



วิทยานิพนธ์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย
แบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องยนต์

**ECONOMIC ANALYSIS OF APPLICATION OF NATURAL
WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN A SPARE PART
ENGINE INDUSTRIAL PLANT**

นายพิทักษ์ พุ่มไสว

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

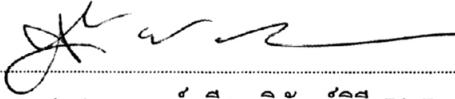
ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง	การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องยนต์
Economic Analysis of Application of Natural Wastewater Treatment System in a Spare Part Engine Industrial Plant	

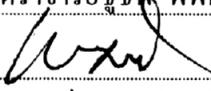
นามผู้วิจัย นายพิทักษ์ พุ่มไสว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

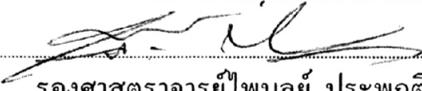
ประธานกรรมการ

( รองศาสตราจารย์ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ, Ph.D.)

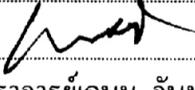
กรรมการ

( ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

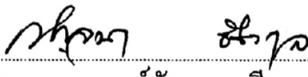
กรรมการ

( รองศาสตราจารย์ไพบุลย์ ประพุดติธรรม, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

( ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 28 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในโรงงาน
อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องยนต์

Economic Analysis of Application of Natural Wastewater Treatment System in a Spare Part
Engine Industrial Plant

โดย

นายพิทักษ์ พุ่มไสว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2551

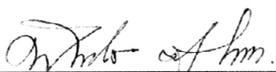
พิทักษ์ พุ่มไสว 2551: การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องยนต์ วิทยาลัยเกษตรกรรมมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ, Ph.D.

104 หน้า

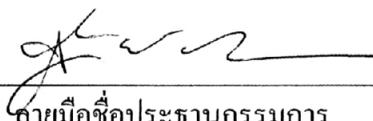
การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสภาพทั่วไปและสภาพปัญหาน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม วิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสีย และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ ซึ่งประกอบไปด้วยระบบบำบัดน้ำเสียต่อด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาจะนำผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากโครงการ โดยใช้ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ คือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ

ผลการวิเคราะห์พบว่า โครงการการลงทุนระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากการวัดค่าของการลงทุนที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 ปรากฏว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 1,227,768.17 บาท ซึ่งมากกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุนเท่ากับ 1.58 ซึ่งมากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับร้อยละ 31.37 ซึ่งมากกว่าอัตราคิดลดร้อยละ 12 นอกจากนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว โดยเกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลาเป็นตัวชี้วัดเช่นเดียวกัน ปรากฏว่าโครงการยังมีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์

ในด้านประสิทธิภาพของการบำบัด ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง โดยที่ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้



ลายมือชื่อนิติ



ลายมือชื่อประธานกรรมการ

๒๒, พ.ค., ๒๕๕๑

Pithak Pumsawai 2008: Economic Analysis of Application of Natural Wastewater Treatment System in a Spare Part Engine Industrial Plant. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Chucheep Piputsitee, Ph.D. 104 pages.

The Objectives of this study are to study general physical condition and wastewater condition in industrial plant, to evaluate costs and benefits of wastewater treatment, and to analyze the economic worthiness of the project with lagoon treatment and constructed wetland. The data used in this study consist of primary and secondary data from concerned sectors. This study is carried out by comparing the project benefits and costs. The indicators of economic project worth are Net Present Value (NPV), Benefit-Cost Ratio (BCR), and Internal Rate of Return (IRR).

The results of the study showed that the wastewater treatment system is worthwhile to invest, because at the 12% discount rate, NPV is 1,227,768.17 baht, more than 0, BCR is 1.58, more than one, and IRR is 31.37% that is greater than the discount rate at 12%. Furthermore, all sensitivity tests indicated positive results and the project passed all criteria needed for justification.

The efficiency of natural wastewater treatment system is median level of criteria. The results of water quality analysis are in standard.

P. Pumsawai.

Student's signature

C. Piputsitee

Thesis Advisor's signature

22, May, 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์เกษม จันทรแก้ว กรรมการวิชาเอก รองศาสตราจารย์ไพบุลย์ ประพฤติกธรรม กรรมการวิชารอง และผู้ช่วย ศาสตราจารย์สารัฐ รัตนะ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาตลอดจน ชี้แนะข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่ก่อนทำการศึกษาจนกระทั่งสำเร็จ ออกมาเป็นรูปเล่ม ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มูลนิธิชัยพัฒนา ที่มอบทุนให้สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์เกษม จันทรแก้ว ที่กรุณาเสนอแนะหัวข้อวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณบริษัทไทยชนาธร อุตสาหกรรมจำกัด คุณมานิตย์ จันทนจินดา ผู้จัดการ โครงการบำบัดน้ำเสีย และขอขอบคุณ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณย่าต่วน คุณพ่อสตีล คุณแม่ประทุม และน้องสุเมธิ พุ่มไสว ที่ให้กำลังใจ ขอขอบคุณนางสาวสุนิสา นันทธิพาวรรณ ภรรยา และค.ญ.ณิชา พุ่มไสว บุตรี ที่เป็นแรงบันดาลใจ สุดท้ายขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ชาวสิ่งแวดล้อม รุ่น 27 ทุกคน ที่ช่วยเก็บข้อมูล ให้กำลังใจ และคำปรึกษาจนสามารถสำเร็จการศึกษา

พิทักษ์ พุ่มไสว

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
วิธีการศึกษา	3
นิยามศัพท์ปฏิบัติการ	6
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและแนวคิดทางทฤษฎี	8
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
หลักการวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์	10
แนวคิดเกี่ยวกับน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย	20
บทที่ 3 สภาพทั่วไปและระบบบำบัดน้ำเสียของพื้นที่ศึกษา	38
สภาพทั่วไปของจังหวัดสมุทรปราการ	38
สภาพทั่วไปของพื้นที่ที่ทำการศึกษา	45
บทที่ 4 ผลการศึกษา	63
ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของ	
ระบบบำบัดน้ำเสีย	63
ต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสีย	69
ผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสีย	73
การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	77

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยตัวชี้วัดต่าง ๆ	84
ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ	85
การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	86
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	89
สรุป	89
ข้อเสนอแนะ	91
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	94
ภาคผนวก	97
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	104

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมมูลประชากรและลักษณะน้ำเสียชุมชน	22
2	ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ	27
3	การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรในโครงการฯ ปี พ.ศ.2546-2550	53
4	ประมาณการจำนวนประชากรของโครงการ ปีพ.ศ.2546-2565	54
5	ปริมาณน้ำเสียของโครงการฯ ปีพ.ศ.2546-2565	56
6	รายละเอียดลักษณะระบบบำบัดน้ำเสีย	61
7	รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดและค่าดำเนินการและดูแลรักษา ตั้งแต่ปี พ.ศ.2546-2550	71
8	ค่าใช้จ่ายรวมของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติของบริษัทไทยชนาร อุตสาหกรรมจำกัด ตั้งแต่ปี 2546-2565	72
9	ผลประโยชน์จากค่าการประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย	74
10	ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด	75
11	ผลประโยชน์ในส่วนของการประหยัดจากค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ	76
12	ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	ผลประโยชน์รวมทั้งหมดของระบบบำบัดน้ำเสีย	81
14	ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย	82
15	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้วยตัวชี้วัดต่าง ๆ	84
16	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่อัตราคิดลดร้อยละ 12	86
ตารางผนวกที่		
1	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 1 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12	98
2	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 2 ผลประโยชน์ลดลง ร้อยละ 10 โดยต้นทุนคงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12	99
3	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 3 ต้นทุนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 พร้อม ๆ กับผลประโยชน์ลดลง ร้อยละ 10 ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12	100
4	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทไทยชนาธร อุตสาหกรรมจำกัด	101
5	Single Payment Present Worth Factor : $PWF = \frac{1}{(1+r)^n}$	102

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การหาค่าผลตอบแทนภายในของโครงการด้วยวิธีทางกราฟ	19
2	กระบวนการบำบัดน้ำเสียและหน้าที่หลักของแต่ละระบบ	37
3	แผนที่จังหวัดสมุทรปราการ	40
4	แผนที่แสดงพื้นที่บริษัทไทยชนาธรอุตสาหกรรมจำกัด	47
5	แผนผังการใช้น้ำจากกระบวนการผลิตและน้ำใช้อุปโภคบริโภคในบริษัท	48
6	บ่อรวบรวมน้ำทิ้งจากบริษัททั้งหมด	50
7	คลองรับน้ำที่สูบมาจากบ่อรวบรวมน้ำเสียของบริษัท	50
8	เส้นทางคลองรองรับน้ำภายในบริษัท	51
9	สภาพทางกายภาพของน้ำเสียในคลองรองรับน้ำของบริษัท	51
10	แสดงเส้นทางคลองน้ำเสียไหลมาด้านหลังบริษัท	52
11	น้ำเสียที่ปล่อยสู่ภายนอกบริษัท	52
12	ลักษณะบ่อบำบัดน้ำเสียและลักษณะการไหลของน้ำเสียในระบบรวบรวมและระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	ภาพสามมิติของระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทไทยชนาทรอุตสาหกรรม จำกัด	58
14	ลักษณะการกรองของเสียแนวตั้ง และการเคลื่อนที่ของน้ำแนวราบ	59
15	การดำเสียงและการเคลื่อนย้ายออกซิเจนของพืชน้ำ	59
16	ลักษณะของแปลงพืชและการเตรียมดินที่ใช้ในการปลูกพืช	60
17	ภาพ โครงสร้างการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ	62
18	การก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสีย	64
19	บ่อบำบัดน้ำเสีย	64
20	การทดสอบการรั่วซึมของบ่อบำบัดน้ำเสีย	65
21	บ่อบำบัดน้ำเสียที่เปลี่ยนแปลง	65
22	บ่อบำบัดน้ำดี	66
23	การปลูกพืชในแปลงพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม	66
24	การเปรียบเทียบบ่อบำบัดน้ำเสียก่อนและหลังมีโครงการ	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	การเปรียบเทียบบ่อตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียก่อนและหลังมีโครงการ	67
26	การเปรียบเทียบแปลงพืชของระบบบำบัดน้ำเสียก่อนและหลังมีโครงการ	68
27	พื้นที่บ่อพักน้ำดีหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก่อนและหลังมีโครงการ โดยมี การจัดตกแต่งให้มีทัศนียภาพสวยงาม	68

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ปัญหาทางด้านน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ เมื่อมองจากความรุนแรงของปัญหาจะพบว่า การใช้ของมนุษย์จะทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณมาก เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดน้ำเสียเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย แต่คุณภาพของน้ำเสียก็ไม่รุนแรงเท่ากับน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม หรือการเกษตร ที่จะมีสารพิษปนเปื้อนยากต่อการบำบัดให้คุณภาพน้ำดีด้วยวิธีการฟื้นตัวตามธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ดี การจัดการบำบัดน้ำเสียของในโรงงานอุตสาหกรรม ก็มีข้อกำหนดกำหนด ก่อนจะทำการปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้ต้องมีการบำบัดอย่างถูกต้องและป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงตามไปด้วย ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายให้ความสำคัญกับการบำบัดน้ำเสียเฉพาะจากกระบวนการผลิตเท่านั้น จนละเลยน้ำเสียจากการใช้ของคนงานในโรงงาน หรือในโรงอาหารภายในโรงงาน บางโรงงานปล่อยปะละเลยทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในโรงงานด้วย

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งเป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่มีการใช้เทคโนโลยีจากธรรมชาติเพื่อช่วยธรรมชาติ เป็นเทคโนโลยีอย่างง่าย มีการศึกษาถึงวิธีการบำบัดน้ำเสียในหลายรูปแบบได้แก่ ระบบฝัง ระบบหลุมกรอง ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม และป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย ซึ่งแต่ละวิธีสามารถมาใช้ในการประยุกต์ใช้กับชุมชนในแต่ละท้องถิ่นทั่วประเทศ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียชุมชน และมีการปรับรูปแบบของระบบบำบัดให้มีขนาดที่เหมาะสมให้สามารถใช้ได้จริงในหลาย ๆ หน่วยงาน

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าน้ำเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น นอกจากน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่ต้องมีวิธีการของเทคโนโลยีการบำบัดตามรูปแบบที่เหมาะสมเฉพาะตัวของคุณภาพน้ำเสียนั้น ๆ ยังมีน้ำเสียจากการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ในโรงงานด้วย ไม่ว่าจะเป็นน้ำเสีย

จากโรงอาหาร การชะล้างภาชนะ พาหนะ อุปกรณ์ต่าง ๆ ถ้าหากนำมารวมกันแล้วบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานแล้ว จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณของน้ำเสียที่บำบัดเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังผิดหลักวิธีการจัดการน้ำเสียด้วย ที่ควรจะแยกน้ำเสียบำบัดให้เหมาะสมกับคุณภาพน้ำเสียด้วย เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

จังหวัดสมุทรปราการเป็นจังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมากและประสบปัญหาทางด้านคุณภาพน้ำมีค่าเกินมาตรฐาน ซึ่งแต่ละโรงงานนั้นก็ยังมีจำนวนคนงานที่เป็นปัจจัยการเกิดน้ำเสียจากการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ด้วย การประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติเพื่อใช้เสริมการบำบัดน้ำเสียนอกจากการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตด้วยรูปแบบที่ปรับให้มีโครงสร้างการใช้พื้นที่ไม่มาก และการดูแลรักษาไม่ยุ่งยากทำให้มีความน่าสนใจที่จะศึกษาถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นต้นแบบให้กับโรงงานอุตสาหกรรมอื่น หรืออย่างน้อยปรับไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงานอื่นที่มีคุณภาพน้ำเสียใกล้เคียงกับน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ด้วย ซึ่งรูปแบบของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติที่มาประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นประกอบไปด้วย 2 ระบบ คือ ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (lagoon treatment) และระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland) ในการศึกษาครั้งนี้จะนำข้อมูลต้นทุนมาเปรียบเทียบกับผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 2 ระบบ เพื่อวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปและรูปแบบของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติที่นำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม
2. เพื่อศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม
3. วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องยนต์ ทำให้ทราบว่าการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติมีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ และสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนในโครงการระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมอื่นหรือประยุกต์ใช้กับแหล่งชุมชน ตลอดจนโครงการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้ เป็นการศึกษาการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติโดยเป็นการประยุกต์ใช้รูปแบบจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องยนต์คือ โครงการบำบัดน้ำเสียธรรมชาติสู่ธรรมชาติ อันเนื่องมาจากพระราชดำริของบริษัท ไทยชนาธรอุตสาหกรรมจำกัด จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งนำระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติไปประยุกต์ใช้ 2 ระบบ คือ ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย และระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โดยศึกษาต้นทุนจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและค่าดำเนินงานและบำรุงรักษา ส่วนผลประโยชน์พิจารณาจากผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นภายในโรงงานของบริษัทฯ คือ ค่าประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย ผลประโยชน์จากการลดกลิ่นเหม็น และค่าประหยัดจากค่าปรับจากกรมควบคุมมลพิษ

วิธีการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data)

ข้อมูลเกี่ยวกับ ปัญหาน้ำเสียและการจัดการน้ำเสียของพื้นที่ในโครงการบำบัดน้ำเสียธรรมชาติสู่ธรรมชาติ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ของบริษัท ไทยชนาธรอุตสาหกรรม จำกัด ซึ่งจะได้จากการสอบถาม เจ้าหน้าที่ดูแลโครงการฯ ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ฯลฯ

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data)

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียทั้งระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย และระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลประโยชน์ของโครงการการบำบัดน้ำเสียธรรมชาติสู่ธรรมชาติ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ของบริษัทไทยชนารอุตสาหกรรมจำกัด ได้แก่ ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย ผลประโยชน์จากการลดกลิ่นเหม็น และผลประโยชน์จากการลดค่าปรับจากกรมควบคุมมลพิษ

ข้อมูลเหล่านี้ได้จากการศึกษาจากเอกสารการดำเนินงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบริษัทไทยชนารอุตสาหกรรมจำกัด

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการบำบัดน้ำเสียธรรมชาติสู่ธรรมชาติอันเนื่องมาจากพระราชดำริ แบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. การวิเคราะห์เชิงพรรณนา เป็นการวิเคราะห์รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ทราบสภาพพื้นที่โครงการ และสภาพปัญหาน้ำเสียของพื้นที่โครงการ

2. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระบบบำบัดน้ำเสีย โดยจะทำการศึกษาด้านทุน/ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ ทั้ง 2 ระบบ การวิเคราะห์เชิงปริมาณ จะใช้การวิเคราะห์การลงทุนของโครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา ซึ่งมี 3 วิธี คือ

2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) หาได้จาก

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

2.2 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio : BCR) หาได้จาก

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

2.3 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate Return : IRR) หาได้จาก

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

โดยที่

B_t	หมายถึง	ผลประโยชน์ของโครงการ ในปีที่ t ซึ่งประกอบด้วย $B_1+B_2+B_3$
B_1	หมายถึง	ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย
B_2	หมายถึง	ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด
B_3	หมายถึง	ผลประโยชน์ในส่วนของการประหยัดจากค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ
C_t	หมายถึง	ต้นทุนของโครงการในปีที่ t ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน การดำเนินงานและการบำรุงรักษา ในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย
r	หมายถึง	อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม
t	หมายถึง	ระยะเวลาของโครงการ (1,2, ... ,n)
n	หมายถึง	อายุโครงการ

โครงการมีความเหมาะสมและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ คือ เมื่อ NPV มากกว่า 0 BCR เท่ากับ หรือมากกว่า 1 และ IRR มีค่าสูงและต้องสูงกว่าอัตราคิดลดหรือค่าเสียโอกาสของทุน

3. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวขอโครงการ 3 กรณี ดังนี้

3.1 เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่

3.2 เมื่อผลประโยชน์ลดลงในอัตราร้อยละ 10 โดยที่ต้นทุนคงที่

3.3 เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลงในอัตราร้อยละ 10

นิยามศัพท์ปฏิบัติการ

ความหมายของน้ำเสีย

คำว่า “น้ำ” ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า น้ำ หมายถึง สารประกอบซึ่งมีองค์ประกอบเป็นธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจนในอัตราส่วน 1 : 8 โดยน้ำหนัก เมื่อบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี กลิ่น รส มีประโยชน์มาก เช่น ใช้ดื่ม ชำระล้างสิ่งสกปรก

น้ำเสีย หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน น้ำเสียจากการใช้น้ำของพนักงาน และให้หมายรวมถึงกิจกรรมอื่น ๆ ในโรงงาน (ราชกิจจานุเบกษา, 2545)

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรม หรือนิคมอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของพนักงาน และจากกิจกรรมอื่นด้วย (ราชกิจจานุเบกษา, 2539)

บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) หมายถึง ปริมาณความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรียที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้เคมี (chemical treatment) หมายถึง ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับน้ำเสียที่มีสิ่งสกปรกในรูปของสารอนินทรีย์ (inorganic) สูง ที่ยากแก่การบำบัดโดยวิธีทางชีวภาพ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ หมายถึง ระบบการบำบัดน้ำเสียที่ใช้เทคโนโลยีแบบธรรมชาติช่วยธรรมชาติ ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะหมายรวมถึง ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ไทยนาซรอุตสาหกรรมจำกัด ชื่อ “โครงการระบบบำบัดน้ำเสียธรรมชาติสู่ธรรมชาติตามแนวพระราชดำริ” ซึ่งใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย 2 แบบเชื่อมต่ออนุกรมกันคือ ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (lagoon treatment) และระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมบำบัดน้ำเสีย (constructed wetland)

ความหมายของต้นทุนและผลประโยชน์

ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ (2544) ได้ให้คำนิยามของต้นทุนและผลประโยชน์ซึ่งถูกกำหนดโดยวัตถุประสงค์ของโครงการที่ได้ตั้งไว้ ดังนี้

ต้นทุน หมายถึง อะไรก็ได้ที่ลดหรือมีผลในทางกลับกันต่อวัตถุประสงค์ของโครงการซึ่งเป็นที่ต้องเสียไปในการที่จะบรรลุถึงวัตถุประสงค์ของโครงการที่ได้คาดไว้

ผลประโยชน์ หมายถึง อะไรก็ได้ที่ส่งเสริมเพิ่มพูนวัตถุประสงค์ของโครงการ ซึ่งเป็นสิ่งที่ได้มาจากการบรรลุถึงวัตถุประสงค์ของโครงการที่ได้คาดไว้

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและแนวคิดทางทฤษฎี

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. หลักการวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์
3. แนวคิดเกี่ยวกับน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ราชนันท์ ว่องกิจ (2548) ได้ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการบำบัดน้ำเสีย ในกระบวนการชุบผิวโลหะของโรงงานผลิตรถจักรยานยนต์ โดยแบ่งการวิเคราะห์แยกเป็น 2 โครงการ โครงการแรกเป็นโครงการบำบัดน้ำเสียแบบเคมี และโครงการที่สองเป็นโครงการบำบัดน้ำเสียแบบเคมีและชีวภาพร่วมกัน โดยที่โครงการที่สองเป็นการเพิ่มระบบการบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพขึ้นมาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเคมี เพื่อเป็นการแก้ปัญหาค่าบีโอดีสูงเกินค่ามาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด โดยทำการศึกษาประเมินโครงการแบบ Post Evaluation เพื่อเปรียบเทียบโครงการบำบัดน้ำเสียแบบเคมี และถ้าหากใช้โครงการบำบัดน้ำเสียแบบเคมีและชีวภาพร่วมกันตั้งแต่เริ่มต้น ว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลาเป็นตัวชี้วัด คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) ซึ่งต้นทุนของโครงการประกอบด้วยค่าที่ดิน ค่าก่อสร้างโครงการบำบัดน้ำเสีย และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา ส่วนผลประโยชน์ของโครงการได้แก่ ผลประโยชน์จากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ผลประโยชน์จากการลดความสูญเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลโรคที่เกิดจากน้ำเสีย ผลประโยชน์จากมูลค่าที่ดินที่เพิ่มขึ้น

และผลประโยชน์ในส่วนของการประหยัดจากค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ โดยใช้อัตราคิดลด ร้อยละ 6.49 และระยะเวลาโครงการ 10 ปี พบว่า โครงการการบำบัดน้ำเสียแบบเคมีและโครงการ บำบัดน้ำเสียแบบเคมีและชีวภาพมีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากผ่านเกณฑ์การ ตัดสินใจแบบปรับของเวลา คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อ ต้นทุน (BCR) มีค่ามากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าร้อยละ 6.49 นอกจากนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการแบ่งเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 ต้นทุน รวมของโครงการเพิ่มขึ้น ร้อยละ 5 กรณีที่ 2 ต้นทุนรวมของโครงการเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 และกรณีที่ 3 ผลประโยชน์ของโครงการลดลงร้อยละ 10 พบว่าโครงการทั้งสองโครงการยังมีความคุ้มค่า ในทางเศรษฐศาสตร์ในทุกกรณี

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2541) ได้นำเสนอรายงานการศึกษาวิจัยเรื่องวิทยาศาสตร์การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนว พระราชดำริ โดยเป็นการร่วมวิจัยระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ มูลนิธิชัยพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการพิเศษ เพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) และกรมชลประทาน ได้ศึกษาวิจัย เสนอรูปแบบเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยธรรมชาติเป็นตัวช่วยในการบำบัดน้ำเสีย 4 รูปแบบ คือ ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (lagoon treatment) ระบบบำบัดน้ำเสียด้วย หญ้ากรองน้ำเสีย (grass filtration) ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland) และระบบบำบัดน้ำเสียแบบพืชป่าชายเลน (mangrove treatment)

วิไลลักษณ์ สงฤทธิ์ (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ บำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี โดยศึกษาจากข้อมูลโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนา สิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ พบว่า โครงการการลงทุนระบบบำบัดน้ำเสีย ของเทศบาลเมืองเพชรบุรี ไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากการวัดค่าของการลงทุนที่ อัตราคิดลดร้อยละ 12 ปรากฏว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -33.90 ล้านบาท ซึ่งน้อยกว่า 0 อัตราส่วน ผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 0.68 ซึ่งน้อยกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ เท่ากับร้อยละ 8.4 ซึ่งน้อยกว่า อัตราคิดลดร้อยละ 12 อย่างไรก็ตามเนื่องจากการก่อสร้างระบบ บำบัดน้ำเสีย เป็น โครงการเพื่อปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมของเทศบาลเมืองเพชรบุรี จึงเป็น โครงการที่สมควรลงทุน เพื่อลดปัญหาทางด้านสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของเทศบาลเมือง เพชรบุรีในอนาคต

