ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม | วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน

Economic Analysis of Application of Natural Wastewater Treatment Systems in a Gas Station

นามผู้วิจัย นายภาณุชัย ประมวล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน

Economic Analysis of Application of Natural Wastewater Treatment Systems in a Gas Station

โดย

นายภาณุชัย ประมวล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาณุชัย ประมวล 2554: การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, Ph.D. 118 หน้า

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปและสภาพปัญหาของน้ำเสียของสถานบริการน้ำมัน วิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสีย และวัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ ซึ่งประกอบไปด้วยระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำและระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาจะนำผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากโครงการ โดยใช้ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ

ผลการวิเคราะห์พบว่าทั้งระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำและระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากตัวชี้วัดค่าของการลงทุนที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ปรากฏว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 368,823.51 บาท และ 105,426.96 บาท ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 1.83 และ 1.15 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 65.31 และ ร้อยละ 18.68 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าค่าเสียโอกาสของทุนร้อยละ 12 และทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว โดยเกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลาเป็นตัวชี้วัดเช่นเดียวกัน ปรากฏว่าระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำนั้นยังมีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ แต่ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชมีความอ่อนไหวต่อโครงการ จึงควรมีการพิจารณาก่อนการตัดสินใจในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่จะใช้ภายในสถานบริการน้ำมันต่อไป

ด้านประสิทธิภาพของการบำบัดจากการประยุกต์ใช้ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยที่ผลการวิเคราะห์น้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามกฎหมายกำหนด สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Phanuchai Pramuanl 2011: Economic Analysis of Application of Natural Wastewater Treatment Systems in a Gas Station. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Chucheep Piputsitee, Ph.D. 118 pages.

The objectives of this study are to study general physical condition and wastewater condition in a Gas Station, to analyze cost and benefit of the wastewater treatment systems, and to measure the economic worthiness of the project with lagoon treatment and alternating flooding and drying soil. The data used in this study consist of primary and secondary data from concerned sectors. The study is carried out by comparing the project benefits and costs. The indicators of project worth are Net Present Value (NPV), Benefit-Cost Ratio (BCR), and Internal Rate of Return (IRR).

The results of the study showed that both wastewater treatment systems are economically viable to invest, because at the 12% discount rate, NPV are 368,823.51 Bath and 105,426.96 Bath respectively, which more than 0, BCR are 1.83 and 1.15, that more than 1, and IRR are 65.31% and 18.68% that greater than the discount rate at 12%. Furthermore, in lagoon treatment all sensitivity cases indicated the positive results, but in alternating flooding and drying soil are sensitive ones. Therefore, one should be aware of selecting the waste water treatment systems in a Gas Station.

The application of natural wastewater treatment systems are efficient to the standard. The results of water quality analysis are in standard as well.

_____ _____ ___ / ____ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตรจารย์ ดร.ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตรจารย์ ดร.ไพบูลย์ ประพฤติธรรม ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และคณาจารย์และเจ้าหน้าที่วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนชี้แนะ ข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่ก่อนทำการศึกษา จนกระทั่งสำเร็จออกมาเป็นวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอกราบขอบพระคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มูลนิธิชัยพัฒนา ที่มอบทุนให้สำหรับการศึกษาวิจัยและตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่าน โดยเฉพาะคุณธนิศร์ ปัทมพิฑูร คำชี้แนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในครั้งนี้และประสานงานสถานที่ศึกษา ขอขอบพระคุณกรทัศน์ คุณาวุฒิ ผู้บริหารสถานบริการน้ำมันสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส จำกัด ที่ให้การอนุเคราะห์ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่องานการศึกษาและการต้อนรับเป็นอย่างดีทุกครั้งที่ไปทำการศึกษาภายในสถานบริการน้ำมันดังกล่าว ขอขอบคุณ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศษสตร์และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน โดยเฉพาะคุณชาตรี นิ่มปีและคุณพิทักษ์ พุ่มไสว ในการให้คำปรึกษาและข้อมูลอันเป็นประโยชน์กับการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อประเสริฐ คุณแม่สันทนา ประมวล และครอบครัวของข้าพเจ้าทุกท่าน ที่ให้กำลังใจ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจ ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ชาวสิ่งแวดล้อม รุ่น 32 และพี่น้องชาวสิ่งแวดล้อมรุ่นอื่นๆ ที่มีส่วนในการเก็บข้อมูล ให้คำแนะนำ กำลังใจ ในการวิจัยครั้งนี้จนสามารถสำเร็จการศึกษา

ภาณุชัย ประมวล

พฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (7)

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ 2

ขอบเขตของการศึกษา 3

ประโยชน์ที่ได้รับ 3

นิยามศัพท์ปฏิบัติการ 3

บทที่ 2 การตรวจเอกสารและแนวคิดทฤษฎี 4

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

หลักการวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ 6

แนวคิดและหลักการต่างๆ เกี่ยวกับน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย 16

บทที่ 3 สภาพทั่วไป รูปแบบระบบบำบัดน้ำเสีย และวิธีการศึกษา 37

สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา 37

วิธีการศึกษา 50

บทที่ 4 ผลการศึกษา 55

ผลการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อม 55

ผลการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ 68

ต้นทุนทางการเงินของโครงการฯ 69

ผลประโยชน์ทางการเงินของของโครงการฯ 74

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ 82

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ 88

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ 94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	97
สรุป	97
ข้อเสนอแนะ	100
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	101
ภาคผนวก	104
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	118

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมมูลประชากรและลักษณะน้ำเสียชุมชน	19
2	ปริมาณน้ำเสียของโครงการฯ ปี พ.ศ. 2551 – 2570	44
3	วิธีวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ	51
4	ผลการวิเคราะห์น้ำของระบบบำบัดน้ำเสียห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ในช่วงฤดูฝน ณ วันที่ 22 กันยายน 2553	60
5	ผลการวิเคราะห์น้ำของระบบบำบัดน้ำเสียห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ในช่วงฤดูแล้ง ณ วันที่ 20 มกราคม 2554	61
6	วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าบีโอดีในฤดูฝน	64
7	วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าบีโอดีในฤดูแล้ง	64
8	ค่าเฉลี่ยของค่าบีโอดีที่ผ่านการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย DMRT	64
9	รายละเอียดต้นทุนทางการเงินในการก่อสร้างระบบบำบัดและค่าดำเนินการและดูแลรักษา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – 2570 ของระบบบ่อผึ่งบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ	70
10	ต้นทุนทางการเงินรวมของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2551 – 2570 ของระบบบ่อผึ่งบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ	71

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	รายละเอียดต้นทุนทางการเงินในการก่อสร้างระบบบำบัดและค่าดำเนินการและดูแลรักษา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – 2570 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	72
12	ต้นทุนทางการเงินรวมของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2551 – 2570 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	73
13	ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น	76
14	ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด	77
15	ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ	78
16	ผลประโยชน์รวมทางการเงินของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันตลอดอายุโครงการ	79
17	ต้นทุนรวมทางการเงินและผลประโยชน์รวมทางการเงินของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน	81
18	ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ	85
19	ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ผลประโยชน์รวมทางเศรษฐศาสตร์ทั้งหมดของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันตลอดอายุโครงการ	87
21	ต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศสตร์ของระบบบ่อผึ่งบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ	92
22	ต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศสตร์ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	93
23	เปรียบเทียบตัวชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดทั้ง 2 ของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน	94
24	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ	95
25	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	96

ตารางผนวกที่

1	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในคาบ 30 ปี ในเขตพื้นที่ศึกษา (พ.ศ.2522-2552)	105
2	ผลการวิเคราะห์คุณภาพจากห้องปฏิบัติการ ฤดูฝน วันที่ 22 กันยายน 2553	106
3	ผลการวิเคราะห์คุณภาพจากห้องปฏิบัติการ ฤดูแล้ง วันที่ 20 มกราคม 2554	108

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
4	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 1 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ	110
5	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 2 ผลประโยชน์ลดลงร้อยละ 10 โดยต้นทุนคงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ	111
6	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 3 ต้นทุนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลง ร้อยละ 10 ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ	112
7	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 1 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	113
8	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 2 ผลประโยชน์ลดลงร้อยละ 10 โดยต้นทุนคงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	114
9	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 3 ต้นทุนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลง ร้อยละ 10 ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	115
10	Single Payment Present Worth Factor: PWF	116

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การหาค่าผลตอบภายในของโครงการด้วยวิธีทางกราฟ	16
2	สภาพพื้นที่บริเวณหน้าสถานบริการน้ำมัน	39
3	สภาพพื้นที่บริเวณด้านในสถานบริการน้ำมัน	39
4	สภาพพื้นที่บริเวณด้านในสถานบริการน้ำมัน	40
5	สภาพพื้นที่บริเวณด้านในสถานบริการน้ำมัน (ห้องน้ำ)	40
6	น้ำจากโรงครัว (กิจกรรมการล้างจาน)	41
7	พื้นครัว	41
8	สภาพร้านกาแฟภายในสถานบริการ	42
9	บริเวณที่นั่งสำหรับดื่มกาแฟภายในสถานบริการ	42
10	ร้านค้าสะดวกซื้อภายในสถานบริการน้ำมัน	43
11	ที่นั่งพักบริเวณหน้าร้านสะดวกซื้อ	43
12	ท่อน้ำทิ้ง	45
13	สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นก่อนยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย	45

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ระบบบำบัดน้ำเสียของห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	47
15	แสดงระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	49
16	แสดงระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ทั้งระบบ	49
17	จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1	56
18	จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2	56
19	จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 3	57
20	จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 4	57
21	จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 5	58
22	จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 6	58
23	จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 7	59
24	จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 8-10	59

ภาพผนวกที่

1	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในคาบ 30 ปี ในเขตพื้นที่ศึกษา (พ.ศ.2522-2552)	105

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

น้ำ เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากมนุษย์ต้องนำน้ำมาใช้ในการอุปโภคบริโภค การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม การคมนาคม ตลอดจนเป็นแหล่งรองรับของเสียจากกิจกรรมต่างๆ โดยร้อยละ 97 ของปริมาณน้ำบนโลก เป็นน้ำในมหาสมุทรและทะเลที่มีความเค็ม เหลือเพียงร้อยละ 3 เท่านั้นที่เป็นปริมาณน้ำจืด แต่มีปริมาณน้ำจืดที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ในการดำรงชีวิตได้เพียงร้อยละ 0.003 เท่านั้น ส่วนที่เหลือกลายเป็นน้ำที่อยู่ในภูเขาน้ำแข็งที่ขั้วโลกเหนือขั้วโลกใต้และในน้ำใต้ดินที่ไม่สามารถนำขึ้นมาใช้ได้ ซึ่งปัญหาของน้ำนั้นมีมากมาย ได้แก่ น้ำน้อยเกินไปก่อให้เกิดปัญหาความแห้งแล้ง น้ำมากก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วม และน้ำเสียก่อให้เกิดปัญหามลพิษ (กัมปนาท ภักดีกุล, 2547) ซึ่งนับว่าปัญหาของน้ำเสียนี้เป็นปัญหาที่มีความสำคัญ เนื่องจากน้ำเสียอาจประกอบด้วยสารอินทรีย์ จุลินทรีย์ และเชื้อโรค สารเคมี โลหะหนัก (พินิจ จารุสมบัติและคณะ, 2542) ปัญหาทางด้านน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณมาก เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น มีความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดน้ำเสียเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย น้ำเสียดังกล่าวจะเป็นแหล่งเกิดโรคระบาด แหล่งเพาะเชื้อโรค และมลพิษสิ่งแวดล้อมต่างๆ ทำให้ต้องมีการหาวิธีการบำบัดน้ำเสียเหล่านี้ให้มีคุณภาพน้ำที่ดีก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ

สถานบริการน้ำมัน 1 สถานบริการจะมีปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปริมาณที่น้อย และมีคุณสมบัติของน้ำเสียที่จัดเป็นประเภทน้ำเสียชุมชน (น้ำเสียจากห้องน้ำและร้านอาหาร) อันเกิดจากการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ในสถานบริการ และน้ำเสียจากบ่อเกรอะ ถ้าหากนำน้ำเสียที่เกิดขึ้นมารวบรวมแล้วนำไปบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นเทคโนโลยีขั้นสูงที่ใช้กันโดยทั่วไปจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงเกินความจำเป็นต่อขนาดของสถานบริการน้ำมัน

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งเป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่มีการใช้เทคโนโลยีจากธรรมชาติเพื่อช่วยธรรมชาติ เป็นเทคโนโลยีอย่างง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย มีการศึกษาถึงวิธีการบำบัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำเสียในหลายรูปแบบ ได้แก่ ระบบบ่อผึ่ง ระบบหญ้ากรอง ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม และป่าชายเลน ซึ่งแต่ละวิธีสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับชุมชนในแต่ละท้องที่ทั่วประเทศ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการบำบัดเสียชุมชน และมีการปรับรูปแบบของระบบบำบัดให้มีขนาดที่เหมาะสมให้สามารถใช้ได้จริงในหลายหน่วยงาน

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติเพื่อใช้เสริมการบำบัดน้ำเสียนอกจากระบบบำบัดน้ำเสียของตัวสถานบริการน้ำมันด้วยรูปแบบที่ปรับให้มีโครงสร้างการใช้พื้นที่ และดูแลรักษาไม่ยุ่งยากและทำให้มีความน่าสนใจที่จะศึกษาถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นต้นแบบให้กับสถานบริการน้ำมันอื่นๆ หรืออย่างน้อยนำไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงานอื่นที่มีคุณภาพน้ำเสียใกล้เคียงกัน ซึ่งรูปแบบของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติที่นำมาประยุกต์ใช้ในสถานบริการน้ำมันนั้นประกอบไปด้วย 2 ระบบ คือ ระบบบ่อผึ่งบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ (Lagoon treatment) และระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช (Alternating flooding and drying soil) ในการศึกษาครั้งนี้จะนำข้อมูลต้นทุนมาเปรียบเทียบกับผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 2 ระบบ เพื่อวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปและรูปแบบของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติที่นำมาใช้ในสถานบริการน้ำมัน

2. เพื่อศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน

3. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ โดยเป็นการประยุกต์ใช้รูปแบบจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มาใช้ในสถานบริการน้ำมันคือ โครงการบำบัดน้ำเสียของห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ซึ่งนำระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติไปประยุกต์ใช้ในระบบบำบัด โดยศึกษาต้นทุนในการก่อสร้าง ต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษา ส่วนผลประโยชน์พิจารณาจากผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นภายในสถานบริการน้ำมันของโครงการบำบัดน้ำเสียห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิส คือ ผลประโยชน์คุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ผลประโยชน์จากการลดกลิ่นเหม็น และผลประโยชน์ที่เกิดหลังจากที่มีโครงการเข้าไป

ประโยชน์ที่ได้รับ

การศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ของโครงการบำบัดน้ำเสียห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิส อ.แกลง จ.ระยอง ทำให้ทราบว่าการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติมีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ และสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจในการลงทุนของโครงการระบบบำบัดน้ำเสียในสถานบริการหน่วยย่อยอื่นๆ หรือประยุกต์ใช้กับแหล่งชุมชน ตลอดจนโครงการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้

นิยามศัพท์ปฏิบัติการ

สถานบริการน้ำมัน หมายถึง สถานที่ที่ใช้ในการเก็บน้ำมันเชื่อเพลิง เพื่อให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิงแก่ยานพาหนะ และรวมถึงบริเวณในเขตสถานีตลอดจนสิ่งก่อสร้าง ถัง ท่อ และอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ ในบริเวณสถานที่นั้น โดยในการศึกษาครั้งนี้จะหมายถึง สถานบริการน้ำมันของห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ตั้งอยู่ที่ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ หมายถึง ระบบการบำบัดน้ำเสียที่ใช้เทคโนโลยีแบบธรรมชาติ ในการศึกษาครั้งนี้จะหมายรวมถึง โครงการบำบัดน้ำเสียของห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ชื่อ “การบำบัดน้ำเสียของห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิส อำเภอแกลง จังหวัดระยอง”

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและแนวคิดทางทฤษฎี

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. หลักการวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์

3. แนวคิดและหลักการต่างๆ เกี่ยวกับน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดิ (2541) ได้นำเสนอรายงานการศึกษาวิจัยเรื่องวิทยาศาสตร์การกำจัดขยะและกรบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ โดยเป็นการร่วมวิจัยระหว่างหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ มูลนิธิชัยพัฒนา กรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมการพิเศษ เพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ได้ศึกษาวิจัยเสนอรูปแบบเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยธรรมชาติเป็นตัวช่วยในการบำบัดน้ำเสีย 4 รูปแบบ คือ ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Lagoon treatment) ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยหญ้ากรองน้ำเสีย (Grass filtration) ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (Constructed wetland) และระบบบำบัดน้ำเสียแบบพืชป่าชายเลน (Mangrove treatment)

วิไลลักษณ์ สงฤทธิ์ (2542) ได้ทำการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี โดยศึกษาจากข้อมูลโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ พบว่า โครงการการลงทุนระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี ไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศสตร์ เนื่องจากการวัดค่าของการลงทุนที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ปรากฏว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -33.90 ล้านบาท ซึ่งน้อยกว่า 0 อัตราส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 0.68 ซึ่งน้อยกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับร้อยละ 8.4 ซึ่งน้อยกว่า อัตราคิดลดร้อยละ 12 อย่างไรก็ตามการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเป็นโครงการเพื่อปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมของเทศบาลเมืองเพชรบุรี จึงเป็นโครงการที่สมควรลงทุน เพื่อลดปัญหาทางด้านสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของเทศบาลเมืองเพชรบุรี

สตรีไทย สถิติ (2544) ได้ทำการศึกษาเรื่องระยะเวลาและจำนวนบ่อผึ่งที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่าการบำบัดน้ำเสียชุมชนจะมีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อใช้บ่อบำบัดน้ำเสีย 3 บ่อ และใช้ระยะเวลาเก็บกักในการบำบัดน้ำเสียทั้งสิ้น 21 วัน (บ่อละ 7 วัน) และในการปรับปรุงรูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริที่เหมาะสมจะใช้จำนวนบ่อบำบัด 3 บ่อ โดยแต่ละบ่อมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ต่ออนุกรมกันและใช้ระยะเวลาในการเก็บกัก 7 วัน โดยมีน้ำเสียไหลเข้าสู่ระบบประมาณวันละ 3,793 ลูกบาศก์เมตร บ่อจะมีปริมาตร 26,551 ลูกบาศก์เมตร โดยบ่อจะมีความกว้างประมาณ 73 เมตร ความยาว 146 เมตร และความลึก 2.5 เมตร

พิทักษ์ พุ่มไสว (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องยนต์ โดยเป็นการศึกษาสภาพทั่วไปและสภาพปัญหาน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นการใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ อันประกอบไปด้วยระบบบ่อบำบัดน้ำเสียต่อด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ซึ่งใช้ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง มาคำนวณแล้วเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากโครงการ โดยใช้ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการประกอบด้วย มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ ซึ่งต้นทุนของโครงการประกอบด้วยค่าที่ดิน ค่าก่อสร้างโครงการบำบัดน้ำเสีย และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา ส่วนผลประโยชน์ของโครงการ ได้แก่ ผลประโยชน์จากค่าประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด และผลประโยชน์ในส่วนของการประหยัดจากค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ โดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 12 และระยะเวลาโครงการ 20 ปี ผลการศึกษาพบว่า โครงการการลงทุนระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 1,227,768.17 บาท ซึ่งมากกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุนเท่ากับ 1.58 ซึ่งมากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โครงการเท่ากับร้อยละ 31.37 ซึ่งมากว่าอัตราคิดลดร้อยละ 12 และทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยเกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา ซึ่งยังมีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์

จากงานวิจัยที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า รูปแบบการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ไม่ก่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน แต่ก็สามารถปรับให้มีขนาดเล็กลงเพียงพอให้สามารถประยุกต์ใช้ในแหล่งชุมชน หรือภายในสถานบริการน้ำมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยที่ได้กล่าวมาสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ส่วนที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์หาต้นทุนของโครงการบำบัดน้ำเสียมีต้นทุนค่าใช้จ่ายอะไรบ้าง และสามารถใช้งานวิจัยเหล่านี้ประกอบการตีมูลค่าในเชิงปริมาณของผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการบำบัดน้ำเสีย เพื่อประโยชน์ในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

หลักการวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในการประเมินค่าโครงการ (Project appraisal) เนื่องจากสามารถบอกได้ว่าโครงการใดมีความคุ้มค่าสมควรนำไปลงทุน ทั้งนี้เพราะการก่อสร้างและการดำเนินงานโครงการนั้นจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรซึ่งควรที่จะถูกนำไปใช้เพื่อจุดมุ่งหมายอื่น การตัดสินใจที่จะเลือกโครงการใดโครงการหนึ่งเพื่อการลงทุน ขึ้นอยู่กับความคุ้มค่าของโครงการนั้นๆ ซึ่งความคุ้มค่าของโครงการวัดได้จากการเปรียบเทียบกันระหว่างผลประโยชน์ (Benefit) และ/หรือผลตอบแทน (Return) กับต้นทุน (Cost) ของโครงการ การประเมินค่าโครงการจะรับรองว่าการจัดสรรและใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ก็คือเมื่อมูลค่าเชิงปริมาณของผลประโยชน์โครงการมากกว่ามูลค่าในเชิงปริมาณของทรัพยากรเหล่านั้น หรือต้นทุนของโครงการ

การวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ มีองค์ประกอบ 3 ประการ (ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2544) คือ

1. การกำหนดปริมาณ การตีราคาต้นทุน และผลประโยชน์ทั้งหมดของโครงการ

2. การปรับลดมูลค่าอย่างเหมาะสมตลอดช่วงเวลา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การประยุกต์เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อที่จะบ่งชี้ว่าโครงการใดที่มีความคุ้มค่าหรือ ยอมรับได้

การกำหนดปริมาณและการตีราคาต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

ในการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการอาจจะถูกกำหนดมูลค่าด้วยราคาตลาด (Market price) ถ้าราคาตลาดสะท้อนถึงความหายากของทรัพยากร หรือมิฉะนั้นจะต้องกำหนดมูลค่าโดยราคาเงาหรือราคาทางบัญชี (Shadow or accounting price) แทนเพราะเป็นราคาที่สะท้อนถึงราคาที่แท้จริงของทรัพยากร

หลักการวิเคราะห์ต้นทุนของโครงการ

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี (2544) กล่าวว่า นิยามของต้นทุนและผลประโยชน์จะถูกกำหนดโดยวัตถุประสงค์ของโครงการที่ได้ตั้งไว้ กล่าวคือ ต้นทุน หมายถึง อะไรก็ได้ (Anything) ที่ลดหรือมีผลในทางกลับกันต่อวัตถุประสงค์ ต้นทุนของโครงการ ประกอบไปด้วย

1. ต้นทุนทางตรง (Direct cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยตรงเพื่อให้เกิดโครงการ หรือเพื่อให้โครงการดำเนินไปได้ ต้นทุนประเภทนี้เป็นค่าใช้จ่ายหรือทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละปีนับตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดอายุ การคิดต้นทุนประเภทนี้ต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายในการให้ข้อมูล ทั้งนี้ ต้นทุนทางตรงจะประกอบด้วย

1.1 ต้นทุนที่ใช้ในการลงทุน (Investment cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นเพื่อให้โครงการดำเนินการได้ เช่น ค่าที่ดิน ค่าก่อสร้าง ค่าเครื่องใช้สำนักงาน ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ ค่าก่อสร้างถนน ต้นทุนเหล่านี้จะเป็นค่าใช้จ่ายในระยะเริ่มต้นโครงการ

1.2 ต้นทุนการดำเนินการ (Operation cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นระหว่างที่ดำเนินโครงการ เช่น ค่าวัตถุดิบในการผลิต ค่าจ้างแรงงาน ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ค่าที่ปรึกษา ค่าสาธารณูปโภค ค่าประชาสัมพันธ์ ค่าฝึกอบรมพนักงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 ต้นทุนการบำรุงรักษา (Maintenance cost) คือ ต้นทุนที่เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อดูแลเครื่องจักร อาคารสิ่งก่อสร้าง หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอายุการใช้งานค่อนข้างนาน และต้องการการดูแลรักษาให้คงสภาพในการใช้งาน

1.4 ต้นทุนการวิจัยและพัฒนา (Research and development cost) คือ ต้นทุนที่เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อใช้ในการวิจัยเบื้องต้นในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ต้นทุนประเภทนี้ถือว่าเป็นต้นทุนจม (Sunk cost) หมายถึง ทรัพยากรที่ใช้ไปในการทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งในอดีต และไม่มีผลต่อการตัดสินใจในการดำเนินหรือไม่ดำเนินโครงการ โดยทรัพยากรประเภทนี้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ถ้าผลการวิจัยไม่เป็นที่น่าพอใจค่าใช้จ่ายประเภทนี้ก็จะสูญเสียไป ในทางเศรษฐศาสตร์ต้นทุนประเภทนี้จะไม่นำมารวมในการวิเคราะห์

2. ต้นทุนทางอ้อมหรือต้นทุนขั้นที่สอง (Indirect cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการดำเนินโครงการ เป็นผลที่เกิดจากผลกระทบในขั้นต่อๆ ไปของโครงการ มักเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ตั้งใจให้เกิดขึ้น หรือเป็นความเสียหายที่กลุ่มคนได้รับจากโครงการโดยปราศจากการจ่ายชดเชย

3. ต้นทุนที่ไม่มีตัวตน (Intangible cost) หรือต้นทุนที่วัดเป็นตัวเงินไม่ได้ ต้นทุนประเภทนี้ไม่สามารถวัดออกมาเป็นตัวเงินได้อย่างชัดเจนแต่มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อมีต้นทุนประเภทนี้เกิดขึ้น ทำให้การประเมินต้นทุนของโครงการดังกล่าวมีความยุ่งยาก ส่วนใหญ่เป็นเรื่องเกี่ยวกับโรคภัยไข้เจ็บ การไร้การศึกษา ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น โครงการลงทุนนั้นอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการจ้างงาน มีผลกระทบต่อจิตใจ และชีวิตของมนุษย์ เป็นต้น

หลักการวิเคราะห์ผลประโยชน์ของโครงการ

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี (2544) กล่าวว่า นิยามของต้นทุนและผลประโยชน์จะถูกกำหนดโดยวัตถุประสงค์ของโครงการที่ได้ตั้งไว้ กล่าวคือ ผลประโยชน์ หมายถึง อะไรก็ได้ที่ส่งเสริมเพิ่มพูนวัตถุประสงค์ของโครงการ ผลประโยชน์ของโครงการ ประกอบไปด้วย

1. ผลประโยชน์ทางตรง (Direct benefit) คือ ผลตอบแทนที่เกิดจากโครงการโดยตรง และสอดคล้องกับเป้าหมายของโครงการ โดยทั่วไปผลตอบแทนทางตรงของโครงการมักมีหลาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รูปแบบ เช่น การเพิ่มขึ้นของผลผลิตทางกายภาพ การเพิ่มขึ้นของมูลค่าผลผลิต การปรับปรุงคุณภาพของการผลิต หรือการลดลงของต้นทุนการผลิต การลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น เป็นต้น

2. ผลประโยชน์ทางอ้อมหรือผลประโยชน์ขั้นที่สอง (Indirect benefit) คือ ผลประโยชน์ตอบแทนอื่นๆ ที่นอกเหนือจากผลประโยชน์ทางตรง นอกจากนี้ยังรวมถึงผลประโยชน์ตอบแทนทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น โครงการนั้นอาจมีส่วนทำให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล เป็นต้น

3. ผลประโยชน์ที่ไม่มีตัวตน (Intangible benefit) หรือผลประโยชน์ที่วัดเป็นเงินไม่ได้ คือ ผลประโยชน์ที่ไม่สามารถประเมินมูลค่าเป็นตัวเงินได้ แต่มีมูลค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ส่วนใหญ่เป็นเรื่องเกี่ยวกับสุขภาพอนามัย การศึกษา การจ้างงาน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น การลดอัตราการตาย การมีโภชนาการที่ดี การลดโรคภัยเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารเนื่องจากมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น เป็นต้น

การปรับลดมูลค่าอย่างเหมาะสมตลอดช่วงเวลา

อายุโครงการ (Project life) อายุของโครงการจะเริ่มขึ้นเมื่อมีการก่อสร้างโครงการและสิ้นสุดเมื่อโครงการไม่สามารถที่จะให้ผลประโยชน์ได้อีกต่อไป อายุโครงการสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อสร้าง (Construction implementation period) และระยะดำเนินงาน (Operational period) ในระหว่างช่วงดำเนินงาน โครงการจะให้ผลประโยชน์รายปีนับตั้งแต่ปีแรกของการดำเนินงานไปจนกระทั่งปีสุดท้ายของระยะเวลาโครงการ ซึ่งเรียกว่า อายุทางเศรษฐกิจของโครงการ (Economic life of the project)

