาศัยราคาค่าทำน้ำประปา มาใช้ในการคำนวณหาผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว ซึ่งราคาค่าน้ำประปาที่ใช้ เท่ากับลูกบาศก์เมตรละ 17.45 บาท (การประปาส่วนภูมิภาค, 2551) และกำหนดให้ ผลประโยชน์ของโครงการเพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยปี พ.ศ. 2547-2549 คือ ร้อยละ 4.0 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2551) ส่วนปริมาณน้ำที่มีคุณภาพดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว กำหนดให้ เท่ากับปริมาณน้ำเสียที่ผ่านเข้าระบบบำบัดในแต่ละปี คูณ ราคาค่าทำน้ำประปา (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว

| ปี     | ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น |
|--------|---------------------------------|
|        | (บาท)                           |
| 2550   | 0                               |
| 2551*  | 1,221,500.00                    |
| 2552*  | 1,270,360.00                    |
| 2553*  | 1,321,174.40                    |
| 2554** | 1,374,021.38                    |
| 2555** | 1,428,982.23                    |
| 2556** | 1,486,141.52                    |
| 2557** | 1,545,587.18                    |
| 2558** | 1,607,410.67                    |
| 2559** | 1,671,707.10                    |
| 2560** | 1,738,575.38                    |
| 2561** | 1,808,118.39                    |
| 2562** | 1,880,443.13                    |
| 2563** | 1,955,660.85                    |
| 2564** | 2,033,887.29                    |

ตารางที่ 3 (ต่อ)

| ปี                          | ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น |
|-----------------------------|---------------------------------|
|                             | (บาท)                           |
| 2565**                      | 2,115,242.78                    |
| 2566**                      | 2,199,852.49                    |
| 2567**                      | 2,287,846.59                    |
| 2568**                      | 2,379,360.46                    |
| 2569**                      | 2,474,534.87                    |
| 2570**                      | 2,573,516.27                    |
| 2571**                      | 2,676,456.92                    |
| 2572**                      | 2,783,515.20                    |
| 2573**                      | 2,894,855.80                    |
| 2574**                      | 3,010,650.04                    |
| 2575**                      | 3,131,076.04                    |
| 2576**                      | 3,256,319.08                    |
| 2577**                      | 3,386,571.84                    |
| 2578**                      | 3,522,034.72                    |
| 2579**                      | 3,662,916.10                    |
| 2580**                      | 3,809,432.75                    |
| <b>รวมผลประโยชน์ทั้งหมด</b> | <b>68,507,751.46</b>            |

หมายเหตุ: \* ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำเสียของปี พ.ศ. 2547-2549

\*\* กำหนดข้อสมมติ ราคาต้นทุนน้ำประปาเพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยปี พ.ศ. 2547-2549

คือ ร้อยละ 4.0 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2551)

ที่มา: จากการคำนวณ

## การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแอคติเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่ (กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ)

### การกำหนดค่าใช้จ่ายของโครงการ

#### 1. ค่าลงทุน

##### 1.1 ค่าที่ดิน

ในการประเมินมูลค่าที่ดินสำหรับโครงการบำบัดน้ำเสียนี้ได้กำหนดราคาที่ดินในราคาตารางวาละ 8,000 บาท ซึ่งเป็นราคาประเมินที่ได้จากสำนักงานที่ดินจังหวัดชลบุรี ณ ปี พ.ศ. 2547 ซึ่งในระบบบำบัดแบบเก่านี้ใช้ที่ดินในการก่อสร้าง 11 ไร่ ซึ่งมีมูลค่าทั้งสิ้น 35,200,000 บาท

##### 1.2 ค่าก่อสร้างโครงการ

ค่าสร้างโครงการบำบัดน้ำเสียแบบเก่า โดยประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้างและค่าแรง มีมูลค่าทั้งสิ้น 11,018,502.60 บาท นำมาปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ตัวแปลงค่าในหมวดค่าก่อสร้าง (Construction Conversion Factor: CCF) เท่ากับ 0.88 จะมีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 9,696,282.29 บาท

#### 2. ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา (Operation and Maintenance costs)

ค่าใช้จ่ายเพื่อให้โครงการสามารถดำเนินงานไปได้ปกติ และบำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ตลอดเวลาโครงการ ได้แก่ ค่าจ้างบุคลากรในการควบคุมระบบ ค่าสารเคมีที่ใช้เติมในระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าไฟฟ้า ค่าซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในระบบ (ตารางภาคผนวกที่ 3) กำหนดข้อสมมติ ให้ค่าใช้จ่ายของโครงการบำบัดน้ำเสียระบบเก่าเพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยปี พ.ศ. 2547-2549 คือ ร้อยละ 4.0 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2551) ดังตารางที่ 4.3 และนำมาปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ตัวแปลงค่าในหมวดค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (Labor Conversion Factor: LCF) เท่ากับ 0.92

ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายของโครงการบำบัดน้ำเสียแเอ็คทีเวตเตท สลัดจ์ แบบใหม่

(หน่วย: บาท)

| ปี พ.ศ. | ค่าที่ดิน     | ค่าก่อสร้าง   |              | ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ |              |
|---------|---------------|---------------|--------------|---------------------------|--------------|
|         |               | การเงิน       | เศรษฐศาสตร์  | การเงิน                   | เศรษฐศาสตร์  |
| 2550    | 35,200,000.00 | 11,018,502.60 | 9,696,282.29 |                           |              |
| 2551*   |               |               |              | 3,131,971.74              | 2,881,414.00 |
| 2552*   |               |               |              | 3,257,250.61              | 2,996,670.56 |
| 2553*   |               |               |              | 3,387,540.63              | 3,116,537.38 |
| 2554*   |               |               |              | 3,523,042.26              | 3,241,198.88 |
| 2555*   |               |               |              | 3,663,963.95              | 3,370,846.83 |
| 2556*   |               |               |              | 3,810,522.51              | 3,505,680.71 |
| 2557*   |               |               |              | 3,962,943.41              | 3,645,907.94 |
| 2558*   |               |               |              | 4,121,461.14              | 3,791,744.25 |
| 2559*   |               |               |              | 4,286,319.59              | 3,943,414.02 |
| 2560*   |               |               |              | 4,457,772.37              | 4,101,150.58 |
| 2561*   |               |               |              | 4,636,083.27              | 4,265,196.61 |
| 2562*   |               |               |              | 4,821,526.60              | 4,435,804.47 |
| 2563*   |               |               |              | 5,014,387.66              | 4,613,236.65 |
| 2564*   |               |               |              | 5,214,963.17              | 4,797,766.12 |
| 2565*   |               |               |              | 5,423,561.70              | 4,989,676.76 |
| 2566*   |               |               |              | 5,640,504.16              | 5,189,263.83 |
| 2567*   |               |               |              | 5,866,124.33              | 5,396,834.38 |
| 2568*   |               |               |              | 6,100,769.30              | 5,612,707.76 |
| 2569*   |               |               |              | 6,344,800.08              | 5,837,216.07 |
| 2570*   |               |               |              | 6,598,592.08              | 6,070,704.71 |
| 2571*   |               |               |              | 6,862,535.76              | 6,313,532.90 |
| 2572*   |               |               |              | 7,137,037.19              | 6,566,074.22 |
| 2573*   |               |               |              | 7,422,518.68              | 6,828,717.19 |
| 2574*   |               |               |              | 7,719,419.43              | 7,101,865.87 |

## ตารางที่ 4 (ต่อ)

(หน่วย: บาท)

| ปี พ.ศ.              | ค่าที่ดิน | ค่าก่อสร้าง |             | ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ |                |
|----------------------|-----------|-------------|-------------|---------------------------|----------------|
|                      |           | การเงิน     | เศรษฐศาสตร์ | การเงิน                   | เศรษฐศาสตร์    |
| 2575*                |           |             |             | 8,028,196.21              | 7,385,940.51   |
| 2576*                |           |             |             | 8,349,324.05              | 7,681,378.13   |
| 2577*                |           |             |             | 8,683,297.02              | 7,988,633.25   |
| 2578*                |           |             |             | 9,030,628.90              | 8,308,178.58   |
| 2579*                |           |             |             | 9,391,854.05              | 8,640,505.73   |
| 2580*                |           |             |             | 9,767,528.21              | 8,986,125.96   |
| รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด |           |             |             | 221,874,942.67            | 206,500,207.16 |

หมายเหตุ: \* กำหนดข้อสมมติ ให้ค่าใช้จ่ายของโครงการบำบัดน้ำเสียระบบเก่าเพิ่มขึ้นตามอัตรา  
เงินเฟ้อเฉลี่ยปี พ.ศ. 2547-2549 คือ ร้อยละ 4.0 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2551)

ที่มา: จากการคำนวณ

## การกำหนดผลประโยชน์ของโครงการ

ผลประโยชน์ของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบแอคทีเวเต็ด สลัดจ์ ใหม่ คิดจากผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ สามารถนำน้ำที่ผ่านการบำบัดไปได้ทั้งหมด โดยอาศัยราคาค่าทำน้ำประปา มาใช้ในการคำนวณหาผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว ซึ่งราคาค่าน้ำประปาที่ใช้ เท่ากับลูกบาศก์เมตรละ 17.45 บาท (การประปาสวนภูมิภาค, 2551) ส่วนปริมาณน้ำที่มีคุณภาพดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว กำหนดให้เท่ากับปริมาณน้ำเสียที่ผ่านเข้าระบบบำบัดในแต่ละปี คูณ ราคาค่าทำน้ำประปา (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว

| ปี    | ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น |
|-------|---------------------------------|
|       | (บาท)                           |
| 2550  | 0                               |
| 2551* | 1,745,000.00                    |
| 2552* | 1,814,800.00                    |
| 2553* | 1,887,392.00                    |
| 2554* | 1,962,887.68                    |
| 2555* | 2,041,403.19                    |
| 2556* | 2,123,059.31                    |
| 2557* | 2,207,981.69                    |
| 2558* | 2,296,300.95                    |
| 2559* | 2,388,152.99                    |
| 2560* | 2,483,679.11                    |
| 2561* | 2,583,026.28                    |
| 2562* | 2,686,347.33                    |
| 2563* | 2,793,801.22                    |
| 2564* | 2,905,553.27                    |
| 2565* | 3,021,775.40                    |
| 2566* | 3,142,646.42                    |
| 2567* | 3,268,352.27                    |
| 2568* | 3,399,086.36                    |
| 2569* | 3,535,049.82                    |
| 2570* | 3,676,451.81                    |
| 2571* | 3,823,509.88                    |
| 2572* | 3,976,450.28                    |
| 2573* | 4,135,508.29                    |
| 2574* | 4,300,928.62                    |