สตรีไทย สถิติ (2544) ได้ทำการศึกษาเรื่องระยะเวลาและจำนวนบ่อฝังที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรีพบว่า การบำบัดน้ำเสียชุมชนจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อใช้บ่อบำบัดน้ำเสีย 3 บ่อ ก็คือ บ่อฝังที่ 2 นั้นเอง และใช้ระยะเวลาเก็บกักในการบำบัดน้ำเสียทั้งสิ้น 21 วัน (บ่อละ 7 วัน) และในการปรับปรุงรูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝัง โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริที่เหมาะสมจะใช้จำนวนบ่อบำบัด 3 บ่อ โดยแต่ละบ่อมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ต่ออนุกรมกัน และใช้ระยะเวลาในการเก็บกัก 7 วัน เมื่อน้ำเสียไหลเข้าสู่ระบบ ประมาณวันละ 3,793 ลูกบาศก์เมตร บ่อจะมีปริมาตร 26,551 ลูกบาศก์เมตร โดยบ่อจะมีความกว้างประมาณ 73 เมตร ความยาว 146 เมตร และความลึก 2.5 เมตร

จากผลงานวิจัยที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ในโรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพเพื่อช่วยบำบัดน้ำเสียให้ดียิ่งขึ้นนอกเหนือไปจากการบำบัดน้ำเสียแบบเคมีที่ไม่สามารถบำบัดค่าบีโอดีให้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดได้ โดยที่รูปแบบการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ ซึ่งมีขนาดใหญ่ทำให้ไม่เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน แต่ก็สามารถปรับให้มีขนาดเล็กลงเพียงพอให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในแหล่งชุมชน หรือหน่วยงานอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และงานวิจัยที่ได้กล่าวมายังสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เกี่ยวกับการวิเคราะห์หาต้นทุนของโครงการบำบัดน้ำเสียมีต้นทุนค่าใช้จ่ายอะไรบ้าง และสามารถใช้งานวิจัยเหล่านี้ประกอบการตีมูลค่าในเชิงปริมาณของผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการบำบัดน้ำเสีย เพื่อประโยชน์ในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าว

หลักการวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในการประเมินค่าโครงการ (project appraisal) เนื่องจากสามารถบอกได้ว่าโครงการใดมีความคุ้มค่าสมควรนำไปลงทุน ทั้งนี้เพราะการก่อสร้างและการดำเนินงานโครงการนั้นจำเป็นต้องใช้ทรัพยากร ซึ่งควรที่จะถูกนำไปใช้ที่เพื่อจุดมุ่งหมายอื่น การตัดสินใจที่จะเลือกโครงการใดโครงการหนึ่งเพื่อการลงทุน ขึ้นอยู่กับความคุ้มค่าของโครงการนั้น ๆ ซึ่งความคุ้มค่าของโครงการวัดได้จากการเปรียบเทียบกันระหว่างผลประโยชน์ (benefit) และหรือผลตอบแทน (return) กับต้นทุน (cost) ของโครงการ การประเมินค่าโครงการจะรับรองว่าการจัดสรรและใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างมี

ประสิทธิภาพ ก็คือเมื่อมูลค่าเชิงปริมาณของผลประโยชน์โครงการมากกว่ามูลค่าในเชิงปริมาณของทรัพยากรเหล่านั้น หรือต้นทุนของโครงการ

การวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ มีองค์ประกอบ 3 ประการ (ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ, 2544) คือ

1. การกำหนดปริมาณและการตีราคาต้นทุนและผลประโยชน์ทั้งหมดของโครงการ
2. การปรับลดมูลค่าอย่างเหมาะสมตลอดช่วงเวลา
3. การประยุกต์เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อที่จะบ่งชี้ว่าโครงการใดที่มีความคุ้มค่าหรือ ยอมรับได้

การกำหนดปริมาณและการตีราคาต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

ในการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการอาจจะถูกกำหนดมูลค่าด้วยราคาตลาด (market price) ถ้าราคาตลาดสะท้อนถึงความหายากของทรัพยากร หรือมิฉะนั้นจะต้องกำหนดมูลค่าโดยราคาเงาหรือราคาทางบัญชี (shadow or accounting price) แทน เพราะเป็นราคาที่สะท้อนถึงราคาที่แท้จริงของทรัพยากร

หลักการวิเคราะห์ต้นทุนของโครงการ

ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ (2544) กล่าวว่า นิยามของต้นทุนและผลประโยชน์จะถูกกำหนดโดยวัตถุประสงค์ของโครงการที่ได้ตั้งไว้ กล่าวคือ ต้นทุน หมายถึง อะไรก็ได้ (anything) ที่ลดหรือมีผลในทางกลับกันต่อวัตถุประสงค์ ต้นทุนของโครงการ ประกอบไปด้วย

1. ต้นทุนทางตรง (direct cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยตรงเพื่อให้เกิดโครงการ หรือเพื่อให้โครงการดำเนินไปได้ ต้นทุนประเภทนี้เป็นค่าใช้จ่ายหรือทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละปีนับตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสุดอายุ 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

1.3 ต้นทุนการบำรุงรักษา (maintenance cost) คือ ต้นทุนที่เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อดูแลเครื่องจักร อาคารสิ่งก่อสร้าง หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีอายุการใช้งานค่อนข้างนาน และต้องการการดูแลรักษาให้คงสภาพในการใช้งาน

1.4 ต้นทุนการวิจัยและพัฒนา (research and development cost) คือ ต้นทุนที่เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อใช้ในการวิจัยเบื้องต้นในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ต้นทุนประเภทนี้ถือเป็นต้นทุนจม (sunk cost) หมายถึงทรัพยากรที่ใช้ไปในการทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งในอดีต และไม่มีผลต่อการตัดสินใจในการดำเนินหรือไม่ดำเนินโครงการ โดยทรัพยากรประเภทนี้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ถ้าผลการวิจัยไม่เป็นที่น่าพอใจค่าใช้จ่ายประเภทนี้ก็จะสูญเสียไปในทางเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนประเภทนี้จะไม่นำมารวมใจการวิเคราะห์

2. ต้นทุนทางอ้อมหรือต้นทุนขั้นที่สอง (indirect cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการดำเนินโครงการ เป็นผลที่เกิดจากผลกระทบในขั้นต่อ ๆ ไปของโครงการ มักเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ตั้งใจให้เกิดขึ้น หรือเป็นความเสียหายที่กลุ่มคนได้รับจากโครงการโดยปราศจากการจ่ายชดเชย

3. ต้นทุนที่ไม่มีตัวตน (intangible costs) หรือต้นทุนที่วัดเป็นตัวเงินไม่ได้ ต้นทุนประเภทนี้ไม่สามารถวัดออกมาเป็นตัวเงินได้อย่างชัดเจนแต่มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อมีต้นทุนประเภทนี้เกิดขึ้น ทำให้การประเมินต้นทุนของโครงการดังกล่าวมีความยุ่งยาก ส่วนใหญ่เป็นเรื่องเกี่ยวกับโรคภัยไข้เจ็บ การไร้การศึกษา ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น โครงการลงทุนนั้นอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการใช้งาน มีผลกระทบต่อจิตใจ และชีวิตของมนุษย์ เป็นต้น

หลักการวิเคราะห์ผลประโยชน์ของโครงการ

ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ (2544) กล่าวว่า นิยามของต้นทุนและผลประโยชน์จะถูกกำหนดโดยวัตถุประสงค์ของโครงการที่ได้ตั้งไว้ กล่าวคือ ผลประโยชน์ หมายถึง อะไรก็ได้ที่ส่งเสริมเพิ่มพูนวัตถุประสงค์ ของโครงการ ผลประโยชน์ของโครงการ ประกอบไปด้วย

1. ผลประโยชน์ทางตรง (direct benefit) คือ ผลตอบแทนที่เกิดจากโครงการโดยตรง และสอดคล้องกับเป้าหมายของโครงการ โดยทั่วไปผลตอบแทนทางตรงของโครงการมักมีหลายรูปแบบ เช่น การเพิ่มขึ้นของผลผลิตทางกายภาพ การเพิ่มขึ้นของมูลค่าผลผลิต การปรับปรุงคุณภาพของการผลิต หรือการลดลงของต้นทุนการผลิต การลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น เป็นต้น

2. ผลประโยชน์ทางอ้อมหรือผลประโยชน์ขั้นที่สอง (indirect benefit) คือ ผลประโยชน์ตอบแทนอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากผลประโยชน์ทางตรง นอกจากนี้ยังรวมถึงผลประโยชน์ตอบแทนทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น โครงการนั้นอาจมีส่วนทำให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล เป็นต้น

3. ผลประโยชน์ที่ไม่มีตัวตน (intangibile benefit) หรือผลประโยชน์ที่วัดเป็นเงินไม่ได้ คือ ผลประโยชน์ที่ไม่สามารถประเมินมูลค่าเป็นตัวเงินได้ แต่มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ส่วนใหญ่เป็นเรื่องเกี่ยวกับสุขภาพอนามัย การศึกษา การจ้างงาน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น การลดอัตราการตาย การมีโภชนาการที่ดี การลดโรคภัยเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารเนื่องจากการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น เป็นต้น

การปรับลดมูลค่าอย่างเหมาะสมตลอดช่วงเวลา

อายุโครงการ (project life) อายุของโครงการจะเริ่มขึ้นเมื่อมีการก่อสร้างโครงการและสิ้นสุดเมื่อโครงการไม่สามารถที่จะให้ผลประโยชน์ได้อีกต่อไป อายุโครงการสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะการก่อสร้าง (construction or implementation period) และระยะดำเนินงาน (operational period) ในระหว่างช่วงการดำเนินงาน โครงการจะให้ผลประโยชน์รายปีนับตั้งแตปีแรกของการดำเนินงาน ไปจนกระทั่งปีสุดท้ายของระยะเวลาโครงการ ซึ่งเรียกว่าอายุทางเศรษฐกิจของโครงการ (economic life of the project)

ซูชีพ พิพัฒน์ศิริ (2544) กล่าวว่า อายุโครงการที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจควรเลือกระยะเวลาโครงการให้ใกล้เคียงกับอายุทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้อายุโครงการประมาณ 25 ปี เพราะว่าผลตอบแทนใด ๆ ต่อการลงทุนที่เกินไปกว่า 25 ปี จะไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างในการเลือกโครงการแต่อย่างใด

มูลค่าของเงินตราที่เปลี่ยนไปตามเวลา (time value of money) เงินหนึ่งบาทที่จะได้รับในอนาคต (future value) จะมีค่าน้อยกว่าเงินหนึ่งบาทที่อยู่ในมือในปัจจุบัน (present value) ดังนั้นจำนวนรวมในอนาคตจึงมีค่าน้อยกว่าปัจจุบันของเงินตราจำนวนเดียวกัน สิ่งเหล่านี้เป็นจริงกับปัจเจกบุคคลและก็เป็นจริงกับสังคม โดยส่วนรวมด้วยเมื่อสมมติว่าปัจจัยอื่น ๆ คงที่ (all other things being equal) คนเราจึงชอบที่จะรับเงินตราในขณะนี้มากกว่าที่จะรับในอนาคตและเงินตราในอนาคตอันใกล้มากกว่าอนาคตที่ไกลออกไป มีเหตุผลสองประการที่อธิบายปรากฏการณ์นี้ ได้แก่ ความชอบตามเวลาที่แท้จริง และค่าเสียโอกาสของทุน

1. ความชอบตามเวลาที่แท้จริง (pure time preference) คนเราจะชอบการบริโภคในปัจจุบันมากกว่าในอนาคตของมูลค่าที่เป็นตัวเงินจำนวนเดียวกันด้วยเหตุผลที่ว่า อนาคตคือความไม่แน่นอน (ทั้งปริมาณและราคาสินค้า) บุคคลมีช่วงเวลาของการมีชีวิตอยู่ (life expectancy) ที่จำกัด และในช่วงที่รายได้แท้จริงเพิ่มสูงขึ้นนั้น อัตราประโยชน์หน่วยสุดท้ายในอนาคตมีค่าน้อยกว่าอัตราประโยชน์หน่วยสุดท้ายในปัจจุบัน ถ้าหากจะกระตุ้นให้ประชาชนทำการออมเพิ่มขึ้น เขาเหล่านี้จะต้องได้รับการชดเชยสำหรับการเสียสละที่ไม่ทำการบริโภคในปัจจุบัน การให้สิ่งจูงใจนี้ก็คือการจ่ายดอกเบี้ยให้กับเงินออม

2. ค่าเสียโอกาสของทุน (opportunity cost of capital) การกำหนดให้ตลาดทุน (capital market) ที่มีอยู่สามารถนำเงินตราไปลงทุนเพื่อสร้างเงินตราให้มีจำนวนมากขึ้นในอนาคต หรืออาจจะกล่าวได้อีกทางหนึ่งว่ามีค่าเสียโอกาสของการออม ทางเลือกต่อการบริโภคในปัจจุบันคือการใช้เงินทุนหรือทรัพยากรไปในทางที่จะก่อให้เกิดรายได้ในอนาคต ซึ่งอย่างน้อยต้องมีมูลค่าเท่ากับค่าเงินตราในปัจจุบันที่เกิดจากการลงทุนในรูปแบบอื่น

การลงทุนในโครงการในช่วงใดช่วงหนึ่งของเวลา โคนาคาดว่าผลประโยชน์ที่จะได้รับเกิดขึ้นในภายหลัง ในการประเมินค่าโครงการเพื่อดูความคุ้มทุนนั้น ทั้งกระแสต้นทุน (cost stream) และกระแสผลประโยชน์ (benefit stream) ของโครงการจะถูกปรับค่าไว้ที่เวลาเดียวกัน ก่อนที่จะ

นำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ วิธีการปรับค่านีู้้จ้กกันโดยทั่วไปว่า การคิดลด (discounting) กล่าวคือ มูลค่าอนาคตจะถูกแปลงค่าให้กลายเป็นมูลค่าปัจจุบันที่เทียบเท่า

อัตราคิดลด (discount rate) ทำหน้าที่ส่วนกับอัตราดอกเบี้ย ทำให้มูลค่าต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการในอนาคตคิดกลับมาเป็นมูลค่าที่ต่ำลงของปัจจุบัน การเลือกใช้อัตราคิดลดมีผลโดยตรงต่อการคำนวณหาตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ ทั้งนี้เพราะต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการกระจายตัวอย่างไม่มีแบบแผนเดียวกัน 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 ซึ่งสามารถหาค่าได้จากตารางสำเร็จรูปในตารางภาคผนวกที่ 5

ตัวประกอบคิดลดสำหรับปีปัจจุบัน (ปีที่ 0) มีค่าเท่ากับ 1.0 โดยที่ตัวประกอบคิดลดนี้จะมีค่าน้อยลงในแต่ละปีของเวลาในอนาคต 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)

สำหรับการจัดสรรการลงทุนในการพัฒนาหรือการปรับปรุงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมนั้น การเลือกใช้อัตราการคิดลดระหว่างเอกชนและสังคมมีความสำคัญมาก ทั้งนี้เพราะการลงทุนในโครงการต่าง ๆ ของรัฐบาลย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสวัสดิการของสังคมทั้งในด้านของผู้ผลิตและผู้บริโภคไม่เฉพาะแต่กลุ่มบุคคลปัจจุบัน แต่จะเกิดกับกลุ่มบุคคลที่จะเกิดขึ้นมาในอนาคตด้วย ซึ่งผิดกับการลงทุนของเอกชน ดังนั้นการใช้อัตราคิดลดของโครงการที่เกี่ยวข้องกับสวัสดิการทางสังคมจึงไม่ควรเท่ากับอัตราคิดลดของเอกชน และโดยหลักทั่วไปแล้วอัตราคิดลดที่ใช้ในโครงการที่เกี่ยวข้องกับสังคมควรมีอัตราต่ำกว่าอัตราคิดลดของเอกชน

ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ

ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ มีความสำคัญมากในการตัดสินใจที่จะรับหรือปฏิเสธโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่ หรือนำมาใช้สำหรับการเป็นเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน ทั้งนี้เพราะตัวชี้วัดสามารถบอกได้ว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่ และยังสามารถบอกให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของโครงการอีกด้วย

เมื่อมีข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการแล้ว ข้อมูลจะถูกนำมาคำนวณหาตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการตามการวิเคราะห์แบบปรับค่าของเวลา (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

$$NPV = PVB - PVC$$

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

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 ($PVB > PVC$)

2. อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) คือมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมหารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม

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

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

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

3. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) คือผลตอบแทนเป็นร้อยละต่อโครงการ 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)

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

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

3.2 วิธีการ interpolation

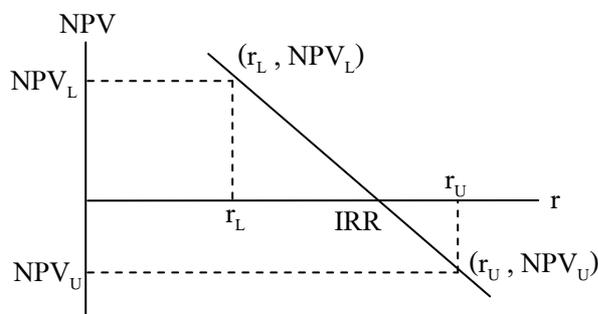
3.2.1 วิธีการทางเลขคณิต (arithmetically) เป็นการคำนวณค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราคิดลดกับ NPV จำนวน 2 คู่ กล่าวคือ อัตราคิดลดตัวต่ำกว่า (lower discount rate : r_L) จะทำให้ค่า NPV มีค่าเป็นบวก ส่วนอัตราคิดลดตัวสูงกว่า (upper discount rate : r_U) จะทำให้ NPV มีค่าเป็นลบ ดังสูตรต่อไปนี้

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

โดยที่ NPV_L หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของ r_L
 NPV_U หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของ r_U

สำหรับการใช้วิธี interpolation แบบวิธีทางเลขคณิตนี้มีข้อแนะนำว่าไม่ควรเลือกการกำหนดอัตราส่วนลดให้ห่างกันหรือใกล้กันเกินไป เพราะอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดง่ายปกติที่เรามักจะกำหนดไว้ห่างกัน 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 จากนั้นลากเส้นตรงเชื่อมต่อกันทั้งสองที่จุดตัดระหว่างเส้นตรงนี้ กับแกนอัตราส่วนลด (แกนนอน) ก็คืออัตราคิดลดที่ทำให้ NPV เท่ากับ 0 หรือ IRR นั่นเอง



ภาพที่ 1 การหาค่าผลตอบแทนภายในของโครงการด้วยวิธีทางกราฟ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและใช้กันแพร่หลายมากที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ความไม่แน่นอน เป็นการวัดผลของค่า CBA (Cost Benefit Analysis) ว่าอ่อนไหวหรือไม่อย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงในตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งหรือกลุ่มของตัวแปร (ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ, 2544) เช่น การเปลี่ยนแปลงของต้นทุน การเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ย หรือการเปลี่ยนแปลงตัวแปรหลาย ๆ ตัวพร้อมกันเป็นกลุ่มของตัวแปร

แนวคิดเกี่ยวกับน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย

นิยามและความหมาย

น้ำเสีย ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น น้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ จะมีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกันออกไป รายละเอียดของลักษณะน้ำเสียเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับวิศวกรในการออกแบบเพื่อให้ได้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูง และสำหรับผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถควบคุมระบบให้ใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

เกษม จันทรแก้ว (2545) ได้ให้นิยามความหมายของน้ำเสียหมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของวัสดุ วัสดุสารเคมีและสิ่งมีชีวิตอันตรายเกินมาตรฐาน น้ำเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ และการระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติสู่ดิน และที่ดินเนื่องจากสิ่งปนเปื้อน ซึ่งประกอบด้วย

1. น้ำเสียทางกายภาพ หมายถึงน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของวัสดุ ขยะ ตะกอน วัตถุและอื่น ๆ จนทำให้น้ำมีคุณสมบัติจากน้ำธรรมชาติและหรือค่ามาตรฐานของน้ำ เช่นความเป็นด่าง ความกระด้าง อุณหภูมิ สี กลิ่น รส การนำไฟฟ้า ความขุ่น การส่องผ่านของแสง และปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย

2. น้ำเสียทางเคมีหมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีในรูปของ โลหะ อโลหะ สารประกอบเคมีทั้งที่ละลายและไม่ละลายในน้ำ ก๊าซ สารอินทรีย์ เป็นต้น

3. น้ำเสียทางชีววิทยา หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำจำพวก แบคทีเรีย รา พารามีเซียม พยาธิ ฟิชและสัตว์น้ำขนาดเล็กเซลล์เดียว

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย

แหล่งกำเนิดน้ำเสียเกิดได้จากหลายกิจกรรม ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะมีปริมาณและคุณลักษณะ น้ำเสียแตกต่างกัน และก่อให้เกิดผลกระทบที่แตกต่างกันด้วย กิจกรรมหลักที่เกิดน้ำเสียแบ่งเป็น 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ ชุมชนและพาณิชย์ จากโรงงานอุตสาหกรรม และจากเกษตรกรรม ดังนี้

1. น้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชน (domestic wastewater) หมายถึง น้ำเสียจากบ้านเรือนและที่พักอาศัย อื่น ๆ อาคารร้านค้า โรงมหรสพ ตลาดสด และโรงฆ่าสัตว์ ฯลฯ เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำรงชีวิต ของมนุษย์ อาทิเช่น การชำระร่างกาย การซักเสื้อผ้า การประกอบอาหาร การขับถ่าย ฯลฯ สิ่งสกปรกต่าง ๆ ในน้ำทิ้งประเภทนี้ส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร สบู่ ผงซักฟอก อุจจาระ และปัสสาวะ ฯลฯ (เสริมพล รัตนสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2524)

กิจกรรมที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดน้ำเสียชุมชนได้แก่

1.1 บ้านพักอาศัย น้ำเสียจากบ้านพักอาศัยนั้นเกิดจากเศษอาหารจากการล้างจานและภาชนะหรือจากการปรุงอาหาร รวมถึงสารต่าง ๆ ที่เกิดจากการทำความสะอาดเสื้อผ้า สิ่งของต่าง ๆ ภายในบ้านและการอาบน้ำ ซึ่งบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่มีอัตราการระบายน้ำเสียประมาณ 150-216 ลิตร/คน/วัน หรือประมาณ 180 ลิตร/คน/วัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2530)

1.2 กัดอาคาร มีน้ำเสียเกิดจากห้องครัวและห้องส้วม โดยเฉพาะค่าน้ำมันและไขมันจะมีปริมาณสูงในน้ำเสียจากห้องอาหารหรือกัดอาคาร อันเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดการอุดตันในท่อระบายน้ำเสีย

1.3 โรงแรมมีน้ำเสียจากห้องน้ำและห้องส้วมจากห้องพัก และห้องครัวหรือภัตตาคาร ภายในโรงแรม อาคารสำนักงาน มีน้ำเสียจากห้องน้ำ ห้องส้วม

1.4 กิจกรรมอื่น ๆ เช่น สถานบริการอาคารพาณิชย์ โรงเรียน อาคารชุด ตลาด สถานบริการจำหน่ายน้ำมัน เป็นต้น

จากการสำรวจของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติเกี่ยวกับน้ำเสียชุมชนและปัญหามลพิษน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปี พ.ศ.2530 สรุปค่าปริมาณความสกปรกที่เกิดจากการดำเนินชีวิตของคนในอาคารประเภทต่าง ๆ ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมมูลประชากรและลักษณะน้ำเสียชุมชน

กิจกรรม	ปริมาณน้ำเสีย	ปริมาณบีโอดี	ลักษณะน้ำเสีย (มก./ล.)			
			บีโอดี	ของแข็งแขวนลอย	ไขมันและไขมัน (ไนโตรเจน)	
อาคารชุดและบ้านพัก	520	48	151*	63*	473*	33*
โรงแรม	ลิตร/วัน-ห้อง, หลัง	กรัม/วัน-ห้อง, หลัง				
หอพัก	1061	123	190	84	563	23
โรงพยาบาล	ลิตร/วัน-ห้อง	กรัม/วัน-ห้อง				
ภัตตาคาร	78	76	723**	660**	377**	329**
ตลาด	ลิตร/วัน-ห้อง	กรัม/วัน-ห้อง				
ห้างสรรพสินค้า	80	94	238	87	631	15
สำนักงาน	ลิตร/วัน-เตียง	กรัม/วัน-เตียง				
	25	53	1759	913	1570	63
	ลิตร/วัน-ตร.ม.	กรัม/วัน-ตร.ม.				
	69	21	1172	660	897	76
	ลิตร/วัน-ตร.ม.	กรัม/วัน-ตร.ม.				
	4.6	0.27	81	61	577	66
	ลิตร/วัน-ตร.ม.	กรัม/วัน-ตร.ม.				
	2.54	0.09	180	158	450	44
	ลิตร/วัน-ตร.ม.	กรัม/วัน-ตร.ม.				