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี (2544) กล่าวว่า อายุโครงการที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจควรเลือกระยะเวลาโครงการให้ใกล้เคียงกับอายุทางเศษฐศาสตร์ของโครงการ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้อายุโครงการประมาณ 25 ปี เพราะว่าผลตอบแทนใดๆ ต่อการลงทุนที่เกินไปกว่า 25 ปี จะไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างในการเลือกโครงการแต่อย่างใด

มูลค่าของเงินตราที่เปลี่ยนไปตามเวลา (Time value of money) เงินหนึ่งบาทที่จะได้รับในอนาคต (Future value) จะมีค่าน้อยกว่าเงินหนึ่งบาทที่อยู่ในมือในปัจจุบัน (Present value) ดังนั้นจำนวนรวมในอนาคตจึงมีค่าน้อยกว่าปัจจุบันของเงินตราจำนวนเดียวกัน สิ่งเหล่านี้เป็นจริงกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจเจกบุคคลและก็เป็นจริงกับสังคมโดยส่วนรวมด้วยเมื่อสมมติว่าปัจจัยอื่นๆ คงที่ (All other things being equal) คนเราจึงชอบที่จะรับเงินตราในขณะนี้มากกว่าที่จะรับในอนาคตและเงินตราในอนาคตอันใกล้มากกว่าอนาคตที่ไกลออกไป มีเหตุผลสองประการที่อธิบายปรากฏการณ์นี้ ได้แก่ ความชอบตามเวลาที่แท้จริง และค่าเสียโอกาสของทุน

1. ความชอบตามเวลาที่แท้จริง (Pure time preference) คนเราจะชอบการบริโภคในปัจจุบันมากกว่าในอนาคตของมูลค่าที่เป็นตัวเงินจำนวนเดียวกันด้วยเหตุผลที่ว่า อนาคตคือความไม่แน่นอน (ทั้งปริมาณและราคาสินค้า) บุคคลมีช่วงเวลาของการมีชีวิตอยู่ (Life expectancy) ที่จำกัด และในช่วงที่รายได้แท้จริงเพิ่มสูงขึ้นนั้น อรรถประโยชน์หน่วยสุดท้ายในอนาคตมีค่าน้อยกว่าอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้ายในปัจจุบัน ถ้าหากจะกระตุ้นให้ประชาชนทำการออมเพิ่มขึ้นเขาเหล่านี้จะต้องได้รับการชดเชยสำหรับการเสียสละที่ไม่ทำการบริโภคในปัจจุบัน การให้สิ่งจูงใจนี้ก็คือการจ่ายดอกเบี้ยให้กับเงินออม

2. ค่าเสียโอกาสของทุน (Opportunity cost of capital) การกำหนดให้ตลาดทุน (Capital market) ที่มีอยู่สามารถนำเงินตราไปลงทุนเพื่อสร้างเงินตราให้มีจำนวนมากขึ้นในอนาคต หรืออาจจะกล่าวได้อีกทางหนึ่งว่ามีค่าเสียโอกาสของการออม ทางเลือกต่อการบริโภคในปัจจุบันคือการใช้เงินทุนหรือทรัพยากรไปในทางที่จะก่อให้เกิดรายได้ในอนาคต ซึ่งอย่างน้อยต้องมีมูลค่าเท่ากันกับค่าเงินตราในปัจจุบันที่เกิดจากการลงทุนในรูปแบบอื่น

การลงทุนในโครงการในช่วงใดช่วงหนึ่งของเวลา โดยคาดว่าผลประโยชน์ที่จะได้รับเกิดขึ้นในภายหลัง ในการประเมินค่าโครงการเพื่อดูความคุ้มทุนนั้น ทั้งกระแสต้นทุน (Cost stream) และกระแสผลประโยชน์ (Benefit stream) ของโครงการจะถูกปรับค่าไว้ที่เวลาเดียวกัน ก่อนที่จะนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ วิธีการปรับค่านี้รู้จักกันโดยทั่วไปว่า การคิดลด (Discounting) กล่าวคือ มูลค่าอนาคตจะถูกแปลงค่าให้กลายมาเป็นมูลค่าปัจจุบันที่เทียบเท่า

อัตราคิดลด (Discount rate) ทำหน้าที่สวนกับอัตราดอกเบี้ย ทำให้มูลค่าต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการในอนาคตคิดกลับมาเป็นมูลค่าที่ต่ำลงของปัจจุบัน การเลือกใช้อัตราคิดลดมีผลโดยตรงต่อการคำนวณหาตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ ทั้งนี้เพราะต้นทุนและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลประโยชน์ของโครงการกระจายตัวอย่างไม่มีแบบแผนเดียวกัน ถ้าหากอัตราคิดลดมีค่ายิ่งสูงค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ก็ยิ่งมีค่าต่ำ

ตัวประกอบคิดลด (Discounting factor) สูตรสำหรับการคิดลดสามารถเขียนได้ดังนี้

$$P = F \times \frac{1}{(1+r)^n}$$

โดยที่ P หมายถึง มูลค่าปัจจุบัน
F หมายถึง จำนวนรวมอนาคต
r หมายถึง อัตราคิดลด
n หมายถึง จำนวนปี

ตัวประกอบคิดลดนี้เรียกว่า Single payment present worth factor หรือ PWF ซึ่งสามารถหาค่าได้จากตารางสำเร็จรูปในตารางผนวกที่ 10

ตัวประกอบคิดลดสำหรับปีปัจจุบัน (ปีที่ 0) มีค่าเท่ากับ 1.0 โดยที่ตัวประกอบคิดลดนี้ค่าจะน้อยลงในแต่ละปีของเวลาในอนาคต และจำเป็นด้วยว่ากระแสมูลค่าทั้งหมดคำนวณมาจากปีฐานเดียวกัน

การเลือกอัตราคิดลด (Choosing discount rate) เพื่อใช้ในการคำนวณหามูลค่าปัจจุบัน (Present worth) สามารถแยกได้เป็น 3 อัตรา ได้แก่

1. อัตราตัดขาด (Cut-off rate)

2. อัตรากู้ยืม (Borrowing rate)

3. อัตราความชอบตามเวลาทางสังคม (Social time preference rate)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับการจัดสรรการลงทุนในการพัฒนาหรือการปรับปรุงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมนั้น การเลือกใช้อัตราคิดลดระหว่างเอกชนและสังคมมีความสำคัญมาก ทั้งนี้เพราะการลงทุนในโครงการต่างๆ ของรัฐบาลย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสวัสดิการของสังคมทั้งในด้านของผู้ผลิตและผู้บริโภคไม่เฉพาะแต่กลุ่มบุคคลปัจจุบัน แต่จะเกิดกับกลุ่มบุคคลที่จะเกิดขึ้นมาในอนาคตด้วย ซึ่งผิดกับการลงทุนของเอกชน ดังนั้นการใช้อัตราคิดลดของโครงการที่เกี่ยวข้องกับสวัสดิการทางสังคมจึงไม่ควรเท่ากับอัตราคิดลดของเอกชน และโดยหลักทั่วไปแล้วอัตราคิดลดที่ใช้ในโครงการที่เกี่ยวข้องกับสังคมควรจะมีอัตราต่ำกว่าอัตราคิดลดของเอกชน

ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ

ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ มีความสำคัญมากในการตัดสินใจที่จะรับหรือปฏิเสธโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่ หรือนำมาใช้สำหรับการเป็นเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน ทั้งนี้เพราะตัวชี้วัดสามารถบอกได้ว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่ และยังสามารถบอกให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของโครงการอีกด้วย

เมื่อมีข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการแล้ว ข้อมูลจะถูกนำมาคำนวณหาค่าตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการตามการวิเคราะห์แบบปรับค่าของเวลา (Discounted measures of project worth) ซึ่งมีวิธีการที่ใช้อยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present Value: NPV) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นตัวบ่งชี้ถึงจำนวนผลประโยชน์สุทธิที่ได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการ ซึ่งอาจมีค่าเป็นลบ เป็นศูนย์ หรือบวกก็ได้ ขึ้นอยู่กับขนาดของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวม (Present Value Benefit: PVB) หักออกจากมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (Present Value Cost: PVC) ของโครงการนั้น

$$NPV = PVB - PVC$$

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในที่นี้ B_t หมายถึง ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t

C_t หมายถึง ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

t หมายถึง ระยะเวลาของโครงการ (1, 2, ... , n)

n หมายถึง ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

r หมายถึง อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม

หลักการตัดสินใจเลือกโครงการที่มีความเหมาะสมและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ คือ NPV มากกว่า 0 หรือมีค่าเป็นบวก กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลประโยชน์รวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (PVB > PBC)

2. อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit - Cost Ratio: BCR) คือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมหารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม

$$BCR = \frac{PVB}{PVC}$$

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

ในที่นี้ B_t หมายถึง ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t

C_t หมายถึง ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

t หมายถึง ระยะเวลาของโครงการ (1, 2, ... , n)

n หมายถึง ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

r หมายถึง อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม

หลักการตัดสินใจที่แสดงว่าโครงการมีความเหมาะสมและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจคือ เมื่อ BCR เท่ากับหรือมากกว่า 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) คือ ผลตอบแทนเป็นร้อยละต่อโครงการ หรือหมายถึงอัตราดอกเบี้ยในกระบวนการคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์

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

ในที่นี้ B_t หมายถึง ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t

C_t หมายถึง ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

t หมายถึง ระยะเวลาของโครงการ (1, 2, ... , n)

n หมายถึง ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

r หมายถึง อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม

โครงการมีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจเมื่อ IRR มีค่าสูงกว่าอัตราคิดลดหรือค่าเสียโอกาสของทุน

การกำหนดค่า IRR (Determination of IRR) หรือการหาอัตราคิดลดซึ่งทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์นั้นสามารถหาได้ 2 วิธีด้วยกันคือ

3.1 การแทนค่าแบบลองผิดลองถูก (Trial and Error)

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

โดยแทนค่าตัวแปร r ในสูตรแบบสุ่ม ถ้าค่า r นั้นทำให้ NPV มีค่าเป็นบวกก็ให้เพิ่มค่า r ขึ้นไปอีก หรือถ้าค่า r ทำให้ NPV มีค่าเป็นลบก็ให้ลดค่า r ลงไปอีก จนกว่าจะได้ค่า r ที่ทำให้ NPV เท่ากับ 0 ซึ่งค่า r นั้นก็คือ IRR นั่นเอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 วิธีการ Interpolation

3.2.1 วิธีการทางเลขคณิต (Arithmetically) เป็นการคำนวณค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราคิดลดกับ NPV จำนวน 2 คู่ กล่าวคือ อัตราคิดลดตัวต่ำกว่า (Lower discount rate: r_L) จะทำให้ค่า NPV มีค่าเป็นบวก ส่วนอัตราคิดลดตัวสูงกว่า (Upper discount rate: r_U) จะทำให้ NPV มีค่าเป็นลบ ดังสูตรต่อไปนี้

$$IRR = r_L + (r_U - r_L)\left[\frac{NPV_L}{NPV_L - NPV_U}\right]$$

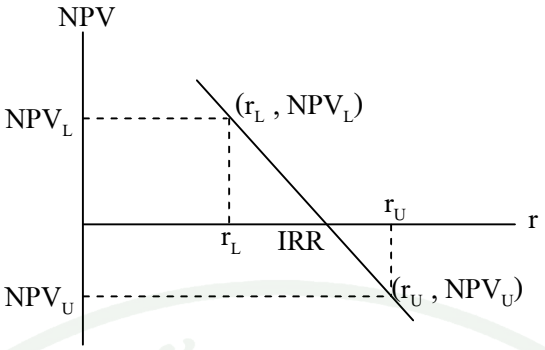
โดยที่ NPV_L หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิ r_L

NPV_U หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิ r_U

สำหรับการใช้วิธี Interpolation แบบวิธีทางเลขคณิตนี้มีข้อแนะนำว่าไม่ควรเลือกการกำหนดอัตราส่วนลดให้ห่างกันหรือใกล้กันเกินไป เพราะอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดง่าย ปกติที่ใช้มักจะกำหนดไว้ห่างกัน 5% (ยุพิน ประจวบเหมาะ, 2537)

3.2.2 วิธีทางกราฟ (Graphically) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราคิดลดกับ NPV จำนวน 2 คู่ โดยจะนำคู่ความสัมพันธ์ระหว่าง r_L กับ NPV_L ที่มีค่าเป็นบวก และ r_U กับ NPV_U ที่มีค่าเป็นลบ นำไปเขียนบนเส้นกราฟจะได้จุด 2 จุด จากนั้นลากเส้นตรงเชื่อมต่อจุดทั้งสอง ที่จุดตัดระหว่างเส้นตรงนี้ กับแกนอัตราส่วนลด (แกนนอน) ก็คืออัตราคิดลดที่ทำให้ NPV เท่ากับ 0 หรือ IRR นั่นเอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 การหาค่าผลตอบภายในของโครงการด้วยวิธีทางกราฟ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและใช้กันแพร่หลายมากที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ความไม่แน่นอน เป็นการวัดผลของค่า CBA (Cost Benefit Analysis) ว่าอ่อนไหวหรือไม่อย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงในตัวแปรหนึ่งหรือกลุ่มของตัวแปร (ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2544) เช่น การเปลี่ยนแปลงของต้นทุน การเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ย หรือการเปลี่ยนแปลงตัวแปรหลายๆ ตัวพร้อมกันเป็นกลุ่มของตัวแปร

แนวคิดและหลักการต่างๆ เกี่ยวกับน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย

แนวคิดเกี่ยวกับน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย

นิยามและความหมาย

น้ำเสีย ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น น้ำเสียจากแหล่งต่างๆ จะมีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกันออกไป รายละเอียดของลักษณะน้ำเสียเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับวิศวกรในการออกแบบเพื่อให้ได้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูง และสำหรับผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถควบคุมระบบให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกษม จันทร์แก้ว (2545) ได้ให้นิยมความหมายของน้ำเสีย ไว้ว่า น้ำที่มีการปนเปื้อนของวัสดุ วัตถุสารเคมีและสิ่งมีชีวิตอันตรายเกินมาตรฐาน น้ำเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการนำไปใช้ประโยชน์และการระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติสู่ดิน และที่ดินเนื่องจากสิ่งปนเปื้อน ซึ่งประกอบด้วย

1. น้ำเสียทางกายภาพ หมายถึง น้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของวัสดุ ขยะ ตะกอน วัตถุและอื่นๆ จนทำให้น้ำมีคุณสมบัติผิดไปจากน้ำธรรมชาติและหรือค่ามาตรฐานของน้ำ เช่น ความเป็นด่าง ความกระด้าง อุณหภูมิ สี กลิ่น รส การนำไฟฟ้า ความขุ่น การส่องผ่านของแสง และปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย

2. น้ำเสียทางเคมี หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีในรูปของสารประกอบโลหะและอโลหะ สารประกอบเคมีทั้งที่ละลายและไม่ละลายในน้ำ ก๊าซ สารอินทรีย์ เป็นต้น

3. น้ำเสียทางชีววิทยา หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำจำพวกบัคเตรี รา พารามีเซียม พยาธิ พืชและสัตว์น้ำขนาดเล็กเซลล์เดียว

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย

แหล่งกำเนิดน้ำเสียเกิดได้จากหลายกิจกรรม ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะมีปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียแตกต่างกัน และก่อให้เกิดผลกระทบที่แตกต่างกันด้วย กิจกรรมหลักที่เกิดน้ำเสียแบ่งเป็น 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรมจากชุมชนและพาณิชย์ จากโรงงานอุตสาหกรรม และจากเกษตรกรรม ดังนี้

1. น้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชน (Domestic wastewater) หมายถึง น้ำเสียจากบ้านเรือนและที่พักอาศัยอื่นๆ อาคารร้านค้า โรงมหรสพ ตลาดสด และโรงฆ่าสัตว์ ฯลฯ เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ อาทิเช่น การชำระร่างกาย การซักเสื้อผ้า การประกอบอาหาร การขับถ่าย ฯลฯ สิ่งสกปรกต่างๆ ในน้ำทิ้งประเภทนี้ส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร สบู่ ผงซักฟอก อุจจาระและปัสสาวะ ฯลฯ (เสริมพล รัตนสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2524)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิจกรรมที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดน้ำเสียชุมชนได้แก่

1.1 บ้านพักอาศัย น้ำเสียจากบ้านพักอาศัยนั้นเกิดจากเศษอาหารจากการล้างจานและภาชนะหรือจากการปรุงอาหาร รวมถึงสารต่างๆ ที่เกิดจากการทำความสะอาดเสื้อผ้า สิ่งของต่างๆ ภายในบ้านและการอาบน้ำ ซึ่งบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่มีอัตราการระบายน้ำเสียประมาณ 150 – 216 ลิตร/คน/วัน หรือประมาณ 180 ลิตร/คน/วัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2530)

1.2 ภัตตาคาร มีน้ำเสียเกิดจากห้องครัวและห้องส้วม โดยเฉพาะคราบน้ำมันและไขมันจะมีปริมาณสูงในน้ำเสียจากห้องอาหารหรือภัตตาคาร อันเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดการอุดตันในท่อระบายน้ำเสีย

1.3 โรงแรมมีน้ำเสียจากห้องน้ำและห้องส้วมจากห้องพัก และห้องครัวหรือภัตตาคารภายในโรงแรม อาคารสำนักงาน มีน้ำเสียจากห้องน้ำ ห้องส้วม

1.4 กิจกรรมอื่นๆ เช่น สถานบริการอาคารพาณิชย์ โรงเรียน อาคารชุด ตลาด สถานบริการจำหน่ายน้ำมัน เป็นต้น

จากการสำรวจของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติเกี่ยวกับน้ำเสียชุมชนและปัญหามลพิษน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปี พ.ศ. 2530 สรุปค่าปริมาณความสกปรกที่เกิดจากการดำเนินชีวิตของคนในอาคารประเภทต่างๆ ดังตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 สมมูลประชากรและลักษณะน้ำเสียชุมชน

กิจกรรม	ปริมาณน้ำเสีย	ปริมาณบีโอดี	ลักษณะน้ำเสีย (มก./ล.)			
			บีโอดี	ของแข็งแขวนลอย	น้ำมันและไขมัน	ทีเคเอ็น (ไนโตรเจน)
อาคารชุดและบ้านพัก	520 ลิตร/วัน-ห้อง ,หลัง	48 กรัม/วัน-ห้อง ,หลัง	151*	63*	473*	33*
โรงแรม	1,061 ลิตร/วัน-ห้อง	123 กรัม/วัน-ห้อง	190	84	563	23
หอพัก	78 ลิตร/วัน-ห้อง	76 กรัม/วัน-ห้อง	723**	660**	377**	329**
โรงพยาบาล	80 ลิตร/วัน-เตียง	94 กรัม/วัน-เตียง	238	87	631	15
ภัตตาคาร	25 ลิตร/วัน-ตร.ม.	53 กรัม/วัน-ตร.ม.	1,759	913	1,570	63
ตลาด	69 ลิตร/วัน-ตร.ม.	21 กรัม/วัน-ตร.ม.	1,172	660	897	76
ห้างสรรพสินค้า	4.6 ลิตร/วัน-ตร.ม.	0.27 กรัม/วัน-ตร.ม.	81	61	577	66
สำนักงาน	2.54 ลิตร/วัน-ตร.ม.	0.09 กรัม/วัน-ตร.ม.	180	158	450	44

หมายเหตุ: * หมายถึง บำบัดแล้วบางส่วน, ** หมายถึง น้ำเสียจากส้วม

ที่มา: ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2530)

2. น้ำเสียจากกิจกรรมการเกษตร

แหล่งกำเนิดน้ำทิ้งจากเกษตรที่สำคัญแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินได้เป็น พื้นที่เพาะปลูก ฟาร์มเลี้ยงสุกร และบ่อเลี้ยงปลา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 การเพาะปลูก

การเพาะปลูกเป็นพื้นที่สำคัญเนื่องจากมีเนื้อที่มากที่สุดและมีการใช้สารเคมีมากที่สุดด้วย น้ำเสียที่เกิดจากการเกษตรส่วนใหญ่แล้วเกิดมาจาก

2.1.1 การใช้ปุ๋ย ปุ๋ยที่ใส่ให้กับพืชจะถูกใช้ไม่หมดและตกค้างอยู่ในดินซึ่งถูกดูดซับไว้ในรูปของสารคอลลอยด์ในดิน และเกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบาดาล น้ำในแม่น้ำและน้ำทะเล เมื่อถูกละลายชะล้างลงไป ปุ๋ยเคมีส่วนใหญ่แล้วประกอบด้วยสารประกอบเชิงเดี่ยวของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารพืช สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff coefficient) ของมันแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการละลายตัวของปุ๋ย อัตราการดูดซึมของพืช อัตราการดูดซึมของดิน และอัตราการสลาย

2.1.2 สารเคมีที่ใช้ทางการเกษตร ประกอบด้วยยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อโรค และยาฆ่าหญ้า การใช้สารเหล่านี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ยาปราบศัตรูพืชที่ถูกฉีดพ่นลงไปในไร่และนานั้นบางส่วนจะติดอยู่ตามใบ บางส่วนก็อาจตกลงไปบนพื้นดิน และบางส่วนอาจถูกพาโดยลมไปตกยังที่ต่างๆ เมื่อฝนตกก็จะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ

2.2 ฟาร์มสุกร

ของเสียจากฟาร์มสุกรก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมากเนื่องจากมีความสกปรก ปัญหาสำคัญที่เป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการเลี้ยงสุกร ได้แก่ ปัญหาน้ำเสีย ปัญหามลพิษทางเสียง และปัญหากลิ่นรบกวน ของเสียที่เป็นปัญหาหลักสำหรับฟาร์มสุกรมีดังต่อไปนี้

2.2.1 ส่วนที่เป็นของแข็ง โดยของเสียที่เป็นของแข็งส่วนมากเป็นมูลสุกรที่เกิดขึ้นจากการขับถ่ายทุกวัน และเศษอาหารที่สุกรทำหกลงบนพื้นคอก ถุงใส่อาหาร ขวดยา เข็มฉีดยา เป็นต้น

2.2.2 ส่วนที่เป็นน้ำเสีย น้ำเสียจากฟาร์มนั้นเกิดจากน้ำล้างคอกหรือโรงเรือน น้ำล้างตัวสุกร และปัสสาวะของสุกร ทั้งนี้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นอยู่กับจำนวนสุกร ลักษณะการใช้น้ำของเกษตรกรแต่ละราย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การเพาะเลี้ยงปลา

การเพาะเลี้ยงปลาเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งภายในฟาร์มและส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังสิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม ซึ่งมลพิษที่ทำให้เกิดน้ำเสียภายในฟาร์มเพาะเลี้ยงแบ่งได้ 4 ประเภท ดังนี้

2.3.1 มลพิษจากการเตรียมบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ การปรับดินสภาพให้มีความเป็นกรด – ด่าง ให้เหมาะสม การเติมปุ๋ยอินทรีย์หรืออนินทรีย์ (ปุ๋ยเคมี) เพื่อสร้างอาหารธรรมชาติให้เกิดขึ้นในบ่อ นอกจากนั้นการใส่ปุ๋ยจะช่วยลดความขุ่นของน้ำที่เกิดจากอนุภาคของดิน โดยอนุภาคของดินจะตกตะกอนและทำให้น้ำใสขึ้น

2.3.2 มลพิษจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ สิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำจัดเป็นสารอินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ แต่ถ้ามีมากเกินไปธรรมชาติก็ไม่สามารถบำบัดตัวเองได้ทัน ดังนั้นจึงเกิดปัญหาตามมา สิ่งขับถ่ายสัตว์น้ำทุกชนิดจะประกอบด้วยไนโตรเจนมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแอมโมเนีย แอมโมเนียในน้ำจะอยู่ใน 2 รูป คือ แอโมเนียอิสระ (NH_3) ซึ่งมีพิษอย่างมากต่อปลา เนื่องจากทำให้ปลาอ่อนแอและติดโรคได้ง่าย และไอออนแอมโมเนีย (NH_4^+) ที่ไม่มีพิษต่อปลา สภาพด่างของน้ำเป็นตัวกำหนดความเป็นพิษของแอมโมเนีย ถ้าน้ำสภาพด่างสูงทำให้ปลามีโอกาสได้รับอันตรายจากแอมโมเนียน้อยมาก

2.3.3 มลพิษจากยารักษาโรค อาจกล่าวได้ว่ายารักษาโรคก็คือ สารเคมีชนิดหนึ่ง ยารักษาโรคปลา ได้แก่ ฟอร์มาลิน มาลาไคท์กรีน ด่างทับทิม เกลือแกง ปูนขาว ออกซิเตตราไซคลิน และดิพเทอร์เร็กซ์ เป็นต้น

3. น้ำเสียจากอุตสาหกรรม

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่ประเทศอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการขยายตัวของภาคอุตสหกรรม ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น โดยที่โรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีมากมายหลากหลายประเภท จึงเป็นไปไม่ได้ที่น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะเหมือนกันทุกโรงงาน แม้กระทั่งในโรงงานประเภทเดียวกัน ลักษณะของน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานนั้นยังแตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปลักษณะน้ำเสียตามประเภทอุตสาหกรรมได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1 อุตสาหกรรมอาหาร น้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทนี้จะมีความแตกต่างตามประเภทโรงงาน วัตถุดิบ กระบวนการผลิต และปริมาณผลผลิต ลักษณะโดยทั่วไปจะประกอบด้วยอินทรียวัตถุ ตะกอนแขวนลอย โลหะหนัก และน้ำเสียที่ประกอบด้วยน้ำมัน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยเฉพาะพวกแป้งและเบียร์จะทำให้มีค่าบีโอดีสูง

3.2 อุตสาหกรรมสิ่งทอ มีความแตกต่างกันอย่างมากมายในส่วนประกอบของน้ำเสียระหว่างอุตสาหกรรมสิ่งทอธรรมชาติกับสิ่งทอทางด้านเคมี น้ำเสียจากอุตสาหกรรมทอขนสัตว์ประกอบด้วยค่าบีโอดีที่มีความเข้มข้นสูงไขมันและด่าง น้ำเสียจากการย้อมจะประกอบด้วยมลสาร เช่น สีย้อม และสารเคมีอื่นๆ คุณภาพและปริมาณจะแตกต่างกันไปตามวันต่อวัน ตามฤดูกาล และตามการเปลี่ยนแบบตามแฟชั่น

3.3 อุตสาหกรรมผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ เป็นลักษณะของอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำ สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษใช้ต้นไม้จากธรรมชาติเป็นวัตถุดิบ นำมาเติมด้วยสารเคมีและนำไปต้มเอาเพียงเซลลูโลสมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นปล่อยส่วนประกอบอื่นๆ ให้เป็นวัตถุเจือปนลงในน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียเกิดมีมลพิษสูง น้ำเสียจะมีลักษณะที่มีทั้งค่าบีโอดีและมีสีเจือปนที่ค่อนข้างสูง ส่วนในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษมีกระบวนการเพิ่มเติมจากอุตสาหกรรม คือ นำเยื่อกระดาษมาเติมด้วยฟิลเลอร์ (Kaolin, Clay และตัวอื่นๆ) เพื่อทำให้เป็นแผ่นกระดาษ ลักษณะของน้ำเสียจึงประกอบไปด้วยเส้นใยละเอียดหรือ กระดาษ และสารที่เป็นฟิลเลอร์ต่างๆ และยังเต็มไปด้วยวัสดุจำนวนมากที่ลอยอยู่บนผิวหน้า

3.4 อุตสาหกรรมเครื่องหนัง น้ำเสียจะมีค่าบีโอดีค่อนข้างสูงซึ่งมาจากสารแทนนินที่ใช้ในการฟอกหนังและจากหนังดิบและยังประกอบด้วยโครเมียมที่ใช้ในการฟอกหนัง และปูนขาวที่ใช้ในการบำบัดขั้นต้น ของแข็งแขวนลอย และสีจากการย้อม

3.5 อุตสาหกรรมผลิตเคมีภัณฑ์ น้ำเสียมักจะประกอบไปด้วยสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามประเภทของกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมผลิตสารเคมีจะปล่อยน้ำเสียที่มีสารเคมีหลายประเภท สารอันตราย สารประกอบที่มีกลิ่นเหม็น ซึ่งมีสภาพของการเป็นกรดหรือเป็นด่างสูง และจะมีสารประกอบที่มีค่าซีโอดีสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 อุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมัน ส่วนประกอบที่สำคัญของมลสาร คือ น้ำมันที่ล้นออกมา ที่มีอยู่ในสภาพอีมัลชั่น และน้ำเสียก็ยังเต็มไปด้วยสารที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซัลไฟด์ตัวอื่นๆ แอมโมเนีย เมอร์แคปแทน และฟีนอล เป็นต้น