ตารางที่ 5 (ต่อ)

| ปี                   | ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น<br>(บาท) |
|----------------------|------------------------------------------|
| 2575*                | 4,472,965.77                             |
| 2576*                | 4,651,884.40                             |
| 2577*                | 4,837,959.77                             |
| 2578*                | 5,031,478.17                             |
| 2579*                | 5,232,737.29                             |
| 2580*                | 5,442,046.78                             |
| รวมผลประโยชน์ทั้งหมด | 97,868,216.37                            |

หมายเหตุ: \* กำหนดข้อสมมติ ราคาต้นทุนประปาเพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยปี พ.ศ. 2547-2549  
คือ ร้อยละ 4.0 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2551)

ที่มา: จากการคำนวณ

การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวตเตด สลัดจ์ ใหม่  
(กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม)

การกำหนดค่าใช้จ่ายของโครงการ

1. ค่าลงทุน

1.1 ค่าที่ดิน

ในการประเมินมูลค่าที่ดินสำหรับโครงการบำบัดน้ำเสียนี้ได้กำหนดราคาที่ดินใน  
ราคาตารางวาละ 8,000 บาท ซึ่งเป็นราคาประเมินที่ได้จากสำนักงานที่ดินจังหวัดชลบุรี ณ ปี พ.ศ.  
2547 ซึ่งในระบบบำบัดแบบถาวรนี้ใช้ที่ดินในการก่อสร้าง 9 ไร่ ซึ่งมีมูลค่าทั้งสิ้น 28,800,000 บาท

## 1.2 ค่าก่อสร้างโครงการ

ค่าสร้างโครงการบำบัดน้ำเสียแบบเก่า โดยประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้างและค่าแรง มีมูลค่าทั้งสิ้น 7,960,000 บาท เนื่องจากค่าก่อสร้างเป็นมูลค่า ณ ปี พ.ศ. 2539 จึงต้องนำมาปรับค่าให้เป็นมูลค่า ณ ปี พ.ศ. 2550 ใช้อัตราคิดลดร้อยละ 7.0 ได้เท่ากับ 16,754,621.54 บาท นำมาปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ตัวแปลงค่าในหมวดค่าก่อสร้าง (Construction Conversion Factor: CCF) เท่ากับ 0.88 จะมีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 14,744,066.96 บาท และค่าก่อสร้างโครงการเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มอุปกรณ์เสริมเมื่อใช้งานระบบมาแล้ว 15 ปี และปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์แล้วเท่ากับ 4,463,849.85

## 2. ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา (Operation and Maintenance costs)

ค่าใช้จ่ายเพื่อให้โครงการสามารถดำเนินงานไปได้ปกติ และบำรุงรักษาเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีตลอดอายุโครงการ ได้แก่ ค่าจ้างบุคคลกรในการควบคุมระบบ ค่าสารเคมีที่ใช้เติมในระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าไฟฟ้า ค่าซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในระบบ โดยมีข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2549 (ตารางภาคผนวกที่ 1) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการบันทึกรวบรวมเอาไว้และนำมาปรับให้เป็นมูลค่า ณ ปี 2551 โดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 7 กำหนดข้อสมมติ ให้ค่าใช้จ่ายของโครงการบำบัดน้ำเสียระบบเก่าเพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยปี พ.ศ. 2547-2549 คือ ร้อยละ 4.0 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2551) ดังตารางที่ 6 และนำมาปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ตัวแปลงค่าในหมวดค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (Labor Conversion Factor: LCF) เท่ากับ 0.92

ตารางที่ 6 ค่าใช้จ่ายของโครงการบำบัดน้ำเสียเอีคทีเวตเตท สลัดจ์ แบบใหม่ (กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม)

(หน่วย: บาท)

| ปี พ.ศ. | ค่าที่ดิน  | ค่าก่อสร้าง   |               | ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ |               |
|---------|------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|
|         |            | การเงิน       | เศรษฐศาสตร์   | การเงิน                   | เศรษฐศาสตร์   |
| 2550*   | 28,800,000 | 16,754,621.54 | 14,744,066.96 |                           |               |
| 2551*   |            |               |               | 7,020,640.00              | 6,458,988.80  |
| 2552*   |            |               |               | 8,309,366.12              | 7,644,616.83  |
| 2553*   |            |               |               | 9,229,713.04              | 8,491,336.00  |
| 2554*   |            |               |               | 9,598,901.57              | 8,830,989.44  |
| 2555*   |            |               |               | 9,982,857.63              | 9,184,229.02  |
| 2556*   |            |               |               | 10,382,171.93             | 9,551,598.18  |
| 2557*   |            |               |               | 10,797,458.81             | 9,933,662.11  |
| 2558*   |            |               |               | 11,229,357.16             | 10,331,008.59 |
| 2559*   |            |               |               | 11,678,531.45             | 10,744,248.93 |
| 2560*   |            |               |               | 12,145,672.71             | 11,174,018.89 |
| 2561*   |            |               |               | 12,631,499.62             | 11,620,979.65 |
| 2562*   |            |               |               | 13,136,759.60             | 12,085,818.83 |
| 2563*   |            |               |               | 13,662,229.99             | 12,569,251.59 |
| 2564*   |            |               |               | 14,208,719.18             | 13,072,021.65 |
| 2565*   |            |               |               | 14,777,067.95             | 13,594,902.52 |
| 2566    |            | 4,463,849.85  | 3,928,187.87  | 0                         | 0             |
| 2567**  |            |               |               | 5,866,124.33              | 5,396,834.38  |
| 2568**  |            |               |               | 6,100,769.30              | 5,612,707.76  |
| 2569**  |            |               |               | 6,344,800.08              | 5,837,216.07  |
| 2570**  |            |               |               | 6,598,592.08              | 6,070,704.71  |
| 2571**  |            |               |               | 6,862,535.76              | 6,313,532.90  |
| 2572**  |            |               |               | 7,137,037.19              | 6,566,074.22  |
| 2573**  |            |               |               | 7,422,518.68              | 6,828,717.19  |
| 2574**  |            |               |               | 7,719,419.43              | 7,101,865.87  |
| 2575**  |            |               |               | 8,028,196.21              | 7,385,940.51  |
| 2576**  |            |               |               | 8,349,324.05              | 7,681,378.13  |

ตารางที่ 6 (ต่อ)

(หน่วย: บาท)

| ปี พ.ศ.              | ค่าที่ดิน | ค่าก่อสร้าง |             | ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ |                |
|----------------------|-----------|-------------|-------------|---------------------------|----------------|
|                      |           | การเงิน     | เศรษฐศาสตร์ | การเงิน                   | เศรษฐศาสตร์    |
| 2577**               |           |             |             | 8,683,297.02              | 7,988,633.25   |
| 2578**               |           |             |             | 9,030,628.90              | 8,308,178.58   |
| 2579**               |           |             |             | 9,391,854.05              | 8,640,505.73   |
| 2580**               |           |             |             | 9,767,528.21              | 8,986,125.96   |
| รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด |           |             |             | 276,099,167.07            | 255,466,494.86 |

หมายเหตุ: \* ใช้ค่าใช้จ่ายจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเก่า

\*\* ใช้ค่าใช้จ่ายจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทีฟเวดเตท สลัดจ์ ใหม่

ที่มา: จากการคำนวณ

## การกำหนดผลประโยชน์โครงการ

ผลประโยชน์ของโครงการบำบัดน้ำเสียแอคทีฟเวดเตท สลัดจ์ แบบใหม่ กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม จะใช้ผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแอคทีฟเวดเตท สลัดจ์ ในช่วง 15 ปีแรกที่ใช้งาน และภายหลัง จากมีการเพิ่มอุปกรณ์เสริมจะใช้ผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแอคทีฟเวดเตท สลัดจ์ แบบใหม่ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว

| ปี    | ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น (บาท) |
|-------|---------------------------------------|
| 2550  | 0                                     |
| 2551* | 1,221,500.00                          |
| 2552* | 1,270,360.00                          |
| 2553* | 1,321,174.40                          |
| 2554* | 1,374,021.38                          |
| 2555* | 1,428,982.23                          |
| 2556* | 1,486,141.52                          |
| 2557* | 1,545,587.18                          |

ตารางที่ 7 (ต่อ)

| ปี                   | ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น (บาท) |
|----------------------|---------------------------------------|
| 2558*                | 1,607,410.67                          |
| 2559*                | 1,671,707.10                          |
| 2560*                | 1,738,575.38                          |
| 2561*                | 1,808,118.39                          |
| 2562*                | 1,880,443.13                          |
| 2563*                | 1,955,660.85                          |
| 2564*                | 2,033,887.29                          |
| 2565*                | 2,115,242.78                          |
| 2566                 | 0                                     |
| 2567**               | 3,268,352.27                          |
| 2568**               | 3,399,086.36                          |
| 2569**               | 3,535,049.82                          |
| 2570**               | 3,676,451.81                          |
| 2571**               | 3,823,509.88                          |
| 2572**               | 3,976,450.28                          |
| 2573**               | 4,135,508.29                          |
| 2574**               | 4,300,928.62                          |
| 2575**               | 4,472,965.77                          |
| 2576**               | 4,651,884.40                          |
| 2577**               | 4,837,959.77                          |
| 2578**               | 5,031,478.17                          |
| 2579**               | 5,232,737.29                          |
| 2580**               | 5,442,046.78                          |
| รวมผลประโยชน์ทั้งหมด | 84,243,221.81                         |

หมายเหตุ: \* ใช้ผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทีฟเขตเทศบาล สลัดจ์

\*\* ใช้ผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทีฟเขตเทศบาล สลัดจ์ แบบใหม่