หมายเหตุ: * หมายถึง บำบัดแล้วบางส่วน ** หมายถึง น้ำเสียจากส้วม

ที่มา: ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2530)

2. น้ำเสียจากกิจกรรมการเกษตร

แหล่งกำเนิดน้ำทิ้งจากเกษตรที่สำคัญแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินได้เป็นพื้นที่เพาะปลูก ฟาร์มเลี้ยงสุกร และบ่อเลี้ยงปลา

2.1 การเพาะปลูก

การเพาะปลูกเป็นพื้นที่สำคัญเนื่องจากมีเนื้อที่มากที่สุดและมีการใช้สารเคมีมากที่สุดด้วย น้ำเสียที่เกิดจากการเกษตรส่วนใหญ่แล้วเกิดมาจาก

2.1.1 การใช้ปุ๋ย ปุ๋ยที่ใส่ให้กับพืชจะถูกใช้ไม่หมดและตกค้างอยู่ในดินซึ่งถูกดูดซับไว้ในรูปของสารคอลลอยด์ในดิน และเกิดผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำบาดาล น้ำในแม่น้ำและน้ำทะเล เมื่อถูกชะล้างลงสู่ดิน ปุ๋ยเคมีส่วนใหญ่แล้วประกอบด้วยสารประกอบเชิงเดี่ยวของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารพืช สัมประสิทธิ์น้ำท่า (runoff coefficient) ของมันแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการละลายตัวของปุ๋ย อัตราการดูดซึมของพืช อัตราการดูดซึมของดิน และอัตราการสลาย

2.1.2 สารเคมีที่ใช้ทางการเกษตร ประกอบด้วยยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อโรค และยาฆ่าหญ้า การใช้สารเหล่านี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ยาปราบศัตรูพืชที่ถูกฉีดพ่นลงไปในไร่และนา นั้น บางส่วนจะติดอยู่ตามใบ บางส่วนก็อาจตกลงไปบนพื้นดิน และบางส่วนอาจถูกพัดพาโดยลมไปตกยังที่ต่าง ๆ เมื่อฝนตกก็จะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ

2.2 ฟาร์มสุกร

ของเสียจากฟาร์มสุกรก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมากเนื่องจากมีความสกปรก ปัญหาสำคัญที่เป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการเลี้ยงสุกร ได้แก่ ปัญหาน้ำเสีย ปัญหามลพิษทางเสียง และปัญหากลิ่นรบกวน ของเสียที่เป็นปัญหาหลักสำหรับฟาร์มสุกร คือ

2.2.1 ส่วนที่เป็นของแข็ง โดยของเสียที่เป็นของแข็งส่วนมากเป็นมูลสุกรที่เกิดขึ้นจากการขับถ่ายทุกวัน และเศษอาหารที่สุกรทำตกลงบนพื้นคอก ถูใส่อาหาร ขวดยา เข็มฉีดยา เป็นต้น

2.2.2 ส่วนที่เป็นน้ำเสีย น้ำเสียจากฟาร์มนั้นเกิดจากน้ำล้างคอกหรือโรงเรือน น้ำล้างตัวสุกร และปัสสาวะของสุกร ทั้งนี้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นอยู่กับจำนวนสุกร ลักษณะการใช้ น้ำของเกษตรกรแต่ละราย

2.3 การเพาะเลี้ยงปลา

การเพาะเลี้ยงปลาเป็นกิจกรรมหนึ่งที่เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งภายในฟาร์ม และส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังสิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม ซึ่งมลพิษที่ทำให้เกิดน้ำเสียภายในฟาร์มเพาะเลี้ยงแบ่งได้ 4 ประเภท ดังนี้

2.3.1 มลพิษจากการเตรียมบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ การปรับดินสภาพให้มีความเป็นกรด-ด่างให้เหมาะสม การเติมปุ๋ยอินทรีย์หรือนินทรีย์ (ปุ๋ยเคมี) เพื่อสร้างอาหารธรรมชาติให้เกิดขึ้นในบ่อ นอกจากนั้นการใส่ปุ๋ยจะช่วยลดความขุ่นของน้ำที่เกิดจากอนุภาคของดิน โดยอนุภาคของดินจะตกตะกอนและทำให้น้ำใสขึ้น

2.3.2 มลพิษจากการให้อาหารสัตว์น้ำ สารอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ ปัจจุบันการให้อาหารของเกษตรกรบางรายไม่ได้คำนึงถึงอัตราการแลกเปลี่ยน ทำให้ปริมาณอาหารที่เหลือจากการกินของสัตว์น้ำมีการสะสมในก้นบ่อเป็นจำนวนมาก ขณะเดียวกันอาหารที่ไม่จมลงที่ก้นบ่อจะส่งผลทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเน่าเสียได้เช่นกัน

2.3.3 มลพิษจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ สิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำจัดเป็นสารอินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ แต่ถ้ามีมากเกินไปธรรมชาติก็ไม่สามารถบำบัดตัวเองได้ทัน ดังนั้นจึงก่อให้เกิดปัญหาตามมา สิ่งขับถ่ายสัตว์น้ำทุกชนิดจะประกอบด้วยไนโตรเจนมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแอมโมเนีย แอมโมเนียในน้ำจะอยู่ใน 2 รูป คือ แอมโมเนียอิสระ (NH_3) ซึ่งมีพิษอย่างมากต่อปลา เนื่องจากทำให้น้ำปลาอ่อนแอและติดโรคได้ง่าย และไอออน

แอมโมเนีย (NH_4^+) ที่ไม่มีพิษต่อปลา สภาพต่างของน้ำเป็นตัวกำหนดความเป็นพิษของแอมโมเนีย ถ้าน้ำสภาพต่างสูง ทำให้ปลามีโอกาสได้รับอันตรายจากแอมโมเนียน้อยมาก

2.3.4 มลพิษจากยารักษาโรค อาจกล่าวได้ว่ายารักษาโรคก็คือ สารเคมีชนิดหนึ่ง ยารักษาโรคปลา ได้แก่ ฟอร์มาลิน มาลาโคท็อกซิน ด่างทับทิม เกลือแกง ปูนขาว ออกซิเตตราไซคลิน และคิพเทอร์เร็กซ์ เป็นต้น

3. น้ำเสียจากอุตสาหกรรม

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่ประเทศอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น ปัญหาน้ำเสียไม่ได้หยุดอยู่ที่ค่าความสกปรกในรูปบีโอดี ยังได้ขยายครอบคลุมไปถึงโลหะหนัก สารพิษ สารอันตรายอื่น ๆ จากการที่โรงงานอุตสาหกรรมมีมากมายหลายประเภท จึงเป็นไปได้ที่ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะเหมือนกันทุกโรงงาน แม้กระทั่งในโรงงานประเภทเดียวกัน ลักษณะของน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการ โรงงานนั้นยังแตกต่างกัน และช่วงเวลาทำงานก็แตกต่างกัน บางโรงงานผลิต 8-12 ชั่วโมง บางโรงงานผลิต 24 ชั่วโมง โดยเฉพาะโรงงานที่มีผลิตภัณฑ์หลายอย่าง ลักษณะน้ำเสียในแต่ละเวลา ก็จะแตกต่างกันมาก ทั้งอัตราการไหลและส่วนประกอบในน้ำเสียนั้น สามารถสรุปลักษณะน้ำเสียตามประเภทอุตสาหกรรมได้ดังนี้

3.1 อุตสาหกรรมอาหาร น้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทนี้จะมีความแตกต่างตามประเภทโรงงาน วัตถุประสงค์ กระบวนการผลิต และปริมาณผลผลิต ลักษณะโดยทั่วไปจะประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุ ตะกอนแขวนลอย โลหะหนัก และน้ำเสียที่ประกอบด้วยน้ำมัน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยเฉพาะพวกแป้งและเบียร์จะทำให้มีค่าบีโอดีสูง

3.2 อุตสาหกรรมสิ่งทอ มีความแตกต่างกันอย่างมากภายในส่วนประกอบของน้ำเสีย ระหว่างอุตสาหกรรมสิ่งทอธรรมชาติกับสิ่งทอทางด้านเคมี น้ำเสียจากอุตสาหกรรมทอขนสัตว์ ประกอบด้วยค่าบีโอดีที่มีความเข้มข้นสูงไขมันและด่าง น้ำเสียจากการย้อมจะประกอบด้วยมลสาร เช่น สีย้อม และสารเคมีอื่น ๆ คุณภาพและปริมาณจะแตกต่างกันไปตามวันต่อวัน ตามฤดูกาล และตามการเปลี่ยนแปลงตามแฟชั่น

3.3 อุตสาหกรรมผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ เป็นลักษณะของอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำ สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษใช้ต้นไม้จากธรรมชาติเป็นวัตถุดิบ นำมาเติมด้วยสารเคมีและนำไปต้มเอาเพียงเซลลูโลสมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ นอกนั้นปล่อยส่วนประกอบอื่น ๆ ให้เป็นวัตถุเจือปนลงในน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียเกิดมีมลพิษสูง น้ำเสียจะมีลักษณะที่มีทั้งค่าบีโอดีและมีสีเจือปนที่ค่อนข้างสูง ส่วนในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษมีกระบวนการเพิ่มเติมจากอุตสาหกรรม คือ นำเยื่อกระดาษมาเติมด้วยตัวฟिलเลอร์ (kaolin, clay และตัวอื่น ๆ) เพื่อทำให้เป็นแผ่นกระดาษ ลักษณะของน้ำเสียจึงประกอบไปด้วยเส้นใยละเอียดหรือกระดาษ และสารที่เป็นฟिलเลอร์ต่าง ๆ และยังเต็มไปด้วยวัสดุจำนวนมากที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ

3.4 อุตสาหกรรมเครื่องหนัง น้ำเสียจะมีค่าบีโอดีค่อนข้างสูงซึ่งมาจากสารเทนนินที่ใช้ในการฟอกหนังและจากหนังดิบและยังประกอบด้วยโครเมียมที่ใช้ในการฟอกหนัง และปูนขาวที่ใช้ในการบำบัดขั้นต้น ของแข็งแขวนลอย และสีจากการย้อม

3.5 อุตสาหกรรมผลิตเคมีภัณฑ์ น้ำเสียมักจะประกอบไปด้วยสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามประเภทของกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมผลิตสารเคมีจะปล่อยน้ำเสียที่มีสารเคมีหลายประเภท สารอันตราย สารประกอบที่มีกลิ่นเหม็น ซึ่งมีสภาพของการเป็นกรดหรือเป็นด่างสูง และจะมีสารประกอบที่มีค่าซีโอดีสูง

3.6 อุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมัน ส่วนประกอบที่สำคัญของมลสาร คือ น้ำมันที่ล้นออกมา ที่มีอยู่ในสภาพอิมัลชัน และน้ำเสียก็ยังคงเต็มไปด้วยสารที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซัลไฟด์ตัวอื่น ๆ แอมโมเนีย เมอร์แคปแทน และฟีนอล เป็นต้น

3.7 อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นน้ำเสียที่ประกอบด้วย สารไฮโดรคาร์บอน สารประกอบอินทรีย์ ตัวเต็ทาลิตส์ต่าง ๆ และส่วนประกอบอื่น ๆ ขึ้นกับประเภทของผลิตภัณฑ์

3.8 อุตสาหกรรมผลิตเหล็กและเหล็กกล้า เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำในปริมาณสูง น้ำเสียเกิดจากกระบวนการความเย็นและทำความสะอาดสำหรับเตาหลอมถ้ำโค้ก ประกอบด้วย แอมโมเนีย ไชยาไนด์ ฟีนอล เป็นต้น นอกจากนี้ น้ำเสียที่มาจากกระบวนการกำจัดฝุ่นจากเตาหลอมจะประกอบด้วยของแข็งแขวนลอย และจากกระบวนการล้างด้วยกรดประกอบด้วย กรดเหล็ก และน้ำมัน

3.9 อุตสาหกรรมผลิตโลหะที่นอกเหนือไปจากเหล็ก สินแร่ดินทองแดง ทองคำ และเงิน โดยปกติจะประกอบด้วยสารเจือปนพวก แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู เป็นต้น สารเหล่านี้อาจจะถูกละลายออกมาในระหว่างกระบวนการผลิตหรืออยู่ในน้ำเสีย ซึ่งอาจตกค้างในดินหรือเกิดการปนเปื้อนในน้ำใต้ดินหากมีการระบายน้ำที่ไม่ได้มาตรฐานลงสู่ผิวดิน

3.10 อุตสาหกรรมการเคลือบโลหะ มีการใช้วัตถุดิบและสารเคมีหลายตัวในอุตสาหกรรมประเภทนี้ ดังนั้นในน้ำเสียจึงประกอบด้วยโลหะหนักหลายชนิด เช่น แคดเมียม สังกะสี ทองแดง ไซยาไนด์ โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ กรดและด่าง เป็นต้น

3.11 อุตสาหกรรมเซรามิกส์และซีเมนต์ มีน้ำเสียที่ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์แขวนลอยที่มีสภาพเป็นด่าง ในส่วนของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ยังมีสารจำพวกให้สี และสารพวกวัตถุอันตรายเจือปนอยู่ด้วย

ตารางที่ 2 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ

ประเภทโรงงาน	บีโอดี (มก./ล.)		ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
กระดาษ	100-1,000	530	100-1,300	830
สบู่	200-3,000	1,180	100-3,000	560
ผงชูรส	200-2,000	890	-	-
สุรา – แอลกอฮอล์	5,000-60,000	29,000	1,000-10,000	7,800
น้ำอัดลม	150-2,400	740	50-400	190
นม	200-3,600	1,125	100-1,000	450
น้ำตาล	200-3,900	1,320	100-600	320
สิ่งทอ	60-900	230	0-500	160
ห้องเย็น	250-4,000	1,560	100-700	410
เครื่องกระป๋อง	500-12,700	3,560	100 -3,000	760
วุ้นเส้น	600-4,500	1,840	-	-
เส้นหมี่	1,000-14,000	3,620	1,000-30,000	5,400
ไม้แป๊ง แบนแซ	1,000-11,000	5,235	500-5,000	1,700

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2542)

ผลกระทบของน้ำเสีย

1. ผลกระทบต่อการกสิกรรม น้ำเสียที่ส่งผลกระทบต่อการกสิกรรมนั้น เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียที่มีความเป็นกรดค้างสูงมีปริมาณเกลืออนินทรีย์ หรือสารพิษสูง น้ำเสียเหล่านี้เกิดจากการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสู่แหล่งน้ำโดยปราศจากการบำบัด ทำให้แหล่งน้ำมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ทำให้ผลผลิตของเกษตรกรมีปริมาณต่ำ

2. ผลกระทบต่อการประมง มลสารที่ปนเปื้อนในน้ำอาจทำให้สัตว์น้ำต่าง ๆ เช่นปลา กุ้ง ตายหรือค่อย ๆ ลดจำนวนลงเนื่องจากไม่สามารถดำรงชีวิตและแพร่พันธุ์ได้ตามธรรมชาติ น้ำเสียที่มีสารพิษเจือปนทำให้ปลาตายทันที ส่วนน้ำเสียที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ หากลดมาก ๆ ในทันทีก็อาจจะทำให้ปลาตายได้ แต่ถ้าลดไม่มากนักก็อาจทำลายสัตว์น้ำเล็กที่เป็นอาหารของตัวอ่อน ทำให้ปลาขาดสารอาหารในที่สุดปลาก็จะลดจำนวนลง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการประมงเป็นอย่างยิ่ง

3. ผลกระทบต่อการสาธารณสุข น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารพิษเจือปน สารพิษเหล่านี้ทำให้เกิดโรคร้ายแรง ทำลายสุขภาพของประชาชนทั้งโดยตรงและทางอ้อม เช่น โรคมีนามาตะ เกิดจากคนที่รับประทานปลาที่มีสารปรอทสูง อีกทั้งยังจะก่อให้เกิดโรคระบาดหลายชนิด เช่น อหิวาตกโรค ไข้ไทฟอยด์ โรคบิด เกิดจากน้ำสกปรกเป็นพาหะ นอกจากนี้แม่น้ำลำคลองที่เน่าเสียยังส่งกลิ่นเหม็นก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญเป็นการบั่นทอนสุขภาพของผู้อยู่อาศัยริมแม่น้ำลำคลองและผู้สัญจร

4. ผลกระทบต่ออุตสาหกรรม น้ำเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมน้ำดื่มและเครื่องดื่มอื่น ๆ และใช้ในขบวนการต่าง ๆ ของการอุตสาหกรรมเช่น ใช้ในการหล่อเย็น ใช้ในการซักล้าง ใช้ในขบวนการผลิต เป็นต้น ถ้าน้ำในแหล่งน้ำคุณภาพไม่เหมาะสมที่จะใช้ เช่นมีความขุ่น มีความเป็นกรดค้าง และความกระด้างสูง ก่อนที่จะนำไปใช้ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสม ทำให้ต้องมีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น โดยเฉพาะ อุตสาหกรรมที่ใช้ น้ำเป็นปัจจัยในการผลิตเช่น อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ อุตสาหกรรมสุรา นอกจากค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โรงงานเหล่านี้ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมอุปกรณ์ เครื่องจักรที่เสียหายจากการใช้น้ำไม่ได้คุณภาพอีกด้วย

5. ผลกระทบต่อการผลิตน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ปัญหาน้ำเสียส่งผลกระทบต่อการผลิตน้ำกินน้ำใช้อย่างยิ่ง โดยแหล่งน้ำที่ผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ได้แก่ ลำคลอง แต่เมื่อแหล่งน้ำเกิดน้ำเสีย ทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำเข้าเกณฑ์มาตรฐานเพิ่มขึ้นทำให้มีต้นทุนในการผลิตน้ำมากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคด้วย

6. ผลกระทบต่อการคมนาคม การที่แหล่งน้ำมีตะกอน หรือขยะมูลฝอยมาตกทับถมมาก ๆ ทำให้แหล่งน้ำมีสภาพตื้นเขิน การคมนาคมทางน้ำเป็นไปอย่างลำบาก และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขุดลอกอีกด้วย

7. ผลกระทบต่อทัศนียภาพ สภาพน้ำเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อทัศนียภาพและทำลายแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ ทั้งยังส่งเสียต่อการท่องเที่ยวและแสดงถึงความสะอาดของบ้านเมืองและทำลายภาพพจน์ต่าง ๆ ของนักท่องเที่ยวและผู้พบเห็น โดยทั่วไป

8. ผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม น้ำทิ้งและน้ำเสียต่าง ๆ จากโรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล ตลาดสด ภัตตาคาร และอื่น ๆ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งกระทบกระเทือนทางด้านเศรษฐกิจ รวมทั้งเป็นที่น่ารังเกียจของสังคมเนื่องจากมักจะส่งกลิ่นเหม็นและแสดงถึงการกินคืออยู่ดีและความสะอาดของบ้านเมืองด้วย

การบำบัดน้ำเสีย

มันสิน ตันทุลเวศม์ (2523) ได้รายงานหลักการการบำบัด/กำจัดน้ำเสียไว้ 4 ประการ ขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนในน้ำเสียนั้น ไว้ดังนี้คือ

1. หลักการทางกายภาพ โดยมักจะใช้กับของเสียในน้ำที่เป็นของแข็งขนาดใหญ่ เช่น เศษผ้า กระดาษ พลาสติก เศษอาหารเป็นต้น หรือกรวด ทราย และไขมัน น้ำมันที่ไม่ละลายน้ำ โดยอุปกรณ์ที่ใช้บำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ได้แก่ ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด ถังคัดกรวด ทราย ถังคัดไขมัน ถังคัดตะกอน เป็นต้น

2. หลักการทางเคมี ใช้กับน้ำเสียที่มีความเป็นกรดและด่างสูงเกินไป มีโลหะหนักที่เป็นพิษ มีสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก มีสารประกอบอินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นพิษ เช่น ซัลไฟด์ และมีไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ กระบวนการทางเคมีที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ได้แก่ โคแอกกูเลชัน (coagulation) การตกตะกอนผลึก (precipitation) การทำให้เป็นกลาง (neutralization) การแลกเปลี่ยนไอออน (iron exchange) และการออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction)

3. หลักการทางชีววิทยา แบ่งได้ 2 ชนิดคือ

3.1 แบบใช้ออกซิเจน เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยอาศัยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในหลักการนี้ได้แก่ oxidation pond, aerated lagoon, activated sludge, trickling filters, และ biodisc เป็นต้น

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

4. หลักการทางฟิสิกส์เคมี เป็นแยกสารพิษทางน้ำโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์และเคมี ร่วมกัน เทคโนโลยีที่อาศัยหลักการนี้ได้แก่ การดูดซับโดยผงถ่าน (carbon absorption) และการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange)

ขั้นตอนในการกำจัดน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย

1. การกำจัดน้ำเสียขั้นต้น (primary wastewater treatment) ได้แก่ การกำจัดสารที่ลอยหรือตกตะกอนได้ในน้ำเสีย เป็นการลดประมาณของแข็ง และน้ำมันหรือไขมันที่ลอยอยู่ กระบวนการบำบัดขั้นต้นสามารถกำจัดปริมาณของแข็งและบีโอดีได้ราว 20-35 เปอร์เซ็นต์ (พิพัฒนา ฐิริปัญญาคุณ, 2540) กระบวนการนี้ประกอบด้วย

1.1 การกรองด้วยตะแกรง (screening) โดยใช้ตะแกรง 2 แบบ คือ ตะแกรงหยาบใช้สำหรับดักสิ่งของที่ลอยน้ำ เช่น เศษขยะ ใบไม้ ถูพลาสติก กับตะแกรงละเอียดที่มีขนาดตาเล็กกว่า ตะแกรงหยาบใช้ดักสิ่งของที่มีขนาดเล็ก ตะแกรงทั้งสองชนิดนี้ช่วยป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำอุดตัน

1.2 การกำจัดกรวดทราย (grit removal) ถังคัดกรวดทรายเป็นถังขนาดเล็กที่ออกแบบให้สามารถดักจับกรวดทรายในน้ำเสียที่ไหลผ่าน เพื่อป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำเสียสกปรกและเกิดความเสียหายเนื่องจากถูกขัดสีจากกรวดทราย

1.3 การตกตะกอน (sedimentation) ของแข็งหรือสารแขวนลอยที่ลอยผ่านตะแกรงมาได้ จะถูกบำบัดออกจากน้ำเสียด้วยถังตกตะกอนซึ่งเป็นถังขนาดใหญ่ที่เป็นที่พักน้ำเสีย เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในถังตกตะกอน น้ำเสียจะใช้เวลาลอยนิ่งประมาณ 2-4 ชั่วโมง อย่างสงบ ทำให้สารแขวนลอยมีเวลาดตกตะกอนลงสู่ก้นถัง น้ำเสียที่ไหลออกไปจึงมีสารแขวนลอยเหลือน้อย

1.4 การกำจัดน้ำมันและไขมัน (oil and grease removal) น้ำเสียหลายประเภทมีน้ำมันหรือไขมันปนอยู่ด้วย ถังดักไขมันและน้ำมันอาศัยหลักการไขมันหรือน้ำมันเบากว่าน้ำ จึงลอยตัวอยู่บนผิวน้ำ ให้สามารถกวาดไขมันหรือสารที่ลอยมากับน้ำเสียบนผิวของถังดัก และสามารถดึงเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักได้

2. การกำจัดน้ำเสียขั้นที่สอง (secondary wastewater treatment) เป็นการกำจัดน้ำเสียหลังจากที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้วโดยจะใช้เทคโนโลยีในการกำจัดสูงกว่า และมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่า ซึ่งสามารถกำจัดบีโอดีในน้ำเสียให้ลดปริมาณลงอีก 50-90 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้ โดยมีหลักการ 2 หลักการคือ

2.1 หลักการทางชีวภาพ เป็นการใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย สารอินทรีย์ซึ่งเป็นความสกปรกจะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงไว้ในถังเชื้อ ทำให้น้ำเสียมีความสกปรกลดลงซึ่งจุลินทรีย์ที่ใช้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนก็ได้ (มันสิน ตัณฑุลเวศม์, 2523) ระบบบำบัดแบบชีวภาพได้แก่

2.1.1 ระบบ Activated Sludge ประกอบด้วยถังเติมอากาศเพื่อให้จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายบีโอดี เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ออกซิเจนและสร้างจุลินทรีย์ใหม่ขึ้น ระยะเวลาการเติมอากาศมักใช้เวลา 6-12 ชั่วโมง ในถังลึก 3-6 เมตร น้ำเสียจึงถูกนำเข้าสู่ถังตกตะกอน ตะกอนคือจุลินทรีย์ที่ถูกผลิตขึ้นส่วนหนึ่งจะถูกส่งกลับไปยังถังเติมอากาศเพื่อเป็นเชื้อในการบำบัดต่อไป ส่วนที่เหลือจะถูกส่งไปยังระบบกำจัดสลัดจ์