3.7 อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นน้ำเสียที่ประกอบด้วย สารไฮโดรคาร์บอนสารประกอบอินทรีย์ ตัวเค็ทตาลิตส์ต่างๆ และส่วนประกอบอื่นๆ ขึ้นกับประเภทของผลิตภัณฑ์

3.8 อุตสาหกรรมผลิตเหล็กและเหล็กกล้า เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำในปริมาณสูง น้ำเสียเกิดจากกระบวนการความเย็นและทำความสะอาดสำหรับเตาหลอมถ่านโค้ก ประกอบด้วย แอมโมเนีย ไซยาไนด์ ฟีนอล เป็นต้น นอกจากนี้ น้ำเสียที่มาจากกระบวนการกำจัดฝุ่นจากเตาหลอมจะประกอบด้วยของแข็งแขวนลอย และจากกระบวนการล้างด้วยกรดประกอบด้วย กรดเหล็ก และน้ำมัน

3.9 อุตสาหกรรมผลิตโลหะที่นอกเหนือไปจากเหล็ก สินแร่ ดีบุก ทองแดง ทองคำ และเงิน โดยปกติจะประกอบด้วยสารเจือปนพวก แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู เป็นต้น สารเหล่านี้อาจจะถูกละลายออกมาในระหว่างกระบวนการผลิตหรืออยู่ในน้ำเสีย ซึ่งอาจตกค้างในดินหรือเกิดจากการปนเปื้อนในน้ำใต้ดินหากมีการระบายน้ำที่ไม่ได้มาตรฐานลงสู่ผิวดิน

3.10 อุตสาหกรรมการเคลือบโลหะ มีการใช้วัตถุดิบและสารเคมีหลายตัวในอุตสาหกรรมประเภทนี้ ดังนั้นในน้ำเสียจึงประกอบกับโลหะหนักหลายชนิด เช่น แคดเมียม สังกะสี ทองแดง ไซยาไนด์ โครเมียมเฮกซาวาเลนท์ กรดและด่าง เป็นต้น

3.11 อุตสาหกรรมเซรามิกส์และซีเมนต์ มีน้ำเสียที่ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์แขวนลอยที่มีสภาพเป็นด่าง ในส่วนของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ยังมีสารจำพวกให้สี และสารพวกวัตถุอันตรายเจือปนอยู่ด้วย

ผลกระทบของน้ำเสีย

1. ผลกระทบต่อการกสิกรรม น้ำเสียที่ส่งผลกระทบต่อการกสิกรรมนั้น เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียที่มีความเป็นกรดด่างสูงมีปริมาณเกลืออนินทรีย์ หรือสารพิษสูง น้ำเสียนี้เกิดจากการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แหล่งน้ำโดยปราศจากการบำบัด ทำให้แหล่งน้ำมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ทำให้ผลผลิตของเกษตรกรมีปริมาณต่ำ

2. ผลกระทบต่อการประมง มลสารที่ปนเปื้อนในน้ำอาจทำให้สัตว์น้ำต่างๆ เช่น ปลา กุ้ง ตายหรือค่อยๆ ลดจำนวนลงเนื่องจากไม่สามารถดำรงชีวิตและแพร่พันธุ์ได้ตามธรรมชาติ น้ำเสียที่มีสารพิษเจือปนทำให้ปลาตายทันที ส่วนน้ำเสียที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ หากลดมากๆ ในทันทีก็อาจจะทำให้ปลาตายได้ แต่ถ้าลดไม่มากนักก็อาจทำลายสัตว์น้ำเล็กที่เป็นอาหารของตัวอ่อน ทำให้ปลาขาดสารอาหารในที่สุดปลาก็จะลดจำนวนลง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการประมงเป็นอย่างยิ่ง

3. ผลกระทบต่อการสาธารณสุข น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารพิษเจือปน สารพิษเหล่านี้ทำให้เกิดโรคร้ายแรง ทำลายสุขภาพของประชาชนทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม เช่น โรคมินามาตะ เกิดจากคนที่รับประทานปลาที่มีสารปรอทสูง อีกทั้งยังจะก่อให้เกิดโรคระบาดหลายชนิด เช่น อหิวาตกโรค ไข้ไทฟอยด์ โรคบิด เกิดจากน้ำสกปรกเป็นพาหะ นอกจากนี้แม่น้ำลำคลองที่เน่าเสียส่งกลิ่นเหม็นก่อให้เกิดความเดือนร้อนรำคาญเป็นการบั่นทอนสุขภาพของผู้อยู่อาศัยอยู่ริมแม่น้ำลำคลองและผู้สัญจร

4. ผลกระทบต่ออุตสาหกรรม น้ำเป็นวัตถุดิบในอุตสากรรมน้ำดื่มและเครื่องดื่มอื่นๆ และใช้ในขบวนการต่างๆ ของการอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในการหล่อเย็น ใช้ในการซักล้าง ใช้ในขบวนการผลิต เป็นต้น ถ้าน้ำในแหล่งน้ำคุณภาพไม่เหมาะสมที่จะใช้ เช่น มีความขุ่น มีความเป็นกรด - ด่าง และความกระด้างสูง ก่อนที่จะนำไปใช้ต้องมีการปรับคุณภาพน้ำให้เหมาะสม ทำให้ต้องมีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำเป็นปัจจัยในการผลิต เช่น อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ อุตสาหกรรมสุรา นอกจากค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โรงงานเหล่านี้ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมอุปกรณ์ เครื่องจักรที่เสียหายจากการใช้น้ำไม่ได้คุณภาพอีกด้วย

5. ผลกระทบต่อการผลิตน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค ปัญหาน้ำเสียส่งผลกระทบต่อการผลิตน้ำกินน้ำใช้อย่างยิ่ง โดยแหล่งน้ำที่ผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ ได้แก่ ลำคลอง แต่เมื่อแหล่งน้ำเกิดเน่าเสีย ทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำเข้าเกณฑ์มาตรฐานเพิ่มขึ้นทำให้มีต้นทุนในการผลิตน้ำมากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6 ผลกระทบต่อการคมนาคม การที่แหล่งน้ำมีตะกอน หรือขยะมูลฝอยมาตกทับถมมากๆ ทำให้แหล่งน้ำมีสภาพตื้นเขิน การคมนาคมทางน้ำเป็นไปอย่างลำบาก และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขุดลอกอีกด้วย

7. ผลกระทบต่อทัศนียภาพ สภาพน้ำเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อทัศนียภาพและทำลายแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ ทั้งยังส่งเสียต่อการท่องเที่ยวและแสดงถึงความสะอาดของบ้านเมืองและทำลายภาพพจน์ต่างๆ ของนักท่องเที่ยวและผู้พบเห็นโดยทั่วไป

8. ผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม น้ำทิ้งและน้ำเสียต่างๆ จากโรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล ตลาดสด ภัตตาคาร และอื่นๆ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งกระทบกระเทือนทางด้านเศรษฐกิจ รวมทั้งเป็นที่น่ารังเกียจของสังคมเนื่องจากมักจะส่งกลิ่นเหม็นและแสดงถึงการกินดีอยู่ดีและความสะอาดของบ้านเมืองด้วย

การบำบัดน้ำเสีย

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2523) ได้รายงานหลักการบำบัด/กำจัดน้ำเสียไว้ 4 ประการ ขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนในน้ำเสียนั้น ไว้ดังนี้คือ

1. หลักการทางกายภาพ โดยมักจะใช้กับของเสียในน้ำที่เป็นของแข็งขนาดใหญ่ เช่น เศษผ้า กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร เป็นต้น หรือกรวด ทราย และไขมัน น้ำมันที่ไม่ละลายน้ำ โดยอุปกรณ์ที่ใช้บำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ได้แก่ ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด ถังดักกรวด ทราย ถังดักไขมัน ถังดักตะกอน เป็นต้น

2. หลักการทางเคมี ใช้กับน้ำเสียที่มีความเป็นกรดและด่างสูงเกินไป โลหะหนักที่เป็นพิษ มีสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก มีสารประกอบอนินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นพิษ เช่น ซัลไฟด์ และมีไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ กระบวนการทางเคมีที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ได้แก่ โคแอกกูเลชัน (Coagulation) การตกตะกอนผลึก (Precipitation) การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) การแลกเปลี่ยนไอออน (Iron exchange) และการออกซิเดชัน – รีดักชัน (Oxidation - Reduction)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. หลักการทางชีววิทยา แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

3.1 แบบใช้ออกซิเจน เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยอาศัยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในหลักการนี้ ได้แก่ Oxidation pond, Aerated lagoon, Activated sludge, Trickling filters และ Biodisc เป็นต้น

3.2 แบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยอาศัยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน เทคโนโลยีที่ใช้หลักการนี้ เช่น บ่อพักไร้อากาศ (Anaerobic lagoon) การย่อยแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion)

4. หลักการทางฟิสิกัลเคมี เป็นการแยกสารพิษทางน้ำโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์และเคมีร่วมกัน เทคโนโลยีที่อาศัยหลักการนี้ ได้แก่ การดูดซับโดยผงถ่าน (Ion exchange)

ขั้นตอนในการกำจัดน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย

1. การกำจัดน้ำเสียขั้นต้น (Primary wastewater treatment) ได้แก่ การกำจัดสารที่ลดหรือตกตะกอนได้ในน้ำเสีย เป็นการลดปริมาณของแข็ง และน้ำมันหรือไขมันที่ลอยอยู่ กระบวนการบำบัดขั้นต้นสามารถกำจัดปริมาณของแข็งและบีโอดีได้ราว 20 – 35 เปอร์เซ็นต์ (พิพัฒน์ ภูริปัญญาคุณ, 2540) กระบวนการนี้ประกอบด้วย

1.1 การกรองด้วยตะแกรง (Screening) โดยใช้ตะแกรง 2 แบบ คือ ตะแกรงหยาบใช้สำหรับดักสิ่งของที่ลอยน้ำ เช่น เศษขยะ ใบไม้ ถุงพลาสติก กับตะแกรงละเอียดที่มีขนาดตาเล็กกว่าตะแกรงหยาบใช้ดักสิ่งของที่มีขนาดเล็ก ตะแกรงทั้งสองชนิดนี้ช่วยป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำอุดตัน

1.2 การจำกัดกรวดทราย (Grit removal) ถังดักกรวดทรายเป็นถังขนาดเล็กที่ออกแบบให้สามารถดักจับทรายในน้ำเสียที่ไหลผ่าน เพื่อป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำสึกกร่อนและเกิดความเสียหายเนื่องจากถูกขัดสีจากกรวดทราย

1.3 การตกตะกอน (Sedimentation) ของแข็งหรือสารแขวนลอยที่ลอดผ่านตะแกรงมาได้ จะถูกบำบัดออกจากน้ำเสียด้วยถังตกตะกอนซึ่งเป็นถังขนาดใหญ่ที่เป็นที่พักน้ำเสีย เมื่อน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไหลเข้ามาในถังตกตะกอน น้ำเสียจะใช้เวลาในถังนี้ประมาณ 2 – 4 ชั่วโมง ทำให้สารแขวนลอยมีเวลาตกตะกอนลงสู่ก้นถัง น้ำเสียที่ไหลออกไปจึงมีสารแขวนลอยที่เหลือน้อย

1.4 การกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease removal) น้ำเสียหลายประเภทมีน้ำมันหรือไขมันปนอยู่ด้วย ถังดักไขมันหรือน้ำมัน อาศัยหลักการไขมันหรือน้ำมันเบากว่าน้ำ จึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำ ซึ่งสามารถกวาดไขฝ้าหรือสารที่ลอยมากับน้ำเสียบนผิวของถังดัก และสามารถปล่อยเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักได้

2. การกำจัดน้ำเสียขั้นที่สอง (Secondary wastewater treatment) เป็นการกำจัดน้ำเสียหลังจากที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว โดยจะใช้เทคโนโลยีในการกำจัดสูงกว่า และมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่า ซึ่งสามารถกำจัดบีโอดีในน้ำเสียให้ลดปริมาณลงอีกร้อยละ 50 – 90 ขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้ โดยใช้หลักการ 2 ประการ คือ

2.1 หลักการทางชีวภาพ เป็นการใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย สารอินทรีย์ซึ่งเป็นความสกปรกจะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงไว้ในถังเชื้อ ทำให้น้ำเสียมีความสกปรกลดลง ซึ่งจุลินทรีย์ที่ใช้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนก็ได้ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2523) ระบบบำบัดแบบชีวภาพ ได้แก่

2.1.1 ระบบ Activated Sludge ประกอบด้วยถังเติมอากาศเพื่อให้จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายบีโอดี เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ออกซิเจนและสร้างจุลินทรีย์ใหม่ขึ้น ระยะเวลาการเติมอากาศมักใช้เวลา 6 – 12 ชั่วโมง ในถังลึก 3 – 6 เมตร น้ำเสียจึงถูกนำเข้าถังตกตะกอน ตะกอนคือจุลินทรีย์ที่ถูกผลิตขึ้นส่วนหนึ่งจะถูกส่งกลับไปยังถังเติมอากาศ เพื่อเป็นเชื้อในการบำบัดต่อไป ส่วนที่เหลือจะถูกส่งไปยังระบบกำจัดสลัดจ์

2.1.2 ระบบ Aerated Lagoon ระบบสระเติมอากาศ ใช้ปฏิกิริยาทางชีววิทยาเช่นเดียวกับระบบ Activated Sludge แต่มักใช้บ่อที่ขุดขึ้นให้ลึก 2 - 6 เมตร และระยะเวลาเก็บกัก 5 – 10 วัน ใช้ระบบเติมอากาศบนผิวน้ำแบบง่ายๆ และไม่มีการใช้ตะกอนหมุนเวียน

2.1.3 ระบบ Oxidation Pond ระบบคูวนเวียนเหมือนกับระบบ Activated Sludge แต่ใช้รูปถังเป็นเหมือนคลองรูปไข่ และมักใช้ระบบเติมอากาศบนผิวน้ำแบบแนวนอนที่เรียกว่า brush rotor ในถังลึก 1 – 2 เมตร นานราว 24 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.4 ระบบ Trickling Filter มีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงระบบ Activated Sludge แต่มีข้อดีตรงที่ค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายถูกกว่าระบบ Activated Sludge และการควบคุมระบบง่ายกว่ามาก ข้อเสียของระบบนี้คือ มีกลิ่นเหม็น และไม่เหมาะกับชุมชนขนาดใหญ่เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของถังลานกรอง ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะสำหรับชุมชนที่มีขนาดเล็กและมีที่ดินราคาต่ำ

2.1.5 ระบบ Bio-Disc ระบบนี้มีประสิทธิภาพสูงสุดทัดเทียบกับระบบ Activated Sludge แต่มีข้อดีกว่า เช่น ควบคุมและบำรุงรักษาง่ายกว่า ค่าใช้จ่ายในการกำจัดต่ำ ค่าก่อสร้างและพื้นที่ต้องการเท่า กับระบบ Activated Sludge

2.1.6 ระบบ Rotating Biological Contactor ใช้แผ่นพาสติกทำเป็นรูปทรงกระบอกแนวนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 – 3 เมตร แผ่นจะจมอยู่ในน้ำราวร้อยละ 40 ของพื้นที่หน้าตัดและหมุนไปช้าๆ รอบๆ แกน เป็นการให้โอกาสจุลินทรีย์ที่ติดอยู่กับแผ่นได้รับอากาศและอาหาร (จากน้ำเสีย) สลับกันไป

2.1.7 ระบบ Grass Filtration เป็นการบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยธรรมชาติ ซึ่งจะปล่อยน้ำเสียที่รวบรวมมาปล่อยลงไปในบ่อที่มีการปลูกหญ้า หรือพืชที่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ เช่น ผักตบชวา กก ธูปฤาษี เป็นต้น

2.1.8 ระบบ White and Red Mangrove เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติอีกวิธีหนึ่ง โดยจะปล่อยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้วให้ไหลผ่านป่าชายเลน ซึ่งป่าชายเลนจะสามารถกรองและดูดซับมลสารและสิ่งสกปรกต่างๆ ออกจากน้ำเสีย จนกลายเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีสามารถนำไปใช้เพื่อการเกษตรและปล่อยลงสู่ทะเลได้อย่างปลอดภัย

2.1.9 ระบบ Lagoon Treatment เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่สร้างเป็นบ่อดินอาจจะเป็นบ่อเดียวหรือหลายบ่อ ต่อกันแบบอนุกรม โดยจะมีทั้งบ่อที่ใช้ออกซิเจน ไม่ใช้ออกซิเจน และประเภทกึ่งไร้อากาศ ทั้งนี้จะทำการเก็บกักน้ำเสียไว้ โดยมีระยะเวลาพักตัวในบ่อนานพอที่จะให้จุลินทรีย์ได้ย่อยสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย

2.1.10 ระบบ Anaerobic Lagoon เป็นวิธีการกำจัดน้ำเสียแบไม่ใช้ออกซิเจนที่ง่ายที่สุด เป็นระบบที่ไม่ใช้เครื่องจักรกลและอาศัยธรรมชาติมากที่สุด เหมาะสำหรับกำจัดน้ำทิ้งที่มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บีโอดีสูง และที่ดินราคาไม่สูงนักและใช้พื้นที่น้อยกว่าระบบ Oxidation Pond ประมาณ 10 - 30 เท่า แต่มีข้อเสียในเรื่องกลิ่น

2.1.11 ระบบ Conventional Anaerobic Digestion เป็นระบบที่มีความยุ่งยากเพิ่มขึ้นจากระบบ Anaerobic Lagoon และอัตราการทำลายบีโอดีเร็วกว่า ใช้กำจัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีสูง

2.1.12 ระบบ Anaerobic Contact เหมาะสำหรับใช้ในการกำจัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีปานกลาง ประสิทธิภาพในการกำจัดสูง

2.1.13 ระบบ Anaerobic Filter คล้ายคลึงกับระบบ Trickling Filter เหมาะสำหรับการกำจัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีไม่สูงนัก เช่นเดียวกับระบบ Anaerobic Contact แต่การเดินระบบจะง่ายกว่ามากเนื่องจากไม่ต้องมีการตกตะกอนและไม่ต้องสูบตะกอนจากก้นถังตะกอนกลับเข้าถังปฏิกิริยาอีก

2.1.14 ระบบ Septic Tank มีประสิทธิภาพในการกำจัดต่ำ แต่การทำงานของระบบง่าย ค่าใช้จ่ายต่ำ ใช้พื้นที่น้อย ส่วนมากฝังอยู่ในดิน นิยมใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยส่วนบุคคล

2.2 หลักการกำจัดน้ำเสียโดยวิธีทางเคมี (Chemical wastewater treatment) เหมาะสำหรับกำจัดน้ำเสียที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง คือ มีกรดหรือด่างสูงเกินไป มีโลหะหนักที่เป็นพิษ มีสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก มีสารประกอบอนินทรีย์ละลายที่เป็นพิษ และหรือมีไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ ทำให้ยากแก่การกำจัดทางชีวภาพ เช่น น้ำเสียจากอุตสาหกรรม ประเภทโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โรงงานชุบโลหะ

2.2.1 กระบวนการโคแอกกูเลชั่น (Coagulation) ตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามาก เรียกว่า คอลลอยด์ ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยวิธีการตกตะกอนแบบธรรมชาติ เนื่องจากมีขนาดเล็กเกินไปจึงต้องมีการเติมสารโคแอกกูเลชั่น (Coagulant) เช่น สารส้ม ลงไปในน้ำเสียทำให้คอลลอยด์หลายๆ อนุภาคจัดตัวกันเป็นกลุ่ม เรียกว่า ฟล็อก (Floc) จนมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้รวดเร็ว สารโคแอกกูแลนต์ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวประสานให้อนุภาคมารวมกันเป็น ฟล็อก ซึ่งการประสานคอลลอยด์นี้เรียกว่า โคแอกกูเลชั่น (Coagulation)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.2 การทำให้เป็นกลางหรือการปรับพีเอช (Neutralization) น้ำเสียบางชนิดอาจมีพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป โดยน้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำ สามารถทำให้เป็นกลางโดยใช้ปูนขาว โซดาไฟ หรือโซดาแอช ส่วนน้ำที่มีพีเอชสูง ทำให้เป็นกลางโดยใช้กรดต่างๆ เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรืออาจใช้คาร์บอนไดออกไซด์ก็ได้

2.2.3 การตกตะกอนผลึก (Precipitation) มักใช้กับการกำจัดโลหะหนัก โลหะหนักที่พบในน้ำเสียและเป็นปัญหา มักอยู่ในรูปของสารละลาย ทำให้ไม่สามารถกำจัดออกจากน้ำเสียได้ด้วยวิธีตกตะกอน (Sedimentation) หรือกรองเพียงลำพัง การกำจัดโลหะหนักจำเป็นต้องทำให้เกิดการตกผลึกของแข็ง (Precipitation) เสียก่อนจึงจะทำให้ผลึกรวมกันเป็นก้อน หรือฟล็อก (Floc) เพื่อให้สามารถแยกออกจากน้ำโดยวิธีตกตะกอนและกรอง ดังนั้นกรกำจัดโลหะหนักจึงต้องใช้วิธีตกผลึกรวมกับวิธีโคแอกกูชั่น (Coagulation) และผสมด้วยการตกตะกอนและวิธีกรอง

2.2.4 การเติมหรือลดออกซิเจน (Oxidation-reduction) ทำได้โดยการใช้กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยา แต่ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากค่าใช้จ่ายสูง

2.2.5 การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination) เป็นการกำจัดขั้นสุดท้ายเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่ปะปนมากับน้ำเสีย

2.3 การกำจัดน้ำเสียขั้นสูง (Advanced wastewater treatment) เป็นการกำจัดน้ำเสียขั้นสูงสุด ด้วยหลักการฟิสิกัลเคมี ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีและค่าลงทุนสูง ใช้สำหรับการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่ำมาก ไม่เหมาะสมที่จะกำจัดโดยวิธีอื่นซึ่งประกอบด้วย

2.3.1 กระบวนการ Carbon Absorption เป็นการกำจัดน้ำเสียโดยการดูดซึมด้วยถ่าน สามารถใช้แยกสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์มักใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในการฟอกสีน้ำตาลทราย การฟอกสีผงชูรส การปรับคุณภาพน้ำ เป็นต้น

2.3.2 กระบวนการ Ion Exchange เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน ระหว่างสารละลายกับสารประกอบซึ่งไม่ละลายในสารละลายนั้น ใช้มากในการแก้ไขน้ำกระด้าง และทำให้น้ำบริสุทธิ์ปราศจากแร่ธาตุ เพื่อใช้ในการทำไอน้ำ และนิยมใช้ในการกำจัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมชุบโลหะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3.3 กระบวนการ Stripping เป็นกระบวนการแยกแก๊สหรือสารประกอบที่ระเหยง่ายออกจากน้ำทิ้งสัมผัสกับอากาศทำให้แก๊สหรือสารระเหยออกไป วิธีนี้ใช้ในการกำจัดแอมโมเนียม คาร์บอนไดออกไซด์ และสารอินทรีย์ที่ระเหยเป็นไอง่าย

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ กำเนิดมาจากพระราชดำริขององค์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ระหว่างทรงินกลับจากการเยี่ยมราษฎรในพื้นที่ภาคใต้พื้นที่จังหวัดเพชรบุรี ทรงเห็นพื้นที่ป่าชายเลนถูกกัดเซาะบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณกว้าง จึงทรงดำริว่าให้ใช้ปุ๋ยหมักจากขยะเทศบาลเมืองเพชรบุรีแล้วนำมาถมป่าชายเลนที่ถูกกัดเซาะจากพระราชดำริดังกล่าว โครงการกำจัดขยะเมืองเพชรบุรได้เริ่มดำเนินการทันที พระองค์ท่านทรงดำริปัญหาน้ำเสียชุมชน น่าจะใช้พืชบำบัดได้ จึงทรงส่งคณะเจ้าหน้าที่มูลนิธิชัยพัฒนาข้าราชการ กปร. และข้าราชการกรมชลประทานไปศึกษาดูงาน ณ. ประเทศออสเตรเลียเรื่อง Grass Filtration เป็นโครงการปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์โดยใช้น้ำเสียจากบ้านเรือนและชุมชน ที่ได้ผลดีมาก คณะศึกษาดูงานกลับประเทศไทย ได้หารือแนวทางการศึกษาวิจัยเพื่อสนองพระราชดำริ แต่ทางคณะที่ไปดูงานไม่มีผู้เชี่ยวชาญการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ จึงได้ส่งเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน คือ คุณเอนก เอกก้านตรง ไปหารือกับศาสตราจารย์ ดร. เกษม จันแก้ว ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้ซึ่งเป็นประธานโครงการวิจัยสิ่งแวดล้อมบึงมักกะสัน เพื่อหาแนวทางในการวิจัยร่วมกับหน่วยงานอื่นๆ พร้อมทั้งทูลถวายพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงวินิจฉัย เมื่อพระองค์ทรงวินิจฉัยได้มอบให้สำนักงาน กปร. เป็นผู้ดำเนินการและประสานงานวิจัยกับหน่วยงานต่างๆ สำนักงานกปร. รับพระราชโองการแล้วนำมาดำเนินการวิจัยตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2534 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน โดยมีมูลนิธิชัยพัฒนาเป็นฝ่ายสนับสนุงบประมาณ (มูลนิธิชัยพัฒนา และคณะ, 2542) โดยบทบาหน้าที่ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เป็นการศึกษาวิจัยที่มุ่งเน้นการสร้างเทคโนโลยีในการนำไปใช้เพื่อขจัดปัญหาขยะและน้ำเสียชุมชน ณ เขตชุมชน/เมือง การวิจัยยังได้วงรูปแบบกรค้นคว้าในด้านเศรษฐศาสตร์ สังคมศาสตร์ ประชาสัมพันธ์ และสิ่งแวดล้อมศึกษา เพื่อนำไปสู่ความสำเร็จของการนำเทคโนโลยีกรกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียชุมชนของภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ (มูลนิธิชัยพัฒนา และคณะ, 2543)

หลักการของบำบัดน้ำเสียตามโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำด้วยกัน 4 เทคโนโลยี คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่สร้างเป็นบ่อดิน อาจจะเป็นบ่อเดียวหรือหลายๆ บ่อ ต่อกันแบบอนุกรม ทั้งนี้จะเก็บกักน้ำเสียไว้ โดยให้มีระยะเวลาพักตัวในบ่อนานพอที่จะให้จุลินทรีย์ได้สลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย ทั้งนี้จุลินทรีย์จะได้รับออกซิเจนจากสองแหล่งด้วยกัน คือ จากการถ่ายเทออกซิเจนในบรรยากาศลงสู่น้ำและอีกส่วนได้รับจากปฏิกริยาการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย (photosynthesis) ที่เกิดขึ้นในบ่อนั้นเอง (มูลนิธิชัยพัฒนา และคณะ, 2543) โดยมีการทดลองของการใช้หลักการดังกล่าว คือ

การบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ

1.1) โครงการปรับปรุงบึงมักกะสันเป็นโครงการในพระราชดำริ เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อกำจัดน้ำเสียอย่างประหยัด (2530) ได้มีการศึกษาในเรื่อง “ความเป็นไปได้และแนวทางในการใช้พืชน้ำในการบำบัดน้ำเสีย” กล่าวว่า พืชน้ำจำพวกผักตบชวา มีศักยภาพการบำบัดน้ำเสีย/การดูดซับสารพิษของบึงมักกะสัน นั้นมีศักยภาพสูงในการบำบัดน้ำเสีย โดยพื้นที่ของแปลงปลูกอยู่ที่ร้อยละ 10 – 20 ของพื้นที่บึงหรือพื้นที่ผิวน้ำ และมีการจัดเก็บเกี่ยวภายหลังการปลูกในระหว่างสัปดาห์ที่ 16 – 17 ซึ่งเป็นอัตราการเจริญโตเต็มที่ของผักตบชวา โดยค่าของน้ำเสียก่อนมีการบำบัดมีค่า pH, COD, BOD, SS/TDS และ N มีค่าเฉลี่ย 7.15, 81 มก./ล., 24 มก./ล., 78 มก./ล. และ 8.72 มก./ล. ตามลำดับ และมีค่าดัชนีที่มีขีดความสามารถในการบำบัดน้ำเสียดังต่อไป