ที่มา : จากการคำนวณ

### การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ใช้เกณฑ์ชี้วัด ดังนี้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (B/C ratio) และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) โดยใช้อัตราคิดลดเท่ากับร้อยละ 7 และระยะเวลาของโครงการ 30 ปี ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

| เกณฑ์ชี้วัด        | แอ็คทิวิตีเวเตต สลัดจ์ | แอ็คทิวิตีเวเตต สลัดจ์ ใหม่<br>(กรณีสร้างใหม่) | แอ็คทิวิตีเวเตต สลัดจ์ ใหม่<br>(กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม) |
|--------------------|------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>การเงิน</b>     |                        |                                                |                                                        |
| - NPV              | -172,426,537.78        | -69,702,728.70                                 | -124,181,191.92                                        |
| - B/C ratio        | 0.11                   | 0.31                                           | 0.16                                                   |
| - IRR              | $0.40 \text{ E}^{-19}$ | $0.52 \text{ E}^{-16}$                         | $0.26 \text{ E}^{-18}$                                 |
| <b>เศรษฐศาสตร์</b> |                        |                                                |                                                        |
| - NPV              | -160,368,185.73        | -65,221,420.99                                 | -115,723,366.99                                        |
| - B/C ratio        | 0.12                   | 0.32                                           | 0.17                                                   |
| - IRR              | $0.57 \text{ E}^{-19}$ | $0.62 \text{ E}^{-16}$                         | $0.34 \text{ E}^{-18}$                                 |

ที่มา: จากการคำนวณ

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ ของระบบบำบัดน้ำเสีย แอ็คทิวิตีเวเตต สลัดจ์ พบว่า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ -172,426,537.78 บาท และ -160,368,185.73 บาท ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) เท่ากับ 0.11 และ 0.12 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า 1 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ  $0.40 \text{ E}^{-19}$  และ  $0.57 \text{ E}^{-19}$  ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าอัตราคิดลดร้อยละ 7 แสดงว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ แอ็คทิวิตีเวเตต สลัดจ์ ไม่มีความคุ้มค่าเนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์ชี้วัดทั้ง 3 เกณฑ์

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ ของระบบบำบัดน้ำเสีย แอ็คทิวิตีเวเตต สลัดจ์ แบบใหม่ กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ พบว่า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ -69,702,728.70 บาท และ -65,221,420.99 บาท ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า 0 อัตราส่วน

ผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) เท่ากับ 0.31 และ 0.32 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า 1 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ 0.52 E<sup>-16</sup> และ 0.62 E<sup>-16</sup> ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าอัตราคิดลดร้อยละ 7 แสดงว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ ไม่มีความคุ้มค่าเนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์ชีวิตทั้ง 3 เกณฑ์

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ ของระบบบำบัดน้ำเสียแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม พบว่า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ -124,181,191.92 บาท และ -115,723,366.99 บาท ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) เท่ากับ 0.16 และ 0.17 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า 1 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ 0.26 E<sup>-18</sup> และ 0.34 E<sup>-18</sup> ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าอัตราคิดลดร้อยละ 7 แสดงว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ ไม่มีความคุ้มค่าเนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์ชีวิตทั้ง 3 เกณฑ์

### การวิเคราะห์การประหยัดต้นทุน

การวิเคราะห์การประหยัดต้นทุน จะพิจารณาถึงต้นทุนที่ลดลงเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ ทั้งกรณีสร้างใหม่ทั้งระบบและเพิ่มอุปกรณ์เสริมจากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย โดยนำค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละปีของระบบบำบัดน้ำเสียแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ มาหักลบด้วยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละปีของระบบบำบัดน้ำเสียแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ ทั้ง 2 กรณี ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ต้นทุนที่ประหยัดได้

| ปีที่ | กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ |              | กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม |             |
|-------|-----------------------|--------------|-----------------------|-------------|
|       | การเงิน               | เศรษฐศาสตร์  | การเงิน               | เศรษฐศาสตร์ |
| 1     | 3,888,668.26          | 3,577,574.80 |                       |             |
| 2     | 5,052,115.51          | 4,647,946.27 |                       |             |
| 3     | 5,842,172.41          | 5,374,798.62 |                       |             |
| 4     | 6,075,859.31          | 5,589,790.56 |                       |             |
| 5     | 6,318,893.68          | 5,813,382.18 |                       |             |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

| ปีที่ | กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ |                | กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม |                |
|-------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|
|       | การเงิน               | เศรษฐศาสตร์    | การเงิน               | เศรษฐศาสตร์    |
| 6     | 6,571,649.43          | 6,045,917.47   |                       |                |
| 7     | 6,834,515.40          | 6,287,754.17   |                       |                |
| 8     | 7,107,896.02          | 6,539,264.34   |                       |                |
| 9     | 7,392,211.86          | 6,800,834.91   |                       |                |
| 10    | 7,687,900.33          | 7,072,868.31   |                       |                |
| 11    | 7,995,416.35          | 7,355,783.04   |                       |                |
| 12    | 8,315,233.00          | 7,650,014.36   |                       |                |
| 13    | 8,647,842.32          | 7,956,014.94   |                       |                |
| 14    | 8,993,756.01          | 8,274,255.53   |                       |                |
| 15    | 9,353,506.26          | 8,605,225.75   |                       |                |
| 16    | 9,727,646.51          | 8,949,434.78   | 15,368,150.67         | 14,138,698.62  |
| 17    | 10,116,752.37         | 9,307,412.18   | 12,850,904.96         | 11,822,832.56  |
| 18    | 10,521,422.46         | 9,679,708.66   | 13,364,941.16         | 12,295,745.86  |
| 19    | 10,942,279.36         | 10,066,897.01  | 13,899,538.80         | 12,787,575.70  |
| 20    | 11,379,970.53         | 10,469,572.89  | 14,455,520.35         | 13,299,078.73  |
| 21    | 11,835,169.35         | 10,888,355.81  | 15,033,741.17         | 13,831,041.87  |
| 22    | 12,308,576.13         | 11,323,890.04  | 15,635,090.81         | 14,384,283.55  |
| 23    | 12,800,919.17         | 11,776,845.64  | 16,260,494.45         | 14,959,654.89  |
| 24    | 13,312,955.94         | 12,247,919.47  | 16,910,914.22         | 15,558,041.09  |
| 25    | 13,845,474.18         | 12,737,836.24  | 17,587,350.79         | 16,180,362.73  |
| 26    | 14,399,293.15         | 13,247,349.69  | 18,290,844.83         | 16,827,577.24  |
| 27    | 14,975,264.87         | 13,777,243.68  | 19,022,478.62         | 17,500,680.33  |
| 28    | 15,574,275.47         | 14,328,333.43  | 19,783,377.76         | 18,200,707.54  |
| 29    | 16,197,246.48         | 14,901,466.77  | 20,574,712.87         | 18,928,735.84  |
| 30    | 16,845,136.34         | 15,497,525.44  | 21,397,701.39         | 19,685,885.28  |
| รวม   | 300,860,018.46        | 276,791,216.98 | 250,435,762.85        | 230,400,901.82 |

ที่มา: จากการคำนวณ

เมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวเตด สลัดจ์ แบบใหม่ พบว่า ในกรณีสร้างใหม่ ทั้งระบบ มีการประหยัดต้นทุนได้ 300,860,018.46 บาททางการเงินและ 276,791,216.98 บาททางเศรษฐกิจ ส่วนกรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริมหลังจากที่ใช้ระบบมาแล้ว 15 ปี จะสามารถประหยัดต้นทุนได้ 250,435,762.85 บาททางการเงิน และ 230,400,901.82 บาททางเศรษฐกิจ

จากการศึกษาต้นทุนผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวเตด สลัดจ์ แบบเก่า และแบบใหม่ พบว่า ไม่มีความเป็นไปได้ของโครงการ คือ ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบแบบปรับค่าของเวลา ทั้ง 3 เกณฑ์ แต่ไม่ได้หมายความว่า การสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวเตด สลัดจ์ ทั้งแบบเก่า และแบบใหม่ จะไม่สมควรแก่การลงทุน เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้เป็นการประเมินผลประโยชน์ที่คิดเป็นตัวเงินได้ (Tangible Benefit) เท่านั้น คือ ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว ซึ่งกำหนดให้ปริมาณของน้ำที่ออกจากระบบเท่าเดิมตลอดการศึกษา แต่ในความเป็นจริงปริมาณน้ำเสียที่ออกจากระบบอาจจะมากกว่าปริมาณที่กำหนดไว้เนื่องจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีของโรงงาน และยังมีผลประโยชน์ที่ไม่สามารถคิดเป็นตัวเงินได้ (Intangible Benefit) เช่น การลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของโรคที่เกิดจากน้ำเสีย มูลค่าของที่ดินที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากไม่ทำลายสภาพแวดล้อม และประเทศไทยมีกฎหมายที่กำหนดให้โรงงานอุตสาหกรรมต้องมีระบบบำบัดเป็นของตนเองหรือระบบบำบัดน้ำเสียรวมในกรณีนิคมอุตสาหกรรม (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2539) เพื่อบำบัดน้ำที่ออกจากกระบวนการผลิตให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม (ตารางภาคผนวกที่ 3) ดังนั้นในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อบำบัดน้ำให้ได้ตามกฎหมาย ที่เหมาะสมกับคุณลักษณะน้ำเสียแต่ละอุตสาหกรรมจึงมีความจำเป็นมาก เพราะหมายถึงการลงทุนที่เพิ่มขึ้นนอกเหนือไปจากกระบวนการผลิตสินค้า ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวเตด สลัดจ์ เป็นระบบบำบัดที่ถูกเลือกใช้มาก เพราะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง สามารถรับค่าความสกปรกได้มาก (BOD Load) แต่ข้อเสียของระบบนี้คือ ต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญในการควบคุม และต้นทุนค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการสูง ระบบแอ็คทิเวเตด สลัดจ์ แบบใหม่นี้ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้ประกอบการ เพื่อช่วยประหยัดต้นทุนค่าดำเนินการลงได้ และหากโรงงานปล่อยน้ำเสียโดยเกินค่ามาตรฐานโดยสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก่อความเดือดร้อนรำคาญ รวมถึงความปลอดภัยที่ส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่ใกล้เคียงกับโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรมมีนโยบายในปรับกับโรงงานที่มีการระบายน้ำเสียไม่เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ตารางภาคผนวกที่ 4) และหากยังมีการฝ่าฝืนต่อไป อาจถูกสั่งให้หยุดประกอบกิจการโรงงานได้ (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2546)