2.1.2 ระบบ Aerated Lagoon ระบบสระเติมอากาศ ใช้ปฏิกิริยาทางชีววิทยา เช่นเดียวกับระบบ Activated Sludge แต่มักใช้บ่อที่ขุดขึ้นให้ลึก 2-6 เมตร และระยะเวลาเก็บกัก 5-10 วัน ใช้ระบบเติมอากาศบนผิวน้ำแบบง่าย ๆ และไม่มีการใช้ตะกอนหมุนเวียน

2.1.3 ระบบ Oxidation Pond ระบบควานเวียนเหมือนกับระบบ Activated Sludge แต่ใช้รูปถังเป็นเหมือนรูปคลองรูปไข่ และมักใช้ระบบเติมอากาศบนผิวน้ำแบบแวนอนที่เรียกว่า brush rotor ในถังลึก 1-2 เมตร ความจุของถังจะนานราว 24 ชั่วโมง

2.1.4 ระบบ Trickling Filter เป็นระบบที่ใช้แพร่หลายที่สุดระบบหนึ่งใน สหรัฐอเมริกาและยุโรป มีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกับระบบ Activated Sludge แต่มีข้อดีตรงที่ค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายถูกกว่าระบบ Activated Sludge และการควบคุมระบบง่ายกว่ามาก ข้อเสียของระบบนี้คือ มีกลิ่นเหม็น และไม่เหม็น และไม่เหมาะกับชุมชนขนาดใหญ่เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของถังลานกรอง ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะสำหรับชุมชนที่มีขนาดเล็กและมีที่ดินราคาต่ำ

2.1.5 ระบบ Bio-Disc ระบบนี้มีประสิทธิภาพสูงสุดทัดเทียมกับระบบ Activated Sludge แต่มีข้อดีกว่า เช่น ควบคุมและบำรุงรักษาง่ายกว่า ค่าใช้จ่ายในการกำจัดค่า ก่อสร้างและพื้นที่ที่ต้องการเท่า ๆ กับระบบ Activated Sludge ระบบนี้ใช้กันมากในประเทศเยอรมนี

2.1.6 ระบบ Rotating Biological Contactor ใช้แผ่นพลาสติกทำเป็นรูปทรงกระบอกแวนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 เมตร แผ่นจะจมอยู่ในน้ำราวร้อยละ 40 ของพื้นที่หน้าตัดและหมุนไปช้า ๆ รอย ๆ แขน เป็นการให้ออกาสจุลินทรีย์ที่ติดอยู่กับแผ่นได้รับอากาศและอาหาร (จากน้ำเสีย) สลับกันไป

2.1.7 ระบบ Grass Filtration เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยธรรมชาติ ซึ่งจะปล่อยน้ำเสียที่รวบรวมมาปล่อยลงไปในบ่อที่มีการปลูกหญ้า หรือพืชที่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ เช่น ผักตบชวา กก ธูปฤาษี เป็นต้น

2.1.8 ระบบ White and Red Mangrove เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติอีกวิธีหนึ่ง โดยจะปล่อยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้วให้ไหลผ่านป่าชายเลน ซึ่งป่าชายเลนจะสามารถกรองและดูดซับมลสารและสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย จนกลายเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีสามารถนำไปใช้เพื่อการเกษตรและปล่อยลงสู่ทะเลได้อย่างปลอดภัย

2.1.9 ระบบ Lagoon Treatment เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่สร้างเป็นบ่อดินอาจจะเป็นบ่อเดี่ยวหรือหลายบ่อ ต่ออนุกรมกัน โดยจะมีทั้ง บ่อที่ใช้ออกซิเจน ไม่ใช้ออกซิเจน และประเภทกึ่งไร้อากาศ ทั้งนี้จะทำการเก็บกักน้ำเสียไว้ โดยมีระยะเวลาพักตัวในบ่อนานพอที่จะทำให้จุลินทรีย์ได้ย่อยสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย

2.1.10 ระบบ Anaerobic Lagoon เป็นวิธีการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ง่ายที่สุด เป็นระบบที่ไม่ใช่เครื่องจักรกลและอาศัยธรรมชาติมากที่สุด เหมาะสำหรับกำจัดน้ำทิ้งที่มีบีโอดีสูง 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 เหมาะสำหรับกำจัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีไม่สูงนัก เช่นเดียวกับระบบ Anaerobic Contact แต่การเดินระบบจะง่ายกว่ามากเนื่องจากไม่ต้องมีการตกตะกอนและไม่ต้องสูบน้ำตะกอนจากกันถึงตกตะกอนกลับเข้าถังปฏิกริยาอีก

2.1.14 ระบบ Septic Tank มีประสิทธิภาพในการกำจัดต่ำ แต่การทำงานของระบบง่าย ค่าใช้จ่ายต่ำ ใช้พื้นที่น้อย ส่วนมากฝังอยู่ใต้ดิน นิยมใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยส่วนบุคคล

2.2 หลักการกำจัดน้ำเสียโดยวิธีทางเคมี (chemical wastewater treatment) เหมาะสำหรับการกำจัดน้ำเสียที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้คือ มีกรดหรือด่างสูงเกินไป มีโลหะหนักที่เป็นพิษ มีสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก มีสารประกอบอินทรีย์ละลายที่เป็นพิษ และหรือ มีไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ ทำให้ยากแก่การกำจัดทางชีวภาพ เช่น น้ำเสียจากอุตสาหกรรม ประเภทโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โรงงานชุบโลหะ

2.2.1 กระบวนการโคแอกกูแลชัน (coagulation) ตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามาก เรียกว่า คอลลอยด์ ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยวิธีการตกตะกอนแบบธรรมชาติ เนื่องจากมีขนาดเล็กเกินไปจึงต้องมีการเติมสาร โคแอกกูแลนต์ (coagulant) เช่นสารส้มลงไป ในน้ำเสียทำให้คอลลอยด์หลาย ๆ อนุภาคจับตัวกันเป็นกลุ่ม เรียกว่า ฟล็อก (floc) จนมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้รวดเร็ว สารโคแอกกูแลนต์ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวประสานให้อนุภาคมารวมกันเป็น ฟล็อก ซึ่งการประสานคอลลอยด์นี้เรียกว่าโคแอกกูแลชัน (coagulation)

2.2.2 การทำให้เป็นกลางหรือการปรับพีเอช (neutralization) น้ำเสียบางชนิดอาจมีพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป โดยน้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำ สามารถให้เป็นกลางโดยใช้ปูนขาว โซดาไฟ หรือ โซดาแอช ส่วนน้ำที่มีพีเอชสูง ทำให้เป็นกลางโดยใช้กรดต่าง ๆ เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรือ อาจใช้คาร์บอนไดออกไซด์ก็ได้

2.2.3 การตกตะกอนผลึก (precipitation) มักใช้กับการกำจัดโลหะหนัก โลหะหนักที่พบในน้ำเสียและเป็นปัญหามักอยู่ในรูปของสารละลาย ทำให้ไม่สามารถกำจัดออกจากน้ำได้ด้วยวิธีตกตะกอน (sedimentation) หรือกรองเพียงลำพัง การกำจัดโลหะหนักจำเป็นต้องทำให้เกิดการตกผลึกของแข็ง (precipitation) เสียก่อนจึงจะทำให้ผลึกรวมกันเป็นก้อน หรือ ฟล็อก (floc) เพื่อให้สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนและการกรอง ดังนั้นการกำจัดโลหะหนักจึงต้องใช้วิธีตกผลึกรวมกับวิธีโคแอกกูแลชัน (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 ไม่เหมาะที่จะกำจัดโดยวิธีอื่น ซึ่งประกอบด้วย

2.3.1 กระบวนการ Carbon Absorption เป็นการกำจัดน้ำเสียโดยการดูดซึมด้วยถ่านสามารถใช้แยกสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์มักใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในการฟอกสีน้ำตาลทราย การฟอกสีผงชูรส การปรับคุณภาพน้ำ

2.3.2 กระบวนการ Iron Exchange เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน ระหว่างสารละลายกับสารประกอบซึ่งไม่ละลายในสารละลายนั้น ใช้มากในการแก้ไขน้ำกระด้าง และทำให้น้ำบริสุทธิ์ปราศจากแร่ธาตุ เพื่อใช้ในการทำไอน้ำ และนิยมใช้ในการกำจัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมชุบโลหะ

2.3.3 กระบวนการ Stripping เป็นกระบวนการแยกแก๊สหรือสารประกอบที่ระเหยง่ายออกจากน้ำที่สัมผัสกับอากาศทำให้แก๊สหรือสารระเหยหนีออกไป วิธีนี้ใช้ในการกำจัดแอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ และสารอินทรีย์ที่ระเหยเป็นไอน้ำ

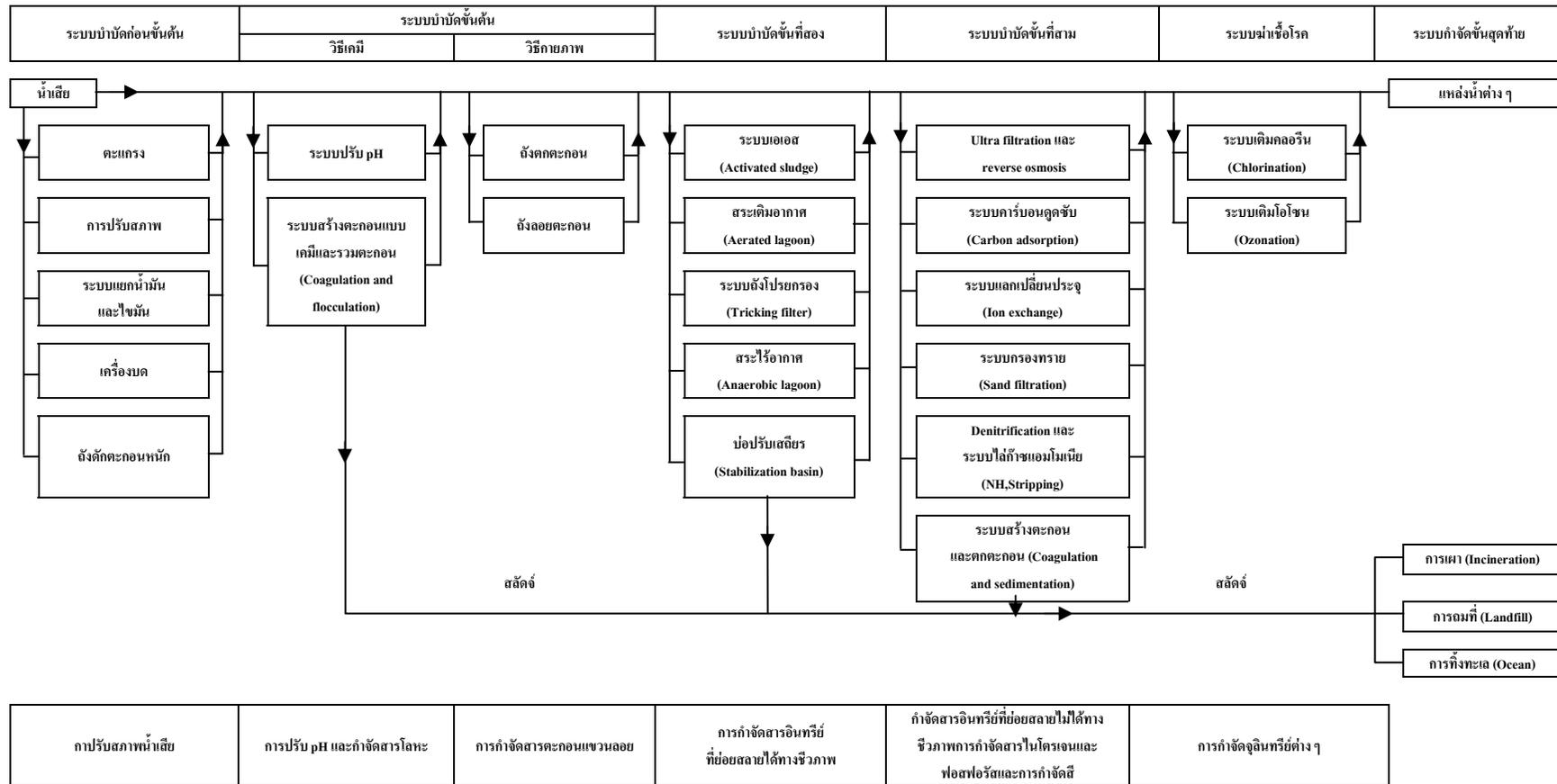
แนวทางในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียมีหลายประเภท การเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ คือ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับของการบำบัด สภาพของท้องถิ่น และความยากง่ายของการดูแลรักษาระบบ โดยระบบที่มีความเหมาะสมต้องเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและมีราคาประหยัด

ลักษณะของน้ำเสียและระดับของการบำบัดจะเป็นตัวกำหนดอย่างกว้าง ๆ ถึงระบบบำบัดน้ำเสียที่จะนำมาใช้ น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ควรเลือกใช้ระบบบำบัดแบบชีวภาพโดยความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์จะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกระบบที่เหมาะสม น้ำเสียที่มีสารเคมีหรือโลหะหนัก เช่น น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะ ควรใช้ระบบบำบัดทางเคมีซึ่งมักเป็นวิธีแยกโลหะออกจากน้ำเสีย โดยวิธีตกผลึกและตกตะกอน น้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่บำบัดได้ง่ายเนื่องจากส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีววิทยาได้ง่ายและมีความเข้มข้นต่ำ มีปริมาณอาหารเสริม

และมีสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เช่น พีเอชที่เหมาะสม และมีจุลินทรีย์อยู่ในน้ำเสีย ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียชุมชนจึงใช้ระบบชีวภาพใน ระบบ Activated Sludge หรือบ่อก๊าซ (oxidation pond) เป็นต้น

สภาพของท้องถิ่นเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญในการเลือกระบบที่เหมาะสม ในชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น ที่ดินมีราคาสูง ผู้ออกแบบมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกระบบที่ใช้พื้นที่น้อย แต่ใช้เครื่องจักรกลมาก ซึ่งจะเป็นระบบที่มีค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการเดินระบบสูง และต้องการผู้ดูแลระบบที่มีความรู้ความสามารถ ในทางตรงข้ามกรณีพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลที่ดินมีราคาถูกสามารถใช้ระบบบำบัดแบบที่ไม่ต้องใช้เครื่องจักรกลและไม่ต้องการผู้ดูแลที่มีความสามารถสูง เช่น ระบบบ่อก๊าซต่างๆ จะเป็นระบบที่มีความเหมาะสม



ภาพที่ 2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียและหน้าที่หลักของแต่ละระบบ
 ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (2542)

บทที่ 3

สภาพทั่วไปและระบบบำบัดน้ำเสียของพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาสภาพทั่วไปของพื้นที่โครงการนั้น ในเบื้องต้นจะทำการศึกษาสภาพทั่วไปของจังหวัดสมุทรปราการก่อนเพื่อให้ทราบถึงปัญหาของจังหวัดสมุทรปราการ แล้วจึงศึกษาพื้นที่ศึกษา คือ โครงการบำบัดน้ำเสีย ชลรรมชาติสู่ชลรรมชาติ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

สภาพทั่วไปของจังหวัดสมุทรปราการ

ข้อมูลทั่วไป

จังหวัดสมุทรปราการ ตั้งอยู่ริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา ตอนปลายสุดของแม่น้ำเจ้าพระยา และเหนืออ่าวไทย ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13-14 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100-101 องศาตะวันออก มีเนื้อที่ประมาณ 1,004,092 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 627,554 ไร่ ตั้งอยู่ภาคกลางของประเทศไทย ห่างจากกรุงเทพมหานคร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 29 กิโลเมตร การปกครองแบ่งออกเป็น 5 อำเภอ 1 กิ่งอำเภอ 50 ตำบล 398 หมู่บ้าน 16 เทศบาล (1 เทศบาลนคร 2 เทศบาลเมือง และ 13 เทศบาลตำบล) 33 องค์การบริหารส่วนตำบล มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังต่อไปนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	กรุงเทพมหานคร
ทิศใต้	ติดต่อกับ	อ่าวไทย
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ทิศตะวันตก	ติดกับ	กรุงเทพมหานคร

ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่พื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านกลาง แยกพื้นที่ออกเป็นด้านตะวันตกและด้านตะวันออกและมีลำคลองมากมาย

โดยทั่วไปแล้วลักษณะภูมิประเทศของจังหวัด สามารถแบ่งพื้นที่ออกได้เป็น 3 ส่วนคือ

1. บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาทั้งสองฝั่ง ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มทั้งหมด
2. บริเวณตอนใต้ใกล้ชายฝั่งทะเล น้ำทะเลท่วมถึงและพื้นดินจะเค็มจัดในฤดูแล้ง
3. บริเวณที่ราบกว้างใหญ่ทางตอนเหนือและตะวันออก ซึ่งจะเป็นที่ราบลุ่มติดต่อกันตลอด มีคลองชลประทานหลายแห่ง

ประชากร

จังหวัดสมุทรปราการ มีจำนวนประชากรมากเป็นอันดับ 2 ของภาค รองจากกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 5 เป็นต้นมา ที่ให้จังหวัดสมุทรปราการเป็นจังหวัดที่รองรับการขยายตัวจากกรุงเทพมหานครทั้งในด้านการผลิต คือ อุตสาหกรรม และการกระจายตัวของประชากร ทำให้สมุทรปราการมีประชากรย้ายถิ่นจากที่อื่นเข้ามาในจังหวัดเป็นจำนวนมาก ซึ่งประชากรที่เคลื่อนย้ายเข้ามาในจังหวัดนี้ มีทั้งที่ย้ายและไม่ย้ายทะเบียนราษฎรเข้ามาด้วย ทำให้ประชากรที่มีอยู่จริงสูงกว่าจำนวนประชากรในทะเบียนราษฎร ประชากร ณ เดือน มิถุนายน 2547 รวมทั้งสิ้น 1,058,117 คน ชาย 513,946 คน หญิง 544,171 คน



ภาพที่ 3 แผนที่จังหวัดสมุทรปราการ

การใช้พื้นที่และการถือครองที่ดินทางการเกษตร

ข้อมูลจากสำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรปราการ ปีพ.ศ.2544 บอกรถึงการใช้พื้นที่และการถือครองที่ดินทางการเกษตรมีดังนี้

1. การใช้พื้นที่จังหวัดสมุทรปราการพื้นที่ทั้งหมด 628,506 ไร่ เป็นพื้นที่เพื่อการเกษตร 238,526 ไร่ (37.95%) พื้นที่ป่าไม้ (ที่มีสภาพเป็นป่าชายเลน) 1,877 ไร่ (0.30%) เป็นพื้นที่ไม่ได้จำแนก 388,105 ไร่ (61.75%)
2. การถือครองที่ดินทางการเกษตร เป็นของเกษตรกรเอง 35,770 ไร่ (15%) ครั้วเรือนเกษตร 16,815 ครั้วเรือน แรงงานภาคเกษตร 50,445 คน เป็นพื้นที่เช่าผู้อื่น 20,547 ไร่ (84.95%) และได้ทำฟรี 200 ไร่ (0.08%)

การคมนาคม

1. ทางบก ถนนสายสำคัญของจังหวัด มีดังนี้ ถนนสุขุมวิท หรือทางหลวงหมายเลข 3 ถนนบางนา-ตราด หรือทางหลวงหมายเลข 34 ถนนเทพารักษ์ หรือทางหลวงหมายเลข 3268 ถนนปู่เจ้าสมิงพราย หรือทางหลวงหมายเลข 3113 ถนนพุทธรักษา หรือทางหลวงหมายเลข 3116 ถนนศรีนครินทร์ หรือทางหลวงหมายเลข 3344 ถนนเชื่อมถนนสุขุมวิทบริเวณบางปู หรือทางหลวงหมายเลข 3256 ถนนท้ายบ้าน หรือทางหลวงหมายเลข 3114 ถนนสายลวด หรือทางหลวงหมายเลข 3115 ถนนสุขสวัสดิ์ หรือทางหลวงหมายเลข 303 ถนนสมุทรปราการ-สมุทรสาคร หรือทางหลวงหมายเลข 3243 ถนนเพชรหึง-บางกอบัว และถนนซอยวัดด่านสำโรง
2. ทางน้ำ แม่น้ำ และคลองที่สำคัญ มีดังนี้ แม่น้ำเจ้าพระยา คลองสำโรง คลองสรรพสามิต คลองด่าน คลองพระองค์เจ้าไชยานุชิต คลองเรียบชายฝั่ง สำหรับทำเทียบเรือที่สำคัญมีดังนี้ ท่าเรือเทศบาล หรือท่าเรือวิบูลย์ศรี ท่าเรือพระประแดง ท่าเรือคลองด่าน ท่าห้องเย็น ท่าสะพานปลา ท่าเรือข้ามฟากนาหวาสมุทร ท่าเรือข้ามฟากเกตรา และท่าเรืออาฮีโนะโมะโตะ

3. ทางอากาศ ทำอากาศยานสุวรรณภูมิ จากมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม 2545 อนุมัติโครงการทำอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2 โดยมีอาณาเขตพื้นที่บริเวณตำบลบางโจลง ตำบลราชาเทวะ และตำบลหนองปรือ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมพระราชทานชื่อ “ทำอากาศยานสุวรรณภูมิ” ซึ่งมีความหมายว่า “แผ่นดินทอง” เมื่อวันที่ 29 กันยายน 2543 และทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมเสด็จพระราชดำเนิน ทรงประกอบพิธีวางศิลาฤกษ์อาคารผู้โดยสารทำอากาศยาน สุวรรณภูมิ ณ สถานที่ก่อสร้างทำอากาศยานสุวรรณภูมิ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ เมื่อวันที่ 19 มกราคม 2545

ทำอากาศยานสุวรรณภูมิ มีพื้นที่ประมาณ 20,000 ไร่ ตั้งอยู่บนถนนบางนา-ตราด กม.15 อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ห่างจากศูนย์กลางกรุงเทพมหานครประมาณ 25 กิโลเมตร ในอนาคตต่อไป ทำอากาศยานสุวรรณภูมิ จะเป็นสถานที่ที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทย เพราะจะเป็นทำอากาศยานหลักของประเทศ และจะเป็นศูนย์กลางการคมนาคมขนส่งทางอากาศในภูมิภาคเอเชียอาคเนย์ โดยกำหนดเปิดให้บริการใน เดือน กันยายน 2549 ในระยะแรกสามารถรองรับผู้โดยสารได้ 40 ล้านคนต่อปี และด้วยศักยภาพของพื้นที่ที่มีถึง 20,000 ไร่ พร้อมสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เมื่อพัฒนาเต็มพื้นที่ทำอากาศยานสุวรรณภูมิจะรองรับผู้โดยสารได้ถึง 100 ล้านคนต่อปี และเมื่อทำอากาศยานสุวรรณภูมิเปิดบริการจะสามารถ รองรับเที่ยวบินได้สูงสุดถึง 76 เที่ยวบินต่อชั่วโมง รองรับการจอดอากาศยานประชิดอาคารได้ 51 ลำ และมีหลุมจอดระยะไกลอีก 69 หลุมจอดและรองรับการขนส่งสินค้ามากกว่า 3 ล้านตันต่อปี

แหล่งน้ำ

แหล่งน้ำในจังหวัดสมุทรปราการ ได้จาก การบริการน้ำประปา น้ำบาดาล และการจัดสรรทรัพยากรน้ำ

1. น้ำประปา อยู่ในความรับผิดชอบของการประปานครหลวง โดยสำนักงานประปาสาขาสมุทรปราการ สำหรับฝั่งอำเภอพระประแดง อำเภอพระสมุทรเจดีย์ ที่อยู่อีกฟากของแม่น้ำเจ้าพระยา จะอยู่ในความรับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาตากสิน ซึ่งประเภทผู้ใช้น้ำส่วนใหญ่ยังเป็นประเภทที่พักอาศัยและธุรกิจต่าง ๆ ส่วนภาคอุตสาหกรรม ยังมีการใช้น้ำประปาในกิจการโรงงานกันน้อยมาก มีบางส่วนซึ่งใช้ทั้งน้ำประปาและน้ำบาดาลควบคู่กันไป

2. น้ำบาดาล อยู่ความรับผิดชอบของฝ่ายทรัพยากรธรณี อุตสาหกรรมจังหวัด สมุทรปราการ ขณะนี้มืออยู่ประมาณ 2,884 บ่อ กระจายกระจายอยู่ทุกอำเภอ ประมาณว่ามีการใช้น้ำบาดาลจากบ่อน้ำบาดาลดังกล่าวเพื่อการอุปโภคบริโภค ธุรกิจ และอุตสาหกรรม ประมาณ 317,262 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

3. การจัดสรรทรัพยากรน้ำ

3.1 น้ำเพื่อการเกษตร แหล่งน้ำที่ใช้เพื่อการเกษตร ประกอบด้วยบ่อน้ำบาดาลส่วนตัว 188 บ่อ บ่อน้ำบาดาลสาธารณะ 446 บ่อ