1) COD	27 – 42 %
2) BOD	3 – 57 %
3) N	26 – 38 %
4) P	12 -18 %
5) Coliform Bacteria	85 – 98 %

1.2) บุญส่ง ไข่เกษ และคณะ (2535) ได้ศึกษา “การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนการเคหะแห่งชาติด้วยพืชน้ำ” โดยทำการทดลองที่ชุมชนการเคหะนครหลวง จังหวัดสมุทรปราการ ด้วยพืชน้ำ 3 ชนิด ได้แก่ ผักตบชวา จอก และแหน ได้ผลการทดลองปรากฏว่าผักตบชวาเป็นพืชน้ำที่มีความเหมาะสมในการใช้บำบัดน้ำเสียมากกว่าจอกและแหน และจากการทดลองใช้ผักตบชวาใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การบำบัดน้ำเสีย โดยใช้บ่อผันสภาพรูปตัว “L” ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 4,500 ตารางเมตร ความลึก 1.50 เมตร เป็นบ่อทดลองซึ่งทำการปลูกผักตบชวาลงไปในบ่อเท่ากับ 2/3 ของพื้นที่บ่อทั้งหมด และมีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียระหว่าง 2.28 – 3.16 วัน ผักตบชวาภายในบ่อทดลองถูกเก็บเกี่ยวครั้งละ 9 % ของผักตบชวาทั้งหมดทุกๆ เดือน ด้วยระยะเวลาของการทดลอง 7 เดือน ปรากฏว่าบ่อผักตบชวามีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีได้ร้อยละ 54.68 โดยน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อผักตบชวามีค่าบีโอดี 33.10 มก./ล. ความสามารถในการกำจัดบีโอดีของบ่อผักตบชวาเท่ากับ 11 กรัม/ตารางเมตร/วัน การกำจัดไนโตรเจน 18.20 มก./ล. เท่ากับ 2.79 กรัม/ตารางเมตร/วัน และการกำจัดฟอสฟอรัส 2.56 มก./ล. เท่ากับ 0.49 กรัม/ตารางเมตร/วัน ซึ่งคุณภาพของน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีค่าบีโอดี 73.03 มก./ล. ค่า TKN 27.93 มก./ล. ค่าฟอสฟอรัส 4.38 มก./ล

2) การบำบัดน้ำเสียด้วยหญ้ากรองน้ำเสีย

จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินที่อยู่ได้ทั้งแบบมีอากาศและไม่มีอากาศ สามารถย่อยสลายลายสารอินทรีย์ได้ เนื่องมาจากมีสารที่ทำให้จุลินทรีย์นำเอามาหายใจแทนออกซิเจนได้เมื่อมีน้ำขังและสภาพแวดล้อมอื่นๆ จะถูกปรับให้เหมาะสมกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ ถ้ามีการสลับเวลาให้น้ำและการระราบน้ำออก และมีการปลูกพืชที่เหมาะสมลงไปดูดซับเอาสารที่ผ่านการแปรสภาพแล้วได้ และเกบเกี่ยวออกไปเมื่อเวลาเหมาะสมก็จะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ และประหยัดค่าใช้จ่ายได้ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะ, 2541) โดยมีการทดลองของการใช้หลักการดังกล่าว คือ

2.1) ร่วมกับพืช กกกลม หญ้าคาร่า และฐูปฤาษี

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ (2538) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การใช้ดินตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชเป็นต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน” โดยทำการทดลองในภาคสนาม ณ บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยใช้ดินเลนผสมทรายสัดส่วน 3 : 1 ร่วมกับพืช ได้แก่ กกกลม หญ้าคาร่า และฐูปฤาษี และศึกษาในน้ำระดับ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ split plot design มีระดับน้ำเป็น main plot และมีพืชเป็น sub plot ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จำนวน 9 รอบ รอบละ 10 วัน (ขังน้ำ 7 วัน และปล่อยแห้ง 3 วัน) รวมทั้งสิ้น 90 วัน ในแปลงทดลองคอนกรีตขนาด 2 x 4 x 1 เมตร แล้วทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดแล้วมาวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ คือ pH, EC, BOD, COD, Fe, Mn, Cu, Zn,Pb และ Cd พร้อมทั้งบันทึกปริมาณน้ำที่ใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และที่เกิดจากการคายระเหย เพื่อศึกษาความสมดุลของน้ำและมวลของมวลสารก่อนและหลังการบำบัด รวมทั้งสิ้น 9 รอบ ผลการศึกษาสรุปได้ ว่าน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีมีสารอินทรีย์ บีโอดี และ ซีโอดี เป็นมลสารที่สำคัญ และระบบการบำบัดน้ำเสียนี้มีประสิทธิภาพของการบำบัดค่าดัชนี BOD ในระดับน้ำที่ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 95 $\pm$ 3.12, 83.5 $\pm$ 8.39 และ 76.2 $\pm$ 5.15 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพของการบำบัดค่าดัชนี COD ในระดับน้ำที่ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 89.6 $\pm$ 7.97, 72.0 $\pm$ 19.46 และ 53.5 $\pm$ 15.93 ตามลำดับ แม้เมื่อใส่น้ำให้ท่วมข้อสูงถึง 15 เซนติเมตร และกกกลมมีความเหมาะสมสำหรับระบบนี้มากที่สุด โดยสามารถลดปริมาณบีโอดีและซีโอดีได้มีประสิทธิภาพสูงและทำประโยชน์ได้มากอย่างกว่าพืชอีก 2 ชนิด โดยค่าน้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าดัชนี BOD COD และ pH เฉลี่ยอยู่ที่ 69.7 มก./ล. 100.5 มก./ล. และ 8 ตามลำดับ

2.2) ร่วมกับพืช พุทธรักษา

อรทัย เชื้อวงษ์ (2550)ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ด้วยพุทธรักษา 3 พันธุ์ ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช” โดยทำการทดลองในบ่อซีเมนต์ทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ก้นบ่อฉาบปิดด้วยซีเมนต์และเจาะรูด้านข้างบ่อส่วนล่างสุดต่อท่อ PVC ขนาด 1 นิ้ว แล้วต่อวาล์วปิดเปิดเพื่อระบายน้ำบริเวณขอบล่างของบ่อซีเมนต์ ใช้ดินที่ปลูกเป็นดินนา น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียชุมชนจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี โดยทำการทดลองด้วยพืช พุทธรักษาจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง (Canna Russian Red) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง (Canna Rigoletto) และพุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู (Canna Rosever หรือ Canna Rosey Leaf) ทำการทดลองในสภาพการขังน้ำ 5 วัน สลับปล่อแห้ง 2 วัน ผลการบำบัดน้ำเสียโดยพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ มีพิสัยของการบำบัดที่ร้อยละ 96.2 $\pm$ 1.9, 94.5 $\pm$ 5.8 และ 95.7 $\pm$ 4.1 ตามลำดับ โดยค่าน้ำเสียชุมชนก่อนการบำบัดมีค่า BOD, T – N , NH_4 – N และT-P อยู่ในช่วงพิสัย 31.2 $\pm$ 13.9, 22.7 $\pm$ 5.3, 19.5 $\pm$ 5.8 และ 4.00 $\pm$ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยค่าของการบำบัดที่ดีที่สุด คือ พุทธรักษาพันธุ์ต้นสูงใบม่วงดอกแดง สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีค่า BOD, T – N, NH_4 – N และT-P อยู่ในช่วพิสัย 0.9 – 2.4, 1.5 - 2.0, 0.2 -0.8 และ 0.04 – 0.06 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม เป็นวิธีการบำบัดเสียโดยการการขังน้ำเสียในแปลงทดลองที่ทำการปลูกพืชไว้ระยะหนึ่ง ของเสียในรูปสารอินทรีย์จะถูกแบคทีเรียย่อยสลายแล้วพืชนำไปใช้ เมื่อน้ำมีคุณภาพดีขึ้น จึงปล่อยออกเป็นน้ำทิ้งต่อไป (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะ, 2541)

4) การบำบัดน้ำเสียด้วยพืชป่าชายเลน

การบำบัดน้ำเสียด้วยพืชป่าชายเลน เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยใช้แปลงป่าชายเลน ทำการบำบัดน้ำเสียในลักษณะเลียนแบบธรรมชาติ คือ การกักน้ำเสียไว้ในช่วงระยะเวลาน้ำทะเลขึ้น กักไว้ระยะเวลาหนึ่ง เมื่อคุณภาพน้ำที่ดีตามที่ต้องการแล้ว จึงปล่อยน้ำทิ้งออกให้สัมพันธ์กับช่วงเวลาน้ำทะเลลง (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะ, 2541)

แนวทางในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากระบบบัดน้ำเสียมีหลายรูปแบบ การเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับของการบำบัด สภาพของท้องถิ่น และความยากง่ายของการดูแลรักษาระบบ โดยระบบที่มีความเหมาะสมต้องเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและมีราคาประหยัด

ลักษณะของน้ำเสียและระดับของการบำบัดจะเป็นตัวกำหนดอย่างกว้างๆ ถึงระบบบำบัดน้ำเสียที่จะนำมาใช้ น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ควรเลือกใช้ระบบบำบัดแบบชีวภาพ โดยความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์จะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกระบบที่หมาะสม น้ำเสียที่มีสารเคมีหรือโลหะหนัก เช่น น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะ ควรใช้ระบบบำบัดทางเคมีซึ่งมักเป็นวิธีแยกโลหะออกจากน้ำเสีย โดยวิธีตกผลึกและตกตะกอน น้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่บำบัดได้ง่ายเนื่องจากส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีววิทยาได้ง่ายและมีความเข้มข้นต่ำ มีปริมาณอาหารเสริมและมีสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น พีเอชที่เหมาะสม และมีจุลินทรีย์อยู่ในน้ำเสีย ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียชุมชนจึงใช้ระบบชีวภาพใน ระบบ Activated Sludge หรือแบบบ่อผึ่ง (Oxidation pond) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สภาพของท้องถิ่นเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญในการเลือกระบบที่เหมาะสม ในชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น ที่ดินมีราคาสูง ผู้ออกแบบมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกระบบที่ใช้พื้นที่น้อย แต่ใช้เครื่องจักรกลมาก ซึ่งจะเป็นระบบที่มีค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการเดินระบบสูง และต้องการผู้ดูแลระบบที่มีความรู้ความสามารถ ในทางตรงข้ามกรณีพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลที่ดินมีราคาถูกสามารถใช้ระบบบำบัดแบบที่ไม่ต้องใช้เครื่องจักรกลมากและไม่ต้องการผู้ดูแลที่มีความสามารถสูง เช่น ระบบบ่อต่างๆ จะเป็นระบบที่มีความเหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 3

สภาพทั่วไป รูปแบบระบบบำบัดน้ำเสีย และวิธีการศึกษา

การศึกษาสภาพทั่วไป รูปแบบระบบบำบัดน้ำเสีย และวิธีการศึกษานั้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบัดน้ำเสียต่อไป

สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ความเป็นมาของห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิส

ห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ตั้งอยู่ที่ 224 บนถนนสุขุมวิท ตำบลทางเกียน อำเภอแกลง จังหวัดระยอง เปิดบริการใน พ.ศ. 2526 โดยเริ่มจากการขายน้ำมันของบริษัทเชลล์แห่งประเทศไทย เปิดให้บริการตั้งแต่เวลา 05.00 – 22.00 นาฬิกา จากนั้นขยายไปสู่ธุรกิจอื่นๆ ได้แก่ร้านกาแฟสดชื่อ “บ้านตากาแฟ” ร้านสินค้าโอท๊อป ร้านข้าวแกงคุณยายและร้านมินิมาร์ทบ้านตาพานิช โดยมีคุณสมศักดิ์ หิริโอตัปปะ ผู้ก่อตั้ง และคุณกรทัศน์ คุณาวุฒิเป็นผู้บริหารคนปัจจุบัน ห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส เป็นที่รู้จักในเรื่องการรักษาคุณภาพ ไม่มีสิ่งปนเปื้อนในน้ำมัน ราคายุติธรรม และทำธุรกิจโดยยึดหลักการขยัน ประหยัด ซื่อสัตย์และอดทน รวมถึงห้องน้ำสะอาด ห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ได้รับรางวัลต่างๆ เช่น

- รางวัลปั๊มทองคำดีเด่นระดับภาคตะวันออก สถานีบริการน้ำมันมาตรฐานประเภทส่งเสริมการท่องเที่ยวและธุรกิจชุมชน พ.ศ. 2548

- รางวัลรองชนะเลิศสุดยอดส้วม ประจำถนนสุขุมวิท พ.ศ. 2549

- รางวัลรองชนะเลิศ การประกวดผลงานตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ประเภทธุรกิจขนาดย่อม พ.ศ. 2550

- รางวัลปั๊มเหรียญทอง จากกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2551

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส มีกิจกรรมภายในสถานประกอบด้วยกิจกรรมการให้บริการน้ำมัน ร้านมินิมาร์ท ร้านกาแฟ ร้านข้าวแกง และห้องน้ำสำหรับบริการลูกค้า โดยมีพนักงานปฏิบัติภายในสถานบริการประมาณ 40 คน (บริการด้านหน้าลาน 20 คน และฝ่ายบริการหลังลาน 20 คน) และมีลูกค้ามาใช้บริการ จากกิจกรรมดังกล่าวห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ได้รวบรวมน้ำเสียที่เกิดจากการใช้น้ำในชีวิตประจำวันของพนักงานและลูกค้า ซึ่งจะเกิดน้ำเสียประมาณ 23 – 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทางห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส จึงเกิดความคิดในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติช่วยธรรมชาติขึ้น โดยเน้นการลงทุนต่ำ แต่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูง จุดคุ้มทุนการลงทุนโครงการสั้น ทางห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิสได้เห็นถึงเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สามารถประยุกต์ใช้ได้กับทุกพื้นที่ ทุกหน่วยงานที่มีการเกิดนน้ำเสียที่เป็นลักษณะน้ำเสียชุมชน จึงขอความอนุเคราะห์มายังโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ดำเนินการให้บริการวิชาการด้านการบำบัดน้ำเสียของห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ซึ่งได้เริ่มโครงการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 เป็นต้นมา โดยมีวัตถุประสงค์ของการดำเนินโครงการ คือ

1. เพื่อส่งเสริมรูปแบบเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยอาศัยหลักธรรมชาติช่วยธรรมชาติที่เหมาะสม ตามแนวพระราชดำริให้เกิดความสะดวกในการนำไปปฏิบัติ ประหยัดค่าใช้จ่าย ง่ายในการนำไปประยุกต์ใช้และการบำรุงรักษาในพื้นที่

2. เพื่อลดปัญหามลพิษ และสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (ผู้ใช้บริการของสถานีบริการน้ำมัน) โดยใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ

สภาพปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

จากการสำรวจสภาพของห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส พบว่าปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ซึ่งทำให้เกิดน้ำเสียที่ต้องได้รับการบำบัด อันได้แก่น้ำเสียจากการใช้อุปโภคและบริโภค คือ น้ำจากอ่างล้างมือ น้ำจากการล้างเครื่องมืออุปกรณ์ (จาน, ชาม) น้ำจากห้องน้ำ เศษอาหาร น้ำจากโรงครัวและมีไขมันปนเปื้อน ทำให้เกิดน้ำเสียเกิดขึ้นภายในสถานีบริการน้ำมัน โดยน้ำเสียจากห้องน้ำมีระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Septic tank และไหลไปร่วมกับน้ำเสียจากโรงครัว ร้านกาแฟ และร้านมินิมาร์ท ซึ่งมีกลิ่น เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใน Septic tank เป็นแบบไร้อากาศ ทำให้เกิดก๊าซไข่เน่า (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) แอมโมเนีย และมีเทน รวมทั้งก๊าซอินทรีย์ระเหยอื่นๆ ปนเปื้อนมาในน้ำที่ปลดปล่อยมาจาก Septic tank แล้วไหลไปยังบ่อดินที่มีผักตบชวา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หนาแน่นตลอดทางน้ำไหล ซึ่งมีโอกาสทำให้เกิดการเน่าซ้ำซากเรียกว่า ภาวะยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) เนื่องจากผักตบชวามีวงชีวิตสั้นเพียง 17 สัปดาห์ ตามภาพที่ 2-11

ภาพที่ 2 สภาพพื้นที่บริเวณหน้าสถานบริการน้ำมัน

ภาพที่ 3 สภาพพื้นที่บริเวณด้านในสถานบริการน้ำมัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 4 สภาพพื้นที่บริเวณด้านในสถานบริการน้ำมัน

ภาพที่ 5 สภาพพื้นที่บริเวณด้านในสถานบริการน้ำมัน (ห้องน้ำ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 6 น้ำจากโรงครัว (กิจกรรมการล้างจาน)

ภาพที่ 7 พื้นครัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 8 สภาพร้านกาแฟภายในสถานบริการ

ภาพที่ 9 บริเวณที่นั่งสำหรับดื่มกาแฟภายในสถานบริการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 10 ร้านค้าสะดวกซื้อภายในสถานบริการน้ำมัน

ภาพที่ 11 ที่นั่งพักบริเวณหน้าร้านสะดวกซื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณน้ำเสีย

น้ำเสียที่เข้าสู่โครงการฯ มาจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เข้ามาใช้บริการกับทางสถานีบริการน้ำมัน ได้แก่ กิจกรรมของการใช้บริการห้องน้ำ จากกิจกรรมของครัวที่ให้บริการ ร้านกาแฟ และร้านสะดวกซื้อ โดยมีปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยประมาณ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (จากสัมภาษณ์ คุณกรทัศน์ คุณาวุฒิ, ผู้จัดการ) ซึ่งปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการแสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 12-13

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำเสียของโครงการฯ ปี พ.ศ. 2551 – 2570

ปีที่	ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำเสียรวม (ลบ.ม./วัน)	ปริมาณน้ำเสียรวม (ลบ.ม./ปี)
1	2551	30	10,950
2	2552	30	10,950
3	2553	30	10,950
4	2554	30	10,950
5	2555	30	10,950
6	2556	30	10,950
7	2557	30	10,950
8	2558	30	10,950
9	2559	30	10,950
10	2560	30	10,950
11	2561	30	10,950
12	2562	30	10,950
13	2563	30	10,950
14	2564	30	10,950
15	2565	30	10,950
16	2566	30	10,950
17	2567	30	10,950
18	2568	30	10,950
19	2569	30	10,950
20	2570	30	10,950

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 12 ท่อน้ำทิ้ง

ภาพที่ 13 สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นก่อนยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การออกแบบระบบ

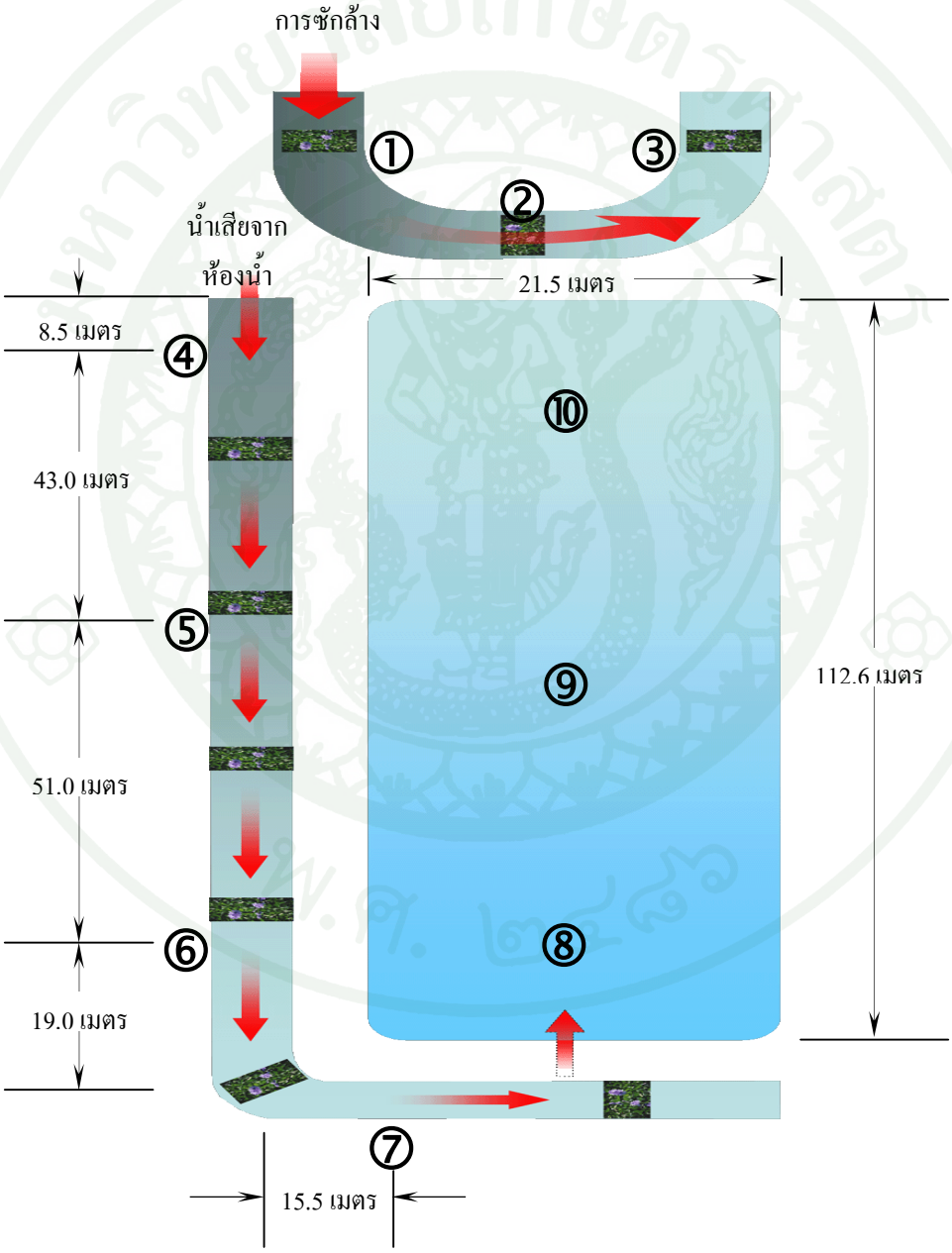
การออกแบบระบบจะต้องออกแบบระบบบำบัดที่เหมาะสมกับลักษณะของน้ำเสีย ระดับของการบำบัด สภาพของท้องถิ่น และความยากง่ายของการดูแลรักษาระบบ ดังในการศึกษาครั้งนี้ทำการออกแบบระบบ 2 ลักษณะ คือ 1) ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ เนื่องจากเป็นระบบที่มีการนำมาประยุกต์ใช้ก่อนแล้ว ตามแนวทางของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นอยู่ก่อน 2) ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช เนื่องจากคุณภาพที่ทำการตรวจวัดมีค่าความสกปรกมาก โดยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ได้มีการศึกษาของยุพเยาว์ โตคีรี (2544) เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียบีโอดีสูงด้วยดินร่วนระบบท่วมขังสลับแห้งร่วมกับกกกลม โดยทำการทดลองนำน้ำเสียมาเจือจาง 5 ระดับ คือ ที่ระดับการเจือจาง 0, 50, 66.67, 75 และ100% และทำการทดลอง 3 ซ้ำในระบบท่วมขังสลับแห้ง ทำการทดลอง 7 รอบ โดยแต่ละรอบมีการขังน้ำ 5 วัน และระบายออก 2 วัน ซึ่งมีค่าบีโอดีในพิสัย 288.0-3,750.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสามารถทำการบำบัดน้ำเสียดังกล่าวให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน มีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีอยู่ในช่วงพิสัย 96.21-83.38% ซึ่งสรุปว่าการประยุกต์ใช้ระบบท่วมขังสลับแห้งร่วมกับกกกลม สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูงไม่เกิน 406 มิลลิกรัมต่อลิตร ไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในพื้นที่ต่างๆ ได้ ประกอบกับต้องการดูความเหมาะสมของการตัดสินใจในการเลือกใช้ระบบแบบใดที่เหมาะสมกับสถานบริการน้ำมัน เพื่อนำไปเป็นข้อมูลต่อไป ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียอีก 2 ระบบ ตามเทคโนโลยีของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ คือ ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ยังไม่มีการศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดในค่าของบีโอดีที่สูงเกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงไม่ได้นำมาทำการศึกษาในครั้งนี้ และระบบป่าชายเลน มีข้อจำกัดในเรื่องสภาพภูมิประเทศ จึงไม่เหมาะสมที่จะในไปใช้ในสถานบริการน้ำมัน ดังนั้นระบบที่ทำการศึกษาจึงได้แก่ ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำและระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิสที่มีอยู่แล้ว (บำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ภายในสถานบริการน้ำมัน) ได้ออกแบบเป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ เป็นระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืช มีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการได้ประมาณการน้ำเสียที่เข้าสู้ระบบ วันละ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และออกแบบเป็นระบบบ่อผึ่งสองลักษณะ คือ 1) น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมน้ำทิ้งจากครัวจะไหลลงสู่คูน้ำรูปเกือกม้า 2) น้ำเสียจากบ่อเกรอะจากการล้างห้องน้ำ (น้ำปัสสาวะ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และอ่างล้างมือจะไหลลงสู่คูน้ำที่มีผักตบชวาและไหลเข้าสู่บ่อผึ่ง โดยคูน้ำที่มีผักตบชวานั้นมีลักษณะเป็นรูปตัวแอล (L) มีความยาวประมาณ 120 เมตร มีกว้างของคูน้ำประมาณ 2.5 เมตร มีความลึกของระดับน้ำประมาณ 1 เมตร โดยมีผับตบชวาลอยอยู่เป็นระยะ ส่วนบ่อปรับสภาพ 1 บ่อ มีความยาวประมาณ 112.6 เมตร มีกว้างของคูน้ำประมาณ 21.5 เมตร มีความลึกของระดับน้ำประมาณ 1 เมตร โดยมีแปลงผับตบชวาอยู่ 3 แปลง ในระยะห่างที่เท่าๆ กัน ภายในบ่อผึ่ง และได้กำหนดจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ระบบบำบัดน้ำเสียของห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

หมายเหตุ คือ แปลงผักตบชวา และ คือ ทิศทางการไหลของน้ำ

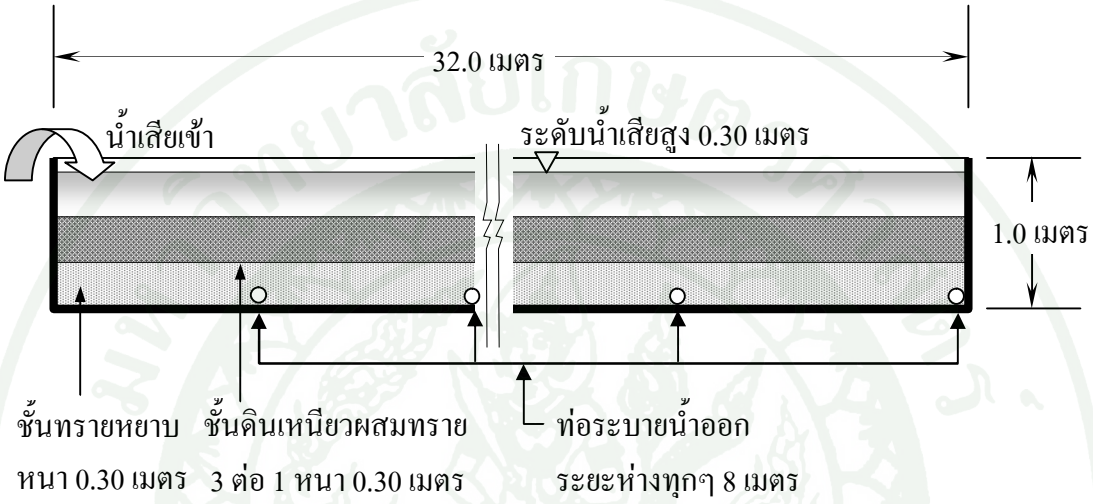
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