ระบบบำบัดน้ำเสียแอคติเวตเตด สลัดจ์ แบบเก่า เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูง และได้รับความนิยมใช้เป็นจำนวนมาก เนื่องจากสามารถรับน้ำเสียที่มีความสกปรกมากได้ดี และไม่ต้องใช้พื้นที่มากเมื่อเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่นๆ (มันสิน คณกุลเวศม์, 2542) และเนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียแอคติเวตเตด สลัดจ์ แบบเก่ามีหลักการทำงานพื้นฐาน คือ มีบ่อสำหรับเติมอากาศ ซึ่งภายในบ่อนี้จะมีจุลินทรีย์และเครื่องเติมอากาศ เพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายความสกปรกของน้ำเสีย และบ่อสำหรับตกตะกอน เพื่อแยกตะกอนที่เกิดจากชีวมวลของจุลินทรีย์ที่เรียกว่า Activated Sludge ซึ่งตะกอนนี้ส่วนหนึ่งจะนำเข้ากลับมาในระบบ อีกส่วนหนึ่งต้องนำไปกำจัดในขั้นต่อไป ซึ่งค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียจะเกิดจากค่าไฟฟ้าสำหรับเติมอากาศ ค่าสารเคมีเพื่อปรับคุณภาพน้ำเสีย หรือช่วยในการตกตะกอน และค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอน ระบบบำบัดน้ำเสียแอคติเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่ ได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเก่า ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น โดยมีหลักการทำงานพื้นฐานเหมือนระบบเก่า แต่มีส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นมา (รูปภาคผนวกที่ 2) ได้แก่ Bio-Scramble-Unit ซึ่งเป็นระบบสำหรับเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์จุลินทรีย์บาซิลลัส และ Submerged membrane (MF Membrane) ซึ่งระบบใหม่นี้ได้พัฒนาจุลินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดความสกปรกมากขึ้น และช่วยลดการเกิดตะกอนลงได้ (BENEARS Inc, 2007)

จากคุณสมบัติของระบบแอคติเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่ ที่กล่าวมาจึงคาดหวังว่าเมื่อนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียลง ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของคุณค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอน จากการศึกษาการประหยัดต้นทุน ค่าใช้จ่ายของระบบแอคติเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่ ทั้ง 2 กรณี เห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบลดลงจริง แต่ข้อเสียที่อาจเกิดขึ้นจากการนำระบบแอคติเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่ มาใช้ คือ เนื่องจากระบบใหม่นี้เพิ่งนำมาใช้เป็นครั้งแรก เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่น่าสนใจจากประเทศญี่ปุ่น จึงยังไม่มีผู้เชี่ยวชาญในการดูแลระบบหากอุปกรณ์เสริมขัดข้อง อาจต้องติดต่อกับผู้เชี่ยวชาญทางบริษัทโดยตรง

ในกรณีที่โรงงานไม่ได้นำน้ำที่ผ่านระบบบำบัดมาใช้ทั้งหมด จะมีน้ำส่วนหนึ่งที่ต้องปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม และระบบบำบัดน้ำเสียแอคติเวตเตด สลัดจ์ แบบใหม่ มีความสามารถในการลดค่าความสกปรก (BOD) ได้ดีกว่าระบบเก่า น้ำเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมนั้นจึงมีคุณภาพที่ดีกว่า ดังนั้นจึงสามารถช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นต่อแหล่งน้ำใกล้เคียง จากการประเมินผลประโยชน์ของโครงการในครั้งนี้ ได้ประเมินเฉพาะผลประโยชน์ที่คิดเป็นตัวเงินได้

(Tangible Benefit) เท่านั้น ซึ่งหากมีการประเมินถึงผลประโยชน์อื่นๆ ที่เป็นผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม คือ ประโยชน์จากการลดความสกปรกของน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จึงเป็นการช่วยลดการเกิดน้ำเสียซึ่งลดแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงนำโรคต่างๆ และแหล่งแพร่ระบาดของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน หรือหากมีการนำน้ำมาใช้เพื่ออุปโภคบริโภคอาจทำให้เกิดโรคบางประเภท เช่น ท้องร่วง ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลเพิ่มขึ้น อาจเกิดสภาพน้ำเน่าเสียจนเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศของสัตว์น้ำ ทำให้ปริมาณสัตว์น้ำลดลง มีผลต่อประชาชนที่ต้องอาศัยแหล่งน้ำในการทำประมง และอาศัยน้ำจากแหล่งน้ำในการทำเกษตรกรรม ซึ่งในเขตอำเภอบ้านบึงที่เป็นที่ตั้งของโรงงาน ประชาชนมีอาชีพหลัก คือ การทำนาข้าว (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2550) ตลอดจนผลประโยชน์จากการท่องเที่ยว เนื่องจากพื้นที่โรงงานตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ใกล้กับวนอุทยานเขาเขียว และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างชังน้ำ (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2550) จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ทำให้สังคมต้องสูญเสียผลประโยชน์ ซึ่งหากนำผลประโยชน์เหล่านี้รวมเข้าเป็นผลประโยชน์ของโครงการแล้ว ก็จะทำให้ผลประโยชน์ของโครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากขึ้น

## บทที่ 6

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### สรุป

จากการศึกษาต้นทุนผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแอคทิเวตเต็ดสลัดจ์ แบบเก่า และแบบใหม่ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์และนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่

1. การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบแอคทิเวตเต็ดสลัดจ์ ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูงจากค่าลงทุน ค่าดำเนินการและค่าบำบัดและจัดการตะกอน

2. การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบแอคทิเวตเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ (New Activated Sludge Process) กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ในการบำบัดน้ำเสียที่ประเทศไทยเพิ่งนำมาใช้เป็นครั้งแรก โดยพัฒนาให้ระบบมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิม คือ ช่วยลดการเกิดตะกอน ซึ่งเป็นผลผลิตตามมาด้วยเสมอของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้หลักการทางชีวภาพ

3. การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบแอคทิเวตเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ (New Activated Sludge Process) กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม ได้แก่ Bio-Scumple-Unit และ Submerged Membrane (MF Membrane) เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่โรงงานอุตสาหกรรมที่มีระบบบำบัดน้ำเสียแอคทิเวตเต็ดสลัดจ์อยู่แล้วและยังใช้งานได้ดี เพื่อประกอบในการตัดสินใจในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่ตนเองมีอยู่ว่าจะคุ้มทุนหรือไม่

ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

1. การกำหนดค่าใช้จ่ายของโครงการ

1.1 ค่าใช้จ่ายของระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์ แบบเก่า ประกอบด้วยค่าที่ดินค่าก่อสร้างระบบ บำบัดน้ำเสียและค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา โดยใช้เนื้อที่ 9 ไร่ คิดเป็นมูลค่า 28,800,000 บาท ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเมื่อนำมาปรับเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วมีมูลค่า 16,754,621.54 บาท และนำมาปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์มีมูลค่า 14,744,066.96 บาท ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษาเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายให้โครงการสามารถดำเนินงานได้ตามปกติตลอดอายุโครงการ คิดเป็นมูลค่าทางการเงินรวมทั้งสิ้น 476,516,458.53 บาท และราคาทางเศรษฐศาสตร์มีมูลค่า 438,395,141.85 บาท รวมค่าใช้จ่ายทางการเงินทั้งหมด 522,071,080.07 บาท และทางเศรษฐศาสตร์ 481,939,208.81 บาท

1.2 ค่าใช้จ่ายของระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ (New Activated Sludge Process) กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ ประกอบด้วยค่าที่ดินค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา ใช้เนื้อที่ 11 ไร่ คิดเป็นมูลค่า 35,200,000 บาท ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียมีมูลค่า 11,018,502.60 บาท นำมาปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์มีมูลค่า 9,696,282.29 บาท ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษาเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายให้โครงการสามารถดำเนินงานได้ตามปกติตลอดอายุโครงการ คิดเป็นมูลค่าทางการเงินรวมทั้งสิ้น 175,656,440.07 บาท และราคาทางเศรษฐศาสตร์มีมูลค่า 161,603,924.87 บาท รวมค่าใช้จ่ายทางการเงินทั้งหมด 221,874,942.67 บาท และทางเศรษฐศาสตร์ 206,500,207.16 บาท

1.3 ค่าใช้จ่ายของระบบแอ็คทิเวตเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ (New Activated Sludge Process) กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม ได้แก่ Bio-Scrubble-Unit และ Submerged Membrane (MF Membrane) ประกอบด้วยค่าที่ดินค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา โดยใช้เนื้อที่ 9 ไร่ คิดเป็นมูลค่า 28,800,000 บาท และค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 2 ระยะเวลา คือ ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย 16,754,621.54 บาท นำมาปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์มีมูลค่า 14,744,066.96 บาท และค่าเพิ่มอุปกรณ์เมื่อใช้งานระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว 15 ปี 4,463,849.85 บาท นำมาปรับให้เป็นราคาทางเศรษฐศาสตร์มีมูลค่า 3,928,187.87 บาท ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษาเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายให้โครงการสามารถดำเนินงานได้ตามปกติตลอดอายุโครงการ คิดเป็นมูลค่าทางการเงินรวมทั้งสิ้น 226,080,695.68 บาท และราคาทางเศรษฐศาสตร์มีมูลค่า 207,994,240.03 บาท รวมค่าใช้จ่ายทางการเงินทั้งหมด 276,099,167.07 บาท และทางเศรษฐศาสตร์ 255,466,494.86 บาท

## 2. การกำหนดผลประโยชน์ของโครงการ

2.1 ผลประโยชน์ของระบบแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบเก่า คิดจากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ สามารถนำน้ำที่ผ่านการบำบัดร้อยละ 70 ไปใช้ได้ โดยอาศัยราคาค่าทำน้ำประปามาใช้ในการคิดคำนวณ มีมูลค่าทั้งสิ้น 68,507,751.46 บาท