3.2 แหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญ คือ แม่น้ำเจ้าพระยา มีแม่น้ำ ห้วย ลำธาร คลอง รวม 475 สาย ซึ่งในจำนวนนี้มีที่ใช้งานได้ในฤดูแล้ง 234 สาย

3.3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาที่รับผิดชอบพื้นที่ฝั่งตะวันออกของจังหวัดมี 2 โครงการ คือ โครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาคลองด่าน ครอบคลุมพื้นที่ในเขต อำเภอเมืองฯ อำเภอ บางพลี อำเภอบางบ่อ กับบางส่วนของกรุงเทพมหานคร กับจังหวัดฉะเชิงเทรา และโครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาพระองค์เจ้าไชยานุชิต ครอบคลุมพื้นที่ในเขตอำเภอบางบ่อ กับบางส่วนของจังหวัด ฉะเชิงเทรา

ข้อมูลอุตสาหกรรมจังหวัดสมุทรปราการ

จังหวัดสมุทรปราการ เป็นจังหวัดที่มีความได้เปรียบด้านภูมิศาสตร์ที่ตั้งอยู่ใกล้ศูนย์กลางของประเทศ และยังเป็นแหล่งวัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศ เป็นคลังสินค้าที่สำคัญนอกจากนี้ยังเป็นศูนย์กลางการขนส่งทางบก ทางน้ำและทางอากาศ ทำให้การขนส่งวัตถุดิบ และสินค้าจาก โรงงานอุตสาหกรรมในอำเภอต่าง ๆ มีความสะดวก และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ จึงมีส่วนสนับสนุนให้นักลงทุนเข้ามาประกอบกิจการ ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก โดยจังหวัดสมุทรปราการในปัจจุบันนับได้ว่าเป็นจังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมมากที่สุดแห่งหนึ่ง เป็นลำดับที่ 2 รองจาก กรุงเทพมหานคร

การลงทุนภาคอุตสาหกรรม ขณะนี้จังหวัดสมุทรปราการมีกฎหมายห้ามการลงทุนหรือขยายกิจการที่เป็นอุตสาหกรรมที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ภาวะในเรื่องการลงทุนของปี พ.ศ. 2541 จึงชะงักงัน แต่มีโครงการสนามบินพาณิชย์นานาชาติแห่งที่สองของประเทศ คือสนามบินสุวรรณภูมิ จะช่วยทำให้เกิดความเจริญก้าวหน้า ในอนาคตสิ่งที่จะต้องทำคือแก้ไขปัญหาด้านการจราจรที่ยังไม่คล่องตัวในช่วงเวลาเร่งด่วน อันเป็นปัญหาเดียวกับกรุงเทพมหานคร และเชียงใหม่ รวมทั้งต้องเร่งรัดพัฒนาการสื่อสาร โทรคมนาคม สาธารณูปโภค ไฟฟ้า ประปา ให้มีปริมาณเพียงพอกับความต้องการและสามารถรองรับความเจริญก้าวหน้าที่จะตามมาพร้อมกับสนามบินพาณิชย์นานาชาติแห่งที่สอง

สำหรับจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ของจังหวัดสมุทรปราการ ณ สิ้นปี พ.ศ. 2546 มีจำนวนทั้งสิ้น 5,532 โรงงาน ดังนี้

1. โรงงานในนิคมอุตสาหกรรมบางปู	จำนวน	350	โรงงาน
2. โรงงานในนิคมอุตสาหกรรมบางพลี	จำนวน	127	โรงงาน
3. โรงงานนอกนิคมอุตสาหกรรม	จำนวน	5,055	โรงงาน

สำหรับจำนวนโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมของจังหวัดสมุทรปราการ มีจำนวนโรงงานทั้งสิ้น 477 โรงงาน ส่วนโรงงานนอกนิคมอุตสาหกรรมโรงงานในส่วนนี้จะมีการตั้งอยู่ภายนอกนิคมอุตสาหกรรมของจังหวัดสมุทรปราการและจะตั้งอยู่ทั่วไปในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งในปี พ.ศ. 2546 มีจำนวนทั้งสิ้น 5,532 โรงงาน (ข้อมูลจากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสมุทรปราการ) และแยกตามรายอำเภอ ดังนี้

อำเภอเมือง	จำนวน	1,758	โรงงาน
อำเภอพระประแดง	จำนวน	1,373	โรงงาน
อำเภอบางพลี	จำนวน	1,306	โรงงาน
อำเภอบางบ่อ	จำนวน	158	โรงงาน
อำเภอพระสมุทรเจดีย์	จำนวน	499	โรงงาน
กิ่งอำเภอ อ.บางเสาธง	จำนวน	438	โรงงาน

แหล่งกำเนิดน้ำเสียของจังหวัดสมุทรปราการ

แหล่งกำเนิดน้ำเสียของสมุทรปราการที่มีผลกระทบมีดังนี้

1. น้ำเสียจากชุมชน ประชากรของจังหวัดสมุทรปราการจำนวนมาก ก่อให้เกิดน้ำเสียในปริมาณมาก โดยเฉพาะน้ำเสียที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ ซึ่งจะถูกระบบลงสู่น้ำ โดยไม่ผ่านการบำบัด แล้วระบายลงสู่อ่าวไทยในที่สุด
2. น้ำเสียจากโรงแรมและสถานที่พัก จังหวัดสมุทรปราการได้มีการพัฒนาในด้านต่าง ๆ ให้ความเจริญก้าวหน้าเป็นลำดับ โดยเฉพาะบริการท่องเที่ยว นับได้ว่ามีความสำคัญต่อจังหวัดรองลงมา จากด้านอุตสาหกรรม ซึ่งมีสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจมากมาย จึงมีประชาชนเข้ามาพักในโรงแรมและสถานที่พักต่าง ๆ มากขึ้นซึ่งส่งผลให้มีการใช้น้ำมากขึ้น ปริมาณน้ำเสียก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน
3. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การอุตสาหกรรมเป็นอาชีพที่สำคัญของประชาชนในจังหวัด น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ส่วนใหญ่จะผ่านการบำบัดแล้วแต่ปริมาณความสกปรกยังมีค่าสูง

สภาพทั่วไปของพื้นที่ที่ทำการศึกษา

ความเป็นมาบริษัท ไทยชนาธรอุตสาหกรรมจำกัด

บริษัท ไทยชนาธร อุตสาหกรรม จำกัด เป็นบริษัท อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อลูมิเนียมประเภทคอมล้อมอเตอร์ไซค์ ฝาครอบเครื่องยนต์ ฝาครอบเครื่องจักรกลการเกษตร อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป และได้ผ่านการรับรองระบบคุณภาพ ISO 9001 : 2002 , ISO/TS16949:2002 จาก BVQI บริษัทได้ก่อตั้งเมื่อวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2525 โดยผู้ถือหุ้นคนไทย 100% โดยมี คุณสมพร จึงรุ่งเรืองกิจ เป็นประธานกรรมการฯ คุณสุชาติ หิรัญชัย เป็นกรรมการผู้จัดการ ปัจจุบันตั้งอยู่ที่ 61 หมู่ 11 ซ.วิลาชัย ถ.บางนา-ตราด กม.20 ต.บางโฉลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540 โทร. 02-3372305-9 กิจกรรมภายในโรงงานประกอบด้วยกิจกรรมการผลิต อลูมิเนียม ตะไบตกแต่งผิว แมชชีนนิ่ง ล้างชิ้นงาน และพ่นสี โดยมีพนักงานปฏิบัติงานในโรงงานประมาณ 543 คน โดยทำงานเป็นกะ แบ่งเป็นวันละ 2 รอบ กะละ 200 คน จากกิจกรรมดังกล่าวทาง

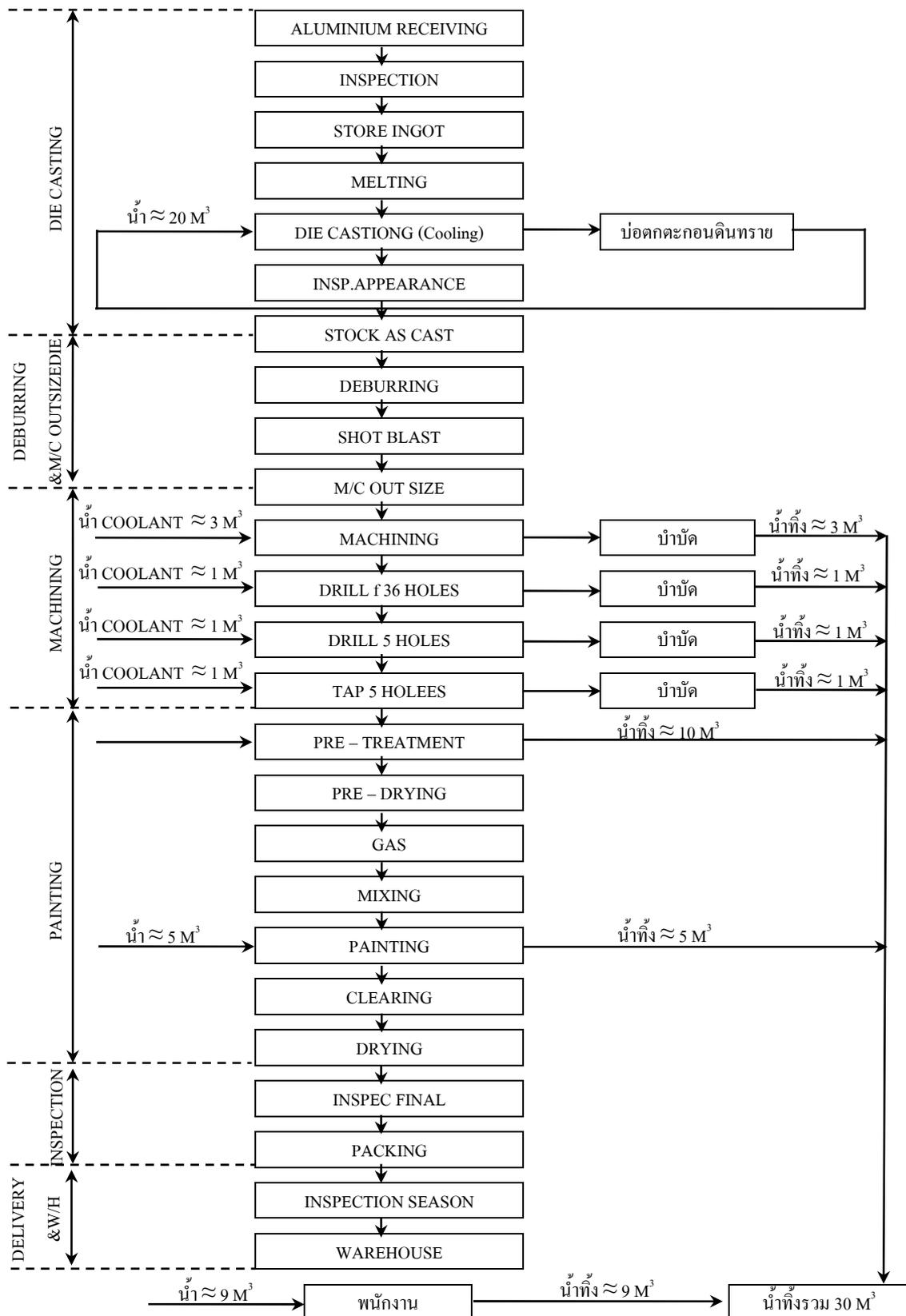
โรงงานได้รวบรวมน้ำเสียในส่วนที่เป็นน้ำเสียจากขบวนการผลิตเข้าสู่ระบบบำบัดทางเคมีที่มีประสิทธิภาพของโรงงาน และยังมีน้ำเสียส่วนหนึ่งที่เกิดจากการใช้น้ำในชีวิตประจำวันของพนักงาน ซึ่งจะเกิดน้ำเสียประมาณ 20-30 ลูกบาศก์เมตร ทางบริษัทฯ จึงเกิดความคิดในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียธรรมชาติช่วยธรรมชาติขึ้น และในปัจจุบัน ทางบริษัทยังใช้น้ำบาดาลในขบวนการผลิตน้ำใช้ จึงเกิดแนวความคิดในการใช้น้ำเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและช่วยรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อสิ่งแวดล้อมในโรงงานและชุมชนใกล้เคียง เน้นการลงทุนต่ำ แต่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูง จุดคุ้มทุนการลงทุน โครงการสั้น ทางบริษัทเองได้เห็นถึงเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สามารถประยุกต์ใช้กับภาคอุตสาหกรรมได้ โดยมีวัตถุประสงค์ของการดำเนินโครงการ คือ

1. เพื่อส่งเสริมรูปแบบเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย ในโรงงานอุตสาหกรรม (น้ำใช้จากกิจกรรมมนุษย์) โดยอาศัยหลักธรรมชาติช่วยธรรมชาติที่เหมาะสม ตามแนวพระราชดำริให้เกิดความสะดวกในการนำไปปฏิบัติ ประหยัดค่าใช้จ่ายง่ายในการนำไปประยุกต์ใช้และการบำรุงรักษาในพื้นที่ต่าง ๆ และมีผลพลอยได้จากเทคโนโลยี

2. เพื่อลดปัญหามลพิษ และสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากขบวนการผลิตในโรงงาน (น้ำใช้จากกิจกรรมมนุษย์) โดยใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพีชรองตามแนวพระราชดำริ

3. เสริมสร้างภาพพจน์และพัฒนาศักยภาพบุคลากรให้มีความรู้ และก่อให้เกิดแนวคิดในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมของบริษัทไทยชนาธรอุตสาหกรรมจำกัดให้ดีขึ้น

4. นำโครงการบำบัดน้ำเสียธรรมชาติสู่ธรรมชาติ ตามแนวพระราชดำริมาเป็นโครงการนำร่อง โดยขยายผล และประยุกต์ใช้แก่ภาคอุตสาหกรรม และยังคงตอบสนองตามแนวความคิดขององค์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ทรงตรัสว่า จงใช้น้ำอย่างประหยัดและมีคุณค่า อีกทั้งยังเป็นกรณีศึกษาของทีมงานวิศวกรของบริษัท ก่อให้เกิดความรู้ เทคโนโลยี และการพัฒนาศักยภาพด้านสิ่งแวดล้อมทำให้เป็นกลยุทธ์ และจุดแข็งในการดำเนินการของธุรกิจได้



ภาพที่ 5 แผนผังการใช้น้ำจากกระบวนการผลิตและน้ำใช้อุปโภคบริโภคในบริษัท

กระบวนการผลิต

ระบบการผลิตของโรงงาน ประกอบไปด้วยกิจกรรมการฉีดอลูมิเนียม (die casting) ตะไบ ตกแต่งผิว (debarring, shot blast) แมชชีนนิ่ง (machining) ล้างชิ้นงาน (washing) ฟันสี (painting) โดยมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตและกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสียประมาณ วันละ 30 ลูกบาศก์เมตร

สภาพปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

จากการสำรวจสภาพภายในบริษัทพบว่าปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมทางน้ำซึ่งทำให้เกิดน้ำเสียที่ต้องได้รับการบำบัด โดยน้ำเสียภายในบริษัทจะเกิดจากการรั่วไหลของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตซึ่งได้แก่ น้ำยา coolant รั่วไหลจากเครื่องจักร น้ำมันรั่วซึมจากเครื่องจักรจากการชำระค น้ำเสียจากกระบวนการล้างชิ้นงาน เป็นต้น ซึ่งเมื่อรวมกับน้ำจากการใช้อุปโภคและบริโภคได้แก่ น้ำจากอ่างล้างมือ น้ำจากการล้างเครื่องมืออุปกรณ์ น้ำจากห้องน้ำ เศษอาหาร น้ำจากโรงอาหารและน้ำมีไขมันปนเปื้อน ทำให้เกิดน้ำเสียเกิดขึ้นในบริษัท โดยเดิมทีบริษัทมีระบบบำบัดน้ำเสียแบบเคมีรวมอยู่ในกระบวนการผลิต และจะปล่อยน้ำเสียจากการบำบัดออกมารวมกับน้ำทิ้งจากการใช้อุปโภคบริโภคทำให้เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ ซึ่งบริษัทยังไม่มีระบบบำบัดแต่อย่างใดทำให้เกิดปัญหาส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในบริษัทซึ่งได้รับผลกระทบจากกลิ่นและทัศนียภาพที่ไม่ชวนมอง และน้ำเสียเมื่อปล่อยสู่แหล่งน้ำภายนอกบริษัทก็จะเกิดปัญหาต่อสังคมส่วนรวมต่อไป ตามภาพที่ 6 ถึง 11



ภาพที่ 6 บ่อรวบรวมน้ำทิ้งจากบริษัททั้งหมด



ภาพที่ 7 คลองรับน้ำที่สูบมาจากบ่อรวบรวมน้ำเสียของบริษัท



ภาพที่ 8 เส้นทางคลองรองรับน้ำภายในบริษัท



ภาพที่ 9 สภาพทางกายภาพของน้ำเสียในคลองรองรับน้ำของบริษัท



ภาพที่ 10 เส้นทางคลองน้ำเสียไหลมาด้านหลังบริษัท



ภาพที่ 11 น้ำเสียที่ปล่อยสู่ภายนอกบริษัท

จำนวนประชากร

จำนวนประชากรหรือบุคลากรของบริษัท มีผลโดยตรงต่อปริมาณการเกิดน้ำเสียของบริษัท โดยบริษัทมีจำนวนประชากรในปี 2546 เป็นจำนวน 543 คน ซึ่งได้มีอัตราการเพิ่มของจำนวนประชากร จากการขยายงานในบริษัทและได้มีการรับพนักงานเพิ่มมา โดยตลอด จนในปีพ.ศ.2550 มีจำนวนพนักงานในบริษัท มากกว่า 1,000 คนแล้ว โดยการเปลี่ยนแปลงในปี พ.ศ.2546-2550 มีการเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือ ในบางช่วงเวลามีการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น บางช่วงเวลามีการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรลดลง และได้ศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรในบริษัท ปีพ.ศ. 2546 และปีพ.ศ.2550 พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรเฉลี่ยเท่ากับ 146 คนต่อปี พร้อมกันนั้นจึงได้เปรียบเทียบความเป็นไปได้ในการคาดประมาณจำนวนประชากรที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดในอนาคต โดยใช้การคาดประมาณจำนวนประชากรแบบเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่ลดลง (linear regression) โดยใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยที่ 146 คนต่อปี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรในโครงการฯ ปี พ.ศ.2546-2550

ปีพ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)	การเปลี่ยนแปลง
2546	543	0
2547	652	109
2548	782	130
2549	938	156
2550	1,126	188

จากตารางที่ 3 พบว่า การเปลี่ยนแปลง ตั้งแต่ปีพ.ศ.2546-2550 รวมเป็น 582 คน เมื่อเฉลี่ยกับจำนวนปีที่มีการเปลี่ยนแปลง 4 ปี พบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงต่อปีคือเพิ่มขึ้นปีละ 146 คน ดังนั้นการประมาณการจำนวนประชากรของโครงการฯ จนถึงสิ้นสุดอายุโครงการคือ ตั้งแต่ พ.ศ. 2546 ถึง 2565 จึงแสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประมาณการจำนวนประชากรของโครงการ ปีพ.ศ.2546-2565

ปีที่	ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)
1	2546	543
2	2547	652
3	2548	782
4	2549	938
5	2550	1,126
6	2551	1,272
7	2552	1,418
8	2553	1,564
9	2554	1,710
10	2555	1,856
11	2556	2,002
12	2557	2,148
13	2558	2,294
14	2559	2,440
15	2560	2,586
16	2561	2,732
17	2562	2,878
18	2563	3,024
19	2564	3,170
20	2565	3,316

ปริมาณน้ำเสีย

น้ำเสียที่เข้าสู่โครงการฯ มาจาก 2 แหล่ง คือ

1. กระบวนการผลิต จากกระบวนการผลิตของบริษัทไทยชนารอุตสาหกรรมจำกัด โดยปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากขั้นตอนกระบวนการผลิตของโรงงานมาจาก ได้แก่ กิจกรรมฉีดลูมิเนียม (die casting) ตะไบตกแต่งผิว (debarring, shot blast) แมชชีนนิ่ง (machining) ล้างชิ้นงาน (washing) และพ่นสี (painting) โดยน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมดจะผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดทางเคมีของโรงงานก่อนจะปล่อยทิ้งเข้าสู่ระบบบำบัดของโครงการฯ โดยเฉลี่ยประมาณ 21 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2. ปริมาณน้ำใช้ในการอุปโภคบริโภคของพนักงาน คนงาน จากการใช้น้ำในกิจกรรมประจำวันของพนักงาน น้ำทิ้งจากโรงอาหาร การซักล้าง โดยการตรวจวัดเมื่อปีพ.ศ.2546 จากจำนวนบุคลากร 543 คน ทำให้เกิดปริมาณน้ำเสียเฉลี่ย 9 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อคำนวณเฉลี่ยออกมาคิดเป็น 16.57 ลิตร/คน/วัน

เมื่อคำนวณปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ จะเปลี่ยนแปลงตามจำนวนพนักงานที่เพิ่มขึ้นในทุกปี เพราะปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจะมีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะอยู่ในปริมาณที่คงที่ ดังนั้นปริมาณน้ำเสียตลอดอายุโครงการ จึงแสดงได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำเสียของโครงการฯ ปีพ.ศ.2546-2565

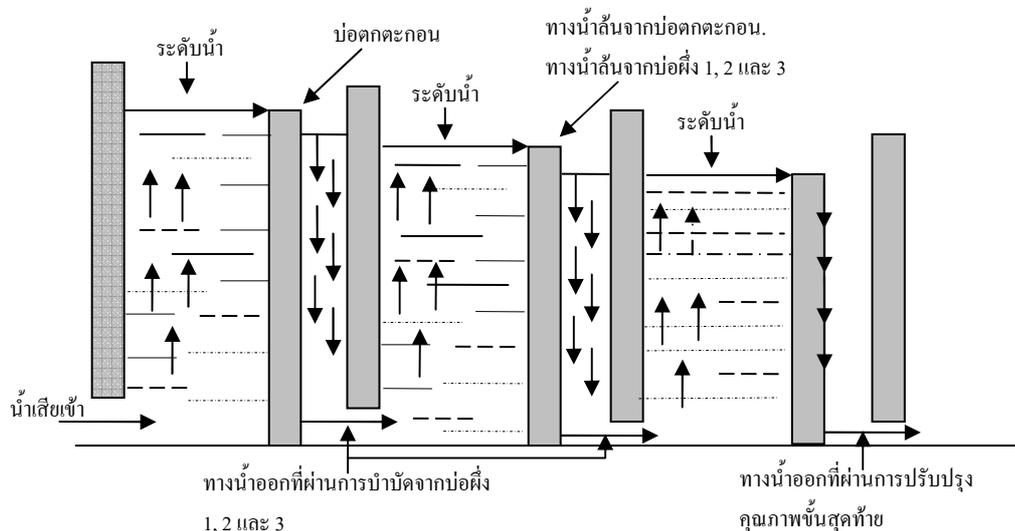
ปีที่	ปีพ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)	ปริมาณน้ำเสียจาก พนักงาน (ลบ.ม./วัน)	ปริมาณน้ำเสียรวม (ลบ.ม./วัน)
1	2546	543	9.00	30.00
2	2547	652	10.80	31.80
3	2548	782	12.96	33.96
4	2549	938	15.54	36.54
5	2550	1,126	18.66	39.66
6	2551	1,272	21.08	42.08
7	2552	1,418	23.50	44.50
8	2553	1,564	25.92	46.92
9	2554	1,710	28.33	49.33
10	2555	1,856	30.75	51.75
11	2556	2,002	33.17	54.17
12	2557	2,148	35.59	56.59
13	2558	2,294	38.01	59.01
14	2559	2,440	40.43	61.43
15	2560	2,586	42.85	63.85
16	2561	2,732	45.27	66.27
17	2562	2,878	47.69	68.69
18	2563	3,024	50.11	71.11
19	2564	3,170	52.53	73.53
20	2565	3,316	54.95	75.95

การออกแบบระบบ

ระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ (บำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในโรงงาน) ได้ออกแบบเป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ ได้แก่ ระบบบำบัดเสียด้วยบ่อบำบัด และการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม มีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