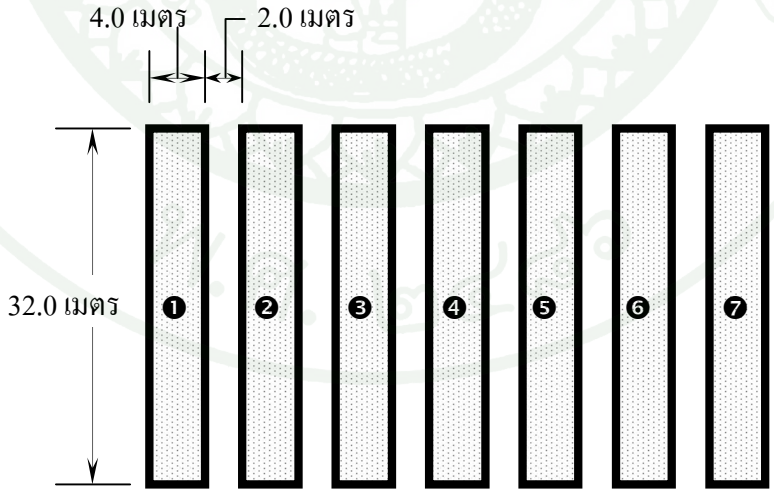
ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช เป็นระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนอีกระบบหนึ่งที่ทางโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริได้ทำการศึกษาวิจัยและพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้สูงมากถ้าทำได้อย่างถูกต้อง กล่าวคือ ถ้าใช้ดินนาที่ตากแดดจนแห้งสนิทแล้วตำให้มีขนาดไม่โตกว่า 1 เซนติเมตร ดินนานั้นจะต้องมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 แต่ไม่เกินร้อยละ 35 ถ้าหากมากกว่านี้ก็ผสมทรายหยาบลงไปให้เนื้อดิน (texture) เป็นดินร่วน (loam) เพราะดินผสมนี้จะมีช่องว่างขนาดใหญ่พอดีที่จะให้น้ำเสียที่ใส่ลงไปในรอบที่ 3 เป็นต้นไป ซึมลงไปในดินผสมนี้จนอบอิ่มตัว เมื่อชั้นดินผสมหนา 30 เซนติเมตร ได้ไม่ช้ากว่าครึ่งชั่วโมง และดินผสมดังกล่าวนี้จะมีตัวรับอิเลคตรอนที่มากพอจะส่งเสริมให้จุลินทรีย์ประเภทไม่ต้องการออกซิเจนชั่วคราว (facultative anaerobes) นำมาใช้ในกระบวนการหายใจได้ และใช้คาร์โบไฮเดรตในน้ำเสีย เป็นตัวให้อิเลคตรอน และถูกบำบัดกลายเป็น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หายออกไปจากระบบบำบัดนี้ได้ เพราะในน้ำเสียชุมชนจะต้องมีโปรตีนปนอยู่ด้วยเสมอ จุลินทรีย์พวกนี้จึงมีโภชนาอาหาร ที่จำเป็นสำหรับกระบวนการเมตตาโบลิซึ่มที่สมบูรณ์อยู่เสมอ ผลจากการวิจัยของโครงการแหลมผักเบี้ย พบว่าขังน้ำ5 วัน แล้วระบายน้ำออกให้แห้ง 2 วัน ต่อการบำบัด 1 รอบ จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 ได้ และต่อเนื่องเป็นเวลานานซึ่งขณะนี้ทำการวิจัยอยู่ ในช่วง 5 วันที่มีการขังน้ำจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ต้องใช้แก๊สออกซิเจนและในช่วงแห้ง 2 วัน จะมีการย่อยสลายแบบใช้แก๊สออกซิเจน การขังน้ำ 5 วัน สลับกับการปล่อยให้แห้ง 2 วันจะทำให้จุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจชั่วคราวนี้ ยังคงทำกิจกรรมนี้ตลอดไป อนึ่งระบบบำบัดนี้จะต้องมีพืชที่ทนน้ำท่วน 5 วัน ได้ปลูกด้วย เพื่อขนย้ายทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำเสียจากชุมชนเสมอ เพราะธาตุทั้งสองนี้เป็นองค์ที่สำคัญของโปรตีน สารอินทรีย์ที่มีธาตุทั้งสองนี้อยู่จะถูกจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวย่อยสลายให้กลายเป็นสารอนินทรีย์ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูก พืชที่ปลูกจึงมีคุณค่าทางสิ่งแวดล้อมเพิ่มเติมในเรื่องการลดปัญหาโลกร้อน และถ้าเลือกพืชดีดี เช่น พุทธรักษาพันธุ์ต่างๆ ก็จะทำให้ทัศนียภาพของระบบบำบัดดีขึ้นด้วย อนึ่งระบบบำบัดนี้จะไม่ต้องมีการขุดลอกตะกอน และมีปัญหาเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงเหมือนระบบบ่อพึ่งด้วย เพื่อให้เหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีการปลดปล่อยเฉลี่ยวันละ 30 ลูกบาศก์เมตร ได้พอเหมาะ โดยใช้ข้อมูลของสิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ (2538) ว่าระบบนี้สามารถรองรับน้ำเสียได้รอบละ 1.875 ลูกบาศก์เมตร ต่อพื้นที่บำบัด 8 ตารางเมตร ดังนั้นน้ำเสีย 30 ลูกบาศก์เมตร จึงต้องการพื้นที่บำบัดรอบละ 128 ตารางเมตร เพื่อให้บำบัดได้ทุกวันวันละ 30 ลูกบาศก์เมตร จึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่บำบัด 7 เท่า โดยออกแบบระบบบำบัดนี้ดังนี้ก่อสร้างบ่อซีเมนต์ให้เป็นทรงสี่เหลี่ยมพื้นผ้า โดยให้มีความกว้าง 4 เมตร ยาว 32 เมตร และสูง 1 เมตร และใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินนา (ดินเหนียว) ผสมทรายที่อัตรา 3:1 โดยทำการใส่ดินผสมทรายให้สูงจากพื้นบ่อ 0.3 เมตร และปล่อยน้ำให้อยู่ที่ 0.3 เมตร โดยบ่อซีเมนต์ 1 บ่อจะสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น30 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน ดังนั้นระบบแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชที่ใช้ภายในสถานบริการน้ำมันต้องมีจำนวน 7 บ่อ เพื่อให้เพียงบ่อต่อการรองรับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังต้องทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำเข้าและออก ดังภาพที่ 15-16



ภาพที่ 15 แสดงระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช



ภาพที่ 16 แสดงระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ทั้งระบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการศึกษา

ในวิธีการศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ และระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ทางด้านสิ่งแวดล้อม

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาถึงรูปแบบการบำบัดน้ำเสีย 2 ระบบ คือ ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ซึ่งมีวิธีการศึกษาดังนี้

1.1 ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ

เก็บรวบรวมข้อมูลน้ำเสียโดยการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียจากสถานบริการน้ำมันในพื้นที่ศึกษา ในจุดน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ช่วงกลางของระบบ และน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัด ดัชนีที่วิเคราะห์มีดังนี้ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด–ด่าง ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี ซีโอดี แอมโมเนียมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ตามวิธีการของ APHA AWWA and WPCF (1992) ดังตารางที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 วิธีวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ

ดัชนี	วิธีวิเคราะห์
1. อุณหภูมิ	Thermometer
2. ความเป็นกรด – ด่าง	pH meter
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	Conductivity-meter
4. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	DO-meter
5. บีโอดี	BOD incubation 20 °C 5 days
6. ซีโอดี	Closed Reflux
7. แอมโมเนียมไนโตรเจน	Colorimetric
8. ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	Colorimetric

ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำได้ถูกเก็บมาศึกษา 2 ฤดูกาล เพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลน้ำเสียเมื่อมีฝนตกมากและน้อยที่สุด คือ ฤดูฝนในช่วงเดือนกันยายน 2553 และฤดูแล้งในช่วงเดือนมกราคม 2554 โดยอาศัยข้อมูลจากปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ในเขตพื้นที่อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ในคาบ 30 ปี และทำการเฉลี่ยในแต่ละเดือน เพื่อหาช่วงของฤดูฝนและแล้งฝน แสดงดังตารางผนวกที่ 1 และภาพผนวกที่ 1 ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์คุณภาพจะนำมาใช้ในส่วนของการหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดและใช้เป็นข้อมูลทางปฐมภูมิของน้ำเสีย เพื่อใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลของน้ำเสียชุมชนที่มีวิธีการบำบัดที่แตกต่างกัน

1.2 ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ได้ทำการศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยจะเน้นลักษณะของระบบ และประสิทธิภาพของระบบ เพื่อใช้ข้อมูลเปรียบเทียบ

2. การหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาถึงระบบบำบัดน้ำเสีย 2 ระบบ คือ ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช โดยประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ หาจากสูตร ส่วนระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชจะใช้ข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\text{ประสิทธิภาพการบำบัด (\%)} = \left[\frac{\text{มวลมลสารเข้าแปลง - มวลมลสารออกจากแปลง}}{\text{มวลมลสารเข้าแปลง}} \right] \times 100$$

ทางด้านเศรษฐศาสตร์

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์

ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งได้จากการศึกษาเอกสารการดำเนินงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสถานบริการน้ำมัน ประกอบด้วย

1.1 ต้นทุนของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันประกอบไปด้วย ต้นทุนในการก่อสร้าง ต้นทุนในการดำเนินการและดูแลรักษา

1.2 ผลประโยชน์ของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบิรการน้ำมัน ได้แก่ ผลประโยชน์คุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ผลประโยชน์จากการลดกลิ่นเหม็น และผลประโยชน์จากการประหยัดค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ

2. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน แบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

2.1 การวิเคราะห์เชิงพรรณนา เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ทราบสภาพพื้นที่โครงการ และสภาพปัญหาน้ำเสียของพื้นที่โครงการ

2.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน โดยใช้ต้นทุนและผลประโยชน์ที่เก็บรวบรวมได้ข้างต้นนำมาคำนวณความคุ้มค่าของโครงการดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.1 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ ซึ่งใช้ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ มาคำนวณความคุ้มค่าของโครงการตามการวิเคราะห์แบบปรับค่าของเวลาด้วยตัวชี้วัดความคุ้มค่า 3 ตัวชี้วัด ดังนี้ (ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2544)

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) หาได้จาก

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

- อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) หาได้จาก

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

- อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) หาได้จาก

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

โดยที่

B_t	หมายถึง	ผลประโยชน์ของโครงการ ในปีที่ t
C_t	หมายถึง	ต้นทุนของโครงการในปีที่ t
r	หมายถึง	อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่นำมาใช้ในการคิดลด
t	หมายถึง	ระยะเวลาของโครงการในปีที่ 1, 2, ... , n
n	หมายถึง	อายุโครงการ

ทั้งนี้โครงการมีความเหมาะสมและคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อ NPV มากกว่า 0 BCR มากกว่า 1 และ IRR มีค่าสูงกว่าอัตราคิดลดหรือค่าเสียโอกาสของทุน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ เป็นการกำหนดความเสี่ยงหรือความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นต่อต้นทุนของโครงการ ผลประโยชน์ของโครงการ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ 3 กรณี ดังนี้

- เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่

- เมื่อผลประโยชน์ลดลงในอัตราร้อยละ 10 โดยที่ต้นทุนคงที่

- เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลงในอัตราร้อยละ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อม

ก่อนที่จำทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จำเป็นจะต้องประเมินความเป็นไปได้ของระบบบำบัดน้ำเสียที่จะนำมาศึกษาก่อน เพื่อหาความเหมาะสมของการบำบัดน้ำเสียที่จะสามารถบำบัดน้ำเสียให้เป็นไปตามที่ค่ากฎหมายกำหนด โดยทำการศึกษาดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลของการศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแต่ระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ และระบบแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ดังนี้

1. ระบบแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ

ทำการเก็บข้อมูลปฐมภูมิจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำของระบบบำบัดน้ำเสียจากพื้นที่ศึกษาห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิส โดยการเก็บตัวอย่างน้ำของระบบบำบัดน้ำเสียของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำซึ่งเป็นระบบที่มีการดำเนินการอยู่ ณ ปัจจุบัน ทั้งหมด 10 จุด แล้วนำไปวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำตามวิธีมาตรฐาน APHA AWWA and WPCF (1992) มีดัชนีดังต่อไปนี้ อุณหภูมิ ค่าเป็นกรด – ด่าง ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี ซีโอดี แอมโมเนียมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งมีสภาพของน้ำเสียดังภาพที่ 17-24 ผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำเสีย 4 ประการ คือ บีโอดี ซีโอดี แอมโมเนียมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ สมบัติละ 3 ซ้ำ ในบริเวณจุดเก็บทั้ง 10 จุด ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งได้ไว้ในตารางผนวกที่ 2-3 เพื่อให้เห็นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงจากจุดเก็บหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งและต่อไปได้ชัดเจนขึ้น จึงได้นำเสนอค่าเฉลี่ยร่วมกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมบัติทางเคมีของน้ำทั้ง 4 ประการ และสมบัติทางสถิติอีก 4 ประการ สำหรับผลการศึกษาในฤดูฝนและฤดูแล้งไว้ในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุดที่ 1 พบว่าสีของน้ำมีสีน้ำตาลเหลืองใส พบเศษใบไม้ลอยเล็กน้อย มีแสงส่องผ่านเล็กน้อย ทั้ง 2 ฤดู และมีคราบน้ำมันเล็กน้อยในช่วงฤดูฝน ดังภาพที่ 17

(ฤดูฝน) (ฤดูแล้ง)

ภาพที่ 17 จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1

จุดที่ 2 พบว่าสีของน้ำมีสีน้ำตาลเหลืองใส พบเศษใบไม้ลอยเล็กน้อย มีแสงส่องผ่านเล็กน้อย ทั้ง 2 ฤดู และมีคราบน้ำมันเล็กน้อยในช่วงฤดูฝน ดังภาพที่ 18

(ฤดูฝน) (ฤดูแล้ง)

ภาพที่ 18 จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุดที่ 3 พบว่าสีของน้ำมีสีน้ำตาลเหลืองใส พบเศษใบไม้ลอยเล็กน้อย มีแสงส่องผ่านเล็กน้อย ทั้ง 2 ฤดู และมีคราบน้ำมันเล็กน้อยในช่วงฤดูฝน ดังภาพที่ 19

(ฤดูฝน) (ฤดูแล้ง)

ภาพที่ 19 จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 3

จุดที่ 4 พบว่าในช่วงฤดูฝนสีของน้ำมีสีดำขุ่น พบคราบไขมันลอยปกคลุมเล็กน้อย รากของผักตบชวามีลักษณะสั้น มีกลิ่น ส่วนในช่วงฤดูแล้งสีของน้ำมีสีดำใส พบคราบไขมันลอยปกคลุมเล็กน้อย มีคราบตะไคร้น้ำสีเขียว ดังภาพที่ 20

(ฤดูฝน) (ฤดูแล้ง)

ภาพที่ 20 จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุดที่ 5 พบว่าในช่วงฤดูฝนสีของน้ำมีสีเขียวขุ่น มีตะกอนมาก ส่วนในช่วงฤดูแล้งสีของน้ำมีสีเขียวขุ่น มีคราบตะไคร้ลอยปกคลุมเล็กน้อย ดังภาพที่ 21

(ฤดูฝน) (ฤดูแล้ง)

ภาพที่ 21 จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 5

จุดที่ 6 พบว่าในช่วงฤดูฝนสีของน้ำมีสีดำใส พบคราบน้ำมันเครื่องลอยปกคลุมผิวน้ำ (คาดว่าถูกชะล้างมาจากโรงซ่อมรถบรรทุกด้านข้าง) ส่วนในช่วงฤดูแล้งสีของน้ำมีสีเขียวขุ่น และมีคราบน้ำมันเครื่อง ดังภาพที่ 22

(ฤดูฝน) (ฤดูแล้ง)

ภาพที่ 22 จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุดที่ 7 พบว่าสีของน้ำมีสีเขียวขุ่น พบคราบน้ำมันเครื่องลอยปกคลุมผิวน้ำเหมือนกันทั้ง 2 ฤดู ดังภาพที่ 23

(ฤดูฝน) (ฤดูแล้ง)

ภาพที่ 23 จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 7

จุดที่ 8-10 พบว่าสีของน้ำมีสีเขียวขุ่น รากของผักตบชวามีลักษณะสั้นและพบปลานิล ปลาช่อน ปลาทับทิม เหมือนกันทั้ง 2 ฤดู ดังภาพที่ 24

(ฤดูฝน) (ฤดูแล้ง)

ภาพที่ 24 จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 8-10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์น้ำของระบบบำบัดน้ำเสียห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ในช่วงฤดูฝน ณ วันที่ 22 กันยายน 2553

ดัชนี	หน่วย	จุดเก็บตัวอย่าง										ค่ามาตรฐาน
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. อุณหภูมิ	°C	29.3	29.6	29.9	32.4	31.7	30.5	29.9	31.5	31.8	31.7	-
2. ความเป็นกรด – ด่าง	-	6.5	6.1	6.2	6.4	6.4	6.4	6.2	6.2	6.6	6.2	5.5-9.0*
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	mg/l	318	348	348	409	361	344	326	299	298	299	-
4. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	mg/l	1.4	1.7	2.1	0.9	3.3	3.1	1.5	7.1	8.4	7.0	-
5. บีโอดี	mg/l	8.3±0.5	5.6±0.5	8.3±0.5	16.6±2.1	11.3±2.1	13.3±7.3	15±6.2	5.3±0.5	5.0	5.0	<20**
6. ซีโอดี	mg/l	37.6±6.4	20.6±6.3	23±3.0	70±8.0	66.6±11.0	43±4.3	53±23.4	28.3±3.7	27±7.9	33.3±6.6	<200*
7. แอมโมเนียมไนโตรเจน	mg/l N	0	0.3±0.5	0.3±0.5	8.6±5.6	5.6±4.9	3±3.6	4.3±3.5	0	0	0	-
8. ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	mg/l P	1±0.2	1.26±0.1	1.20	3.5±1.0	2.3±0.1	2.1±0.5	1.96±0.1	1.43±0.1	1.43±0.1	1.46±0.1	<2**

หมายเหตุ: * มาตรฐานน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

** มาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์น้ำของระบบบำบัดน้ำเสียห้างหุ้นส่วนจำกัดสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส ในช่วงฤดูแล้ง ณ วันที่ 20 มกราคม 2554

ดัชนี	หน่วย	จุดเก็บตัวอย่าง										ค่ามาตรฐาน
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. อุณหภูมิ	˚C	24.0	24.2	24.9	25.3	24.2	25.0	22.5	26.6	26.2	26.4	-
2. ความเป็นกรด – ด่าง	-	6.5	6.5	6.3	6.2	6.7	6.6	6.5	7.4	7.2	7.1	5.5-9.0*
3. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	mg/l	401	422	428	815	680	577	544	413	417	416	-
4. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	mg/l	1.3	4.1	3	0.7	0.7	0.7	0.7	12.7	8.4	9.9	-
5. บีโอดี	mg/l	10.3±0.5	7.3±4.7	8.3±0.5	286.6±20.8	37.6±2.1	16±1.0	15.3±0.5	21.6±9.1	16±1.7	17.3±2.3	<20**
6. ซีโอดี	mg/l	74.3±2.5	62.3±4.7	70±7.0	770.6±68.1	178.0±67.6	104.3±34.6	70±13.1	116.3±31.1	97±7.9	122.3±12.8	<200*
7. แอมโมเนียมไนโตรเจน	mg/l N	3.3±0.6	1.3±2.3	0.6±1.1	73.6±19.6	28.6±22.1	32±2.6	22.3±6.1	1±1.7	1±1.7	5.3±3.2	-
8. ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	mg/l P	2.6±0.2	2.8±0.1	3.4±0.9	20.3±0.5	7.7±0.2	5.1±0.2	5.1±0.9	2.7±2.5	0.8±0.3	0.6±0.1	<2**

หมายเหตุ: * มาตรฐานน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

** มาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

จากตารางการวิเคราะห์ผลคุณภาพน้ำของระบบบำบัดน้ำเสียของสถานีบริการน้ำมันสมศักดิ์แกลงเซอร์วิส จำกัดนั้น ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ มีผลคุณภาพน้ำดังนี้

อุณหภูมิ ในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 29.3 องศาเซียเซียส ถึง 32.4 องศาเซียเซียส ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 1 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4 ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 22.5 องศาเซียเซียส ถึง 26.6 องศาเซียเซียส ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 7 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 8

ความเป็นกรด-ด่าง ในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 6.1 ถึง 6.6 ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 2 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 9 ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 6.2 ถึง 7.4 ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 8

ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 298 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 409 มิลลิกรัมต่อลิต ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 9 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4 ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 401 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 815 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 1 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 8.4 มิลลิกรัมต่อลิต ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 9 ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 12.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 8

บีโอดี ในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 5$\pm$0 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 16.6$\pm$2.1 มิลลิกรัมต่อลิต ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 9 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4 ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 7.3$\pm$4.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 286.6$\pm$20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 2 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4 และมีค่าบีโอดีที่เกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบัดน้ำเสียของชุมชนนั้น เป็นค่าที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ในจุดที่ 4, 5 และ 8 มีค่าเท่ากับ 286.6$\pm$20.8, 37.6$\pm$2.1 และ 21.6$\pm$9.1 ตามลำดับ ค่าเกินจากมาตรฐานอาจมาจากบริเวณจุดที่ 4 เป็นจุดแรกที่น้ำเสียจากห้องน้ำเข้าสู้ระบบ บำบัดนำเสีย ส่วนจุดที่5 และจุดที่ 8 นั้นมีปริมาณผักตับชวาที่หนาแน่นมากเกินไปจึงอาจมีใบของผักตบชวาบางส่วนเน่า จึงทำให้ค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน ส่วนในฤดูฝนนั้นมีการเจือจางจากปริมาณน้ำฝนทำให้ค่าไม่เกินจากค่ามาตรฐาน ค่าบีโอดีนี้จะได้มีการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไปว่ามีความแตกต่างกับจุดต่างๆ อย่างแท้จริงหรือไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซีโอดี ในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 20.6±6.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 70±8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 2 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4 ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 62.3±4.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 770.6±68.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 2 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4 และมีค่าซีโอดีที่เกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมันนั้น เป็นค่าที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ในจุดที่ 4 มีค่าเท่ากับ 770.6±68.1 ตามลำดับ ค่าเกินจากมาตรฐานจุดที่ 4 นั้นเป็นผลมาจากเป็นจุดแรกที่น้ำเสียจากห้องน้ำเข้าสู้ระบบ ทำให้ค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน ส่วนในฤดูฝนนั้นมีการเจือจางจากปริมาณน้ำฝนทำให้ค่าไม่เกินจากค่ามาตรฐาน

แอมโมเนียมไนโตรเจน ในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 8.6±5.6 มิลลิกรัมต่อลิต ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 1 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4 ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6±1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 73.6±19.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าต่ำสุดตรวจวัดที่จุดที่ 3 และสูงสุดตรวจวัดที่จุดที่ 4

ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำที่เกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนในช่วงฤดูแล้ง ในจุดที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, และ 8 มีค่าเท่ากับ 2.8±0.1, 3.4±0.9, 20.3±0.5, 7.7±0.2, 5.1±0.2 , 5.1±0.9 และ 2.7±2.5 ตามลำดับ ค่าเกินจากมาตรฐานอาจมาจากบริเวณจุดที่ 2 และ 3 เป็นจุดที่รับน้ำมาจากโรงครัวและจุดที่ 4 เป็นจุดแรกที่น้ำเสียจากห้องน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนจุดที่ 5, 6, 7 และ 8 นั้นมีปริมาณผักตับชวาที่หนาแน่นมากเกินไปและอาจได้รับการปนเปื้อนจากประชาชนที่อาศัยอยู่รอบข้างของตัวระบบบำบัด จึงทำให้ค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน ส่วนในฤดูฝน ในจุดที่ 4, 5 และ 7 มีค่าเท่ากับ 3.5±1, 2.3±0.1 และ 2.1±0.5 ตามลำดับ จุดที่ 4 เป็นจุดแรกที่น้ำเสียจากห้องน้ำเข้าสู้ระบบ บำบัดน้ำเสีย ส่วนจุดที่ 5 และ 7 นั้นมีปริมาณผักตบชวาที่หนาแน่นมากเกินไปและอาจได้รับการปนเปื้อนจากประชาชนที่อาศัยอยู่รอบข้างของตัวระบบบำบัด ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืชน้ำและสาหร่ายที่เรียกว่า ยูโทรฟิเคชั่น ปัญหานี้จะเกิดขึ้นได้ถ้ามีความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ไนโตรเจนเกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Metcalf and Eddy, 1991)

การเปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของค่าบีโอดีในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของแต่ละฤดู

เนื่องจากค่าบีโอดีเป็นดัชนี้ทางสิ่งแวดล้อมของนำเสียที่สำคัญที่สุด เพราะกรมควบคุมมลพิษกำหนดให้น้ำเสียที่มีค่าบีโอดีเกินกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จำเป็นต้องมีการบำบัดให้มีค่าบีโอดีต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงจะอนุญาตให้ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้และผลการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่าแต่ละจุดมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมากจริง แต่นักสถิติมักจะไม่ค่อยเชื่อถือถ้าไม่ผ่านการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ในการศึกษานี้ได้นำเอาแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ตามวิธีของ Gomez and Gomez (1984) มาประยุกต์ใช้ทั้งทั้งที่แปลงทดลองได้ว่าแบบ systematic แต่ก็น่าจะอนุโลมได้ ดังผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analyisi of Variance) ในตารางที่ 6 และ 7 สำหรับค่าบีโอดีในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าบีโอดีในฤดูฝน

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างจุดเก็บ	9	614.5	68.28	6.60**
ภายในกลุ่ม	20	206.7	10.34	
ทั้งหมด	29	821.2		

สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (CV) = 34.2%

ค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 9.4 มิลลิกรัมต่อลิตร , ค่า standard erroe เท่ากับ 1.86

ตารางที่ 7 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าบีโอดีในฤดูแล้ง

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างจุดเก็บ	9	198,827.33	22,091.93	471.09**
ภายในกลุ่ม	20	1,059.34	52.97	
ทั้งหมด	29	821.2		

สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (CV) = 16.7%

ค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 43.7 มิลลิกรัมต่อลิตร , ค่า standard erroe เท่ากับ 4.20

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของค่าบีโอดีที่ผ่านการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย DMRT

จุดที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ฤดูฝน	8.4^{b}	5.7^{b}	8.4^{b}	16.7^{a}	11.3^{ab}	13.3^{ab}	15.0^{ab}	5.3^{b}	5.0^{b}	5.0^{b}
ฤดูแล้ง	10.3^{c}	7.3^{c}	8.3^{c}	280.7^{a}	37.7^{b}	16.0^{c}	15.3^{c}	21.7^{c}	16.0^{c}	17.3^{c}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 6 และ 7 จะเห็นได้ชัดเจนว่าค่าบีโอดีทั้ง 10 จุดเก็บ ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับนั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกล่าวคือ ต่างกันด้วยระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ตารางที่ 7 (ฤดูแล้ง) ให้ค่า F สูงถึง 417.09 เมื่อเทียบกับ ค่า F มาตรฐาน ($F_{9,20,0.01}$= 3.45) เพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยน้ำอย่างชัดเจนได้ใช้ DMRT หรือ Duncan New Multiple Range Test ซึ่งมีวิธีการที่ละเอียดอธิบายไว้โดย Gomaez (1984) เช่นกันนั้นไว้ในตารางที่ 8 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในฤดูฝนจุดที่ 4 จะมีค่า บีโอดี สูงสุด (16.7[a]) แต่ก็ไม่แตกต่างทางสถิติกับจุดที่ 7 (15.0 [ab]) จุดที่ 6 (13.0 [ab]) และ จุดที่ 5 (11.3 [ab]) แต่มีจุดเก็บที่ 7, 6 และ 5 นี้ ก็มีเพียงแนวโน้มที่จะสูงกว่าจุดเก็บที่เหลือเท่านั้น เพราะแท้จริงแล้วจุดเก็บทั้ง 9 ที่เหลือนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ทุกจุดเก็บมีค่า บีโอดีต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนี้ระบบบ่อผึ่งของห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์ แกรง เซอร์วิสนี้ จึงสามารถปล่อยน้ำเสียเฉพาะในฤดูฝนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้เลยโดยไม่ผิดกฎหมาย การมีบีโอดีที่จุดเก็บที่ 4 ซึ่งสูงที่สุดนั้นเป็นเพราะถูกปล่อยลงสู่บ่อรูปตัวแอล โดยยังมิได้มีการบำบัดโดยระบบบ่อผึ่งเลย ที่น่าสนใจยิ่งทางสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ฤดูแล้ง ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT นั้นพบความแตกต่างที่ชัดเจนอยู่ 3 กลุ่มคือ จุดเก็บที่มีค่าบีโอดีสูงที่สุดคือจุดเก็บที่ 4 (286.7 [a]) ซึ่งเป็นน้ำเสียรวมจากกิจกรรมทั้งหมด รวมทั้งจากห้องน้ำ กลุ่มที่ 2 (37.7 [b]) เป็นกลุ่มที่มีค่ บีโอดีรองลงมา คือ ส่วนที่เหลืออีก 8 จุดนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตามหลักสถิตินั้นค่าบีโอดีในฤดูแล้งที่มีค่า 21.7 [c] – 7.3 [c] นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ หรือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทางกฎหมายจุดเก็บที่ 8 นั้นยังปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติไม่ได้ เมื่อเอาค่าเฉลี่ยของค่าบีโอดีในฤดูแล้งในตารางที่ 8 นี้ไปพิจารณาร่วมกับรูปที่ 14 ก็จะได้ค่าอธิบายที่ชัดเจนว่า น้ำเสียที่เกิดจากการซักล้างซึ่งจะถูกบำบัดในบ่อรูปเกือกม้านั้นล้วนมีค่าต่ำกว่า 20 จึงไม่มีความจำเป็นจะต้องมีการบำบัดเลย ส่วนน้ำเสียห้องน้ำซึ่งมีท่อปล่อยลงสู่บ่อรูปตัวแอล โดยไม่ผ่านการบำบัดเลยซึ่งมีระยะทางประมาณ 8.5 เมตร เมื่อน้ำเสียถูกปล่อยลงไปในบ่อแล้วก็จะค่อยๆไหลกว่าจะมาถึงจุดเก็บที่ 5, 6 และ 7 ซึ่งอยู่ห่างกันประมาณ 43.0, 51.0 และ 34.5 เมตรตามลำดับ ก็จะเกิดการบำบัดมาอย่างต่อเนื่องทำให้ค่าบีโอดีลดลงตามลำดับ ซึ่งเมื่อเอาน้ำจากห้องน้ำมายังบ่อรูปตัวแอล ในจุดเก็บที่ 4, 5, 6 และ 7 ซึ่งอยู่ห่างกันประมาณ 8.5, 51.5, 102.5 และ 137 เมตร มาศึกษาความสัมพันธ์กับค่าบีโอดีเฉลี่ย โดยให้ค่าบีโอดีเป็นค่าตัวแปรตาม (y) และระยะทาง (L) เป็นตัวแปรอิสระ (x) โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเส้นตรง โดยแปลค่าให้เป็นลอการิทึ่มทั้ง x และ y พบว่า มีความสำคัญด้วยระดับความเชื่อมั่นสูงถึงร้อยละ 99 และสามารถพยากรณ์ค่าบีโอดีได้จากสมการ

$$\text{Log BOD} = 3.465 - 1.095 \log L$$

$$(r = -0.997^{**}, n = 4)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งทำให้สามารถคำนวณได้ว่า เมื่อต้องการให้มีค่าบีโอดีเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะทางของบ่อรูปตัวแอล เพียง 94.5 เมตร ก็เพรียงพอ แต่เพื่อให้มั่นใจได้ควรมีระยะทาง 100 เมตร ก็จะสามารถปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้

2. ระบบแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ใช้ข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาหาค่าประสิทธิภาพของระบบบำบัด ดังนี้

สิทธิชัย ต้นธนะสฤษดิ์ (2538) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การใช้ดินตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชเป็นต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน” โดยทำการทดลองในภาคสนาม ณ บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยใช้ดินเลนผสมทรายสัดส่วน 3 : 1 ร่วมกับพืช ได้แก่ กกกลม หญ้าคาร่า และธูปฤาษี และศึกษาในน้ำระดับ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ split plot design มีระดับน้ำเป็น main plot และมีพืชเป็น sub plot ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จำนวน 9 รอบ รอบละ 10 วัน (ขังน้ำ 7 วัน และปล่อยแห้ง 3 วัน) รวมทั้งสิ้น 90 วัน ในแปลงทดลองคอนกรีตขนาด 2 x 4 x 1 เมตร แล้วทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดแล้วมาวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ คือ pH, EC, BOD, COD, Fe, Mn, Cu, Zn,Pb และ Cd พร้อมทั้งบันทึกปริมาณน้ำที่ใช้และที่เกิดจากการคายระเหย เพื่อศึกษาความสมดุลของน้ำและมวลของมวลสารก่อนและหลังการบำบัด รวมทั้งสิ้น 9 รอบ ผลการศึกษาสรุปได้ ว่าน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีมีสารอินทรีย์ บีโอดี และ ซีโอดี เป็นมลสารที่สำคัญ และระบบการบำบัดน้ำเสียนี้มีประสิทธิภาพของการบำบัดค่าดัชนี BOD ในระดับน้ำที่ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 95 ± 3.12, 83.5 ± 8.39 และ 76.2 ± 5.15 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพของการบำบัดค่าดัชนี COD ในระดับน้ำที่ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 89.6 ± 7.97, 72.0 ± 19.46 และ 53.5 ± 15.93 ตามลำดับ แม้เมื่อใส่น้ำให้ท่วมข้อสูงถึง 15 เซนติเมตร และกกกลมมีความเหมาะสมสำหรับระบบนี้มากที่สุด โดยสามารถลดปริมาณบีโอดีและซีโอดีได้มีประสิทธิภาพสูงและทำประโยชน์ได้มากอย่างกว่าพืชอีก 2 ชนิด โดยค่าน้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าดัชนี BOD COD และ pH เฉลี่ยอยู่ที่ 69.7 มก./ล. 100.5 มก./ล. และ 8 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

การควบคุมคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญมาก คือ การลดค่าความสกปรกของน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าบีโอดี ดังนั้นการหาประสิทธิภาพของระบบบัดน้ำเสีย จะคำนวณจากค่าบีโอดีเป็นหลัก ซึ่งหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของบ่อบำบัดน้ำเสียจากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพการบำบัด (\%)} = \left[\frac{\text{มวลมลสารเข้าแปลง - มวลมลสารออกจากแปลง}}{\text{มวลมลสารเข้าแปลง}} \right] \times 100$$

จากการศึกษาของสิทธิชัย ต้นธนะสฤษดิ์ (2538) เมื่อใช้น้ำเสียชุมชนชุมชนเมืองเพชรบุรี ซึ่งมีค่าบีโอดีก่อนการบำบัดประมาณ 90 มิลลิกรัมต่อลิตรพบว่าระบบบำบัดนี้สามารถบำบัดบีโอดีได้ประมาณร้อยละ 90 ทำนองเดียวกันอรทัย เชื้อวงษ์ (2550) ซึ่งใช้น้ำเสียชุมชนจากเมืองเพชรบุรีที่ส่งมาตามท่อจากบริเวณที่รวมน้ำเสียที่บ้านคลองยางมยังโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มาตามท่อยาว 18.5 กิโลเมตร และค่าบีโอดีก่อนการบำบัดประมาณ 31.2 $\pm$ 13.9 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีประสิทธิ์ภาพสูงถึงร้อยละ 95 แต่น้ำเสียก่อนการบำบัดของนักวิจัยทั้งสองนั้นต่ำกว่าของน้ำเสียจากห้องน้ำในสถานบริการน้ำมันซึ่งสูงถึงเกือบ 300 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้น ระบบบำบัดน้ำเสียนี้ก็ควรบำบัดได้ เพราะยุพเยาว์ โตคีรี (2544) พบว่าระบบนี้น่าจะสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูงไม่เกิน 406 มิลลิกรัมต่อลิตรได้

จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียสถานบริการน้ำมันโดยระบบบ่อผึ่งสรุปได้ว่า บ่อรูปเกือม้านั้นสามารถบำบัดน้ำเสียจากการซักล้างได้ ส่วนน้ำเสียจากห้องน้ำนั้นต้องใช้บ่อรูปตัวแอล ซึ่งมีความยาวไม่ต่ำกว่า 100 เมตร นั้นสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูงถึง 287 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ แต่น้ำเสียนั้นจะต้องมีเอมโมเนียมไนเจนถึง 74 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ โดยจะทำให้บริเวณปลายบ่อจะมีค่าบีโอดีที่ถูกบำบัดแล้วต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมพืชที่ทำอย่างถูกต้อง โดยเริ่มต้นด้วยใช้ดินนาที่แห้งสนิทก็จะสามารถบำบัดน้ำเสียจากสถานบริการน้ำมันที่มีค่าบีโอดีสูงถึง 287 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีแอมโมเนียมไนเจนสูงถึง74 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งสองระบบจึงเป็นไปได้ทางวิชาการแต่ระบบได้จะเหมาะสมที่สุดจะต้องวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน จะต้องทราบมูลค่าต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันก่อน พร้อมทั้งปรับค่าเวลาของต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน เพื่อให้สามารถทำการเปรียบเทียบกันได้และสามารถประเมินโครงการได้ว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เหมาะสมต่อการลงทุนหรือไม่

ข้อสมมติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

1. ประเภทของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันประกอบด้วยระบบบำบัดน้ำเสียที่ศึกษามี 2 ระบบ คือ ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ และระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

2. ระยะเวลาในการศึกษาโครงการจะครอบคลุมระยะเวลา 20 ปี คือ ระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2570 ตามสภาพโครงสร้างของตัวโครงการและวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ จะมีอายุการใช้งานและชูชีพ พิพัฒน์ศิถี (2544) กล่าวว่า อายุโครงการที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจควรเลือกระยะเวลาโครงการให้ใกล้เคียงกับอายุทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้อายุโครงการประมาณ 25 ปี เพราะว่าผลตอบแทนใดๆ ต่อการลงทุนที่เกินไปกว่า 25 ปี จะไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างในการเลือกโครงการแต่อย่างใด ดังนั้นการศึกษาโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันในครั้งจึงกำหนดอายุโครงการที่ 20 ปี

3. อัตราคิดลดที่ใช้ในการปรับลดมูลค่าเท่ากับร้อยละ 12 ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยที่ธนาคารโลก ได้กำหนดไว้สำหรับประเทศกำลังพัฒนา

4. การวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นการวิเคระห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยต้องนำต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงิน ณ ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2551 มาปรับใช้เป็นต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ ณ ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2551 โดยคูณกับตัวประกอบแปลงค่า (conversion factor) ซึ่งมาจากเอกสารธนาคารโลก โดยมีตัวประกอบแปลงค่าในกลุ่มต้นทุน คือ หมวดค่าก่อสร้าง เท่ากับ 0.88 หมวดค่าดำเนินการและบำรุงรักษา เท่ากับ 0.92 และกลุ่มผลประโยชน์ตัวประกอบแปลงค่ามีค่าเท่ากับ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต้นทุนทางการเงินของโครงการฯ

ต้นทุนทางการเงินของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันนั้น ประกอบไปด้วย

- ต้นทุนในการก่อสร้าง (investment costs) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการลงทุน เพื่ออำนวยความสะดวกหรือเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการผลิตและการให้บริการ ได้แก่ ค่าที่ดิน ซึ่งรวมถึงค่าซื้อที่ดินและพัฒนาที่ดิน ค่าถมดิน ค่าทำถนนทางเข้า ค่าติดตั้งเสาไฟฟ้าและค่าวางท่อประปา ค่าก่อสร้าง รวมทั้งค่าเดินสายและติดตั้งไฟฟ้า น้ำประปา เฟอร์นิเจอร์ และเครื่องใช้สำนักงานต่างๆ ค่าอุปกรณ์ และเครื่องมือ เครื่องจักรต่างๆ

- ต้นทุนในการดำเนินการและบำรุงรักษา (operation and maintenance costs) เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อให้โครงการสามารถดำเนินงานได้ตามปกติ ได้แก่ ค่าไฟฟ้า และค่าบำรุงรักษาให้สิ่งก่อสร้าง เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ดีตลอดอายุโครงการ

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาต้นทุนทางการเงินของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ และระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช มีรายละเอียดดังนี้

1. ต้นทุนทางการเงินของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ ต้นทุนทางการเงินของระบบจะประกอบด้วย

1.1 ค่าก่อสร้างระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ ค่าก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสีย มีลักษณะเป็นทางยาวรูปตัวแอล (L) ระยะทางประมาณ 120 เมตร และบ่อปรับสภาพ งานก่อสร้างประกอบไปด้วย การขุด และทำคันดินกั้นน้ำระหว่างบ่อ โดยใช้การเหมาก่อสร้าง เป็นการเหมาจ่าย รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 75,000.00 บาท ซึ่งเกิดขึ้นในปีแรกของการดำเนินโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 4

1.2 ต้นทุนทางการเงินของค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียจะเกิดขึ้นในปีที่เริ่มดำเนินโครงการจนตลอดอายุโครงการสิ้นสุด ประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการประกอบด้วย ค่าจ้างบุคลากรดูแลบ่อบำบัด ซึ่งรวมถึงค่านำผักตบชวาออกจากระบบทุกๆ 17 สัปดาห์ ค่าตัดแต่งกิ่งไม้บริเวณรอบบ่อบำบัด (พนักงานดูแลสวนจำนวน 1 คน และจ้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุคคลภายนอกมาดำเนินการใช้อีก 2 คน เป็นเวลา 3 วันต่อหนึ่งครั้ง อัตราค่าแรงที่ 250 บาทต่อคนต่อวัน) ค่าตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย จำนวน 10 จุด และค่าซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ จากการดำเนินงาน โดยต้นทุนทางการเงินของค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปีมีค่า 64,000 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4

ทั้งนี้ต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ซึ่งต้นทุนทางการเงินตลอดอายุโครงการมีค่าเท่ากับ 1,291,000 บาท และสามารถแสดงต้นทุนในแต่ละปี ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 9 รายละเอียดต้นทุนทางการเงินในการก่อสร้างระบบบำบัดและค่าดำเนินการและดูแลรักษา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – 2570 ของระบบบ่อผึ่งบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ

(หน่วย : บาท)

รายการ	2551	2552 – 2570	รวม
ค่าก่อสร้าง			
- งานก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ	75,000	-	75,000
ค่าดำเนินการและดูแลรักษา			
1. ค่าจ้างพนักงาน	-	9,000	9,000
2. ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์และค่าขุดตะกอนภายในบ่อบำบัด (เฉลี่ยต่อปี)	-	5,000	5,000
3. ค่าตรวจวัดคุณภาพน้ำ (ต่อปี)	-	50,000	50,000
รวม	**75,000**	**64,000**	**139,000**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ต้นทุนทางการเงินรวมของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2551 – 2570 ของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ต้นทุนค่าก่อสร้าง	ต้นทุนค่าดำเนินการและบำรุงรักษา	รวม
1	2551	75,000	-	75,000
2	2552	-	64,000	64,000
3	2553	-	64,000	64,000
4	2554	-	64,000	64,000
5	2555	-	64,000	64,000
6	2556	-	64,000	64,000
7	2557	-	64,000	64,000
8	2558	-	64,000	64,000
9	2559	-	64,000	64,000
10	2560	-	64,000	64,000
11	2561	-	64,000	64,000
12	2562	-	64,000	64,000
13	2563	-	64,000	64,000
14	2564	-	64,000	64,000
15	2565	-	64,000	64,000
16	2566	-	64,000	64,000
17	2567	-	64,000	64,000
18	2568	-	64,000	64,000
19	2569	-	64,000	64,000
20	2570	-	64,000	64,000
รวม		**75,000**	**1,216,000**	**1,291,000**

2. ต้นทุนทางการเงินของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ต้นทุนทางการเงินของระบบประกอบไปด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 ค่าก่อสร้างระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ประกอบด้วยค่าก่อสร้างบ่อซีเมนต์ ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 32 เมตร ลึก 1 เมตร ค่าดินผสมทราย ต้นกล้าพันธุ์ โดยใช้การเหมาก่อสร้างเป็นการเหมาจ่าย ต่อ 1 แปลง เป็นเงิน 30,000.00 บาท ประยุกต์มาจากรูปแบบในคู่มือเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ ทั้งโครงการต้องมี 7 แปลง รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 210,000.00 บาท ซึ่งเกิดขึ้นในปีแรกของการดำเนินโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 6

2.2 ต้นทุนทางการเงินของค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียจะเกิดขึ้นในปีที่เริ่มดำเนินโครงการจนตลอดอายุโครงการสิ้นสุด ประกอบไปด้วย ค่าจ้างบุคลากรดูแลบ่อบำบัดและพืชในแปลงของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ซึ่งรวมถึงค่าตัดฐูปฤาษี ทุกๆ 90 วัน ค่าพันธุ์พืชที่มีการปลูกใหม่ทุกๆ ปี (พนังงานดูแลสวนจำนวน 1 คน และจ้างบุคคลภายนอกมาดำเนินการใช้อีก 2 คน เป็นเวลา 3 วันต่อหนึ่งครั้ง อัตราค่าแรงที่ 250 บาทต่อคนต่อวัน) ค่าตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย จำนวน 14 จุด และค่าซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ จากการดำเนินงาน ดังแสดงในตารางที่ 6

ทั้งนี้ต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ซึ่งต้นทุนทางการเงินตลอดอายุโครงการมีค่าเท่ากับ 1,920,000 บาท และสามารถแสดงต้นทุนในแต่ละปี ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 11 รายละเอียดต้นทุนทางการเงินในการก่อสร้างระบบบำบัดและค่าดำเนินการและดูแลรักษา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – 2570 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

(หน่วย : บาท)

รายการ	2551	2552 – 2570	รวม
ค่าก่อสร้าง			
- งานก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ	210,000	-	210,000
ค่าดำเนินการและดูแลรักษา			
1. ค่าจ้างพนักงาน	-	9,000	9,000
2. ค่าพันธุ์พืช	-	6,000	6,000
3. ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์และค่าเปลี่ยนดินภายในบ่อบำบัด (เฉลี่ยต่อปี)	-	5,000	5,000
4. ค่าตรวจวัดคุณภาพน้ำ (ต่อปี)	-	70,000	70,000
รวม	**210,000**	**90,000**	**300,000**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ต้นทุนทางการเงินรวมของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2551 – 2570 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าก่อสร้าง	ค่าดำเนินกรและบำรุงรักษา	รวม
1	2551	210,000	-	210,000
2	2552	-	90,000	90,000
3	2553	-	90,000	90,000
4	2554	-	90,000	90,000
5	2555	-	90,000	90,000
6	2556	-	90,000	90,000
7	2557	-	90,000	90,000
8	2558	-	90,000	90,000
9	2559	-	90,000	90,000
10	2560	-	90,000	90,000
11	2561	-	90,000	90,000
12	2562	-	90,000	90,000
13	2563	-	90,000	90,000
14	2564	-	90,000	90,000
15	2565	-	90,000	90,000
16	2566	-	90,000	90,000
17	2567	-	90,000	90,000
18	2568	-	90,000	90,000
19	2569	-	90,000	90,000
20	2570	-	90,000	90,000
รวม		**210,000**	**1,710,000**	**1,920,000**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลประโยชน์ทางการเงินของโครงการฯ

ผลประโยชน์ทางการเงินของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน เป็นการวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางการเงินที่เกิดขึ้นหลังจากมีระบบบำบัดน้ำเสียเข้าไปภายในสถานบริการนำมัน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาระบบบำบัด 2 แบบ คือ ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชและระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชลอยน้ำ นั้นพบว่าผลประโยชน์ทางการเงินที่เกิดขึ้นทางการเงินนั้นมีมูลค่าเท่ากันทั้ง 2 ระบบ ดังแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น คือ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการบำบัดน้ำเสีย เพื่อการหลีกเลี่ยงการปล่อยน้ำเสียลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ ถ้าน้ำเสียไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จนไม่สามารถนำมาบำบัดได้ทัน ก็จะทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำตามธรรมชาติไม่สามารถใช้ในกิจกรรมต่างๆ ได้ ทำให้ต้องแสวงหาแหล่งน้ำใหม่ เพื่อนำมาใช้ทดแทนแหล่งน้ำเดิม ดังนั้นเพื่อให้แหล่งน้ำตามธรรมชาตินั้นสามารถดำเนินการเป็นแหล่งน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติจึงต้องมีการบำบัดน้ำเสียเพื่อเป็นการป้องกันแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งการบำบัดน้ำเสียดังกล่างจึงจัดเป็นผลประโยชน์ทางการเงิน ในการประหยัดค่าแสวงหาน้ำที่มีคุณภาพ อันเป็นแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการผลิตน้ำประปา ดังนั้นผลประโยชน์ทางการเงินที่เกิดขึ้นในส่วนนี้ จะประมาณการโดยอาศัยราคาจากต้นทุนการขุดเจาะน้ำบาดาล และการผลิตน้ำประปาของจังหวัดระยองซึ่งเท่ากัน 3.09 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ณ ปี พ.ศ. 2535 โดยตั้งสมมติฐานว่าจะมีอัตราเพิ่มขึ้นตามสภาวะเงินเฟ้อเท่ากับร้อยละ 5 ต่อปีโดยเฉลี่ย ส่วนปริมาณน้ำที่ดีขึ้นแต่ละปีหลังจากการบำบัด กำหนดให้เท่ากับปริมาณน้ำเสียที่ผ่านเข้าไปในระบบ ซึ่งจะเกิดขึ้นในปีที่ 2 จนตลอดอายุโครงการ ดังตารางที่ 8

ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น (บาท/ปี) = ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น (ลบ.ม./ปี) × ต้นทุนในการผลิตน้ำประปา

2. ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด คือ ค่าการประหยัดจากถูกร้องเรียนของผู้ได้รับผลกระทบ ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าปรับเหตุเดือดร้อนรำคาญจากกลิ่นตาม พรบ.การสาธารณสุข พ.ศ. 2486 และพรบ.รักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเรือน พ.ศ. 2503 ซึ่งกำหนดบทลงโทษผู้ฝ่าฝืนไว้เป็นเงินค่าปรับ 50 – 100 บาท ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ค่าปรับโดยเฉลี่ย คือ 75 บาท เป็นในการลดกลิ่นเหม็น ซึ่งจะเกิดขึ้นในปีที่ 2 จนตลอดอายุโครงการ ดังตารางที่ 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มูลค่าของการลดลงของกลิ่นเหม็น (บาท/ปี) = จำนวนประชากรที่ได้รับประโยชน์ (คน) × ค่าปรับ (75 บาท/คน/ปี)

3. ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ หมายถึง กรณีที่ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำภายหลังจากการบำบัดสูงกว่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด โดยกำหนดให้ผลประโยชน์ในส่วนนี้มีมูลค่า 15,000 บาทต่อปี ตามกฎหมายตามพระราชบัญญัติวิธีปฏิบัติราชการทางปกครอง พ.ศ. 2539 ในส่วนที่ 8 ว่าด้วยการบังคับทางปกครอง กล่าวคือ การใช้มาตรการบังคับทางปกครองกับเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ (การเข้าดำเนินการด้วยตนเองหรือมอบหมายให้ผู้อื่นกระทำการแทน หรือการให้มีการชำระค่าปรับทางปกครอง) อันเป็นอำนาจของอธิบดีกรมควบคุมมลพิษ ในการกำหนดค่าปรับได้ไม่เกิน 15,000 บาทต่อวัน โดยมีการสุ่มตรวจจากกรมควบคุมมลพิษปีละ 1 ครั้ง (กรมควบคุมมลพิษ) ซึ่งจะเกิดขึ้นในปีที่ 2 จนตลอดอายุโครงการ ดังตารางที่ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น

ปีที่	ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำเสียรวม (ลบ.ม./ปี)	ต้นทุนในการผลิตน้ำประปา (บาท/ลบ.ม.)	คุณภาพน้ำที่ดีขึ้น (บาท/ปี)
1	2551	10,950	6.75	-
2	2552	10,950	7.08	77,526.00
3	2553	10,950	7.43	81,358.50
4	2554	10,950	7.80	85,410.00
5	2555	10,950	8.19	89,680.50
6	2556	10,950	8.59	94,060.50
7	2557	10,950	9.01	98,659.50
8	2558	10,950	9.46	103,587.00
9	2559	10,950	9.93	108,733.50
10	2560	10,950	10.42	114,099.00
11	2561	10,950	10.94	119,793.00
12	2562	10,950	11.48	125,706.00
13	2563	10,950	12.05	131,947.50
14	2564	10,950	12.65	138,517.50
15	2565	10,950	13.28	145,416.00
16	2566	10,950	13.94	152,643.00
17	2567	10,950	14.63	160,198.50
18	2568	10,950	15.36	168,192.00
19	2569	10,950	16.12	176,514.00
20	2570	10,950	16.92	185,274.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด

ปีที่	ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)	ลดกลิ่นเหม็น (บาท) (จำนวนประชากร × 75)
1	2551	40	-
2	2552	40	3,000
3	2553	40	3,000
4	2554	40	3,000
5	2555	40	3,000
6	2556	40	3,000
7	2557	40	3,000
8	2558	40	3,000
9	2559	40	3,000
10	2560	40	3,000
11	2561	40	3,000
12	2562	40	3,000
13	2563	40	3,000
14	2564	40	3,000
15	2565	40	3,000
16	2566	40	3,000
17	2567	40	3,000
18	2568	40	3,000
19	2569	40	3,000
20	2570	40	3,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ

ปีที่	ปี พ.ศ.	ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าปรับ (บาท)
1	2551	-
2	2552	15,000
3	2553	15,000
4	2554	15,000
5	2555	15,000
6	2556	15,000
7	2557	15,000
8	2558	15,000
9	2559	15,000
10	2560	15,000
11	2561	15,000
12	2562	15,000
13	2563	15,000
14	2564	15,000
15	2565	15,000
16	2566	15,000
17	2567	15,000
18	2568	15,000
19	2569	15,000
20	2570	15,000

ทั้งนี้ผลประโยชน์รวมทางการเงินของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน จะเกิดขึ้นในปีที่ 2 จนตลอดอายุของโครงการ ซึ่งมีมูลค่าเท่ากับ 2,699,316 บาท ดังตารางที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ผลประโยชน์รวมทางการเงินของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันตลอดอายุโครงการ

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	คุณภาพน้ำที่ดีขึ้น	การลดกลิ่นเหม็น	ค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ	รวม
1	2551	-	-	-	-
2	2552	77,526	3,000	15,000	95,526
3	2553	81,359	3,000	15,000	99,359
4	2554	85,410	3,000	15,000	103,410
5	2555	89,681	3,000	15,000	107,681
6	2556	94,061	3,000	15,000	112,061
7	2557	98,660	3,000	15,000	116,660
8	2558	103,587	3,000	15,000	121,587
9	2559	108,734	3,000	15,000	126,734
10	2560	114,099	3,000	15,000	132,099
11	2561	119,793	3,000	15,000	137,793
12	2562	125,706	3,000	15,000	143,706
13	2563	131,948	3,000	15,000	149,948
14	2564	138,518	3,000	15,000	156,518
15	2565	145,416	3,000	15,000	163,416
16	2566	152,643	3,000	15,000	170,643
17	2567	160,199	3,000	15,000	178,199
18	2568	168,192	3,000	15,000	186,192
19	2569	176,514	3,000	15,000	194,514
20	2570	185,274	3,000	15,000	203,274
รวม		**2,357,316**	**57,000**	**285,000**	**2,699,316**

จากการวิเคราะห์ต้นทุนทางการเงินและผลประโยชน์ทางการเงินของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ซึ่งประกอบด้วย ระบบบ่อผึ่งรวมกับพืชลอยน้ำ และระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช โดยทั้ง 2 ระบบ มีต้นทุนทางการเงินในหมวดเดียวกัน คือ ต้นทุนค่าก่อสร้าง ต้นทุนในการดำเนินการและบำรุงรักษาระบบ และผลประโยชน์ทางการเงนของโครงการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการนน้ำมัน ทั้ง 2 ระบบ นั้นมีมูลค่าผลประโยชน์ทางการเงนที่เท่ากัน ประกอบไปด้วย ผลประโยชน์คุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ผลประโยชน์จากการลดกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ ดังแสดงในตารางที่ 12 โดยค่าของต้นทุนทางการเงนและผลประโยชน์ทางการเงินของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น สามารถนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการได้ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ต้นทุนรวมทางการเงินและผลประโยชน์รวมทางการเงินของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน

ปีที่	ปี พ.ศ.	ต้นทุนรวมทางการเงิน		ผลประโยชน์รวมทางการเงินของโครงการฯ
		ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืช	ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช	
1	2551	75,000	210,000	-
2	2552	64,000	90,000	95,526
3	2553	64,000	90,000	99,359
4	2554	64,000	90,000	103,410
5	2555	64,000	90,000	107,681
6	2556	64,000	90,000	112,061
7	2557	64,000	90,000	116,660
8	2558	64,000	90,000	121,587
9	2559	64,000	90,000	126,734
10	2560	64,000	90,000	132,099
11	2561	64,000	90,000	137,793
12	2562	64,000	90,000	143,706
13	2563	64,000	90,000	149,948
14	2564	64,000	90,000	156,518
15	2565	64,000	90,000	163,416
16	2566	64,000	90,000	170,643
17	2567	64,000	90,000	178,199
18	2568	64,000	90,000	186,192
19	2569	64,000	90,000	194,514
20	2570	64,000	90,000	203,274
รวม		**1,291,000**	**1,920,000**	**2,017,475**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ นั้นเป็นการนำต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินมาปรับมูลค่าให้เป็นค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อนำมาคำนวณหาความคุ้มค่าของโครงการตามการวิเคราะห์แบบปรับค่าของเวลาด้วยชี้วัดความคุ้มค่า 3 ตัวชี้วัด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อสมมติทางด้านต้นทุน