2.2 ผลประโยชน์ของระบบแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ (New Activated Sludge Process) กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ คิดจากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นภายหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ สามารถนำน้ำที่ผ่านการบำบัดไปใช้ได้ทั้งหมดโดยอาศัยราคาค่าทำน้ำประปามาใช้ในการคิด มีมูลค่าทั้งสิ้น 97,868,216.37 บาท

2.3 ผลประโยชน์ของระบบแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ (New Activated Sludge Process) กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม ได้แก่ Bio-Scrubble-Unit และ Submerged Membrane (MF Membrane) คิดจากใช้ผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบเก่า ในช่วง 15 ปีแรกที่ใช้ งาน และภายหลังจากมีการเพิ่มอุปกรณ์เสริมจะใช้ผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ มีมูลค่าทั้งสิ้น 84,243,221.81 บาท

## 3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้อัตราคิดลดเท่ากับร้อยละ 7 และระยะเวลาของโครงการ 30 ปี ใช้เกณฑ์ชี้วัด ดังนี้

3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) บ่งชี้ถึงจำนวนผลประโยชน์สุทธิที่ได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการ ซึ่งอาจมีค่าเป็นลบ ศูนย์ หรือเป็นบวกก็ได้ ขึ้นอยู่กับขนาดของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมหักออกด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม สำหรับเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจว่าสมควรจะลงทุนในแต่ละโครงการหรือไม่ มีเกณฑ์ในการตัดสินใจดังนี้ ถ้า  $NPV < 0$  ไม่ลงทุน และถ้า  $NPV > 0$  ลงทุน พบว่าในกรณีของระบบแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบเก่า ในทางการเงินและเศรษฐศาสตร์มีค่า NPV เท่ากับ -172,426,537.78 บาท และ -160,368,185.73 บาท ตามลำดับ ระบบแอ็คทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบใหม่ กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ ในทางการเงินและเศรษฐศาสตร์มีค่า NPV เท่ากับ -69,702,728.70 บาท และ -65,221,420.99 บาท

ตามลำดับ และระบบแอ็คทิเวตเตดสลัดจ์ แบบใหม่ กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม ในทางการเงินและเศรษฐศาสตร์มีค่า NPV เท่ากับ -124,181,191.92 บาท และ -115,723,366.99 บาท ตามลำดับ

3.2 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (B/C ratio) คืออัตราส่วนของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน สำหรับเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจคือ เลือกโครงการที่มีค่า B/C ratio  $> 1$  ทั้งนี้ เมื่อค่า B/C ratio เกินกว่า 1 หมายความว่าผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไปในโครงการนั้น พบว่าในกรณีของระบบแอ็คทิเวตเตดสลัดจ์ แบบเก่า ในทางการเงินและเศรษฐศาสตร์ มีค่า B/C ratio เท่ากับ 0.11 และ 0.12 ตามลำดับ ระบบแอ็คทิเวตเตดสลัดจ์ แบบใหม่ กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ ในทางการเงินและเศรษฐศาสตร์ มีค่า B/C ratio เท่ากับ 0.31 และ 0.32 ตามลำดับ และระบบแอ็คทิเวตเตดสลัดจ์ แบบ กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม ในทางการเงินและเศรษฐศาสตร์ มีค่า B/C ratio เท่ากับ 0.16 และ 0.17 ตามลำดับ

3.3 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) คืออัตราผลตอบแทนเมื่อใช้เป็นอัตราคิดลดของโครงการแล้ว จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) มีค่าเท่ากับศูนย์ สำหรับเกณฑ์ที่จะนำมาใช้เพื่อการตัดสินใจคือ ถ้า IRR ที่คำนวณได้สูงกว่าอัตราคิดลดโครงการก็ยอมรับโครงการนั้นได้ พบว่าในกรณีของระบบแอ็คทิเวตเตดสลัดจ์ แบบเก่า ในทางการเงินและเศรษฐศาสตร์ มีค่า IRR เท่ากับ  $0.40 \text{ E}^{-19}$  และ  $0.57 \text{ E}^{-19}$  ตามลำดับ ระบบแอ็คทิเวตเตดสลัดจ์ แบบใหม่ กรณีสร้างใหม่ทั้งระบบ ในทางการเงินและเศรษฐศาสตร์ มีค่า IRR เท่ากับ  $0.52 \text{ E}^{-16}$  และ  $0.62 \text{ E}^{-16}$  ตามลำดับ และระบบแอ็คทิเวตเตดสลัดจ์ แบบใหม่ กรณีเพิ่มอุปกรณ์เสริม ในทางการเงินและเศรษฐศาสตร์ มีค่า IRR เท่ากับ  $0.26 \text{ E}^{-18}$  และ  $0.34 \text{ E}^{-18}$  ตามลำดับ

สรุปได้ว่าโครงการระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทิเวตเตด สลัดจ์ แบบเก่าและแบบใหม่ ทั้ง 3 กรณี ไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กล่าวคือ ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบแบบปรับค่าของเวลา ทั้ง 3 เกณฑ์ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่กำหนดไว้จะต้องมีค่ามากกว่าศูนย์ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) ที่กำหนดไว้จะต้องมีค่ามากกว่าหนึ่ง และอัตราผลตอบแทน (IRR) ที่กำหนดไว้จะต้องมีค่ามากกว่าอัตราค่าเสียโอกาสของต้นทุนที่ร้อยละ 7

### ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาต้นทุนผลประโยชน์ของโครงการระบบบำบัดน้ำเสียครั้งนี้ คิดเฉพาะผลประโยชน์ที่คิดเป็นตัวเงินได้ (Tangible Benefit) เท่านั้น หากต้องการทำการศึกษารั้งต่อไปควรนำผลประโยชน์ที่มองไม่เห็น (Intangible Benefit) เช่น เมื่อมีประชาชนเจ็บป่วยจากสาเหตุของน้ำเสีย ความสูญเสียทางการท่องเที่ยว และการประกอบอาชีพจากประชาชนโดยรอบ ซึ่งผลประโยชน์เหล่านี้ควรที่จะนำมาพิจารณาร่วมในการตัดสินใจด้วย เพื่อความชัดเจนและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การออกแบบหรือเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่ดีและมีประสิทธิภาพ ควรมีการศึกษาและมีข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของน้ำเสียที่จะทำการบำบัด เพื่อเลือกระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพต่อสภาพน้ำเสียนั้นๆ ที่สุด เพื่อให้ น้ำที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นไปตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด

อย่างไรก็ตามเนื่องจากการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นโครงการเพื่อปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมและเพื่อให้เป็นไปตามกฎหมายข้อบังคับของการปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม จึงเป็นโครงการที่สมควรลงทุนเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและเป็นไปตามข้อบังคับทางกฎหมาย

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กระทรวงแรงงาน. 2550. อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (Online). [http://www.mol.go.th/statistic\\_01.html](http://www.mol.go.th/statistic_01.html), 19 ธันวาคม 2550.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2546. หลักเกณฑ์การสั่งให้หยุดประกอบกิจการโรงงาน กรณีมีการระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน (Online). <http://www2.diw.go.th/PIC/download/water/ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม%20เรื่องหลักเกณฑ์สั่งให้หยุดประกอบกิจการโรงงานกรณีมีการระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงานพ.ศ.%202546.pdf>, 2 มิถุนายน 2552.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2552. กฎหมายเกี่ยวกับการจัดการมลพิษทางน้ำ (Online). [http://www2.diw.go.th/PIC/law\\_02.html](http://www2.diw.go.th/PIC/law_02.html), 4 มิถุนายน 2552.
- เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์. 2540. การออกแบบโรงบำบัดน้ำเสีย. นนทบุรี: มิตรนราการพิมพ์.
- ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ. 2540. เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ. ภาควิชาเศรษฐศาสตร์, คณะเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณิชนันท์ ทองนาค. 2540. การศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ในการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ประโยชน์ในเขตพื้นที่เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2551. อัตราเงินเฟ้อ (Online). [http://www.indexpr.moc.go.th/price\\_present/cpi/stat/others/report\\_core1.asp?tb=cpig\\_index\\_country&code=93&c\\_index=a.change\\_year](http://www.indexpr.moc.go.th/price_present/cpi/stat/others/report_core1.asp?tb=cpig_index_country&code=93&c_index=a.change_year), 6 สิงหาคม 2551.
- นนุช โสรรัตน์. 2550. เอกสารประกอบการสอน วิชา 119407 การจัดการและการพัฒนาธุรกิจการเกษตร. ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทิญาณี เชียรนันท์. 2545. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากระบบวนเกษตร กรณีศึกษาวนเกษตรในจังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสิทธิ์ ดงยิ่งเจริญ. 2538. การวิเคราะห์และประเมินโครงการ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พรชัย อิงโชติศักดิ์. 2541. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองระยอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มันสิน ตันทุลเวศม์. 2542. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เยาวเรศ ทับพันธุ. 2544. การประเมินโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ราชนัย ว่องกิจ. 2548. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการบำบัดน้ำเสียในกระบวนการชุบผิวโลหะของโรงงานผลิตรถจักรยานยนต์. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย. 2548. โครงการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (Online). <http://www.thaienvimonitor.net/>, 27 ตุลาคม 2550.

Ahmed, S. 1983. **Shadow Prices for Economic Appraisal of Projects: An Application to Thailand.** World Bank Staff Working Papers No.609, Washington, D.C.: The World Bank.

Begum R.A. *et al.* 2006. **A benefit–cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimization:** The case of Malaysia. *Elsevier B.V.* BENEARS Inc. 2007. New Activated Sludge Process. Japan.

Jae-Young Ko *et al.* 2004. A comparative evaluation of money-based and energy based cost-benefit analyses of tertiary municipal wastewater treatment using forested wetland vs. sand filtration in Louisiana. *Ecological Economics* 49(2004): 331-347.

Purohit, T. and C.K. Tara. 2005. Techno-economics of biogas-based water pumping in India: An attempt to internalize CO<sub>2</sub> emissions mitigation and other economic benefits. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 11(2007): 1208-1226.

Robert, S. P. and L. R. Daniel. 2005. **Microeconomics Sixth Edition.** America: Pearson Prentice Hall.