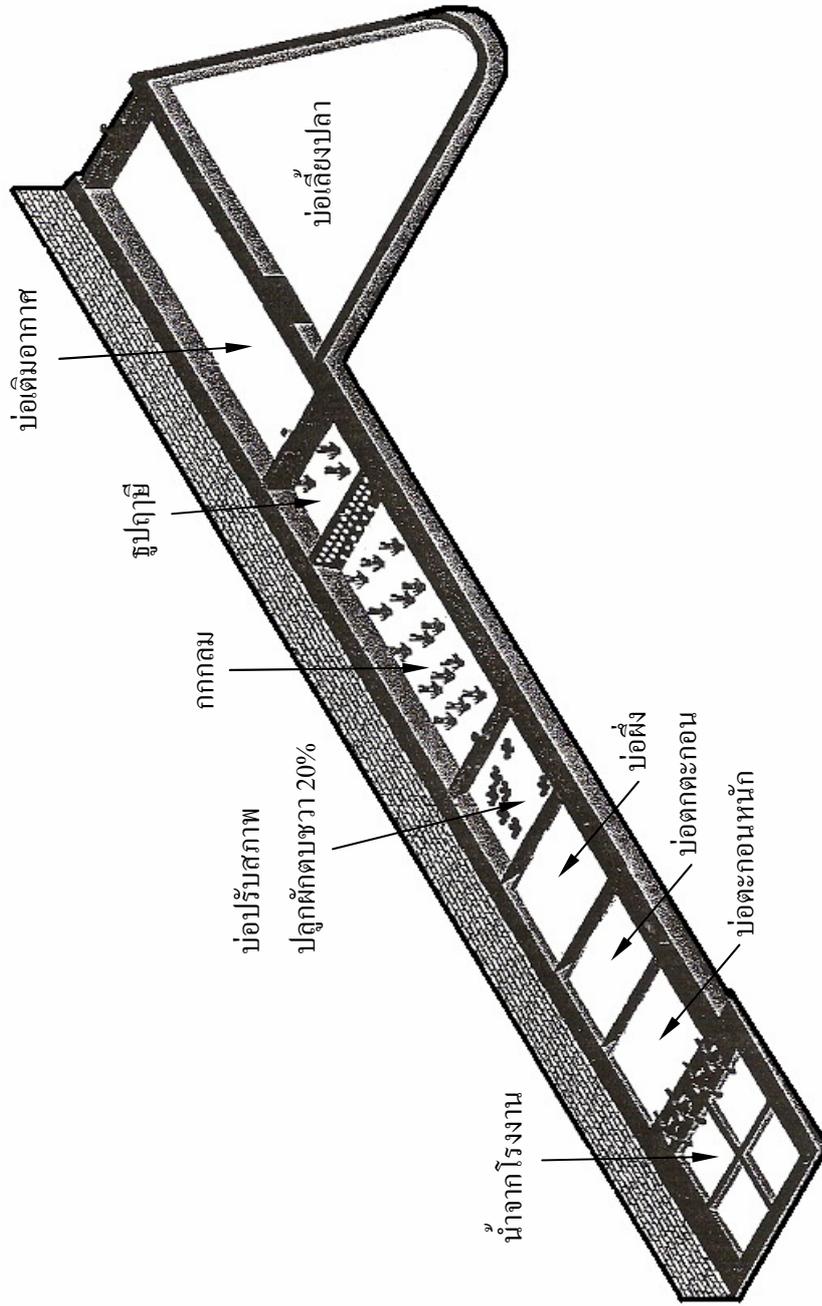
การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการได้ประมาณการน้ำเสียเข้าสู่ระบบ วันละประมาณ 20-30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และออกแบบเป็นระบบบ่อบำบัดน้ำเสียทั้งหมด 4 บ่อ คือ บ่อตะกอนหนัก บ่อตกตะกอน บ่อผึ่ง และบ่อปรับสภาพ และต่อด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่มีพืช 2 ชนิด คือ กกกลม และธูปฤาษี

1. ระบบบ่อบำบัด แบ่งออกเป็น 4 บ่อ โดยบ่อแรกเป็นบ่อตะกอนหนักที่รับน้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำและสูบน้ำเข้าสู่ระบบบำบัด และตามด้วยบ่อตกตะกอน บ่อผึ่งและบ่อปรับสภาพ ตามลำดับ การไหลผ่านของน้ำแต่ละบ่อจะใช้ระบบการไหลสลับจากด้านบนลงสู่ด้านล่างของอีกบ่อหนึ่ง เพื่อให้ในน้ำภายในบ่อได้มีการหมุนเวียนและสัมผัสอากาศได้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการฟอกตัวของน้ำด้วยจุลินทรีย์ ตามธรรมชาติ



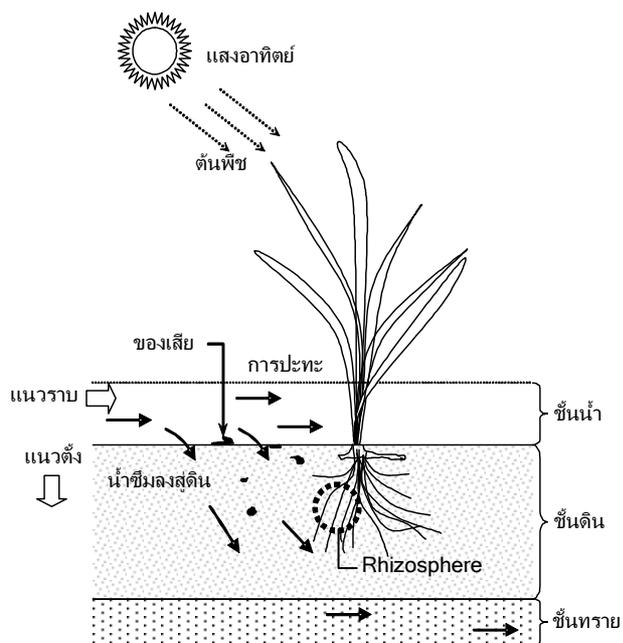
ภาพที่ 12 ลักษณะบ่อบำบัดน้ำเสียและลักษณะการไหลของน้ำเสียในระบบรวบรวม และระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

ที่มา: เกษม จันทรแก้ว และ เสกสรร เทพพิทักษ์ (2543)

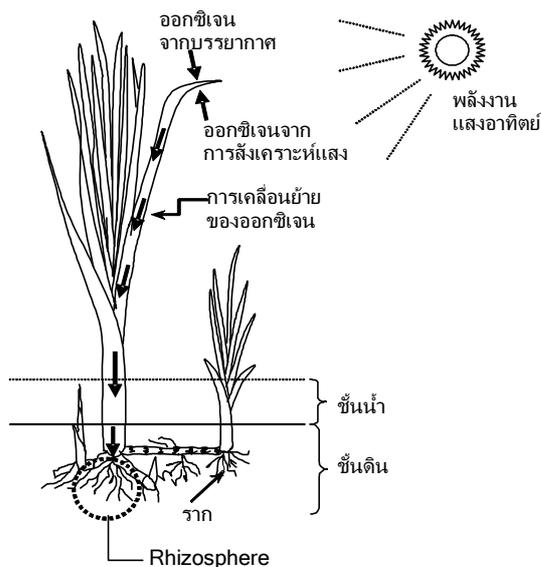


ภาพที่ 13 ภาพสามมิติของระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทไทยชนารอุตสาหกรรมจำกัด

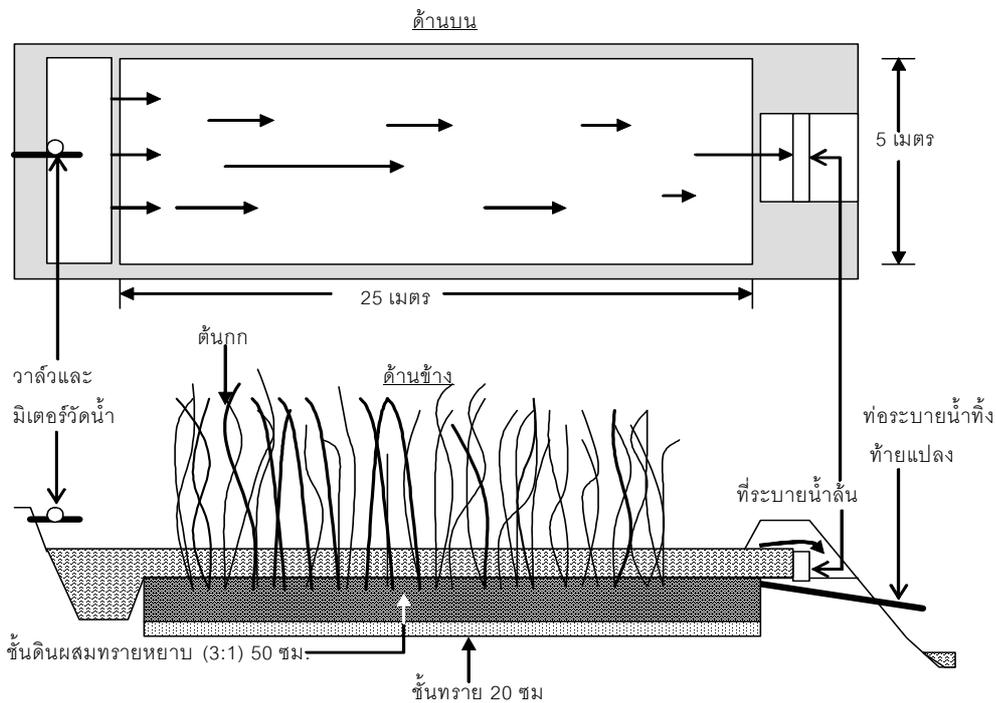
2. ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม เป็นระบบเพื่อปรับสภาพน้ำด้วยพืชตามธรรมชาติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้พืชได้ใช้สารอนินทรีย์ ที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียที่อยู่ในรูปของสารอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ก่อนปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ



ภาพที่ 14 ลักษณะการกรองของเสียแนวตั้งและการเคลื่อนที่ของน้ำแนวราบ



ภาพที่ 15 การลำเลียงและการเคลื่อนย้ายออกซิเจนของพืชน้ำ



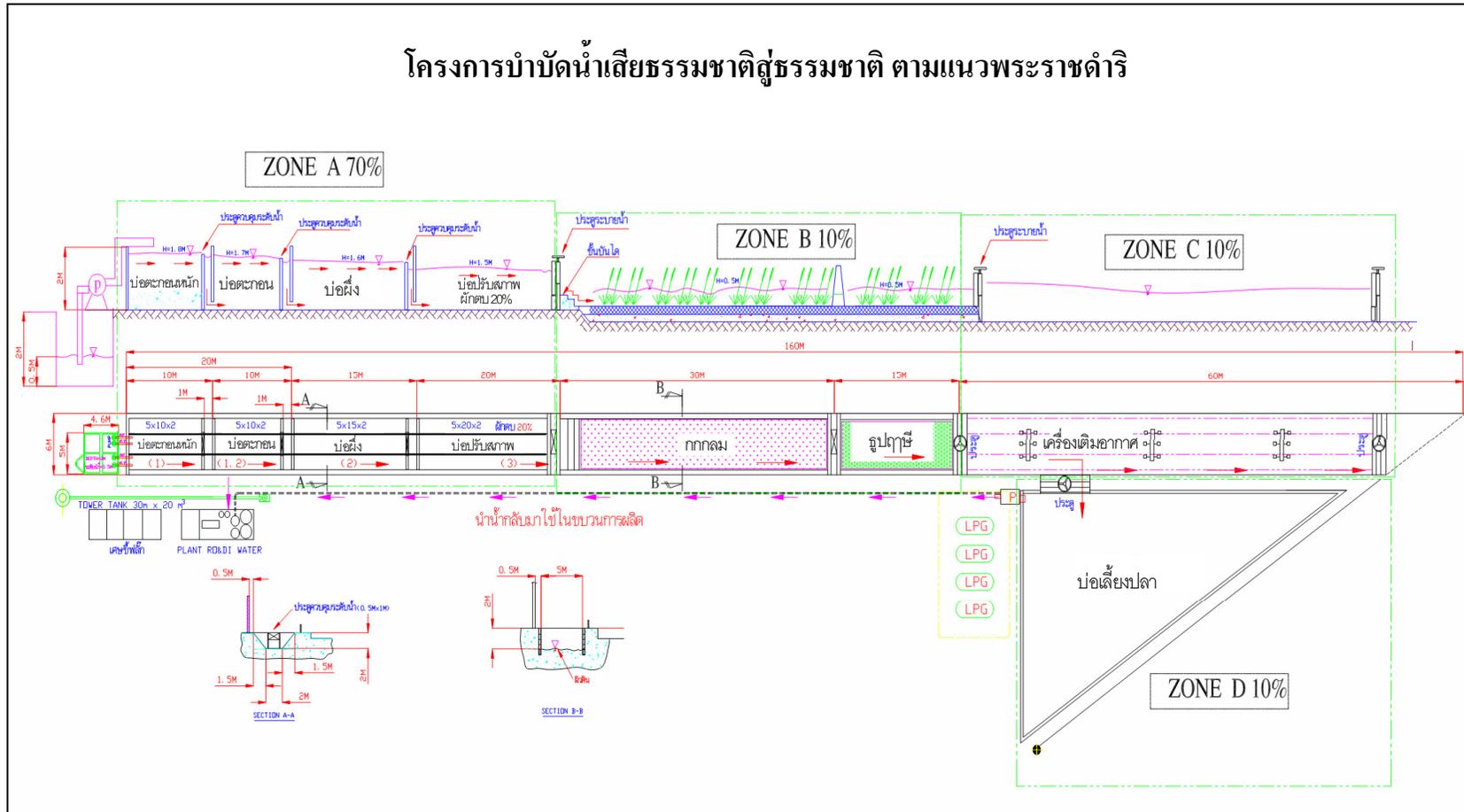
ภาพที่ 16 ลักษณะของแปลงพืชและการเตรียมดินที่ใช้ในการปลูกพืช

ตารางที่ 6 รายละเอียดลักษณะระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

ลำดับ	รายการ	บ่อก่อนหน้า	บ่อก่อน	บ่อฝั่ง	บ่อปรับสภาพ	แปลงกกกลม	แปลงรูปฤๅษี	บ่อเติมอากาศ	บ่อน้ำดี
1	ความสูงระดับน้ำ (เมตร)	1.80	1.70	1.60	1.50	0.50	0.50	0.50	3.00
2	พื้นที่หน้าตัดน้ำ (ตารางเมตร)	6.03	5.56	5.12	4.68	2.50	2.50	2.50	12.50
3	ความยาวบ่อ (เมตร)	9.00	10.00	15.00	20.00	30.00	15.00	60.00	20.00
4	ความจุบ่อ (ลูกบาศก์เมตร)	54.27	55.67	76.80	93.75	75.00	37.50	150.00	250.00
5	ระยะเก็บกัก (วัน)	2.71	2.78	3.84	4.68	3.75	1.86	7.50	12.50

ที่มา: มูลนิธิชัยพัฒนา (2547)

โครงการบำบัดน้ำเสียธรรมชาติสู่ธรรมชาติ ตามแนวพระราชดำริ



ภาพที่ 17 ภาพโครงสร้างการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การจะประเมินค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย จะต้องทราบข้อมูล ด้านต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียก่อน พร้อมทั้งปรับค่าเวลาของค่าใช้จ่ายและ ผลประโยชน์ของโครงการให้เป็นค่าปัจจุบันเพื่อให้สามารถทำการเปรียบเทียบกันได้และสามารถ ประเมินค่าของโครงการได้ว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่

ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

1. ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสียที่ศึกษามี 2 ระบบ คือ ระบบบ่อบำบัด น้ำเสีย (lagoon treatment) และระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland)

2. ระยะเวลาในการศึกษาโครงการจะครอบคลุมระยะเวลา 20 ปี คือระหว่างปีพ.ศ.2546-2565 โดยมีระยะเวลาต่าง ๆ ในการดำเนินการดังนี้

2.1 บริษัทได้ดำเนินการก่อสร้างระบบตามแบบ โดยงานก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่ง ประกอบด้วย บ่อตะกอนหนัก บ่อตกตะกอน บ่อฝิ่ง บ่อปรับสภาพ แปลงกกกลม และแปลงรูปฤาษี ในช่วงเดือนธันวาคม 2545 ถึง มีนาคม 2546



ภาพที่ 18 การก่อสร้างบ่อน้ำเสีย



ภาพที่ 19 บ่อน้ำเสีย



ภาพที่ 20 การทดสอบการรั่วซึมของบ่อน้ำบาดน้ำเสีย



ภาพที่ 21 บ่อพักน้ำท้ายแปลง



ภาพที่ 22 บ่อพักน้ำดี

2.2 ได้ดำเนินการปลูกพืช งานปลูกพืชบำบัดน้ำเสีย จำนวน 2 ชนิด ได้แก่กกกลม จำนวน 2,000 ต้น และรูปฤๅษี จำนวน 4,000 ต้น



ภาพที่ 23 การปลูกพืชในแปลงพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

2.3 งานติดตั้งระบบเครื่องสูบน้ำเข้าระบบ

2.4 เริ่มเดินระบบในช่วงเดือนเมษายน 2546 มีกิจกรรมที่ดำเนินการดังนี้ งานตกแต่งภูมิทัศน์บริเวณรอบ ๆ ระบบบำบัด งานจัดหาพันธุ์ปลาสำหรับเลี้ยงในบ่อปรับสภาพและบ่อพักน้ำดี พร้อมดูแลงานบำรุงรักษาระบบ ได้แก่ งานรดน้ำต้นไม้ งานลอกตะกอน งานตัดต้นพืชในแปลงพืช ฯลฯ งานติดตามตรวจสอบ โดยมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำขณะเดินระบบเพื่อวัดประสิทธิภาพและหาข้อบกพร่อง เพื่อดำเนินการให้โครงการบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดไป



ภาพที่ 24 การเปรียบเทียบบ่อตกตะกอนหน้าของระบบบำบัดน้ำเสียก่อนและหลังมีโครงการ



ภาพที่ 25 การเปรียบเทียบบ่อตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียก่อนและหลังมีโครงการ



ภาพที่ 26 การเปรียบเทียบแปลงพืชของระบบบำบัดน้ำเสียก่อนและหลังมีโครงการ



ภาพที่ 27 พื้นที่บ่อพักน้ำดีหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก่อนและหลังมีโครงการ โดยมีการจัดตกแต่งให้มีทัศนียภาพสวยงาม

3. อัตราคิดลดที่จะนำมาวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายคิดที่อัตราร้อยละ 12 ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยที่ธนาคารโลกได้ศึกษาและกำหนดไว้สำหรับประเทศกำลังพัฒนา

ต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสีย

1. ค่าลงทุน (investment costs) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการลงทุนเพื่ออำนวยความสะดวกหรือเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการผลิตและการให้บริการ ประกอบด้วย

1.1 ค่าที่ดิน ซึ่งรวมถึงค่าซื้อที่ดินและพัฒนาที่ดิน ได้แก่ ค่าถมดิน ทำถนนทางเท้า ค่าติดตั้งเสาไฟฟ้าและค่าวางท่อประปา

1.2 ค่าก่อสร้าง รวมทั้งค่าเดินสายและติดตั้งไฟฟ้า น้ำประปา เฟอร์นิเจอร์ และเครื่องใช้สำนักงานต่าง ๆ

1.3 ค่าอุปกรณ์ และ เครื่องมือ เครื่องจักรต่าง ๆ

2. ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (operation and maintenance costs) เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อให้โครงการสามารถดำเนินงานได้ตามปกติ ได้แก่ ค่าไฟฟ้า และค่าบำรุงรักษาให้สิ่งก่อสร้างเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ตลอดเวลาโครงการ

รายละเอียดค่าใช้จ่ายของระบบบำบัดน้ำเสีย

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยการเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการนั้น ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัดน้ำเสีย และระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม จัดเป็นต้นทุนในการบำบัดน้ำเสีย รวมถึงการตกแต่งพื้นที่ด้วย ดังนั้นค่าใช้จ่ายของการบำบัดน้ำเสียจึงประกอบไปด้วย

1. ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย (lagoon treatment) ค่าก่อสร้างบำบัดน้ำเสีย จำนวน 4 บ่อ ได้แก่ บ่อตะกอนหนัก บ่อตะกอน บ่อผึ่ง และบ่อปรับสภาพ งานการก่อสร้างประกอบไปด้วย เริ่มตั้งแต่งานการไถปรับพื้นที่ การวางโครงเหล็กเพื่อเทคอนกรีตพื้นบ่อบำบัด การติดตั้งไม้ค้ำยันสำหรับเทพูนผนังบ่อบำบัด การก่อและฉาบผนังบ่อด้านในและด้านนอก และการเทพูนลาดผนังด้านข้าง 2 ด้าน โดยบริษัทรับเหมาก่อสร้าง เป็นการเหมาจ่าย รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 800,000.00 บาท

2. ค่าก่อสร้างระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland) ค่าก่อสร้างแปลงพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมจำนวน 2 บ่อ เพื่อปลูกพืชได้แก่ กกกลม และธูปฤๅษี การก่อสร้างประกอบไปด้วย การลอกตะกอนและกั้นแปลงพืชเพื่อก่อสร้างแปลงพืช งานการปรับพื้นที่ เตรียมดินสำหรับปลูกพืช และงานปลูกพืชในแปลงซึ่งได้แก่ กกกลม และธูปฤๅษี และเมื่อรวมกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ่อเดิม อากาศและบ่อน้ำดี ตลอดจนรวมถึงงานปรับทัศนียภาพพื้นที่โดยรวมของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยบริษัทรับเหมาก่อสร้าง เป็นการเหมาจ่าย รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 200,000.00 บาท

3. ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการประกอบด้วย ค่าจ้างบุคลากรดูแลบ่อบำบัดและพืชในแปลงพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ซึ่งรวมถึงค่าตัดพืชกกกลม ทุก ๆ 45 วัน และธูปฤๅษี ทุก ๆ 90 วัน ค่าพันธุ์พืชที่มีการปลูกใหม่ทุก ๆ หนึ่งปี ค่าไฟฟ้า ค่าตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย และค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการดำเนินงานที่ผ่านมาในปี พ.ศ.2546-2550 พบว่าค่าดำเนินการ จะเพิ่มขึ้นในทุกปี คือ ปี พ.ศ.2547 มีค่าดำเนินการ 160,385.91 บาท ปี พ.ศ. 2548 มีค่าดำเนินการ 164,481.55 บาท ปี พ.ศ. 2549 มีค่าดำเนินการ 168,390.18 บาท และในปี พ.ศ. 2550 มีค่าดำเนินการ 183,962.49 บาท ซึ่งเพิ่มขึ้นมากที่สุด เพราะนอกจากค่าไฟฟ้าที่ปรับเพิ่มตามปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น และค่าจ้างพนักงานดูแลระบบที่มีการปรับขึ้นเงินเดือน ในอัตราร้อยละ 3 ต่อปี แล้วยังมีค่าเครื่องสูบน้ำและเครื่องปั้มน้ำเดิมอากาศ ที่ต้องซื้อใหม่ทุก ๆ 5 ปี ด้วย ซึ่งเมื่อนำค่าดำเนินการและบำรุงรักษาในปีที่ผ่านมา (ปี พ.ศ. 2547-2550) เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปี พบว่าค่าเฉลี่ยในการดำเนินการและบำรุงรักษา เท่ากับ 13.03 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นค่าดำเนินการและบำรุงรักษาในปี พ.ศ. 2551-2565 จึงคิดได้จาก

$$\text{ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)} = \text{ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)} \times \text{ค่าเฉลี่ยในการดำเนินการและบำรุงรักษา (13.03 บาท/ลบ.ม.)}$$

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติของบริษัทไทยชนาธรอุตสาหกรรมจำกัด ซึ่งประกอบด้วยค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการและบำรุงรักษาแสดงดังตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดและค่าดำเนินการและดูแลรักษา ตั้งแต่ปี พ.ศ.2546-2550

(หน่วย : บาท)

รายการ	2546	2547	2548	2549	2550	รวม
ค่าก่อสร้าง						
1. งานก่อสร้างระบบบ่อบำบัดน้ำเสียจำนวน 4 บ่อ	800,000.00	-	-	-	-	-
2. งานก่อสร้างแปลงพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม บ่อเติมอากาศ และบ่อน้ำดีพร้อมงานปรับปรุงทัศนียภาพโดยรวมของพื้นที่	200,000.00	-	-	-	-	-
ค่าดำเนินการและดูแลรักษา						
1. ค่าจ้างพนักงาน	-	84,000.00	86,520.00	89,115.60	91,789.07	351,424.67
2. ค่าพันธุ์พืช	-	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	24,000.00
3. ค่าไฟฟ้า	-	19,385.91	20,961.55	22,274.58	24,173.42	86,795.46
4. ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์	-	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	4,000.00
5. ค่าเครื่องปั้นน้ำเติมอากาศและเครื่องสูบน้ำ	-	-	-	-	11,000.00	11,000.00
6. ค่าตรวจวัดคุณภาพน้ำ	-	50,000.00	50,000.00	50,000.00	50,000.00	200,000.00
รวม	1,000,000.00	160,385.91	164,481.55	168,390.18	183,962.49	677,220.13

ตารางที่ 8 ค่าใช้จ่ายรวมของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติของบริษัทไทยชนารอุตสาหกรรม
จำกัด ตั้งแต่ปี 2546-2565