1. ค่าที่ดิน เนื่องจากค่าที่ดินจะทำการคิดจากค่าเสียโอกาสของค่าที่ดิน ซึ่งหากที่ดินนั้นเป็นที่ดินที่รกร้างหรือไม่ได้ทำกิจกรรมใดๆ บนที่ดินนั้นค่าเสียโอกาสของที่ดินจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นจึงไม่นำมูลค่าที่ดินมาใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2. ภาษีมูลค่าเพิ่มไม่ถูกนำมาพิจารณาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ เพราะภาษีไม่ได้เป็นต้นทุนที่แท้จริงของการลงทุน แต่เป็นเงินจ่ายโอนทางธุรกิจหรือโครงการไปสู่รัฐบาล ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากร

3. อัตราคิดลดที่ใช้ในการปรับลดมูลค่าของต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ให้เป็นราคาคงที่ปี พ.ศ. 2551 คิดที่อัตราร้อยละ 12 ต่อปี ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยที่ธนาคารโลกได้กำหนดไว้สำหรับประเทศกำลังพัฒนา

ข้อสมมติทางด้านผลประโยชน์

1. ประโยชน์ของโครงการเกิดขึ้นตั้งแต่ปีที่ 2 ของโครงการเป็นต้นไป จนตลอดอายุโครงการ โดยมีมูลค่าคงที่ตลอดอายุโครงการ

2. ภาวะเงินเฟ้อ (inflation) ในการพิจารณาผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จะไม่คิดภาวะเงินเฟ้อ เนื่องจากภาวะเงินเฟ้อจะมีผลกระทบต่อราคาที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนและผลประโยชน์เหมือนกันและเท่าเทียมกัน เมื่อเป็นเช่นนี้ภาวะเงินเฟ้อจะไม่มีผลต่อการเปรียบเทียบมูลค่าสัมพันธ์ (relative value) แต่ประการใด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. อัตราคิดลดที่ใช้ในการปรับลดมูลค่าของผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ให้เป็นราคาคงที่ปี พ.ศ. 2551 คิดที่อัตราร้อยละ 12 ต่อปี ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยที่ธนาคารโลกได้กำหนดไว้สำหรับประเทศกำลังพัฒนา

ต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการฯ

1. ต้นทุนของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ซึ่งทำการศึกษา 2 ระบบ คือ ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ และระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ คำนวณได้จากการนำค่าต้นทุนทางการเงินของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำคูณกับตัวประกอบแปลงค่า ผลปรากฏว่าต้นทุนรวมของระบบมีมูลค่าเท่ากับ 1,184,720.00 บาท โดยมีต้นทุนการก่อสร้างเท่ากับ 66,000.00 บาท เกิดขึ้นในปีที่ 1 ของโครงการ และต้นทุนการดำเนินการและบำรุงรักษาเท่ากับ 58,000.00 บาท เกิดขึ้นในปีที่ 2 ตลอดอายุโครงการและมีค่าเท่ากับทุกปี ซึ่งเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังตารางที่ 13

1.2 ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช คำนวณได้จากการนำค่าต้นทุนทางการเงินของระบบบำบัดน้ำเสียแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชคูณกับตัวประกอบแปลงค่า ผลปรากฏว่าต้นทุนรวมของระบบมีมูลค่าเท่ากับ 1,184,778.00 บาท โดยมีต้นทุนการก่อสร้างเท่ากับ 270,578.00 บาท เกิดขึ้นในปีที่ 1 ของโครงการ และต้นทุนการดำเนินการและบำรุงรักษาเท่ากับ 82,800.00 บาท เกิดขึ้นในปีที่ 2 ตลอดอายุโครงการและมีค่าเท่ากับทุกปี ซึ่งเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังตารางที่ 14

2. ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการฯ ประกอบไปด้วย ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ผลประโยชน์จากการลดของกลิ่นเหม็ยจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด และผลประโยชน์จากการประหยัดค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นของโครงการฯ ตั้งแต่ปีที่ 2 ตลอดจนอายุโครงการ ซึ่งระบบทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ และระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช เป็นผลประโยชน์ประเภทเดียวกัน ที่ทำการศึกษา โดยผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์คำนวณจากผลประโยชน์ทางการเงินของโครงการฯ คูณกับตัวประกอบแปลงค่าซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จึงมีมูลค่า 2,699,316.00 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตลอดอายุโครงการ ซึ่งประกอบด้วย ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นมีมูลค่าเท่ากับ 2,357,316.00 บาท ผลประโยชน์จากการลดของกลิ่นเหม็ยจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดมีมูลค่าเท่ากับ 57,000.00 บาท และผลประโยชน์จากการประหยัดค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษมีมูลค่าเท่ากับ 285,000.00 บาท ตลอดอายุโครงการ ดังตารางที่ 15

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ

(หน่วย : บาท)

		ราคาทางการเงิน			ราคาทางเศรษฐศาสตร์		
ปีที่	ปี พ.ศ.	ต้นทุนการก่อสร้าง	ต้นทุนการดำเนินกรและบำรุงรักษา	รวม	ต้นทุนการก่อสร้าง	ต้นทุนการดำเนินกรและบำรุงรักษา	รวม
1	2551	75,000.00	-	75,000.00	66,000.00	-	66,000.00
2	2552	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
3	2553	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
4	2554	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
5	2555	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
6	2556	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
7	2557	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
8	2558	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
9	2559	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
10	2560	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
11	2561	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
12	2562	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
13	2563	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
14	2564	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
15	2565	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
16	2566	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
17	2567	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
18	2568	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
19	2569	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
20	2570	-	64,000.00	64,000.00	-	58,880.00	58,880.00
รวม		**75,000.00**	**1,216,000.00**	**1,291,000.00**	**66,000.00**	**1,118,720.00**	**1,184,720.00**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

(หน่วย : บาท)

		ราคาทางการเงิน			ราคาทางเศรษฐศาสตร์		
ปีที่	ปี พ.ศ.	ต้นทุนการก่อสร้าง	ต้นทุนการดำเนินกรและบำรุงรักษา	รวม	ต้นทุนการก่อสร้าง	ต้นทุนการดำเนินกรและบำรุงรักษา	รวม
1	2551	210,000.00	-	210,000.00	184,800.00	-	184,800.00
2	2552	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
3	2553	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
4	2554	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
5	2555	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
6	2556	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
7	2557	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
8	2558	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
9	2559	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
10	2560	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
11	2561	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
12	2562	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
13	2563	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
14	2564	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
15	2565	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
16	2566	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
17	2567	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
18	2568	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
19	2569	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
20	2570	-	90,000.00	90,000.00	-	82,800.00	82,800.00
รวม		**210,000.00**	**1,710,000.00**	**1,920,000.00**	**184,800.00**	**1,573,200.00**	**1,758,000.00**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ผลประโยชน์รวมทางเศรษฐศาสตร์ทั้งหมดของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันตลอดอายุโครงการ

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	คุณภาพน้ำที่ดีขึ้น	การลดกลิ่นเหม็น	ค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ	รวม
1	2551	-	-	-	-
2	2552	77,526.00	3,000.00	15,000.00	95,526.00
3	2553	81,358.50	3,000.00	15,000.00	99,358.50
4	2554	85,410.00	3,000.00	15,000.00	103,410.00
5	2555	89,680.50	3,000.00	15,000.00	107,680.50
6	2556	94,060.50	3,000.00	15,000.00	112,060.50
7	2557	98,659.50	3,000.00	15,000.00	116,659.50
8	2558	103,587.00	3,000.00	15,000.00	121,587.00
9	2559	108,733.50	3,000.00	15,000.00	126,733.50
10	2560	114,099.00	3,000.00	15,000.00	132,099.00
11	2561	119,793.00	3,000.00	15,000.00	137,793.00
12	2562	125,706.00	3,000.00	15,000.00	143,706.00
13	2563	131,947.50	3,000.00	15,000.00	149,947.50
14	2564	138,517.50	3,000.00	15,000.00	156,517.50
15	2565	145,416.00	3,000.00	15,000.00	163,416.00
16	2566	152,643.00	3,000.00	15,000.00	170,643.00
17	2567	160,198.50	3,000.00	15,000.00	178,198.50
18	2568	168,192.00	3,000.00	15,000.00	186,192.00
19	2569	176,514.00	3,000.00	15,000.00	194,514.00
20	2570	185,274.00	3,000.00	15,000.00	203,274.00
รวม		**2,357,316.00**	**57,000.00**	**285,000.00**	**2,699,316.00**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดำเนินการโดยการนำต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ และระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ดังกล่าวข้างต้น มาคำนวณความคุ้มค่าของโครงการตามการวิเคราะห์แบบปรับค่าของเวลาด้วยตัวชี้วัดความคุ้มค่า 3 ตัวชี้วัด ดังนี้

วิธีการคำนวณหาค่าตัวดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการทั้ง 2 ระบบ จำนวน 3 ตัวชี้วัด ดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

จากสูตร NPV = PVB – PVC

1.1 ระบบบ่อผึ่งบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ

แทนค่า NPV = 814,969.08 – 446,155.72

= 368,823.51

1.2 ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

แทนค่า NPV = 814,969.08 – 709,542.12

= 105,426.96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR)

จากสูตร $BCR = \frac{PVB}{PVC}$

2.1 ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ

แทนค่า $BCR = \frac{814,969.08}{446,155.72}$

$= 1.83$

2.2 ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

แทนค่า $BCR = \frac{814,969.08}{709,542.12}$

$= 1.15$

3. อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)

จากสูตร $IRR = r_L + (r_U - r_L)\left[\frac{NPV_L}{NPV_L - NPV_U}\right]$

หาค่า NPV จำนวน 2 ค่า คือ จากอัตราคิดลด r_L ที่ทำให้ NPV_L มีค่าเป็นบวกและจากอัตราคิดลด r_U ที่ทำให้ NPV_U มีค่าเป็นลบ ในที่นี้กำหนดให้ r_L กับ r_U ห่างกัน 5% เพื่อป้องกันความผิดพลาดของข้อมูล โดยให้ r_L คือ 63% และ r_U คือ 67% จะได้ว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1 ระบบบ่อผึ่งบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ

ที่อัตราคิดลด 63% NPV มีค่าเท่ากับ 1,623.71

ที่อัตราคิดลด 68% NPV มีค่าเท่ากับ -1,882.21

ดังนั้น $IRR = 63 + (68 - 63)\left[\frac{1,623.71}{1,623.71 - (-1,882.21)}\right]$

$= 63 + 5\left[\frac{1,623.71}{3,505.92}\right]$

$= 63 + 2.31$

$= 65.31$

3.2 ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

ที่อัตราคิดลด 15% NPV มีค่าเท่ากับ 42,962.33

ที่อัตราคิดลด 20% NPV มีค่าเท่ากับ -19,839.58

ดังนั้น $IRR = 15 + (20 - 15)\left[\frac{42,962.33}{42,962.33 - (-19,839.58)}\right]$

$= 15 + 5\left[\frac{42,962.33}{62,801.91}\right]$

$= 15 + 3.68$

$= 18.68$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่าผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยตัวชี้วัดของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ และระบบแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชลอยน้ำ นั้นมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุนทั้ง 2 ระบบ เนื่องจากมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 368,823.51 บาท และ 105,426.96 บาท ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.83 และ 1.15 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 1 และอัตราผตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ ร้อยละ 65.31 และร้อยละ 18.68 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าอัตราเสียโอกาสของทุน ร้อยะ 12 ซึ่งแสดงวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้วยตัวชี้วัดต่างๆ ทั้ง 2 ระบบ ดังตารางที่ 16-17 และนำค่าชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบทั้ง 2 มาเปรียบเทียบได้ ดังตารางที่ 18

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์
1	2551	66,000.00	-	0.8929	58,931.40	0.00
2	2552	58,880.00	95,526.00	0.7972	46,939.14	76,153.33
3	2553	58,880.00	99,358.50	0.7118	41,910.78	70,723.38
4	2554	58,880.00	103,410.00	0.6355	37,418.24	65,717.06
5	2555	58,880.00	107,680.50	0.5674	33,408.51	61,097.92
6	2556	58,880.00	112,060.50	0.5066	29,828.61	56,769.85
7	2557	58,880.00	116,659.50	0.4523	26,631.42	52,765.09
8	2558	58,880.00	121,587.00	0.4039	23,781.63	49,108.99
9	2559	58,880.00	126,733.50	0.3606	21,232.13	45,700.10
10	2560	58,880.00	132,099.00	0.3220	18,959.36	42,535.88
11	2561	58,880.00	137,793.00	0.2875	16,928.00	39,615.49
12	2562	58,880.00	143,706.00	0.2567	15,114.50	36,889.33
13	2563	58,880.00	149,947.50	0.2292	13,495.30	34,367.97
14	2564	58,880.00	156,517.50	0.2046	12,046.85	32,023.48
15	2565	58,880.00	163,416.00	0.1827	10,757.38	29,856.10
16	2566	58,880.00	170,643.00	0.1631	9,603.33	27,831.87
17	2567	58,880.00	178,198.50	0.1456	8,572.93	25,945.70
18	2568	58,880.00	186,192.00	0.1300	7,654.40	24,204.96
19	2569	58,880.00	194,514.00	0.1161	6,835.97	22,583.08
20	2570	58,880.00	203,274.00	0.1037	6,105.86	21,079.51
รวม		**1,184,720.00**	**2,699,316.00**		**446,155.72**	**814,969.08**
NPV						**368,823.51**
BCR						**1.83**
IRR						**65.31**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 ต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์
1	2551	184,800.00	-	0.8929	165,007.92	-
2	2552	82,800.00	95,526.00	0.7972	66,008.16	76,153.33
3	2553	82,800.00	99,358.50	0.7118	58,937.04	70,723.38
4	2554	82,800.00	103,410.00	0.6355	52,619.40	65,717.06
5	2555	82,800.00	107,680.50	0.5674	46,980.72	61,097.92
6	2556	82,800.00	112,060.50	0.5066	41,946.48	56,769.85
7	2557	82,800.00	116,659.50	0.4523	37,450.44	52,765.09
8	2558	82,800.00	121,587.00	0.4039	33,442.92	49,108.99
9	2559	82,800.00	126,733.50	0.3606	29,857.68	45,700.10
10	2560	82,800.00	132,099.00	0.3220	26,661.60	42,535.88
11	2561	82,800.00	137,793.00	0.2875	23,805.00	39,615.49
12	2562	82,800.00	143,706.00	0.2567	21,254.76	36,889.33
13	2563	82,800.00	149,947.50	0.2292	18,977.76	34,367.97
14	2564	82,800.00	156,517.50	0.2046	16,940.88	32,023.48
15	2565	82,800.00	163,416.00	0.1827	15,127.56	29,856.10
16	2566	82,800.00	170,643.00	0.1631	13,504.68	27,831.87
17	2567	82,800.00	178,198.50	0.1456	12,055.68	25,945.70
18	2568	82,800.00	186,192.00	0.1300	10,764.00	24,204.96
19	2569	82,800.00	194,514.00	0.1161	9,613.08	22,583.08
20	2570	82,800.00	203,274.00	0.1037	8,586.36	21,079.51
รวม		**1,758,000.00**	**1,758,000.00**		**709,542.12**	**814,969.08**
NPV						**105,426.96**
BCR						**1.15**
IRR						**18.68**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบตัวชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดทั้ง 2 ของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน

ตัวชี้วัด	ผลการวิเคราะห์	
	ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืช	ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV)	368,823.51	105,426.96
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของโครงการ (BCR)	1.83	1.15
อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR)	ร้อยละ 65.31	ร้อยละ 18.68

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ นั้นเป็นการประเมินความเสี่ยงภัยและความไม่แน่นอนที่อาจส่งผลต่อต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงิน เช่น อาจมีการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนในการก่อสร้างจากค่าวัสดุที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามความต้องการของตลอดและความหาอยากของทรัพยากร หรือโครงการอาจถูกดำเนินการตามกฎหมายในเรื่องของค่าปรับจากกรมควบคุมมลพิษเนื่องจากคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดไม่ได้ตามค่าที่กฎหมายกำหนด ทำให้ผลประโยชน์ของมีค่าลดลง หรืออาจมีเหตุการในอนาคตที่ทำให้ต้นทุนและผลประโยชน์เกิดการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ จึงต้องทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการควบคู่ไปด้วย เพื่อใช้เป็นข้อมูลต่อการตัดสินใจต่อไป ซึ่งการทดสอบความอ่อนไหวของโครงการโดยทั่วไปจะเผื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรประมาณร้อยละ 5-15 เพื่อเป็นการรองรับความผิดพลาดจากการประมาณการต้นทุนและผลประโยชน์แต่ละตัวของโครงการ ซึ่งในที่นี้จะทดสอบความอ่อนไหวของโครงการที่การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต้นทุนแลผลประโยชน์ที่ร้อยละ 10 ซึ่งการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน ทำการคำนวณความอ่อนไหวของโครงการฯ และจากผลการทดสอบความอ่อนไหว ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 12 เนื่องจากเป็นระดับที่สามารถยอมรับโครงการได้ในเบื้องต้น โดยสมมติให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกรณีที่แตกต่างกัน 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่ โดยกำหนดว่ามีสาเหตุจากอัตราค่าแรงที่เพิ่มขึ้น อัตราค่าน้ำมันที่เพิ่มขึ้น และค่าวัสดุอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณีที่ 2 ผลประโยชน์ลดลงในอัตราร้อยละ 10 โดยที่ต้นทุนคงที่ โดยกำหนดว่ามีสาเหตุมาจากประสิทธิภาพที่ลดลง อันเนื่องมาจากกิจกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปของโครงการ

กรณีที่ 3 ต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลงในอัตราร้อยละ 10 โดยอาจเป็นผลมาจากกรณีที่ 1 และ 2 มารวมกัน

ทั้งนี้โครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน นั้นประกอบด้วย 2 ระบบ คือ ระบบแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ และระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ซึ่งทำการคำนวณความอ่อนไหวทั้ง 3 กรณี ดังนี้

1. ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ พบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) และมีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ลดลงจากเดิมเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงในกรณีต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ

กรณีศึกษา	NPV	BCR	IRR
ก่อนการเปลี่ยนแปลง	368,863.51	1.83	65.31
ต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่	324,197.80	1.66	37.18
ผลประโยชน์ลดลงในอัตราร้อยละ 10 โดยที่ต้นทุนคงที่	287,316.45	1.64	36.18
ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลงร้อยละ 10	242,700.88	1.49	26.65

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของระบบแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำทั้ง 3 กรณี ณ อัตราคิดลดร้อยละ 12 พบว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการทั้ง 3 กรณี โดยมีค่า NPV ที่คำนวณได้ใน กรณี 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 324,197.80 บาท 287,316.45 บาท และ 242,700.88 บาท ตามลำดับ ส่วน BCR ที่คำนวณได้ใน กรณี 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 1.66, 1.64 และ 1.49 ตามลำดับ และค่า IRR ที่คำนวณได้ใน กรณี 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับร้อยละ 37.18, 36.18 และ 26.65 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์การตัดสินใจที่ 0, 1 และ ร้อยละ 12 ตามลำดับตัวชี้วัด การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการแสดงให้เห็นว่าถึงแม้มีการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อต้นทุนและผลประโยชน์ของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โครงการฯ ระบบแบบบ่อผึ่งร่วมกับพืช ยังมีความคุ้มค่าและการลงทุนทางเศรษฐสาสตร์อยู่ ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดการคำนวณได้ในตารางผนวกที่ 4-6

2. ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช พบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) และมีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ลดลงจากเดิม เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงในกรณีต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

กรณีศึกษา	NPV	BCR	IRR
ก่อนการเปลี่ยนแปลง	105,426.96	1.15	18.68
ต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่	34,472.75	1.04	13.83
ผลประโยชน์ลดลงในอัตราร้อยละ 10 โดยที่ต้นทุนคงที่	23,930.05	1.03	13.40
ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลงร้อยละ 10	-47,024.16	0.94	8.69

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของระบบแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชทั้ง 3 กรณี ณ อัตราคิดลดร้อยละ 12 พบว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการทั้ง 3 กรณี โดยมีค่า NPV ที่คำนวณได้ใน กรณี 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 34,472.75 บาท 23,930.05 บาท และ –47,024.16 บาท ตามลำดับ ส่วน BCR ที่คำนวณได้ใน กรณี 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 1.04, 1.03 และ 0.94 ตามลำดับ และค่า IRR ที่คำนวณได้ใน กรณี 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับร้อยละ 18.68, 13.83 และ 8.69 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์การตัดสินใจที่ 0, 1 และ ร้อยละ 12 ตามลำดับตัวชี้วัด ในกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ส่วนกรณีที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการไม่ผ่านเกณฑ์การตัดสินใจ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการแสดงให้เห็นว่าระบบแบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชมีความอ่อนไหวของโครงการ ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดการคำนวณได้ในตารางผนวกที่ 7-9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานีบริการน้ำมัน ในพื้นที่ศึกษาสถานบริการน้ำมันห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิส มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสภาพทั่วไปและสภาพปัญหาน้ำเสีย วิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสีย และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานีบริการน้ำมัน

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้วิธีรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ เพื่อนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานีบริการน้ำมัน โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา 3 ตัวชี้วัด คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR)

จากการศึกษาสภาพทั่วไปและระบบบำบัดน้ำเสียของสถานีบริการน้ำมันห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิส พบว่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นนั้นมากจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียเกิด 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตลอดอายุของโครงการอันเป็นผลมากจากกิจกรรมของห้องน้ำ โรงครัว ร้านกาแฟ และร้านสะดวกซื้อที่มีอยู่ภายในสถานบริการน้ำมันเท่านั้นประกอบกับเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นแบบเป็นกิจกรรมประจำวัน ทำให้ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นตลอดโครงการจึงเท่ากับ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตลอดอายุของโครงการ และหากปล่อยน้ำเสียที่เกิดขึ้นโดยมิได้มีการบำบัดก็จะทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาอย่างมากมาย กล่าวคือ เกิดการสะสมของน้ำเสียภายในสถานบริการน้ำมัน ส่งกลิ่นเหม็น และเมื่อปล่อยออกสู่แหล่งน้ำภายนอก ก็จะสร้างความเดือนร้อนแก่ประชาชนทั่วไป

จากปัญหาน้ำเสียที่เพิ่มความรุนแรงมากขึ้น ทางสถานบริการน้ำมันห้างหุ้นส่วนจำกัด สมศักดิ์แกลงเซอร์วิสได้ คำนึงถึงปัญหา จึงได้ขอความร่วมมือจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ นำวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติมาปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับปัญหาและพื้นที่ของสถานบริการน้ำมัน จึงได้นำวิธีการบำบัดน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ (ระบบที่มีอยู่ในปัจจุบัน) และระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช (ระบบจำลองขึ้น) มาใช้กับสถานบริการน้ำมัน เพื่อให้เกิดประโยชน์กับสถานบริการน้ำมันและยังเป็นต้นแบบในการศึกษา เพื่อนำไปใช้กับสถานีบริการน้ำมันอื่นหรือหน่วยงานชุมชนต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานีบริการน้ำมัน ต้นทุนของระบบทั้ง 2 ระบบ และผลประโยชน์ของโครงการในปีต่างๆ ประกอบด้วย

1. ต้นทุนของโครงการในปีต่างๆ ของระบบทั้ง 2 ระบบ

1.1 ระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำ

1) ต้นทุนค่าก่อสร้างระบบบ่อผึ่งบำบัดร่วมกับพืชลอยน้ำ ค่าก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสีย มีลักษณะเป็นทางยาวรูปตัวแอล (L) ระยะทางประมาณ 120 เมตร และบ่อปรับสภาพ งานก่อสร้างประกอบไปด้วย การขุด และทำคันดินกั้นน้ำระหว่างบ่อ โดยใช้การเหมาก่อสร้าง เป็นการเหมาจ่าย รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 75,000.00 บาท ซึ่งเกิดขึ้นในปีที่แรกของโครงการ

2) ต้นทุนค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการประกอบด้วย ค่าจ้างบุคลากรดูแลบ่อบำบัด ซึ่งรวมถึงค่านำผักตบชวาออกจากระบบทุกๆ 17 สัปดาห์ ค่าตัดแต่งกิ่งไม้บริเวณรอบบ่อบำบัด ค่าตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย และค่าซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งเกิดขึ้นในปีที่ 2 ตลอดจนอายุโครงการและมีมูลค่าเท่ากันทุกปี

1.2 ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

1) ต้นทุนค่าก่อสร้างระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ประกอบด้วยค่าก่อสร้างบ่อซีเมนต์ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 32 เมตร ลึก 1 เมตร ค่าดินผสมทราย ต้นกล้าพันธุ์ โดยใช้การเหมาก่อสร้าง เป็นการเหมาจ่าย ต่อ 1 แปลง เป็นเงิน 30,000.00 บาท ทั้งโครงการต้องมี 7 แปลง รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 210,000.00 บาท ซึ่งเกิดขึ้นในปีที่แรกของโครงการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ต้นทุนค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการประกอบด้วย ค่าจ้างบุคลากรดูแลบ่อบำบัดและพืชในแปลงของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ซึ่งรวมถึงค่าตัดธูปฤาษี ทุกๆ 90 วัน ค่าพันธุ์พืชที่มีการปลูกใหม่ทุกๆ ปี ค่าตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย และค่าซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งเกิดขึ้นในปีที่ 2 ตลอดจนอายุโครงการ และมีมูลค่าเท่ากันทุกปี

ต้นทุนทั้งหมดเป็นต้นทุนทางการเงิน ดังนั้นถูกนำมาแปลงค่าด้วยตัวประกอบแปลงค่าให้เป็นต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

2. ผลประโยชน์ ของโครงการในปีต่างๆ ได้แก่

2.1 ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น

2.2 ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็น

2.3 ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ

ผลการวิเคราะห์ด้วยตัวชี้วัดความคุ้มค่าต่างๆ พบว่าทั้งระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืชลอยน้ำและระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 368,823.51 บาท และ 105,426.96 บาท ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 1.83 และ 1.15 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 65.31 และ ร้อยละ 18.68 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าค่าเสียโอกาสของทุนร้อยละ 12 แต่เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการแล้ว พบว่าระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชมีความอ่อนไหวของโครงการในกรณีที่ 3 จึงควรมีการพิจารณาก่อนการตัดสินใจในการเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่จะใช้ภายในสถานีบริการน้ำมันต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานีบริการน้ำมัน ผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาดังนี้

1. จากการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมันนั้น ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช เป็นระบบที่ใช้ข้อมูลจากคู่มือเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ มาประยุกต์ปรับขนาด เพื่อให้เข้ากับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของสถานบริการน้ำมัน ทำให้การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์อาจมีข้อผิดพลาดในเรื่องของต้นทุนที่อาจเกิดขึ้นได้ ดังนั้นหากพิจารณาจากอัตราของต้นทุนในภาวะปัจจุบันแล้วอาจทำให้มีค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มีค่าที่เหมาะสมต่อไป

2. สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ที่นำผลประโยชน์มาคิดในด้านต่างๆ เช่น ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นและผลประโยชน์จากการประหยัดค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ จะเห็นได้ว่าผลประโยชน์ที่นำมาประเมินนี้ เป็นเพียงการคาดการณ์เท่านั้น ซึ่งตัวเลขที่นำมาใช้อาจจะไม่แสดงให้เห็นถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นจริง เช่น ค่าปรับเหตุเดือดร้อนรำคาญจากกลิ่นตาม พรบ.การสาธารณสุข พ.ศ. 2486 และพรบ.รักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเรือน พ.ศ. 2503 กำหนดบทลงโทษเป็นเงินค่าปรับ 50-100 บาท ซึ่งเป็นค่าปรับ เมื่อเทียบกับมูลค่าเงินตราในอดีต (พ.ศ. 2486 และ พ.ศ. 2503) กับปีปัจจุบัน ย่อมมีความแตกต่างกันมาก แต่กฎหมายยังไม่ได้รับการปรับปรุง ดังนั้นมูลค่าผลประโยชน์ อาจจะสูงกว่าที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ผลประโยชน์ที่ใช้ในการประเมินอาจนำมูลค่าที่เกิดขึ้นหลังมีโครงการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในสถานบริการน้ำมัน เช่น ค่าการดูงานที่เกิดมีบุคคลภายนอกมาขอความรู้เข้าดูงานภายในสถานีบริการน้ำมัน อันเป็นผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นทางอ้อม ผลประโยชน์จางการไม่เป็นแหล่งเกิดโรคที่เกิดขึ้นจากน้ำเสีย ผลประโยชน์เหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลประโยชน์ของโครงการ เพื่อใช้ในการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้

3. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการนั้น เป็นการเปลี่ยนแปลงในตัวแปรแต่ละตัวอันปันผลมาจากความเสี่ยงภัยและความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งเป็นการคาดการณ์ ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นการเตรียมการก่อนการตัดสินใจ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปอาจกำหนดอัตราค่าเสียโอกาส เพื่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์ ณ ช่วงเวลานั้น ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการมีความเหมาะสมต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2542. **คู่มือเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษ**.