Vandenberg, H. 2001. **Economic Growth and Development.** McGrew-Hill company, Nebraska.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ค่าใช้จ่ายระบบบำบัดน้ำเสียแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์ แบบเก่า

| ปี   | ค่าไฟฟ้า<br>(บาท) | ค่าสารเคมี<br>(บาท) | ค่าดำเนินการ<br>บำรุงรักษา (บาท) | ค่าบำบัด<br>ตะกอน<br>(บาท) | รวม<br>(บาท) |
|------|-------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|
| 2547 | 2,091,672.68      | 1,641,272.50        | 594,692.00                       | 1,028,375.46               | 5,356,012.64 |
| 2548 | 2,287,543.17      | 1,923,432.50        | 792,861.75                       | 1,335,338.21               | 6,339,175.63 |
| 2549 | 2,650,416.44      | 2,079,026.25        | 927,208.00                       | 1,384,653.20               | 7,041,303.89 |

ตารางผนวกที่ 2 ค่าใช้จ่ายของโครงการระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็คทีเวตเตด สลัดจ์ ใหม่

| ปี   | ค่าไฟฟ้า<br>(บาท) | ค่าสารเคมี<br>(บาท) | ค่าดำเนินการ<br>บำรุงรักษา (บาท) | ค่าบำบัด<br>ตะกอน<br>(บาท) | รวม<br>(บาท) |
|------|-------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|
| 2551 | 917,864.24        | 1,101,272.50        | 440,509.00                       | 672,326.00                 | 3,131,971.74 |

#### มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Effluent Quality Standards)

การบำบัดน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ จะต้องมิเกณฑ์หรือข้อกำหนดเพื่อถือปฏิบัติว่าควรจะบำบัดน้ำเสียให้ได้ในระดับใด หรือลักษณะใด กฎเกณฑ์หรือข้อกำหนดดังกล่าวนี้หน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้องจะเป็นผู้กำหนดออกมากในรูปมาตรฐานน้ำทิ้ง เช่น มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือมาตรฐานน้ำทิ้งจากชุมชน สำหรับหลักการในการกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งนั้น โดยทั่วไปจะพิจารณาความสามารถในการรองรับน้ำทิ้งของแหล่งน้ำ (Wastes Assimilative Capacity) และความสามารถในการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย (Treatability) ตลอดจนคำนึงถึงต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (Cost-Benefit) และการพัฒนาด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับในประเทศไทยนั้น ได้กำหนดมาตรฐานของน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ไว้ในตารางผนวกที่ 3 ดังนี้

ตารางผนวกที่ 3 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

| ดัชนีคุณภาพน้ำ                                  | ค่ามาตรฐาน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | วิธีวิเคราะห์                                      |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)             | 5.5-9.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | pH Meter                                           |
| 2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids) | - ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล.<br>- น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเลค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล. | ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง |
| 3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)                | ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.                                                                                                                                                                               | กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc) |
| 4. อุณหภูมิ (Temperature)                       | ไม่เกิน 40°C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะเก็บตัวอย่างน้ำ           |
| 5. สีหรือกลิ่น                                  | ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ไม่ได้กำหนด                                        |
| 6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H <sub>2</sub> S)        | ไม่เกิน 1.0 มก./ล.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Titrate                                            |
| 7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)                    | ไม่เกิน 0.2 มก./ล.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid       |

### ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

| ดัชนีคุณภาพน้ำ                                                           | ค่ามาตรฐาน                                                                                                                                                                                                         | วิธีวิเคราะห์                                        |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)                                  | ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน ไม่เกิน 15 มก./ล. | สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน |
| 9. ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)                                          | ไม่เกิน 1.0 มก./ล.                                                                                                                                                                                                 | Spectrophotometry                                    |
| 10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)                                             | ไม่เกิน 1.0 มก./ล.                                                                                                                                                                                                 | กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine                |
| 11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)                                          | ไม่เกิน 1.0 มก./ล.                                                                                                                                                                                                 | Iodometric Method                                    |
| 12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)               | ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด                                                                                                                                                                                | Gas-Chromatography                                   |
| 13. ค่าบีโอดี (5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (Biochemical Oxygen Demand : BOD)) | ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.                                                         | Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน   |
| 14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)                       | ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.                                                   | Kjeldahl                                             |

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

| ดัชนีคุณภาพน้ำ                                    | ค่ามาตรฐาน                                                                                                                                                      | วิธีวิเคราะห์                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)      | ไม่เกิน 120 มก./ล.หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล. | Potassium<br>Dichromate<br>Digestion                                                                                                          |
| 16. โลหะหนัก (Heavy Metal)                        |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                               |
| สังกะสี (Zn)                                      | ไม่เกิน 5.0 มก./ล.                                                                                                                                              | Atomic Absorption                                                                                                                             |
| โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์<br>(Hexavalent Chromium) | ไม่เกิน 0.25 มก./ล.                                                                                                                                             | Spectro<br>Photometry ชนิด<br>Direct Aspiration<br>หรือวิธี Plasma<br>Emission<br>Spectroscopy ชนิด<br>Inductively<br>Coupled Plasma :<br>ICP |
| ทองแดง (Cu)                                       | ไม่เกิน 2.0 มก./ล.                                                                                                                                              | Atomic Absorption                                                                                                                             |
| แคดเมียม (Cd)                                     | ไม่เกิน 0.03 มก./ล.                                                                                                                                             | Spectro Photometry                                                                                                                            |
| แบเรียม (Ba)                                      | ไม่เกิน 1.0 มก./ล.                                                                                                                                              | ชนิด Direct                                                                                                                                   |
| ตะกั่ว (Pb)                                       | ไม่เกิน 0.2 มก./ล.                                                                                                                                              | Aspiration หรือวิธี                                                                                                                           |
| นิกเกิล (Ni)                                      | ไม่เกิน 1.0 มก./ล.                                                                                                                                              | Plasma Emission                                                                                                                               |
| แมงกานีส (Mn)                                     | ไม่เกิน 5.0 มก./ล.                                                                                                                                              | Spectroscopy ชนิด<br>Inductively Coupled<br>Plasma : ICP                                                                                      |

### ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

| ดัชนีคุณภาพน้ำ | ค่ามาตรฐาน           | วิธีวิเคราะห์                                                                                                                              |
|----------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| อาร์เซนิก (As) | ไม่เกิน 0.25 มก./ล.  | Atomic Absorption                                                                                                                          |
| เซลีนียม (Se)  | ไม่เกิน 0.02 มก./ล.  | Spectrophotometry<br>ชนิด Hydride<br>Generation หรือวิธี<br>Plasma Emission<br>Spectroscopy ชนิด<br>Inductively<br>Coupled Plasma :<br>ICP |
| ปรอท (Hg)      | ไม่เกิน 0.005 มก./ล. | Atomic Absorption<br>Cold Vapour<br>Technique                                                                                              |

ที่มา: ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

### ตารางผนวกที่ 4 บัญชีอัตราค่าปรับสำหรับมลพิษน้ำที่ระบายออกจากโรงงาน

| รายการ                                                                             | อัตราค่าปรับ (บาท) |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1. กรณีผลวิเคราะห์น้ำทิ้งเกินมาตรฐาน                                               |                    |
| 1.1 ผลการวิเคราะห์ไม่เกิน 2 เท่าของมาตรฐาน                                         | ไม่เกิน 10,000     |
| 1.2 ผลการวิเคราะห์เกิน 2 เท่า แต่ไม่เกิน 4 เท่าของมาตรฐาน                          | 10,000 – 50,000    |
| 1.3 ผลการวิเคราะห์เกิน 4 เท่า แต่ไม่เกิน 7 เท่าของมาตรฐาน                          | 25,000 – 100,000   |
| 1.4 ผลการวิเคราะห์เกิน 7 เท่า แต่ไม่เกิน 10 เท่าของมาตรฐาน                         | 50,000 – 150,000   |
| 1.5 ผลการวิเคราะห์เกิน 10 เท่า ของมาตรฐานขึ้นไป                                    | 75,000 – 200,000   |
| 2. กรณีไม่เดินระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ ลักลอบ หรือเจตนา<br>ระบายน้ำทิ้งโดยไม่ผ่านระบบฯ | 100,000 – 200,000  |
| 3. กรณีก่อให้เกิดความเสียหายแก่ชุมชน สิ่งแวดล้อม หรือแหล่ง<br>รองรับน้ำทิ้ง        | 10,000 – 200,000   |

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552)

การกำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิด มลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

### 1. ในประกาศนี้

“โรงงานอุตสาหกรรม” หมายความว่า โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

“นิคมอุตสาหกรรม” หมายความว่า นิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายว่าด้วยนิคมอุตสาหกรรม หรือโครงการที่จัดไว้สำหรับการประกอบอุตสาหกรรมที่มีการจัดการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ สาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมร่วมกัน

“น้ำเสีย” หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

“น้ำทิ้ง” หมายความว่า น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรมที่ จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสีย จากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในนิคมอุตสาหกรรมด้วย โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

“แหล่งน้ำสาธารณะ” ให้หมายความรวมถึง ท่อระบายน้ำสาธารณะด้วย

“การบำบัดน้ำเสีย” หมายความว่า กระบวนการทำหรือปรับปรุงน้ำเสียเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แต่ทั้งนี้ ห้ามมิให้ใช้วิธีการทำให้เจือจาง (Dilution)

2. โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ตามบัญชีท้ายประกาศนี้ เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้อง ถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

3. นิคมอุตสาหกรรม ตามข้อ 1. เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

4. ห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม ตามข้อ 2. และข้อ 3. ปล่อยน้ำเสีย ลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม เว้นแต่น้ำเสียดังกล่าวไม่ผ่านการบำบัดหรือไม่ก็ต้องมีคุณภาพตามมาตรฐาน ควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภท โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ที่มา: ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539)

**กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิด ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม**

1. ให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมีใช้สัตว์น้ำ ประเภทการฆ่าสัตว์ ตามลำดับที่ 4(1)

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเมล็ดพืชหรือหัวพืชประเภทการทำแปรง ตามลำดับที่ 9(2)

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแป้งอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 10

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 15

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้ายหรือเส้นใย ซึ่งมีใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 22