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าก่อสร้าง	ค่าดำเนินการและ บำรุงรักษา	รวม
1	2546	1,000,000	-	1,000,000.00
2	2547	-	160,385.91	160,385.91
3	2548	-	164,481.55	164,481.55
4	2549	-	168,390.18	168,390.18
5	2550	-	183,962.49	183,962.49
6	2551	-	200,130.38	200,130.38
7	2552	-	211,639.78	211,639.78
8	2553	-	223,149.17	223,149.17
9	2554	-	234,611.01	234,611.01
10	2555	-	246,120.41	246,120.41
11	2556	-	257,629.81	257,629.81
12	2557	-	269,139.21	269,139.21
13	2558	-	280,648.61	280,648.61
14	2559	-	292,158.01	292,158.01
15	2560	-	303,667.41	303,667.41
16	2561	-	315,176.81	315,176.81
17	2562	-	326,686.21	326,686.21
18	2563	-	338,195.60	338,195.60
19	2564	-	349,705.00	349,705.00
20	2565	-	361,214.40	361,214.40

ผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

1. ผลประโยชน์จากค่าประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียนั้นมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการเลือกใช้กับค่าความสกปรกของน้ำเสียที่ต้องการบำบัด รวมไปถึงคุณภาพน้ำหลังจากบำบัดว่าต้องการคุณภาพน้ำในลักษณะใด ถ้าหากจะนำไปอุปโภค บริโภค ก็จำเป็นที่จะต้องใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีเทคโนโลยีในการบำบัดในระบบสูงที่สุด เพื่อความปลอดภัยในการนำไปอุปโภคบริโภค แต่หากต้องการเพียงค่าบำบัดให้สามารถปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้อย่างไม่เกิดผลกระทบ ก็เลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพเพียงพอแก่ ให้คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก็เพียงพอแล้ว โดยในโครงการบำบัดน้ำเสียของบริษัทไทยชนาธร อุตสาหกรรม จำกัด ถึงแม้ว่าน้ำเสียโดยส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียที่ผ่านการระบบบำบัดทางเคมีมาแล้วเบื้องต้น เมื่อมารวมกับน้ำเสียที่มาจากการใช้ของพนักงานในบริษัท การที่เลือกใช้ ระบบบำบัดแบบธรรมชาติ ซึ่งก็เพียงพอ เมื่อควบคุมให้คุณภาพน้ำเสียที่ออกมาจากระบบอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดได้ ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาตินี้มีต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียที่ถูกกว่า ระบบบำบัดน้ำเสีย อื่น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับนิคมอุตสาหกรรมในอุตสาหกรรมใกล้เคียงกันนั้น โดยอาศัยข้อมูลเปรียบเทียบกับนิคมอุตสาหกรรมในภาคกลาง ซึ่งค่าบำบัดน้ำเสียตามที่การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) กำหนดจะอยู่ระหว่าง 8-15 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นต้นทุนค่าบำบัดน้ำเสียเฉลี่ย อยู่ที่ 11.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร โดยที่ไม่รวมค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด จนรวมไปถึงค่าดำเนินงานและดูแลรักษาที่เกิดขึ้น จึงถือได้ว่า การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ ที่มีต้นทุนการก่อสร้างที่ถูกกว่า คิดเป็นผลประโยชน์ได้ ซึ่งผลประโยชน์จากค่าประหยัดค่าบำบัดน้ำเสียสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าการประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย (บาท/ปี)} &= \text{ปริมาณน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด (ลบ.ม.)} \times \\ &\quad \text{ต้นทุนค่าบำบัดน้ำเสีย (11.50 บ./ลบ.ม.)} \\ &\quad \times 365 \text{ วัน} \end{aligned}$$

รายละเอียดของการคำนวณผลประโยชน์จากค่าประหยัดการบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนอายุโครงการ แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลประโยชน์จากค่าการประหยัคค่าบำบัดน้ำเสีย

ปีที่	ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	ค่าการประหยัคค่าบำบัดน้ำเสีย (บาท/ปี) (ปริมาณน้ำเสียx11.50 × 365)
1	2546	30.00	-
2	2547	31.80	133,480.50
3	2548	34.39	144,352.03
4	2549	36.54	153,376.65
5	2550	39.66	166,472.85
6	2551	42.08	176,630.80
7	2552	44.50	186,788.75
8	2553	46.92	196,946.70
9	2554	49.33	207,062.68
10	2555	51.75	217,220.63
11	2556	54.17	227,378.58
12	2557	56.59	237,536.53
13	2558	59.01	247,694.48
14	2559	61.43	257,852.43
15	2560	63.85	268,010.38
16	2561	66.27	278,168.33
17	2562	68.69	288,326.28
18	2563	71.11	298,484.23
19	2564	73.53	308,642.18
20	2565	75.95	318,800.13

ตารางที่ 10 ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด

ปีที่	ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)	ลดกลิ่นเหม็น (บาท) (จำนวนประชากร × 75)
1	2546	543	-
2	2547	652	48,900.00
3	2548	808	60,600.00
4	2549	938	70,350.00
5	2550	1,126	84,450.00
6	2551	1,272	95,400.00
7	2552	1,418	106,350.00
8	2553	1,564	117,300.00
9	2554	1,710	128,250.00
10	2555	1,856	139,200.00
11	2556	2,002	150,150.00
12	2557	2,148	161,100.00
13	2558	2,294	172,050.00
14	2559	2,440	183,000.00
15	2560	2,586	193,950.00
16	2561	2,732	204,900.00
17	2562	2,878	215,850.00
18	2563	3,024	226,800.00
19	2564	3,170	237,750.00
20	2565	3,316	248,700.00

ตารางที่ 11 ผลประโยชน์ในส่วนของการประหยัดจากค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ

ปีที่	ปี พ.ศ.	ผลประโยชน์ในส่วนของการประหยัดจากค่าปรับ (บาท)
1	2546	-
2	2547	200,000.00
3	2548	200,000.00
4	2549	200,000.00
5	2550	200,000.00
6	2551	200,000.00
7	2552	200,000.00
8	2553	200,000.00
9	2554	200,000.00
10	2555	200,000.00
11	2556	200,000.00
12	2557	200,000.00
13	2558	200,000.00
14	2559	200,000.00
15	2560	200,000.00
16	2561	200,000.00
17	2562	200,000.00
18	2563	200,000.00
19	2564	200,000.00
20	2565	200,000.00

2. ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด จะคำนวณจากราคาเงาซึ่งมีค่าเท่ากับค่าปรับเหตุเดือดร้อนรำคาญจากกลิ่นตาม พรบ.การสาธารณสุข พ.ศ. 2486 และพรบ.รักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเรือน พ.ศ.2503 ซึ่งกำหนดบทลงโทษผู้ฝ่าฝืนไว้เป็นเงินค่าปรับ 50-100 บาท ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ค่าปรับโดยเฉลี่ย คือ 75 บาท เป็นราคาเงาในการลดกลิ่นเหม็น ดังตารางที่ 10

$$\text{มูลค่าของการลดลงของกลิ่นเหม็น (บาท/ปี)} = \text{จำนวนประชากรที่ได้รับประโยชน์ (คน)} \\ \times \text{ค่าปรับ (75บาท/คน/ปี)}$$

3. ผลประโยชน์ในส่วนของการประหยัดจากค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ ในกรณีที่ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำภายหลังจากการบำบัดสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด โดยกำหนดให้ผลประโยชน์ในส่วนนี้มีมูลค่า 200,000.00 บาทต่อปี เนื่องจากในกฎหมายกำหนดค่าปรับไม่เกิน 200,000 บาท ต่อครั้ง โดยมีการสุ่มตรวจจากกรมโรงงานปีละ 1 ครั้ง (ที่มาพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 มาตรา 8 (5) และมาตรา 4 (5)) ดังตารางที่ 11

จากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียได้ดังนี้ ต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วย ค่าก่อสร้างระบบรวมน้ำเสียและระบายน้ำเสีย ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบรวมน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับผลประโยชน์ของการบำบัดน้ำเสียประกอบด้วย ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด เมื่อทราบซึ่งต้นทุนและผลประโยชน์ของการบำบัดน้ำเสียก็สามารถวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียได้

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ข้อสมมุติทางด้านค่าใช้จ่าย

1. ค่าที่ดิน เนื่องจากที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเป็นที่ดินของ บริษัท ไทยชนาธร อุตสาหกรรม จำกัด ซึ่งเดิมเป็นพื้นที่ในการรองรับ น้ำเสียจากกระบวนการผลิต และน้ำใช้ประจำวันของพนักงานบริษัท อยู่แล้ว ค่าเสียโอกาสของที่ดินบริเวณดังกล่าวจึงเท่ากับ 0

2. ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ นอกจากราคาที่ดินจะทำการแปลงค่าใช้จ่ายของโครงการจากราคาตลาดให้เป็นราคาทางเศรษฐกิจ ทั้งนี้เนื่องจากราคาตลาดไม่ได้สะท้อนถึงราคาที่แท้จริงของการใช้ทรัพยากรเพื่อการผลิต เช่น ตลาดมีการแข่งขันไม่สมบูรณ์ ราคาตลาดสูงกว่ามูลค่าที่แท้จริงของการใช้ทรัพยากร ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงค่าโดยอาศัยตัวแปลงค่า (conversion factor) ซึ่งมาจากเอกสารธนาคารโลก โดยมีตัวแปลงค่าในกลุ่มต่าง ๆ คือ

หมวดค่าก่อสร้าง เท่ากับ 0.88

หมวดค่าดำเนินการและบำรุงรักษา เท่ากับ 0.92

3. ภาษีมูลค่าเพิ่มไม่ถูกนำมาพิจารณาค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ เพราะภาษีไม่ได้เป็นค่าใช้จ่ายที่แท้จริงของการลงทุน แต่เป็นเงินจ่ายโอนทางธุรกิจหรือโครงการไปสู่รัฐบาล ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากร

4. อัตราคิดลดที่จะใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนคิดที่อัตราร้อยละ 12 ต่อปี ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยที่ธนาคารโลกได้ศึกษาและกำหนดไว้สำหรับประเทศกำลังพัฒนา

ข้อสมมติทางด้านผลประโยชน์

1. ประโยชน์ของโครงการเกิดขึ้นตั้งแต่ปี 2547 เป็นต้นไป ทั้งนี้เนื่องจากเริ่มก่อสร้างระบบตั้งแต่ปี 2546 และดำเนินการบำบัดน้ำเสียตั้งแต่เดือนเมษายน 2546 เป็นต้นไป

2. ภาวะเงินเฟ้อ (inflation) ในการพิจารณาผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จะไม่คิดภาวะเงินเฟ้อ เนื่องจากภาวะเงินเฟ้อจะมีผลกระทบต่อราคาที่ใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนเหมือนกันและเท่าเทียมกัน เมื่อเป็นเช่นนี้ภาวะเงินเฟ้อจะไม่มีผลต่อการเปรียบเทียบมูลค่าสัมพัทธ์ (relative value) แต่ประการใด

3. อัตราคิดลดที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลประโยชน์คิดที่ร้อยละ 12 ต่อปี ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยที่ธนาคารโลกได้ศึกษาและกำหนดไว้สำหรับประเทศกำลังพัฒนา

ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจของระบบบำบัดน้ำเสีย

1. ค่าใช้จ่าย จากรายละเอียดของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินการของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในโรงงานไทยชนาทรอุตสาหกรรมจำกัด ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 6 และ ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของระบบบำบัดน้ำเสียที่แสดงไว้ใน ตารางที่ 7 เมื่อนำมาแปลงจากราคาทางการเงินเป็นราคาทางเศรษฐกิจโดยอาศัยตัวแปลงค่าดังที่ได้กล่าวมาแล้วจะได้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเป็น ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐกิจ ดังตารางที่ 12

2. ผลประโยชน์ จากการศึกษาผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียในด้านต่าง ๆ ตาม ตารางที่ 9 10 และ 11 ได้นำมาแสดงเป็นผลประโยชน์รวมทั้งหมดของระบบบำบัดน้ำเสีย ดังแสดง ในตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ราคาทางการเงิน			ราคาทางเศรษฐศาสตร์		
		ค่าก่อสร้าง	ค่าดำเนินการ และบำรุง รักษา	รวม	ค่าก่อสร้าง	ค่าดำเนินการ และบำรุง รักษา	รวม
1	2546	1,000,000.00	-	1,000,000.00	880,000.00	-	880,000.00
2	2547	-	160,385.91	160,385.91	-	147,555.04	147,555.04
3	2548	-	164,481.55	164,481.55	-	151,323.03	151,323.03
4	2549	-	168,390.18	168,390.18	-	154,918.97	154,918.97
5	2550	-	183,962.49	183,962.49	-	169,245.49	169,245.49
6	2551	-	200,130.38	200,130.38	-	184,119.95	184,119.95
7	2552	-	211,639.78	211,639.78	-	194,708.59	194,708.59
8	2553	-	223,149.17	223,149.17	-	205,297.24	205,297.24
9	2554	-	234,611.01	234,611.01	-	215,842.13	215,842.13
10	2555	-	246,120.41	246,120.41	-	226,430.78	226,430.78
11	2556	-	257,629.81	257,629.81	-	237,019.43	237,019.43
12	2557	-	269,139.21	269,139.21	-	247,608.07	247,608.07
13	2558	-	280,648.61	280,648.61	-	258,196.72	258,196.72
14	2559	-	292,158.01	292,158.01	-	268,758.37	268,758.37
15	2560	-	303,667.41	303,667.41	-	279,374.02	279,374.02
16	2561	-	315,176.81	315,176.81	-	289,962.66	289,962.66
17	2562	-	326,686.21	326,686.21	-	300,551.31	300,551.31
18	2563	-	338,195.60	338,195.60	-	311,139.96	311,139.96
19	2564	-	349,705.00	349,705.00	-	321,728.60	321,728.60
20	2565	-	361,214.40	361,214.40	-	332,317.25	332,317.25

ตารางที่ 13 ผลประโยชน์รวมทั้งหมดของระบบบำบัดน้ำเสีย

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	การประหยัดค่า บำบัดน้ำเสีย	การลดกลิ่นเหม็น	ประหยัดจาก ค่าปรับ	รวม
1	2546	-	-	-	-
2	2547	133,480.50	48,900.00	200,000.00	382,380.50
3	2548	144,352.03	60,600.00	200,000.00	404,952.03
4	2549	153,376.65	70,350.00	200,000.00	423,726.65
5	2550	166,472.85	84,450.00	200,000.00	450,922.85
6	2551	176,630.80	95,400.00	200,000.00	472,030.80
7	2552	186,788.75	106,350.00	200,000.00	493,138.75
8	2553	196,946.70	117,300.00	200,000.00	514,246.70
9	2554	207,062.68	128,250.00	200,000.00	535,312.68
10	2555	217,220.63	139,200.00	200,000.00	556,420.63
11	2556	227,378.58	150,150.00	200,000.00	577,528.58
12	2557	237,536.53	161,100.00	200,000.00	598,636.53
13	2558	247,694.48	172,050.00	200,000.00	619,744.48
14	2559	257,852.43	183,000.00	200,000.00	640,852.43
15	2560	268,010.38	193,950.00	200,000.00	661,960.38
16	2561	278,168.33	204,900.00	200,000.00	683,068.33
17	2562	288,326.28	215,850.00	200,000.00	704,176.28
18	2563	298,484.23	226,800.00	200,000.00	725,284.23
19	2564	308,642.18	237,750.00	200,000.00	746,392.18
20	2565	318,800.13	248,700.00	200,000.00	767,500.13

ตารางที่ 14 ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์ รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบัน ของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบัน ของ ผลประโยชน์
1	2546	880,000.00	-	0.8929	785,752.00	-
2	2547	147,555.04	382,380.50	0.7972	117,630.88	304,833.73
3	2548	151,323.03	404,952.03	0.7118	107,711.73	288,244.85
4	2549	154,918.97	423,726.65	0.6355	98,451.01	269,278.29
5	2550	169,245.49	450,922.85	0.5674	96,029.89	255,853.63
6	2551	184,119.95	472,030.8	0.5066	93,275.17	239,130.80
7	2552	194,708.59	493,138.75	0.4523	88,066.70	223,046.66
8	2553	205,297.24	514,246.70	0.4039	82,919.56	207,704.24
9	2554	215,842.13	535,312.68	0.3606	77,832.67	193,033.75
10	2555	226,430.78	556,420.63	0.3220	72,910.71	179,167.44
11	2556	237,019.43	577,528.58	0.2875	68,143.09	166,039.47
12	2557	247,608.07	598,636.53	0.2567	63,560.99	153,670.00
13	2558	258,196.72	619,744.48	0.2292	59,178.69	142,045.43
14	2559	268,758.37	640,852.43	0.2046	54,987.96	131,118.41
15	2560	279,374.02	661,960.38	0.1827	51,041.63	120,940.16
16	2561	289,962.66	683,068.33	0.1631	47,292.91	111,408.44
17	2562	300,551.31	704,176.28	0.1456	43,760.27	102,528.07
18	2563	311,139.96	725,284.23	0.1300	40,448.19	94,286.95
19	2564	321,728.60	746,392.18	0.1161	37,352.69	86,656.13
20	2565	332,317.25	767,500.13	0.1037	34,461.30	79,589.76
รวม		5,376,097.61	10,575,894.64		2,120,808.04	3,348,576.21
NPV						1,227,768.17
BCR						1.58
IRR						31.37

วิธีการคำนวณหาค่าตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ จำนวน 3 วิธี มีดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

$$\text{จากสูตร} \quad \text{NPV} = \text{PVB} - \text{PVC}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad \text{NPV} &= 3,348,576.21 - 2,120,808.04 \\ &= 1,227,768.17 \end{aligned}$$

2. อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR)

$$\text{จากสูตร} \quad \text{BCR} = \frac{\text{PVB}}{\text{PVC}}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad \text{BCR} &= \frac{3,348,576.21}{2,120,808.04} \\ &= 1.58 \end{aligned}$$

3. อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ

$$\text{จากสูตร} \quad \text{IRR} = r_L + (r_U - r_L) \left[\frac{\text{NPV}_L}{(\text{NPV}_L - \text{NPV}_U)} \right]$$

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 30% และ r_U คือ 35% จะได้ว่า

ที่อัตราคิดลด 30% NPV มีค่าเท่ากับ 28,975.66

ที่อัตราคิดลด 35% NPV มีค่าเท่ากับ -76,930.49

$$\begin{aligned}
\text{ดังนั้น} \quad \text{IRR} &= 30 + (35 - 30) \left[\frac{28,975.66}{(28,975.66 - (-76,930.49))} \right] \\
&= 30 + 5 \left[\frac{28,975.66}{105,906.15} \right] \\
&= 30 + 1.3679 \\
&= 31.3679
\end{aligned}$$

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยตัวชี้วัดต่าง ๆ

จากตารางที่ 14 ที่แสดงค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์รวมในปีต่าง ๆ เมื่อพิจารณาอัตราคิดลดที่อัตราค่าเสียโอกาสของทุนร้อยละ 12 จะได้ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์รวมที่มีมูลค่าเป็นมูลค่าปัจจุบัน ณ ปี 2546 และจากผลการวิเคราะห์พบว่า การแก้ไขปัญหาหนี้เสียของบริษัท ไทยชนาธร อุตสาหกรรมจำกัด โดยการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย ของโครงการบำบัดน้ำเสีย มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เนื่องจากมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 1,227,768.17 บาท ซึ่งมากกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.58 ซึ่งมากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ ร้อยละ 31.37 ซึ่งมากกว่าอัตราเสียโอกาสของทุน ร้อยละ 12 ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้วยตัวชี้วัดต่าง ๆ

ตัวชี้วัด	ผลการวิเคราะห์
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV)	1,227,768.17 บาท
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของโครงการ (BCR)	1.58
อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR)	ร้อยละ 31.37

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

เนื่องจากเป็นที่ยอมรับกันว่าเราไม่สามารถกำจัดความเสี่ยงและความแน่นอนออกไปให้ได้ทั้งหมด แต่อาจจะทำให้ลดน้อยลงไปได้ระดับหนึ่ง ซึ่งทำให้เราต้องมีการทดสอบความอ่อนไหวของโครงการซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและแพร่หลาย เป็นการวัดว่าผลของ CBA อ่อนไหวหรือไม่อย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงในตัวแปร (ค่าของต้นทุนหรือผลประโยชน์) ตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสองซึ่งในการทดสอบความอ่อนไหวของโครงการโดยทั่วไปจะเพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรประมาณร้อยละ 5-15 เพื่อเป็นการรองรับความผิดพลาดจากการประมาณการต้นทุนและผลประโยชน์แต่ละตัวของโครงการ ซึ่งในที่นี้จะทดสอบความอ่อนไหวของโครงการที่การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต้นทุนและผลประโยชน์ที่ร้อยละ 10

จากผลการทดสอบความอ่อนไหว ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 12 เนื่องจากเป็นระดับที่สามารถยอมรับโครงการได้ในเบื้องต้น โดยสมมติให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกรณีที่แตกต่างกัน 3 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 ต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่

กรณีที่ 2 ผลประโยชน์ลดลงในอัตราร้อยละ 10 โดยที่ต้นทุนคงที่

กรณีที่ 3 ต้นทุนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลงในอัตราร้อยละ 10

พบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) และมีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ลดลงจากเดิม เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงในกรณีต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 16

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในทั้ง 3 กรณี ณ อัตราคิดลดร้อยละ 12 พบว่า มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการในทุกกรณี เนื่องจากในทุกกรณีเมื่อคำนวณหาค่าของ NPV BCR และ IRR มีค่าที่สามารถยอมรับได้ในทุกกรณีคือ NPV มีค่ามากกว่า 0 หรือมีค่าเป็นบวก BCR มีค่ามากกว่า 1 และ IRR มีค่ามากกว่าค่าเสียโอกาสของทุน (ร้อยละ 12) ซึ่งค่า NPV ที่คำนวณได้ใน กรณีที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 710,853.64 บาท 618,560.22 บาท และ 406,479.42 บาท ตามลำดับ ส่วนค่า BCR ที่คำนวณได้ในกรณีที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 1.30 1.29 และ 1.17 ตามลำดับ และค่า IRR ที่คำนวณได้ใน กรณีที่ 1 2 และ 3 มีค่ากับร้อยละ 20.58 ร้อยละ 20.18 และร้อยละ 17.47 ตามลำดับ ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 16 (ดูรายละเอียดการคำนวณได้ในภาคผนวก)

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่อัตราคิดลดร้อยละ 12

กรณีศึกษา	NPV	BCR	IRR
ก่อนการเปลี่ยนแปลง	1,227,768.17	1.58	31.37
ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่	1,015,687.37	1.44	27.12
ผลประโยชน์ลดลงร้อยละ 10 โดยที่ต้นทุนคงที่	892,910.58	1.42	26.65
ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลงร้อยละ 10	680,829.78	1.29	22.69

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ทางบริษัทได้เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำของระบบบำบัดน้ำเสียทั้งหมด 5 จุด ได้แก่ บ่อรวบรวมน้ำเสียก่อนลงสู่บ่อดกตะกอนหนัก (W1) บ่อดกตะกอนหนัก (W2) บ่อปรับสภาพ (W3) ท้ายแปลงพืช (W4) และน้ำที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำภายนอก (W5) โดยได้เก็บตัวอย่างน้ำ แล้วนำไปวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำตามวิธีมาตรฐานของ APHA-AWWA and WPCF (1992) มีดัชนี ได้แก่ pH, DO, Color, Turbidity, BOD 5 days, Nitrogen, TKN, Total Phosphate, Total Solid, Solid Suspended, Fat Oil & Grease, Sulfide, Chloride, Total Chromium, Total Arsenic, Barium, Total Mercury, Total Lead, Total Cadmium, Total Copper, Total Coli form Bacteria, Fecal Coli form Bacteria

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแบ่งตามดัชนีคุณภาพน้ำ มีดังนี้ คือ