กลุ่มวิชาการ/ศึกษาวิจัย โครงการปรับปรุงบึงมักกะสัน และ โครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2530. **รายงานการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง โครงการปรับปรุงบึงมักกะสัน**.

กัมปนาท ภักดีกุล. 2547. **ศาสตร์ทรัพรัพยากรน้ำเบื้องต้นสำหรับนักสหวิทยาการ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เกษม จันทร์แก้ว และคณะ. 2540. **บิดาของแผ่นดิน**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2545. **การจัดการสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์.

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2541. **รายงานสรุปผลงานวิจัย 5 ปี**. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมบักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 114 น.

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี. 2544. **เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2530. **น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล**. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุญส่ง ไข่เกษ และคณะ. 2535. **การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนการเคหะแห่งชสติด้วยพืชน้ำ**. รายงานการวิจัยเสนอการเคหะแห่งชาติ. พฤษภาคม 2535. ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

พิทักษ์ พุ่มไสว. 2551. **การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องยนต์**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พินิจ จารุสมบัติ และคณะ. 2542. **โลกของน้ำ**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท มังกรการพิมพ์ (1994) จำกัด.

พิพัฒน์ ภูริปัญญาคุณ. 2540. **ระบบบำบัดน้ำเสียต่างๆ และแนวทางแก้ไขปัญหา**. กรุงเทพมหานคร: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มูลนิธิชัยพัฒนา และคณะ. 2542. **เอกสารสัมมนาวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ**.

_____. 2543. **เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ เรื่อง วิทยาศาสตร์การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ**.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2523. **การออกแบบขั้นกระบวนการของระบบกำจัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยา**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุพิน ประจวบหมาะ. 2537. **การจัดทำและประเมินโครงการ**. กรุงเทพมหานคร: คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุพเยาว์ โตคีรี. 2544. **การศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียบีโอดีสูงด้วยดินร่วนระบบท่วมขังสลับแห้งร่วมกับกกกลม**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิไลลักษณ์ สงฤทธิ์. 2542. **การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเพรชบุรี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สตรีไทย สถิติ. 2544. **ระยะเวลาและจำนวนบ่อผึ่งที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2538. **การใช้ดินตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร้วมกับพืชเป็นต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

เสริม รัตนสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524. **การกำจัดน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

อรทัย เชื้อวงษ์. 2550. **การศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรีด้วยพุทธรักษา 3 พันธุ์ ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

APHA-AWWA and WPCF. 1992. **Standard Method for the Examination of Water and Wastewater**, American Public Health Association, Washington, DC. 1134 p.

Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. **Statistical Procedures for Agriculture Research**. 2nd(ed.). John Wiley&Sons. New York.

Metcalf and Eddy, Inc. 1991. **Waster engineering : treatment, disposal, and reuse.** 3nd ed, Mcgraw-hill, Inc.,New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

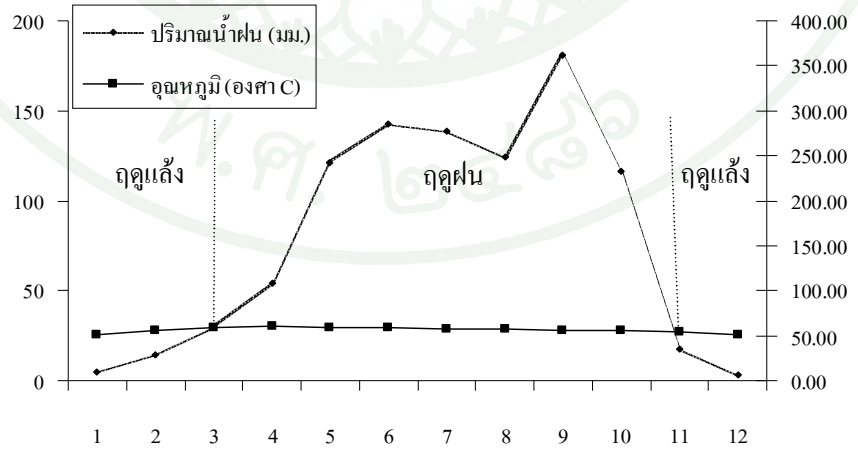
ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในคาบ 30 ปี ในเขตพื้นที่ศึกษา (พ.ศ. 2522-2552)

เดือน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)
มกราคม	25.7	9.89
กุมภาพันธ์	27.9	28.32
มีนาคม	29.2	58.86
เมษายน	30.1	108.30
พฤษภาคม	29.7	242.62
มิถุนายน	29.3	285.73
กรกฎาคม	28.9	277.01
สิงหาคม	28.8	249.19
กันยายน	28.2	362.20
ตุลาคม	27.9	232.85
พฤศจิกายน	27.4	35.83
ธันวาคม	25.6	7.11

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา



ภาพผนวกที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในคาบ 30 ปี ในเขตพื้นที่ศึกษา (พ.ศ. 2522-2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพจากห้องปฏิบัติการ ฤดูฝน วันที่ 22 กันยายน 2553

จุดที่	ดัชนี	ซ้ำ		
	mg/l	1	2	3
1	บีโอดี	8	9	8
	ซีโอดี	45	33	35
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	0	0	0
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	0.97	1.5	1.0
2	บีโอดี	6	5	6
	ซีโอดี	17	17	28
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	0	0	1
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	1.2	1.2	1.4
3	บีโอดี	8	8	9
	ซีโอดี	23	20	26
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	0	1	0
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	1.2	1.2	1.2
4	บีโอดี	15	19	16
	ซีโอดี	62	78	70
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	7	15	4
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	2.6	4.6	3.3
5	บีโอดี	9	12	13
	ซีโอดี	56	66	78
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	8	0	9
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	2.3	2.3	2.4
6	บีโอดี	5	19	16
	ซีโอดี	45	46	38
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	7	2	0
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	1.8	2.7	1.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

จุดที่	ดัชนี	ซ้ำ		
	mg/l	1	2	3
7	บีโอดี	22	13	10
	ซีโอดี	80	41	38
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	8	4	1
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	1.9	2.0	2.0
8	บีโอดี	5	6	5
	ซีโอดี	30	31	24
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	0	0	0
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	1.4	1.5	1.4
9	บีโอดี	5	5	5
	ซีโอดี	24	21	36
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	0	0	0
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	1.5	1.4	1.4
10	บีโอดี	5	5	5
	ซีโอดี	30	29	41
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	0	0	0
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	1.4	1.5	1.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพจากห้องปฏิบัติการ ฤดูแล้ง วันที่ 20 มกราคม 2554

จุดที่	ดัชนี	ซ้ำ		
	mg/l	1	2	3
1	บีโอดี	10	10	11
	ซีโอดี	72	74	77
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	3	4	3
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	2.8	2.5	2.7
2	บีโอดี	8	7	7
	ซีโอดี	64	57	66
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	0	4	0
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	2.7	3.0	2.8
3	บีโอดี	8	9	8
	ซีโอดี	63	70	77
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	0	0	2
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	4.5	2.7	3.1
4	บีโอดี	280	310	270
	ซีโอดี	749	716	847
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	85	51	85
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	20.3	20.9	19.8
5	บีโอดี	36	40	37
	ซีโอดี	143	135	256
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	47	35	4
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	7.8	7.9	7.5
6	บีโอดี	17	16	15
	ซีโอดี	76	143	94
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	33	34	29
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	5.1	4.9	5.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

จุดที่	ดัชนี	ซ้ำ		
	mg/l	1	2	3
7	บีโอดี	15	15	16
	ซีโอดี	79	76	55
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	23	28	16
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	6.2	4.5	4.7
8	บีโอดี	13	31	21
	ซีโอดี	81	140	128
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	0	0	3
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	1.0	1.5	5.6
9	บีโอดี	18	15	15
	ซีโอดี	106	91	94
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	0	0	3
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	1.3	0.64	0.6
10	บีโอดี	20	16	16
	ซีโอดี	133	126	108
	แอมโมเนียมไนโตรเจน	9	4	3
	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	0.64	0.56	0.74

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 1 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืช

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์
1	2551	72,600.00	-	0.8929	64,824.54	0.00
2	2552	64,768.00	95,526.00	0.7972	51,633.05	76,153.33
3	2553	64,768.00	99,358.50	0.7118	46,101.86	70,723.38
4	2554	64,768.00	103,410.00	0.6355	41,160.06	65,717.06
5	2555	64,768.00	107,680.50	0.5674	36,749.36	61,097.92
6	2556	64,768.00	112,060.50	0.5066	32,811.47	56,769.85
7	2557	64,768.00	116,659.50	0.4523	29,294.57	52,765.09
8	2558	64,768.00	121,587.00	0.4039	26,159.80	49,108.99
9	2559	64,768.00	126,733.50	0.3606	23,355.34	45,700.10
10	2560	64,768.00	132,099.00	0.3220	20,855.30	42,535.88
11	2561	64,768.00	137,793.00	0.2875	18,620.80	39,615.49
12	2562	64,768.00	143,706.00	0.2567	16,625.95	36,889.33
13	2563	64,768.00	149,947.50	0.2292	14,844.83	34,367.97
14	2564	64,768.00	156,517.50	0.2046	13,251.53	32,023.48
15	2565	64,768.00	163,416.00	0.1827	11,833.11	29,856.10
16	2566	64,768.00	170,643.00	0.1631	10,563.66	27,831.87
17	2567	64,768.00	178,198.50	0.1456	9,430.22	25,945.70
18	2568	64,768.00	186,192.00	0.1300	8,419.84	24,204.96
19	2569	64,768.00	194,514.00	0.1161	7,519.56	22,583.08
20	2570	64,768.00	203,274.00	0.1037	6,716.44	21,079.51
รวม		**1,303,192.00**	**2,699,316.00**		**490,771.29**	**814,969.09**
NPV						**324,197.80**
BCR						**1.66**
IRR						**37.18**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 2 ผลประโยชน์ลดลง ร้อยละ 10 โดยต้นทุนคงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืช

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์
1	2551	66,000.00	-	0.8929	58,931.40	-
2	2552	58,880.00	85,973.40	0.7972	46,939.14	68,537.99
3	2553	58,880.00	89,422.65	0.7118	41,910.78	63,651.04
4	2554	58,880.00	93,069.00	0.6355	37,418.24	59,145.35
5	2555	58,880.00	96,912.45	0.5674	33,408.51	54,988.12
6	2556	58,880.00	100,854.45	0.5066	29,828.61	51,092.86
7	2557	58,880.00	104,993.55	0.4523	26,631.42	47,488.58
8	2558	58,880.00	109,428.30	0.4039	23,781.63	44,198.09
9	2559	58,880.00	114,060.15	0.3606	21,232.13	41,130.09
10	2560	58,880.00	118,889.10	0.3220	18,959.36	38,282.29
11	2561	58,880.00	124,013.70	0.2875	16,928.00	35,653.94
12	2562	58,880.00	129,335.40	0.2567	15,114.50	33,200.40
13	2563	58,880.00	134,952.75	0.2292	13,495.30	30,931.17
14	2564	58,880.00	140,865.75	0.2046	12,046.85	28,821.13
15	2565	58,880.00	147,074.40	0.1827	10,757.38	26,870.49
16	2566	58,880.00	153,578.70	0.1631	9,603.33	25,048.69
17	2567	58,880.00	160,378.65	0.1456	8,572.93	23,351.13
18	2568	58,880.00	167,572.80	0.1300	7,654.40	21,784.46
19	2569	58,880.00	175,062.60	0.1161	6,835.97	20,324.77
20	2570	58,880.00	182,946.60	0.1037	6,105.86	18,971.56
รวม		**1,184,720.00**	**2,429,384.40**		**446,155.72**	**733,472.17**
NPV						**287,316.45**
BCR						**1.64**
IRR						**36.18**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 3 ต้นทุนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลง ร้อยละ 10 ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบบ่อผึ่งร่วมกับพืช

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์
1	2551	72,600.00	-	0.8929	64,824.54	-
2	2552	64,768.00	85,973.40	0.7972	51,633.05	68,537.99
3	2553	64,768.00	89,422.65	0.7118	46,101.86	63,651.04
4	2554	64,768.00	93,069.00	0.6355	41,160.06	59,145.35
5	2555	64,768.00	96,912.45	0.5674	36,749.36	54,988.12
6	2556	64,768.00	100,854.45	0.5066	32,811.47	51,092.86
7	2557	64,768.00	104,993.55	0.4523	29,294.57	47,488.58
8	2558	64,768.00	109,428.30	0.4039	26,159.80	44,198.09
9	2559	64,768.00	114,060.15	0.3606	23,355.34	41,130.09
10	2560	64,768.00	118,889.10	0.3220	20,855.30	38,282.29
11	2561	64,768.00	124,013.70	0.2875	18,620.80	35,653.94
12	2562	64,768.00	129,335.40	0.2567	16,625.95	33,200.40
13	2563	64,768.00	134,952.75	0.2292	14,844.83	30,931.17
14	2564	64,768.00	140,865.75	0.2046	13,251.53	28,821.13
15	2565	64,768.00	147,074.40	0.1827	11,833.11	26,870.49
16	2566	64,768.00	153,578.70	0.1631	10,563.66	25,048.69
17	2567	64,768.00	160,378.65	0.1456	9,430.22	23,351.13
18	2568	64,768.00	167,572.80	0.1300	8,419.84	21,784.46
19	2569	64,768.00	175,062.60	0.1161	7,519.56	20,324.77
20	2570	64,768.00	182,946.60	0.1037	6,716.44	18,971.56
รวม		**1,303,192.00**	**2,429,384.40**		**490,771.29**	**733,472.17**
NPV						**242,700.88**
BCR						**1.49**
IRR						**26.65**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 1 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์
1	2551	203,280.00	0	0.8929	181,508.71	-
2	2552	91,080.00	95,526.00	0.7972	72,608.98	76,153.33
3	2553	91,080.00	99,358.50	0.7118	64,830.74	70,723.38
4	2554	91,080.00	103,410.00	0.6355	57,881.34	65,717.06
5	2555	91,080.00	107,680.50	0.5674	51,678.79	61,097.92
6	2556	91,080.00	112,060.50	0.5066	46,141.13	56,769.85
7	2557	91,080.00	116,659.50	0.4523	41,195.48	52,765.09
8	2558	91,080.00	121,587.00	0.4039	36,787.21	49,108.99
9	2559	91,080.00	126,733.50	0.3606	32,843.45	45,700.10
10	2560	91,080.00	132,099.00	0.322	29,327.76	42,535.88
11	2561	91,080.00	137,793.00	0.2875	26,185.50	39,615.49
12	2562	91,080.00	143,706.00	0.2567	23,380.24	36,889.33
13	2563	91,080.00	149,947.50	0.2292	20,875.54	34,367.97
14	2564	91,080.00	156,517.50	0.2046	18,634.97	32,023.48
15	2565	91,080.00	163,416.00	0.1827	16,640.32	29,856.10
16	2566	91,080.00	170,643.00	0.1631	14,855.15	27,831.87
17	2567	91,080.00	178,198.50	0.1456	13,261.25	25,945.70
18	2568	91,080.00	186,192.00	0.13	11,840.40	24,204.96
19	2569	91,080.00	194,514.00	0.1161	10,574.39	22,583.08
20	2570	91,080.00	203,274.00	0.1037	9,445.00	21,079.51
รวม		**1,933,800.00**	**2,699,316.00**		**780,496.33**	**814,969.08**
NPV						**34,472.75**
BCR						**1.04**
IRR						**13.83**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 2 ผลประโยชน์ลดลง ร้อยละ 10 โดยต้นทุนคงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์
1	2551	184,800.00	-	0.8929	165,007.92	-
2	2552	82,800.00	85,973.40	0.7972	66,008.16	68,537.99
3	2553	82,800.00	89,422.65	0.7118	58,937.04	63,651.04
4	2554	82,800.00	93,069.00	0.6355	52,619.40	59,145.35
5	2555	82,800.00	96,912.45	0.5674	46,980.72	54,988.12
6	2556	82,800.00	100,854.45	0.5066	41,946.48	51,092.86
7	2557	82,800.00	104,993.55	0.4523	37,450.44	47,488.58
8	2558	82,800.00	109,428.30	0.4039	33,442.92	44,198.09
9	2559	82,800.00	114,060.15	0.3606	29,857.68	41,130.09
10	2560	82,800.00	118,889.10	0.322	26,661.60	38,282.29
11	2561	82,800.00	124,013.70	0.2875	23,805.00	35,653.94
12	2562	82,800.00	129,335.40	0.2567	21,254.76	33,200.40
13	2563	82,800.00	134,952.75	0.2292	18,977.76	30,931.17
14	2564	82,800.00	140,865.75	0.2046	16,940.88	28,821.13
15	2565	82,800.00	147,074.40	0.1827	15,127.56	26,870.49
16	2566	82,800.00	153,578.70	0.1631	13,504.68	25,048.69
17	2567	82,800.00	160,378.65	0.1456	12,055.68	23,351.13
18	2568	82,800.00	167,572.80	0.13	10,764.00	21,784.46
19	2569	82,800.00	175,062.60	0.1161	9,613.08	20,324.77
20	2570	82,800.00	182,946.60	0.1037	8,586.36	18,971.56
รวม		**1,758,000.00**	**2,429,384.40**		**709,542.12**	**733,472.17**
NPV						**23,930.05**
BCR						**1.03**
IRR						**13.40**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 3 ต้นทุนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลง ร้อยละ 10 ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์
1	2551	203,280.00	-	0.8929	181,508.71	-
2	2552	91,080.00	85,973.40	0.7972	72,608.98	68,537.99
3	2553	91,080.00	89,422.65	0.7118	68,537.99	63,651.04
4	2554	91,080.00	93,069.00	0.6355	63,651.04	59,145.35
5	2555	91,080.00	96,912.45	0.5674	59,145.35	54,988.12
6	2556	91,080.00	100,854.45	0.5066	54,988.12	51,092.86
7	2557	91,080.00	104,993.55	0.4523	51,092.86	47,488.58
8	2558	91,080.00	109,428.30	0.4039	47,488.58	44,198.09
9	2559	91,080.00	114,060.15	0.3606	44,198.09	41,130.09
10	2560	91,080.00	118,889.10	0.322	41,130.09	38,282.29
11	2561	91,080.00	124,013.70	0.2875	38,282.29	35,653.94
12	2562	91,080.00	129,335.40	0.2567	35,653.94	33,200.40
13	2563	91,080.00	134,952.75	0.2292	33,200.40	30,931.17
14	2564	91,080.00	140,865.75	0.2046	30,931.17	28,821.13
15	2565	91,080.00	147,074.40	0.1827	28,821.13	26,870.49
16	2566	91,080.00	153,578.70	0.1631	26,870.49	25,048.69
17	2567	91,080.00	160,378.65	0.1456	25,048.69	23,351.13
18	2568	91,080.00	167,572.80	0.13	23,351.13	21,784.46
19	2569	91,080.00	175,062.60	0.1161	21,784.46	20,324.77
20	2570	91,080.00	182,946.60	0.1037	20,324.77	18,971.56
รวม		**1,933,800.00**	**2,429,384.40**		**780496.33**	**733472.171**
NPV						**-47,024.16**
BCR						**0.94**
IRR						**8.69**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 Single Payment Present Worth Factor: PWF = $\frac{1}{(1+r)^n}$

Period	1 %	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
1	0.9901	0.9804	0.9709	0.9615	0.9524	0.9434	0.9346	0.9259	0.9174	0.9091
2	0.9803	0.9612	0.9426	0.9246	0.9070	0.8900	0.8734	0.8573	0.8417	0.8264
3	0.9706	0.9423	0.9151	0.8890	0.8638	0.8396	0.8163	0.7938	0.7722	0.7513
4	0.9610	0.9238	0.8885	0.8548	0.8227	0.7921	0.7629	0.7350	0.7084	0.6830
5	0.9515	0.9057	0.8626	0.8219	0.7835	0.7473	0.7130	0.6806	0.6499	0.6209
6	0.9420	0.8880	0.8375	0.7903	0.7462	0.7050	0.6663	0.6302	0.5963	0.5645
7	0.9327	0.8706	0.8131	0.7599	0.7107	0.6651	0.6227	0.5835	0.5470	0.5132
8	0.9235	0.8535	0.7894	0.7307	0.6768	0.6274	0.5820	0.5403	0.5019	0.4665
9	0.9143	0.8368	0.7664	0.7026	0.6446	0.5919	0.5439	0.5002	0.4604	0.4241
10	0.9053	0.8203	0.7441	0.6756	0.6139	0.5584	0.5083	0.4632	0.4224	0.3855
11	0.8963	0.8043	0.7224	0.6496	0.5847	0.5268	0.4751	0.4289	0.3875	0.3505
12	0.8874	0.7885	0.7014	0.6246	0.5568	0.4970	0.4440	0.3971	0.3555	0.3186
13	0.8787	0.7730	0.6810	0.6006	0.5303	0.4688	0.4150	0.3677	0.3262	0.2897
14	0.8700	0.7579	0.6611	0.5775	0.5051	0.4423	0.3878	0.3405	0.2992	0.2633
15	0.8613	0.7430	0.6419	0.5553	0.4810	0.4173	0.3624	0.3152	0.2745	0.2394
16	0.8528	0.7284	0.6232	0.5339	0.4581	0.3936	0.3387	0.2919	0.2519	0.2176
17	0.8444	0.7142	0.6050	0.5134	0.4363	0.3714	0.3166	0.2703	0.2311	0.1978
18	0.8360	0.7002	0.5874	0.4936	0.4155	0.3503	0.2959	0.2502	0.2120	0.1799
19	0.8277	0.6864	0.5703	0.4746	0.3957	0.3305	0.2765	0.2317	0.1945	0.1635
20	0.8195	0.6730	0.5537	0.4564	0.3769	0.3118	0.2584	0.2145	0.1784	0.1486
21	0.8114	0.6598	0.5375	0.4388	0.3589	0.2942	0.2415	0.1987	0.1637	0.1351
22	0.8034	0.6468	0.5219	0.4220	0.3418	0.2775	0.2257	0.1839	0.1502	0.1228
23	0.7954	0.6342	0.5067	0.4057	0.3256	0.2618	0.2109	0.1703	0.1378	0.1117
24	0.7876	0.6217	0.4919	0.3901	0.3101	0.2470	0.1971	0.1577	0.1264	0.1015
25	0.7798	0.6095	0.4776	0.3751	0.2953	0.2330	0.1842	0.1460	0.1160	0.0923
26	0.7720	0.5976	0.4637	0.3607	0.2812	0.2198	0.1722	0.1352	0.1064	0.0839
27	0.7644	0.5859	0.4502	0.3468	0.2678	0.2074	0.1609	0.1252	0.0976	0.0763
28	0.7568	0.5744	0.4371	0.3335	0.2551	0.1956	0.1504	0.1159	0.0895	0.0693
29	0.7493	0.5631	0.4243	0.3207	0.2429	0.1846	0.1406	0.1073	0.0822	0.0630
30	0.7419	0.5521	0.4120	0.3083	0.2314	0.1741	0.1314	0.0994	0.0754	0.0573
35	0.7059	0.5000	0.3554	0.2534	0.1813	0.1301	0.0937	0.0676	0.0490	0.0356
40	0.6717	0.4529	0.3066	0.2083	0.1420	0.0972	0.0668	0.0460	0.0318	0.0221
45	0.6391	0.4102	0.2644	0.1712	0.1113	0.0727	0.0476	0.0313	0.0207	0.0137
50	0.6080	0.3715	0.2281	0.1407	0.0872	0.0543	0.0339	0.0213	0.0134	0.0085
55	0.5785	0.3365	0.1968	0.1157	0.0683	0.0406	0.0242	0.0145	0.0087	0.0053

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

Period	12%	14%	15%	16%	18%	20%	24%	28%	32%	36%
1	0.8929	0.8772	0.8696	0.8621	0.8475	0.8333	0.8065	0.7813	0.7576	0.7353
2	0.7972	0.7695	0.7561	0.7432	0.7182	0.6944	0.6504	0.6104	0.5739	0.5407
3	0.7118	0.6750	0.6575	0.6407	0.6086	0.5787	0.5245	0.4768	0.4348	0.3975
4	0.6355	0.5921	0.5718	0.5523	0.5158	0.4823	0.4230	0.3725	0.3294	0.2935
5	0.5674	0.5194	0.4972	0.4761	0.4371	0.4019	0.3411	0.2910	0.2495	0.2149
6	0.5066	0.4556	0.4323	0.4104	0.3704	0.3349	0.2751	0.2274	0.1890	0.1580
7	0.4523	0.3996	0.3759	0.3538	0.3139	0.2791	0.2218	0.1776	0.1432	0.1162
8	0.4039	0.3506	0.3269	0.3050	0.2660	0.2326	0.1789	0.1388	0.1085	0.0854
9	0.3606	0.3075	0.2843	0.2630	0.2255	0.1938	0.1443	0.1084	0.0822	0.0628
10	0.3220	0.2697	0.2472	0.2267	0.1911	0.1615	0.1164	0.0847	0.0623	0.0462
11	0.2875	0.2366	0.2149	0.1954	0.1619	0.1346	0.0938	0.0662	0.0472	0.0340
12	0.2567	0.2076	0.1869	0.1685	0.1372	0.1122	0.0757	0.0517	0.0357	0.0250
13	0.2292	0.1821	0.1625	0.1452	0.1163	0.0935	0.0610	0.0404	0.0271	0.0184
14	0.2046	0.1597	0.1413	0.1252	0.0985	0.0779	0.0492	0.0316	0.0205	0.0135
15	0.1827	0.1401	0.1229	0.1079	0.0835	0.0649	0.0397	0.0247	0.0155	0.0099
16	0.1631	0.1229	0.1069	0.0930	0.0708	0.0541	0.0320	0.0193	0.0118	0.0073
17	0.1456	0.1078	0.0929	0.0802	0.0600	0.0451	0.0258	0.0150	0.0089	0.0054
18	0.1300	0.0946	0.0808	0.0691	0.0508	0.0376	0.0208	0.0118	0.0068	0.0039
19	0.1161	0.0829	0.0703	0.0596	0.0431	0.0313	0.0168	0.0092	0.0051	0.0029
20	0.1037	0.0728	0.0611	0.0514	0.0365	0.0261	0.0135	0.0072	0.0039	0.0021
21	0.0926	0.0638	0.0531	0.0443	0.0309	0.0217	0.0109	0.0056	0.0029	0.0016
22	0.0826	0.0560	0.0462	0.0382	0.0262	0.0181	0.0088	0.0044	0.0022	0.0012
23	0.0738	0.0491	0.0402	0.0329	0.0222	0.0151	0.0071	0.0034	0.0017	0.0008
24	0.0659	0.0431	0.0349	0.0284	0.0188	0.0126	0.0057	0.0027	0.0013	0.0006
25	0.0588	0.0378	0.0304	0.0245	0.0106	0.0105	0.0046	0.0021	0.0010	0.0005
26	0.0525	0.0331	0.0264	0.0211	0.0135	0.0087	0.0037	0.0016	0.0007	0.0003
27	0.0469	0.0291	0.0230	0.0182	0.0115	0.0073	0.0030	0.0013	0.0006	0.0002
28	0.0419	0.0255	0.0200	0.0157	0.0097	0.0061	0.0024	0.0010	0.0004	0.0002
29	0.0374	0.0224	0.0174	0.0135	0.0082	0.0051	0.0020	0.0008	0.0003	0.0001
30	0.0334	0.0196	0.0151	0.0116	0.0070	0.0042	0.0016	0.0006	0.0002	0.0001
35	0.0189	0.0102	0.0075	0.0055	0.0030	0.0017	0.0005	0.0002	0.0001	*
40	0.0107	0.0053	0.0037	0.0026	0.0013	0.0007	0.0002	0.0001	*	*
45	0.0061	0.0027	0.0019	0.0013	0.0006	0.0003	0.0001	*	*	*
50	0.0035	0.0014	0.0009	0.0006	0.0003	0.001	*	*	*	*
55	0.0020	0.0007	0.0005	0.0003	0.0001	*	*	*	*	*

***The factor is zero to four decimal places**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายภาณุชัย ประมวล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 26 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดระยอง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
ตำแหน่งปัจจุบัน	ลูกจ้างวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม แหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์