- โรงงานหมัก ชำแหละ อบ ปั่นหรือบด ฟอก ขัดและแต่ง แต่งสำเร็จอัดเป็นลายฉลุ หรือเคลือบสีหนังสัตว์ ตามลำดับที่ 29

- โรงงานผลิตเยื่อหรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 38

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุซึ่งมิใช่ปุ๋ยอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 42

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยาอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 46

- โรงงานห้องเย็น ตามลำดับที่ 92

2. ภายใน 1 ปี นับแต่วันที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) มีผลใช้บังคับให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ตามบัญชีท้ายประกาศข้างต้น ระบายน้ำทิ้ง ที่มีค่าทีเคเอ็น ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เว้นแต่โรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ 3

3. ภายใน 2 ปี นับแต่วันที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) มีผลใช้บังคับให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าทีเคเอ็น ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหาร ประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รสหรือสีของอาหาร ตามลำดับที่ 13(2)

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูป สำหรับเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับที่ 15(1)

4. ให้โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าซีโอดีไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุง กลั่น รสหรือสีของอาหาร ตามลำดับที่ 13(2)

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับที่ 15(1)

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้ายหรือเส้นใย ซึ่งมีใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 22

- โรงงานหมัก ชำแหละ อบ ปั่นหรือบด ฟอก ขัดและแต่ง แต่งสำเร็จ อัดให้เป็นลายฉลุหรือเคลือบสีหนังสัตว์ ตามลำดับที่ 29

- โรงงานผลิตเชื้อหรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 38

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ (พ.ศ. 2599)

**วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม**

1. การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เก็บ ณ จุดที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกเขตที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม ในกรณีที่มีการระบายน้ำทิ้งหลายจุด ให้เก็บทุกจุด

## 2. วิธีการเก็บ ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เป็น ไปดังนี้

- โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ให้เก็บแบบจ้วง 1 ครั้ง
- นิคมอุตสาหกรรม ให้เก็บแบบผสมผสาน โดยเก็บ 4 ครั้งๆ ละ 500 มิลลิลิตร ทุก 2 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน

ที่มา: ประกาศกรมควบคุมมลพิษ (2539)

## ระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่นๆ

### 1. การบำบัดน้ำเสียด้วยชีวภาพ (Biological Wastewater Treatment)

ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ที่นิยมใช้กันมากคือ

1.1 ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Processes) แบ่งออกเป็น 2 พวก ใหญ่ๆ คือ

1.1.1 พวกที่จุลินทรีย์อยู่ในลักษณะแขวนลอย (Suspension) ได้แก่ระบบ Oxidation Ponds, Aerated Lagoons และ Activated Sludge

1.1.2 พวกที่จุลินทรีย์ยึดเกาะกับตัวกลางอย่างหนึ่ง (Bacteria Bed) ซึ่งอาจอยู่กับที่ (Fixed Bed) ได้แก่ระบบ Trickle Filter หรือเคลื่อนที่ (Moving Bed) ได้แก่ระบบ Biological Disc

ออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการทำลายสารอินทรีย์นั้น อาจได้มาจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และจากการถ่ายเทออกซิเจนตามธรรมชาติระหว่างน้ำกับอากาศ (Atmospheric Aeration) เช่น ในระบบบำบัดแบบ Oxidation Ponds จากการผสมอากาศกับน้ำเสียโดยใช้เครื่องมือ (Mechanical Aerators) เช่น ในระบบบำบัดแบบ Aerated Lagoons และ Activated Sludge หรือการอัดอากาศลงไปในน้ำโดยตรง (Diffused Aeration) เช่นในระบบ Pure-Oxygen Activated Sludge

### ระบบ Oxidation Ponds (OP)

เป็นระบบการบำบัดน้ำเสียที่ง่ายที่สุดและต้องพึ่งธรรมชาติมากที่สุด ระบบ Oxidation Ponds ใช้กันมากในสหรัฐอเมริกา, ออสเตรเลีย, อินเดีย ฯลฯ ระบบบำบัดแบบนี้เหมาะสมในกรณีที่ที่ดินมีราคาถูก หากไม่คิดราคาที่ดินแล้วระบบ Oxidation Ponds จะเป็นระบบที่ประหยัดที่สุด

Oxidation Ponds เป็นบ่อดินธรรมดาหรือบ่อดินลาดด้วยคอนกรีตหรือวัสดุอื่นๆ ที่กันรั่วซึมได้ การบำบัดเป็นแบบต่อเนื่องคือ น้ำเสียจะไหลเข้าและออกจากระบบตลอดเวลา ในระหว่างที่น้ำเสียอยู่ในบ่อบำบัด จุลินทรีย์จะทำลายบีโอดีในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน ออกซิเจนเกือบทั้งหมดได้มาจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย เนื่องจากอัตราการเติมออกซิเจนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จึงถูกจำกัดด้วยปริมาณออกซิเจน อัตราเร็วของการทำลายบีโอดีจึงค่อนข้างช้า ระบบ Oxidation Ponds จึงต้องใช้บ่อที่มีขนาดใหญ่กินเนื้อที่มาก เนื่องจากประสิทธิภาพของ Oxidation Ponds ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสง ระบบบำบัดนี้จึงใช้ได้ผลดีในบริเวณที่มีแสงแดดมาก

ระบบ Oxidation Ponds แบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ คือ High Rate Ponds และ Facultative Ponds

1) High Rate Ponds ระบบนี้ใช้บ่อตื้นๆ ความลึกไม่เกิน 0.5 เมตร เพื่อให้แสงแดดส่องทะลุถึงก้นบ่อ น้ำเสียที่จะนำมาบำบัดนี้ ควรต้องผ่านการบำบัดขั้นต้นแยกตะกอนออกเสียก่อน เพราะบ่อตื้น หากมีตะกอนทับถมจะเต็มในเวลาไม่นาน สาหร่ายในบ่อนี้จะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเพราะได้รับแสงแดดมาก น้ำเสียที่ออกจากบ่อบำบัดจึงมีสีเขียวขุ่นเพราะมีสาหร่ายอยู่มาก หากระบายลงในแหล่งน้ำจะทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียขึ้นได้ จึงต้องนำน้ำเสียจากบ่อ High Rate มาแยกสาหร่ายออก ซึ่งอาจทำได้โดยการกักน้ำไว้ในบ่อใหญ่เป็นเวลานานเพื่อให้สาหร่ายตายและตกตะกอน หรือแยกสาหร่ายออกด้วยการใช้สารเคมี (Chemical Coagulation) แล้วแยกตะกอนออกด้วยระบบทำให้ลอยหรือถั่งตกตะกอน

2) Facultative Ponds ระบบนี้ใช้บ่อลึกประมาณไม่เกิน 2 เมตร ทำให้แสงแดดส่องลงไปไม่ตลอดความลึก การเจริญเติบโตของสาหร่ายจึงช้ากว่าในบ่อแบบ High Rate น้ำเสียที่จะบำบัดจึงไม่ต้องตกตะกอนก่อน ทำให้เกิดตะกอนทับถมอยู่ก้นบ่อ ปฏิกิริยาชีวเคมีเกิดขึ้นในส่วนบนของบ่อเป็นแบบใช้ออกซิเจน ส่วนปฏิกิริยาชีวเคมีในส่วนล่างเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน น้ำเสียที่ออกจากบ่อบำบัดแบบ Facultative จึงมีสาหร่ายไม่มากนัก ไม่จำเป็นต้องบำบัดออก

#### ระบบ Aerated Lagoons (AL)

เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายในการกำจัดน้ำเสียจากชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานกระดาษ โรงงานทอผ้า และโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ถึงปฏิกิริยาของระบบนี้คือบ่อลึกขนาดไม่น้อยกว่า 2 เมตร ปฏิกิริยาทำลายบีโอดีโดยจุลินทรีย์จะเร็วกว่าระบบที่เพิ่มขึ้นใน Oxidation Ponds เพราะมีการเติมออกซิเจนด้วยเครื่องมือ จึงทำให้เกิดเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ไม่ถูกจำกัดด้วยอัตราการเติมออกซิเจน และเกิดปฏิกิริยาทำลายบีโอดีเร็วกว่าหลายเท่า สำหรับในปริมาณบีโอดีที่เท่ากัน ระบบ Aerated Lagoons จึงใช้พื้นที่น้อยกว่าระบบ Oxidation Ponds

#### ระบบ Aerated Lagoons แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) Aerobic Lagoons ได้แก่ บ่อที่กำลังเติมเครื่องอากาศ (Aerators) เพียงพอที่จะกวนน้ำในบ่ออย่างทั่วถึง จนไม่มีการตกตะกอนเกิดขึ้นในบ่อ ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบใช้ออกซิเจนตลอดความลึก โดยปกติ น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดแบบนี้จะค่อนข้างขุ่น จึงจำเป็นต้องมีการแยกตะกอนออกโดยการตกตะกอนในถังตกตะกอนหรือบ่อดกตะกอน

2) Facultative Lagoons ได้แก่ บ่อที่กำลังเติมเครื่องเติมอากาศเพียงพอที่จะให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ตามปริมาณที่ต้องการ แต่ไม่เพียงพอที่จะกวนน้ำอย่างทั่วถึง ทำให้เกิดการตกตะกอนในบ่อ ตะกอนจะถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจน เช่นในระบบ Facultative Oxidation Ponds

ข้อดีของระบบ Aerated Lagoons คือการควบคุมดูแลทำได้ง่าย ค่าก่อสร้างต่ำไม่ใช้พื้นที่มากจนเกินไป ไม่มีปัญหาในการกำจัดกากตะกอน ไม่มีกลิ่นเหม็นและเหตุเดือดร้อนรำคาญอย่างอื่น และประสิทธิภาพสูงพอสมควร

#### ระบบ Trickling Filter (TF)

เป็นระบบที่ใช้แพร่หลายในสหรัฐอเมริกาและยุโรป มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงใกล้เคียงกับระบบ Activated Sludge แต่มีข้อดีคือมีค่าใช้จ่ายถูกกว่า Activated Sludge และการควบคุมง่ายกว่า ข้อเสียของระบบนี้คือมีกลิ่นเหม็นและไม่เหมาะกับชุมชนขนาดใหญ่ เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของความสูงของถังถานกรอง ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะกับชุมชนขนาดเล็กและที่ดินที่มีราคาแพง