1. ดัชนีคุณภาพน้ำทางกายภาพ พบว่า pH, DO, Color, Turbidity, Solid (Total), Solid (Suspended) ทั้งหมดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเป็นส่วนใหญ่ ยังคงมีบ้างในส่วนของของแข็งทั้งหมดที่มีค่าสูงขึ้นในบ่อพักน้ำก่อนการร่อนน้ำกลับไปใช้ อาจเป็นไปได้ในส่วนของบ่อมีการแปรสภาพเป็นพืชน้ำขนาดเล็กจึงทำให้มีค่าที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับในส่วนของท้ายแปลงระบบบำบัดด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมซึ่งเปรียบเสมือนการกรองน้ำด้วยพืชจึงทำให้มีค่าของแข็งทั้งหมดที่ต่ำกว่า
2. ส่วนดัชนีด้านเคมี พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ค่าที่น่าสนใจคือค่าความสกปรกของน้ำในรูปบีโอดี ที่มีการลดลงจากการบำบัด จากความสกปรกที่ 57 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และเป็น 13 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ท้ายแปลงพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมและบ่อพักน้ำ ตามลำดับ ส่วนค่าโลหะหนักโดยทั่วไปยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คงมีเพียงปรอท (mercury) ที่มีค่าสูงในบ่อพักน้ำเพื่อร่อนน้ำกลับมาใช้ใหม่ แต่เมื่อพิจารณาจากน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมพบว่าค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน อาจเป็นไปได้ว่าในลักษณะของดินที่ถมในบริเวณบ่อพักน้ำก่อนนำกลับมาใช้มีการสะสมของปรอทหรือเป็นดินที่มีการปนเปื้อนของปรอท จึงทำให้มีความเข้มข้นของปรอทมากขึ้น
3. ดัชนีด้านชีวภาพ พบว่าการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีมากขึ้น ทั้งนี้เป็นไปตามสภาพแวดล้อมเนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 (W1) อยู่ในสภาพที่มีอากาศน้อยจึงทำให้ตรวจพบปริมาณ coli form ในปริมาณที่น้อยและเมื่อมีการผ่านอากาศที่มากขึ้นทำให้จุลินทรีย์ในน้ำเสียมีการเจริญเติบโตที่มากขึ้น อย่างไรก็ตามเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบยังคงมีค่าที่สูง เมื่อทำการตรวจสอบพบว่ามี การปนเปื้อนจากน้ำที่ปล่อยออกมาจากห้องน้ำในบริเวณใกล้เคียงซึ่งควรจะดำเนินการต่อท่อให้น้ำจากห้องน้ำเข้าสู่ระบบการบำบัดตั้งแต่ต้นกระบวนการ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนดังกล่าว

ประสิทธิภาพของระบบบำบัด

โดยหลักแล้วการควบคุมคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญมาก คือการลดค่าความสกปรกของน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าบีโอดี ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของบ่อบำบัดน้ำเสียของโครงการมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 54 ในส่วนของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 30 ที่ประสิทธิภาพของระบบค่อนข้างต่ำทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเดินระบบในระยะแรก

และสภาพของภูมิอากาศในช่วงฤดูฝนที่มีแสงน้อย จึงทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ช่วยในการ
บำบัดน้ำเสียได้น้อย ประสิทธิภาพโดยรวมของการบำบัดน้ำเสียของระบบมีประมาณร้อยละ 50 ซึ่ง
อยู่ในระดับกลาง

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมไทยชนาธร อุตสาหกรรมจำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสภาพทั่วไปและสภาพปัญหาน้ำเสีย วิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสีย และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ บำบัดน้ำเสีย ของ โรงงานอุตสาหกรรม

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้วิธีรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิเพื่อนำมาวิเคราะห์ความ คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียของ โรงงาน โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่า ของเวลา 3 วิธี คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) และอัตรา ผลตอบแทนภายในของ โครงการ (IRR)

จากการศึกษาสภาพทั่วไปและระบบบำบัดน้ำเสียของ โรงงานอุตสาหกรรมไทยชนาธร จำกัดพบว่าจำนวนคนงานของ โรงงานมีอัตราเพิ่มขึ้นตามลำดับเพื่อให้มีอัตรากำลังเพียงพอกับการ เติบโตของการผลิตของ โรงงาน กล่าวคือ จากจำนวนประชากร 543 คน ในปี 2546 จำนวน ประชากรได้เพิ่มขึ้นเป็น 1,126 คน 1,856 คน 2,586 คน และ 3,316 คน ในปี 2550 2555 2560 และ 2565 ตามลำดับ เมื่อมีประชากรเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำเสียก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งจากการประเมินปริมาณ น้ำเสียพบว่าน้ำเสียจะเพิ่มขึ้นจาก 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในปี 2546 เป็น 39.66 51.75 63.85 และ 75.95 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในปี 2550 2555 2560 และ 2565 ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำ เสียเช่นนี้ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากมาย กล่าวคือ เกิดการสะสมของน้ำเสียภายใน โรงงาน ส่ง กลิ่นเน่าเหม็น และเมื่อปล่อยออกสู่แหล่งน้ำภายนอก ก็จะสร้างความเดือนร้อนแก่ประชาชนทั่วไป

จากปัญหาน้ำเสียที่เพิ่มความรุนแรงมากขึ้น ทางโรงงานอุตสาหกรรมไทยนาธรจำกัดได้คำนึงถึงปัญหา จึงได้ขอความร่วมมือจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำรินำวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติมาปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพปัญหาและพื้นที่ของโรงงาน จึงได้นำวิธีการบำบัดน้ำเสียระบบบ่อบำบัดและระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมมาใช้กับโรงงาน เพื่อให้เกิดประโยชน์กับโรงงานและยังเป็นต้นแบบในการศึกษาเพื่อนำไปใช้กับโรงงานอื่นหรือหน่วยงานชุมชนต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ต้นทุน/ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ของโครงการในปีต่าง ๆ ประกอบด้วย

1. ต้นทุน/ค่าใช้จ่าย ต้นทุน/ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีต่าง ๆ ได้แก่

1.1 ค่าก่อสร้างระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (lagoon treatment) ค่าก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสียจำนวน 4 บ่อ ประกอบไปด้วย บ่อตะกอนหนัก บ่อตกตะกอน บ่อผึ่ง และบ่อปรับสภาพ งานการก่อสร้างประกอบไปด้วย เริ่มตั้งแต่งานการไถปรับพื้นที่ การวางโครงเหล็กเพื่อเทคอนกรีตพื้นบ่อบำบัด การติดตั้งไม้ค้ำยันสำหรับเทพูนผนังบ่อบำบัด การก่อและฉาบผนังบ่อด้านในและด้านนอก และการเทพูนลาดผนังด้านข้าง 2 ด้าน โดยบริษัทรับเหมาก่อสร้าง เป็นการเหมาจ่าย รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 800,000.00 บาท

1.2 ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland) ประกอบไปด้วยค่าก่อสร้างแปลงพืชพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมจำนวน 2 แปลง คือ แปลงกกกลม และแปลงรูปฤาษี รวมกับค่าพันธุ์พืชทั้งสองชนิด คิดเป็นเงินรวมทั้งสิ้น 200,000.00 บาท

1.3 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบบ่อบำบัดน้ำเสียและแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการประกอบด้วย ค่าจ้างบุคคลกรดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าไฟฟ้า ค่าตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดจะถูกนำมาแปลงค่าด้วยตัวแปลงค่า (conversion factor) ให้เป็นค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์

2. ผลประโยชน์ ผลประโยชน์ของโครงการในปีต่าง ๆ ได้แก่

2.1 ผลประโยชน์จากค่าประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย

2.2 ผลประโยชน์จากการลดลงของกลิ่นเหม็นจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัด

2.3 ผลประโยชน์ในส่วนการประหยัดจากค่าปรับของกรมควบคุมมลพิษ

ผลการวิเคราะห์ด้วยตัวชี้วัดความคุ้มค่าต่าง ๆ พบว่าโครงการไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 1,227,768.17 บาท ซึ่งมากกว่า 0 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.58 ซึ่งมากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับ 31.37 ซึ่งมากกว่าค่าเสียโอกาสของทุนร้อยละ 12

ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ และสำหรับงานวิจัยในอนาคต ดังนี้

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยครั้งนี้

1. จากการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติคือระบบบ่อบำบัดน้ำเสียและระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมอาศัยพืช กกกลมและธูปฤๅษีช่วยในการบำบัด โดยใช้การประยุกต์ปรับขนาดจากรูปแบบการบำบัดน้ำเสียเดิมของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งมีขนาดใหญ่และใช้พื้นที่ในการดำเนินงานมากทำให้ต้นทุนในด้านต่าง ๆ สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้เมื่อประเมินค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จึงได้ผลว่าไม่คุ้มค่าในการลงทุน แต่เมื่อปรับลดขนาดของทั้ง 2 ระบบแล้วนำมาบำบัดเชื่อมต่อกันทั้งสองระบบคือบำบัดด้วยบ่อบำบัดน้ำเสียก่อนแล้วค่อยบำบัดด้วยพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียอยู่ในเกณฑ์ตามค่ามาตรฐานน้ำเสียซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และเมื่อประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้วพบว่า มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เหมาะสมที่จะใช้บำบัดน้ำ

เสียภายในโรงงานอุตสาหกรรมในส่วนของการบำบัดน้ำเสียจากการอุปโภคบริโภคภายในโรงงาน โดยมีข้อจำกัดคือน้ำเสียที่จะทำการบำบัดนั้น ถ้ามาจากกระบวนการผลิตซึ่งมีการปนเปื้อนจากสารเคมี จะต้องผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีเสียก่อนแล้วจึงจะรวบรวมน้ำเสียทั้งหมดเข้าสู่ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติแล้วจึงนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ไปใช้ประโยชน์ต่อไป หรือปล่อยสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้

2. สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ที่นำผลประโยชน์มาคิดในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นผลประโยชน์จากการประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย ผลประโยชน์จากการลดกลิ่นเหม็นจากการบำบัดน้ำเสีย และผลประโยชน์ในส่วนของการประหยัดค่ารับจากกรมควบคุมมลพิษ จะเห็นได้ว่าผลประโยชน์ที่นำมาประเมินในครั้งนี้ เป็นเพียงการคาดการณ์เท่านั้น ซึ่งตัวเลขที่นำมาใช้อาจจะไม่แสดงให้เห็นถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นจริงอย่างเช่น ค่าปรับเหตุเดือดร้อนรำคาญ จากกลิ่นตาม พรบ.การสาธารณสุข พ.ศ.2486 และพรบ.รักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยบ้านเรือน พ.ศ.2503 กำหนดบทลงโทษเป็นเงินค่าปรับ 50-100 บาท ซึ่งเป็นค่าปรับ เมื่อเทียบกับมูลค่าเงินตราในปี พ.ศ.ในอดีต (พ.ศ.2486 และพ.ศ.2503) กับปี พ.ศ.ปัจจุบัน ย่อมมีความแตกต่างกันมากเพียงแต่กฎหมายยังไม่ได้รับการปรับปรุง ดังนั้นมูลค่าผลประโยชน์ อาจจะสูงกว่าที่นำมาประเมินในครั้งนี้ และอาจเป็นสิ่งจูงใจให้โรงงานอุตสาหกรรม ตระหนักและเห็นความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ว่าจำเป็นต้องมีการตัดสินใจลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย แม้ว่าจะต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูง หรือแม้ว่าเมื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า โครงการไม่มีความคุ้มค่า ก็จำเป็นต้องดำเนินการ เพราะเป็นโครงการเพื่อสิ่งแวดล้อมและสังคม ทำให้สามารถยอมรับโครงการได้ แม้ว่าจะไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ก็ตาม

3. สำหรับผู้ที่นำผลการศึกษาที่ได้นี้เป็นแนวทางสำหรับการตัดสินใจการลงทุนเพื่อก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในพื้นที่อื่น ต้องพิจารณาทั้งต้นทุนและผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่นั้น ๆ เป็นสำคัญ เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ต้นทุนทางด้านค่าที่ดินไม่ได้นำมาประเมินในการคำนวณเพราะพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างของบริษัทเดิมเป็นพื้นที่ทางระบายน้ำเสียอยู่แล้วจึงมิได้เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาพื้นที่ในการก่อสร้าง ที่เป็นค่าที่ดินจะมีการเพียงค่าถมที่ดินซึ่งคิดคำนวณรวมไปในค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียอยู่แล้ว นอกจากด้านต้นทุนแล้วด้านผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นนอกเหนือไปจากการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งสามารถนำไปคิดรวมเป็นผลประโยชน์ได้ ถ้านำไปปรับใช้ในพื้นที่ยื่น เช่น ผลประโยชน์จากการลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล โรคระบบ

ย่อยอาหารที่มีสาเหตุจากน้ำเสีย ผลประโยชน์จากการลดลงของการสูญเสียรายได้จากการหยุดงาน เนื่องจากความเจ็บป่วยด้วยโรกระบบย่อยอาหารเป็นต้น

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. สำหรับการศึกษาครั้งนี้เป็นการเริ่มต้นของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติซึ่ง ประสิทธิภาพและคุณภาพในการบำบัดอาจยังไม่สูงเป็นผลที่น่าพอใจเนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนจากสารเคมีในกระบวนการผลิตในโรงงาน หรือดินในแปลงพืชหรือพื้นที่ในบริเวณโครงการมีการสะสมของสารเคมีทำให้ยังมีการตกค้างของโลหะหนักมาก ซึ่งเมื่อดำเนินการผ่านไปสักระยะจะทำให้ลดการสะสมนั้นได้ และจะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น ทางโรงงานอุตสาหกรรมอาจจะพิจารณาถึงการนำน้ำเสียที่ได้จากบำบัดมาใช้ใหม่ ไม่ว่าจะนำไปใช้ในการรดน้ำต้นไม้ในบริเวณโครงการ ล้างพาหนะ หรืออาจนำไปเข้ากระบวนการกลั่นกรองเพื่อนำน้ำที่ได้จากการบำบัดกลับมาใช้แทนน้ำประปาหรือน้ำบาดาลเพื่อในการลดต้นทุน จะทำให้เกิดผลประโยชน์มากขึ้นจะทำให้เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จะมีการเพิ่มขึ้นของผลประโยชน์ ส่งผลทำให้โครงการเกิดความคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

2. ในการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ ในส่วนของผลพลอยได้ของแปลงพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมซึ่งจะต้องมีการตัดทุก ๆ 45 วัน และ 90 วัน ในส่วนนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์เสริมรายได้ให้กับบุคลากรในโรงงานหรือนำไปให้กับชุมชน โดยรอบนอกจากจะช่วยลดในการจัดเก็บทำลาย สามารถนำมารวมใช้คิดคำนวณรวมเป็นข้อมูลด้านผลประโยชน์ของโครงการได้ ซึ่งจะก่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของการประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2542. คู่มือเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษ.

กรมแผนที่ทหาร. 2527. แผนที่ตัวเมืองอำเภอบางพลี. (มาตราส่วน 1: 20,000)

เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์. 2542. การบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สยามสเตรชั่น เนอริชัฟฟลายส์.

เกษม จันทร์แก้ว. 2545. การจัดการสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษม จันทร์แก้ว และ เสกสรร เทพพิทักษ์. 2543. การเกิดตะกอนและการลดสมรรถนะการบรรจุ บ่อบำบัด, น. 16-1 ถึง 16-12. ในการสัมมนาวิชาการเรื่องวิทยาศาสตร์การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม ผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงาน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรุงเทพมหานคร.

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2541. รายงานสรุปผลงานวิจัย 5 ปี. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 114 น.

ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ. 2544. เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2530. น้ำเสียชุมชนและปัญหาภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

พิพัฒน์ ฎริปัญญาคุณ. 2540. ระบบบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ และแนวทางแก้ไขปัญหา.

กรุงเทพมหานคร: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มันสิน ตันฑุลเวศม์. 2523. การออกแบบขั้นกระบวนการของระบบกำจัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยา.

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุพิน ประจวบเหมาะ. 2537. การจัดทำและประเมินโครงการ. กรุงเทพมหานคร: คณะ

เศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มูลนิธิชัยพัฒนา. 2547. เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการการประยุกต์เทคโนโลยีการ

กำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริสู่ท้องถิ่น.

ราชกิจจานุเบกษา. 2545. เล่มที่ 119. ตอนที่ 37 ง: หน้า 4.

_____. 2539. เล่มที่ 113. ตอนที่ 13 ง: หน้า 28.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2542. พจนานุกรมราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2541. กรุงเทพมหานคร: ไทย

วัฒนาพานิช.

ราชันย์ ว่องกิจ. 2548. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการบำบัดน้ำเสียใน

กระบวนการชุบผิวโลหะของโรงงานผลิตจักรยานยนต์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์

มหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิไลลักษณ์ สงฤทธิ์. 2542. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมือง

เพชรบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม,

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สตรีไทย สถิติ. 2544. ระยะเวลาและจำนวนบ่อสิ่งที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากเทศบาลเมือง

เพชรบุรี ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร

มหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เสริมพล รัตน์สุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524. การกำจัดน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและ
แหล่งชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
แห่งประเทศไทย.

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

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 1 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดย
ผลประโยชน์คงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์ รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบัน ของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบัน ของ ผลประโยชน์
1	2546	968,000.00	-	0.8929	864,327.20	-
2	2547	162,310.54	382,380.50	0.7972	129,393.96	304,833.73
3	2548	166,455.33	404,952.03	0.7118	118,482.90	288,244.85
4	2549	170,410.87	423,726.65	0.6355	108,296.11	269,278.29
5	2550	186,170.04	450,922.85	0.5674	105,632.88	255,853.63
6	2551	202,531.95	472,030.8	0.5066	102,602.69	239,130.80
7	2552	214,179.45	493,138.75	0.4523	96,873.37	223,046.66
8	2553	225,826.96	514,246.70	0.4039	91,211.51	207,704.24
9	2554	237,426.34	535,312.68	0.3606	85,615.94	193,033.75
10	2555	249,073.86	556,420.63	0.3220	80,201.78	179,167.44
11	2556	260,721.37	577,528.58	0.2875	74,957.39	166,039.47
12	2557	272,368.88	598,636.53	0.2567	69,917.09	153,670.00
13	2558	284,016.39	619,744.48	0.2292	65,096.56	142,045.43
14	2559	295,634.21	640,852.43	0.2046	60,486.76	131,118.41
15	2560	307,311.42	661,960.38	0.1827	56,145.80	120,940.16
16	2561	318,958.93	683,068.33	0.1631	52,022.20	111,408.44
17	2562	330,606.44	704,176.28	0.1456	48,136.30	102,528.07
18	2563	342,253.96	725,284.23	0.1300	44,493.01	94,286.95
19	2564	353,901.46	746,392.18	0.1161	41,087.96	86,656.13
20	2565	365,548.98	767,500.13	0.1037	37,907.43	79,589.76
รวม		5,913,707.38	10,958,275.14		2,332,888.84	3,348,576.21
NPV						1,015,687.37
BCR						1.44
IRR						27.12

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 2 ผลประโยชน์ลดลง ร้อยละ 10
โดยต้นทุนคงที่ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์ รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบัน ของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบัน ของ ผลประโยชน์
1	2546	880,000.00	-	0.8929	785,752.00	-
2	2547	147,555.04	344,142.45	0.7972	117,630.88	274,350.36
3	2548	151,323.03	364,456.83	0.7118	107,711.73	259,420.37
4	2549	154,918.97	381,353.99	0.6355	98,451.01	242,350.46
5	2550	169,245.49	405,830.57	0.5674	96,029.89	230,268.27
6	2551	184,119.95	424,827.72	0.5066	93,275.17	215,217.72
7	2552	194,708.59	443,824.88	0.4523	88,066.70	200,741.99
8	2553	205,297.24	462,822.03	0.4039	82,919.56	186,933.82
9	2554	215,842.13	481,781.41	0.3606	77,832.67	173,730.38
10	2555	226,430.78	500,778.57	0.3220	72,910.71	161,250.70
11	2556	237,019.43	519,775.72	0.2875	68,143.09	149,435.52
12	2557	247,608.07	538,772.88	0.2567	63,560.99	138,303.00
13	2558	258,196.72	557,770.03	0.2292	59,178.69	127,840.89
14	2559	268,758.37	576,767.19	0.2046	54,987.96	118,006.57
15	2560	279,374.02	595,764.34	0.1827	51,041.63	108,846.14
16	2561	289,962.66	614,761.50	0.1631	47,292.91	100,267.60
17	2562	300,551.31	633,758.65	0.1456	43,760.27	92,275.26
18	2563	311,139.96	652,755.81	0.1300	40,448.19	84,858.26
19	2564	321,728.60	671,752.96	0.1161	37,352.69	77,990.52
20	2565	332,317.25	690,750.12	0.1037	34,461.30	71,630.79
รวม		5,376,097.61	9,862,447.65		2,120,808.04	3,013,718.62
NPV						892,910.58
BCR						1.42
IRR						26.65

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีที่ 3 ต้นทุนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10
พร้อม ๆ กับผลประโยชน์ลดลง ร้อยละ 10 ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12

(หน่วย : บาท)

ปีที่	ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายรวม	ผลประโยชน์ รวม	Discount factor 12 %	มูลค่าปัจจุบัน ของค่าใช้จ่าย	มูลค่าปัจจุบัน ของ ผลประโยชน์
1	2546	968,000.00	-	0.8929	864,327.20	-
2	2547	162,310.54	344,142.45	0.7972	129,393.96	274,350.36
3	2548	166,455.33	364,456.83	0.7118	118,482.90	259,420.37
4	2549	170,410.87	381,353.99	0.6355	108,296.11	242,350.46
5	2550	186,170.04	405,830.57	0.5674	105,632.88	230,268.27
6	2551	202,531.95	424,827.72	0.5066	102,602.69	215,217.72
7	2552	214,179.45	443,824.88	0.4523	96,873.37	200,741.99
8	2553	225,826.96	462,822.03	0.4039	91,211.51	186,933.82
9	2554	237,426.34	481,781.41	0.3606	85,615.94	173,730.38
10	2555	249,073.86	500,778.57	0.3220	80,201.78	161,250.70
11	2556	260,721.37	519,775.72	0.2875	74,957.39	149,435.52
12	2557	272,368.88	538,772.88	0.2567	69,917.09	138,303.00
13	2558	284,016.39	557,770.03	0.2292	65,096.56	127,840.89
14	2559	295,634.21	576,767.19	0.2046	60,486.76	118,006.57
15	2560	307,311.42	595,764.34	0.1827	56,145.80	108,846.14
16	2561	318,958.93	614,761.50	0.1631	52,022.20	100,267.60
17	2562	330,606.44	633,758.65	0.1456	48,136.30	92,275.26
18	2563	342,253.96	652,755.81	0.1300	44,493.01	84,858.26
19	2564	353,901.46	671,752.96	0.1161	41,087.96	77,990.52
20	2565	365,548.98	690,750.12	0.1037	37,907.43	71,630.79
รวม		5,376,097.61	9,862,447.65		2,332,888.84	3,013,718.62
NPV						680,829.78
BCR						1.29
IRR						22.69

**ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทไทยชนาธร
อุตสาหกรรมจำกัด**

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	W1	W2	W3	W4	W5	มาตรฐาน
1. pH (Lab)	-	7.54	7.75	7.84	7.84	8.40	5.5-9
1. pH (Field)	-	7.57	8.03	8.15	8.25	8.73	
2. DO (Field)	mg/l	0.45	1.82	2.27	5.61	9.66	
3. Color	Color Unit	<5	<5	<5	<5	<5	
4. Turbidity	NTU	29.3	63.4	63.3	18.4	42.0	
5. BOD 5 days	mg/l	57	57	26	20	13	<20
6. Nitrogen, TKN	mg/l N	16	40	12	18	14	<100
7. Phosphate, Total	mg/l P	6.5	3.5	3.5	3.5	2.7	
8. Solid, Total	mg/l	1,272	1,328	1,263	1,230	1,127	<3,000
9. Solid, Suspended	mg/l	54	40	32	19	39	50-15
10. Fat, Oil & Grease	mg/l	6.5	3.5	3.5	3.5	2.7	5-15
11. Sulfide	mg/l S ²⁻	Undetected	0.53	Undetected	Undetected	Undetected	<1
12. Chloride	mg/l Cl	387	425	400	425	400	-
13. Chromium, Total	mg/l Cr	0.403	0.535	0.461	0.314	0.060	<1
14. Arsenic, Total	mg/l As	0.0016	0.0010	0.0006	0.0008	0.0006	<0.25
15. Barium	mg/l Ba	Undetected	Undetected	Undetected	Undetected	Undetected	1.0
16. Mercury, Total	mg/l Hg	0.006	0.032	0.011	0.005	0.013	0.005
17. Lead, Total	mg/l Pb	0.018	0.056	0.045	0.045	Undetected	0.2
18. Cadmium, Total	mg/l Cd	0.004	0.006	0.002	0.002	0.008	<0.03
19. Copper, Total	mg/l Cu	0.025	0.006	0.011	Undetected	0.003	2.0
20. Total Coli from	MPN/100 ml	170	9,200	16,000	92,000	54,000	20,000*
21. Fecal Coli from	MPN/100 ml	7	940	1,100	7,000	4,900	4,000*

หมายเหตุ: * มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล คุณภาพน้ำชั้นที่ 3

ตารางผนวกที่ 5 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

continued

ตารางผนวกที่ 5 (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	0.2923
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	0.0160	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	0.0001	*	*	*	*
55	0.0020	0.0007	0.0005	0.0003	0.0001	*	*	*	*	*

* The factor is zero to four decimal places

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล

นายพิทักษ์ พุ่มไสว

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 28 เดือนมกราคม พ.ศ. 2519

สถานที่เกิด

จังหวัดอุดรดิตถ์

ประวัติการศึกษา

บริหารธุรกิจบัณฑิต (การตลาด)

ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี

ตำแหน่งปัจจุบัน

นักวิชาการพัสดุ

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทุนการศึกษาที่ได้รับ

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม

แหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มูลนิธิ

ชัยพัฒนา