ระบบ Trickling Filter แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามอัตราการรับปริมาณน้ำเสีย (Hydraulic Load) และอัตราการรับปริมาณบีโอดี (Organic Load) ดังนี้

1) แบบ Low Rate จะไม่มีการหมุนเวียนของน้ำทิ้งในระบบเหมือนระบบ TF แบบอื่นๆ อัตราปริมาณการรับน้ำทิ้งตั้งแต่ 1-4 ล้านแกลลอน/เอเคอร์/วัน และอัตราการรับบีโอดีระหว่าง 0.08-0.32 กิโลกรัม/เมตร/วัน น้ำเสียที่ออกจากระบบนี้จะมีปริมาณไนเตรทสูง ข้อเสียของระบบ Low Rate คือมีกลิ่นเหม็นและเป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงวัน

2) แบบ High Rate มีการหมุนเวียนน้ำเสียในระบบ (Recirculation) อัตราการรับปริมาณน้ำเสียรวมทั้งน้ำหมุนวนตั้งแต่ 10-30 ล้านแกลลอน/เอเคอร์/วัน และอัตราการรับบีโอดีไม่รวมปริมาณบีโอดีในน้ำหมุนวนระหว่าง 0.48-0.96 กิโลกรัม/เมตร/วัน น้ำเสียที่ออกมาจะมีปริมาณแอมโมเนียสูง โดยทั่วไประบบ High Rate จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบ Low Rate

3) แบบ Intermediate Rate เหมือนระบบ High Rate แต่อัตราการรับปริมาณน้ำทิ้งและอัตราการรับปริมาณบีโอดี จะมีค่าอยู่ระหว่างแบบ Low Rate และ High Rate คือระหว่าง 4-10 ล้านแกลลอน/เอเคอร์/วัน และระหว่าง 0.24-0.48 กิโลกรัม/เมตร/วัน

4) แบบ Super Rate หรือ Roughing Filters อัตราการรับปริมาณน้ำเสียและอัตราการรับปริมาณบีโอดีสูงมาก อาจสูงถึง 150 ล้านแกลลอน/เอเคอร์/วัน และ 1.6 กิโลกรัม/เมตร/วัน ระบบแบบนี้มักใช้กับน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีสูงเป็นการบำบัดขั้นต้น

#### ระบบ Bio – Disc

ระบบนี้มีประสิทธิภาพสูงทัดเทียมกับระบบ Activated Sludge แต่มีข้อดีเหนือกว่าหลายประการ เช่น ควบคุมและบำรุงรักษาง่าย ค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่ำ ค่าก่อสร้างและพื้นที่ดินต้องการใกล้เคียงกับระบบ Activated Sludge ระบบนี้ใช้กันมากในประเทศเยอรมัน

### 1.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Processes)

เป็นการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ในเขตที่มีอากาศร้อนเช่นประเทศไทย เนื่องจากปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องการอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง การบำบัดแบบนี้จึงไม่ค่อยนิยมในประเทศที่มีอากาศหนาวเพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมากในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนนี้มีข้อดีกว่าแบบใช้ออกซิเจนหลายประการที่สำคัญได้แก่

1) ในปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ประมาณร้อยละ 80-90 จะถูกทำลายเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่ถูกนำไปสังเคราะห์สร้างเซลล์จึงมีน้อยมาก ส่วนในปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนนั้น สารอินทรีย์ประมาณร้อยละ 50 จะถูกนำไปสร้างเซลล์ ดังนั้น การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงมีปัญหากำจัดกากตะกอนน้อยมาก เมื่อเทียบกับปัญหาการกำจัดกากตะกอนของการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน เช่น ระบบ Activated Sludge

2) ในการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ปริมาณอาหารเสริมที่ต้องการจะน้อยกว่าในระบบใช้ออกซิเจนมาก เพราะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีอัตราต่ำ

3) การที่ไม่ใช้ออกซิเจน จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดลงมาก

4) ได้ก๊าซมีเทนซึ่งอาจนำไปทำเชื้อเพลิงได้

อย่างไรก็ตามการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีข้อเสียสำคัญ คือ จุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดเจริญเติบโตช้า จึงทำให้ใช้เวลานานในการเริ่มต้นระบบบำบัด และระบบบำบัดปรับตัวได้ไม่ฉับไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบน้ำทิ้ง ปริมาณบีโอดี อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ นอกจากนี้ในการบำบัดจะเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วย ซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็นและน้ำทิ้งมีสีดำ เนื่องจากปฏิกิริยาของไฮโดรเจนซัลไฟด์กับสารประกอบโลหะหนักต่างๆ ในน้ำเสีย เกิดเป็นสารประกอบซัลไฟด์ซึ่งมีสีดำ

ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ อุณหภูมิ สภาพไร้ออกซิเจน อากาศเสริม pH สารที่เป็นพิษ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีหลายระบบ ได้แก่

#### ระบบ Anaerobic Lagoons

เป็นวิธีบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ง่ายที่สุดซึ่งเทียบเคียงได้กับระบบ Oxidation Ponds กล่าวคือ เป็นระบบที่ไม่ใช้เครื่องจักรกลและอาศัยธรรมชาติมากที่สุด ระบบนี้เหมาะสำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูง และที่ดินมีราคาไม่แพงนักและใช้ที่ดินน้อยกว่าระบบ Oxidation Ponds ประมาณ 10-30 เท่า ข้อเสียของระบบนี้คือปัญหาเรื่องกลิ่น

#### ระบบ Conventional Anaerobic Digestion

เป็นระบบที่มีความยุ่งยากใช้เครื่องมือเพิ่มขึ้นจากระบบ Anaerobic Lagoons อัตราการทำลายบีโอดีในระบบนี้เร็วกว่า Anaerobic Lagoons ระบบนี้โดยทั่วไปใช้บำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูง เช่น กากตะกอนจากการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมเหล้า น้ำตาล

### ระบบ Anaerobic Contact

เหมาะสำหรับใช้บำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีปานกลาง ประสิทธิภาพของการบำบัดด้วยวิธีนี้อาจสูงถึงร้อยละ 95

### ระบบ Anaerobic Filter

ระบบนี้มีหลักการคล้ายคลึงกับระบบ Trickling Filter เหมาะสำหรับบำบัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีไม่สูงนักเช่นเดียวกับระบบ Anaerobic Contact แต่ระบบ Anaerobic Filter ง่ายกว่า เพราะไม่ต้องมีการตกตะกอนและไม่มีการสูบตะกอนออกจากก้นถังตกตะกอนกลับมาเข้าถังปฏิกริยาอีก ระบบ Anaerobic Filter ยังไม่เป็นที่แพร่หลายนักในประเทศที่มีอากาศหนาว ทั้งนี้ถ้าน้ำเสียมีค่าบีโอดีต่ำกว่า 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ถ้าจะมีเทนที่ได้จะมีปริมาณไม่มากพอที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเสีย ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูงกว่าระบบที่ใช้ออกซิเจน

### ระบบบ่อเกรอะ (Septic Tank)

มีประสิทธิภาพกำจัดต่ำ แต่การทำงานของระบบง่ายค่าใช้จ่ายต่ำ ใช้พื้นที่น้อย ส่วนมากฝังอยู่ใต้ดิน นิยมใช้บำบัดน้ำเสียที่พักอาศัยส่วนบุคคล

## 2. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี (Chemical Wastewater Treatment)

เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีสิ่งสกปรกในรูปของสารอนินทรีย์ (Inorganic) สูง ที่ยากต่อการบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ เช่น น้ำเสียจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โรงงานชุบโลหะ วิธีทางเคมีนี้มีหลายอย่าง ดังนี้

2.1 การทำให้ตกตะกอน (Precipitation) เป็นการเติมสารลงไป在水เสียเพื่อให้ทำปฏิกิริยากับสิ่งสกปรกที่ละลายอยู่ในน้ำเสียเกิดเป็นตะกอนหนักซึ่งจมตัวได้ ต่างกับ Coagulation ซึ่งเป็นการเติมเคมีเพื่อช่วยให้สิ่งสกปรกที่เป็นตะกอนขนาดเล็กรวมกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ ซึ่งจะจมตัวได้เร็วขึ้น ตัวอย่างการบำบัดน้ำเสียด้วยการเติมตะกอนได้แก่ การกำจัดสารฟอสเฟต สารละลายตะกั่วและสังกะสีด้วยปูนขาว ในทางปฏิบัติ Precipitation มักถูกเรียกรวมกับ Coagulation เพราะมีหลักในการปฏิบัติเหมือนกันคือ ต้องมีการผสมเร็วและกวนช้าเช่นเดียวกัน

2.2 การปรับสภาพน้ำเสียให้เป็นกลาง (Neutralization) ในน้ำเสียบางชนิดอาจมีความเป็นกรด – ด่าง หรือ pH ต่ำ – สูง มากจนเกินไป กระบวนการปรับ pH นี้ มีอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ประกอบด้วยถังผสม (Mixing Tank) ซึ่งใช้เป็นถังผสมกรดหรือด่างที่เติมลงในน้ำเสีย

2.3 การเติมหรือลดออกซิเจน (Oxidation – Reduction) กระทำโดยการใช้กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยา Oxidation – Reduction วิธีนี้ไม่นิยมเนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายสูง

2.4 การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน (Chlorination) โดยมากเป็นการบำบัดขั้นสุดท้าย วัตถุประสงค์เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปะปนมากับน้ำเสีย โดยเฉพาะน้ำเสียชุมชนซึ่งมีเชื้อโรคต่างๆ ปะปนอยู่มาก

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

|                      |                                                                                   |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ –นามสกุล        | นางสาวโชติกา คิชฐอำนาจ                                                            |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด | วันที่ 4 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2525                                                  |
| สถานที่เกิด          | จังหวัดกรุงเทพมหานคร                                                              |
| ประวัติการศึกษา      | วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม)<br>คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ตำแหน่งปัจจุบัน      | ผู้ช่วยวิจัย                                                                      |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม<br>คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์            |