การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษา : โรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู

นางสาวอัจฉราฉวี เพชรสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาเศรษฐศาสตร์ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2550

The Analysis of Alternative Water Treatment System for Industrial Boiler: A Case Study of Factories in Bangpoo Industrial Estate

Miss Atcharachawe Petsuwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Economics

School of Economics

Sukhothai Thammathirat Open University

2007

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษา : โรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู

ชื่อและนามสกุล นางสาวอัจฉราฉวี เพชรสุวรรณ

แขนงวิชา เศรษฐศาสตร์

สาขาวิชา เศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ศักดิ์ ธนวิบูลย์ชัย

2. รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนี กังวานพรศิริ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจักษ์ ศกุนตะลักษณ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ศักดิ์ ธนวิบูลย์ชัย)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนี กังวานพรศิริ)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาเศรษฐศาสตร์ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิศวธีรานนท์)

วันที่ 16 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2551

ชื่อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษา : โรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู
ผู้วิจัย นางสาวอัจฉราฉวี เพชรสุวรรณ **ปริญญา** เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ศักดิ์ ธนวิบูลย์ชัย (2) รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนี กังวานพรศิริ
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

กลุ่มตัวอย่างเป็นโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปูจำนวน 11 โรงงาน ซึ่งในจำนวนนี้มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประเภทระบบ Softener (ระบบการกำจัดความกระด้าง) มาใช้ระบบ Reverse Osmosis (ระบบออสโมซิสแบบผันกลับ) จำนวน 4 โรงงาน และ ระบบ Demineralization (ระบบการกำจัดแร่ธาตุ) จำนวน 7 โรงงาน และทำการวิเคราะห์หามูลค่าของต้นทุนของโรงงานที่มีการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำไปแล้ว โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งมีการกำหนดช่วงระยะเวลาการศึกษาเป็นระยะเวลา 13 ปีคือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2552 โดยใช้วิธีการปรับมูลค่าของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วทำการหาค่าอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปี

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า อัตราการลดลงของต้นทุนของโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจาก ระบบ Softener (ระบบการกำจัดความกระด้าง) มาใช้ระบบ Reverse Osmosis (ระบบออสโมซิสแบบผันกลับ) และ ระบบ Demineralization (ระบบการกำจัดแร่ธาตุ) มีค่าอัตราลดลงของต้นทุนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 21.33% และ 25.45% ต่อปีตามลำดับ สำหรับการหาระยะเวลาคืนทุนโดยใช้วิธี Dynamic นั้นผลปรากฏว่าระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละโรงงานนั้นมีค่าไม่เท่ากัน โดยมีระยะเวลาคืนทุนต่ำสุด 7 เดือน และสูงสุด 2 ปี 8 เดือน

ดังนั้นผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากการใช้ระบบ Softener (ระบบการกำจัดความกระด้าง) มาเป็นระบบ Reverse Osmosis (ระบบออสโมซิสแบบผันกลับ) หรือระบบ Demineralization (ระบบการกำจัดแร่ธาตุ) ของทุกโรงงานมีความเป็นไปได้ต่อการลงทุนและทำให้มีต้นทุนการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำโดยเฉลี่ยต่อปีลดลง

คำสำคัญ การวิเคราะห์ทางเลือก ต้นทุนและผลประโยชน์ ระยะเวลาคืนทุน ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ระบบหม้อไอน้ำ

Thesis title : The Analysis of Alternative Water Treatment System for Industrial Boiler : A Case Study of Factories in Bangpoo Industrial Estate

Researcher : Miss Atcharachawe Petsuwan ; **Degree :** Master of Economics ;

Thesis advisors : (1) Dr. Narongsakdi Thanavibulchai , Associate Professor ;

(2) Dr. Kanjanee Kangwanpornsiri , Associate Professor ; **Academic year :** 2007

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the alternative water treatment systems for industrial boilers.

Eleven samples were selected from the industrial plants locating in Bangpoo Industrial Estate. Four of these samples have changed the water treatment system from "softener" to "Reverse Osmosis"; and the rest of them, from "Softener" to "Demineralization". Financial analysis of "ex ante" and "ex post" modification of water treatments systems during the years 1997-2009 were done by retroactive calculation of each year's budget cost to arrive at the present values, and then to find the ratio of diminishing annual costs.

From the data analysis, it was found that the ratio of diminishing annual costs turned out to be 21.33 percent for plants using "Reverse Osmosis" system and 25.45 percent for plants using "Demineralization" system. The calculation of payback period by using "dynamic" method revealed varying results for different plants. The best one was 7 months and the worst was 2 years and 8 months.

The favorable conclusion of this study was unaffected whether "Reverse Osmosis" or "Demineralization" system has been adopted. Each system of water treatment for industrial boilers yielded profitable return to investment by reducing the annual budget costs significantly.

Keywords: Analysis of Alternative Analysis, Cost Benefit, Payback Period, Water Treatment System, Boiler

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากคณาจารย์ในสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. ณรงค์ศักดิ์ ธนวิบูลย์ชัย อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนี กังวานพรศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งได้ให้คำปรึกษาแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

นอกจากนี้ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยต้องขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู เจ้าหน้าที่ฝ่ายต่างๆ ของโรงงานที่ทำการศึกษา ทุกท่าน ที่ได้ให้ความสะดวกในการเก็บข้อมูล รวมทั้งกำลังใจที่มีให้ตลอดจากเพื่อนๆ และ ครอบครัว จนงานวิจัยสำเร็จลง และหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจในเรื่องการประหยัดพลังงานในระบบหม้อไอน้ำไม่มากก็น้อย และหากมีข้อผิดพลาดประการใดในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

อัจฉราฉวี เพชรสุวรรณ

มิถุนายน 2551

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 7
สมมติฐานการวิจัย 7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
ขอบเขตการวิจัย 8
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 8
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 11
กรอบความคิดทางทฤษฎี 11
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 33
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 33
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 39
การเก็บรวบรวมข้อมูล 45
การวิเคราะห์ข้อมูล 47
ข้อจำกัดของการวิจัย 48
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 49
สภาพของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 49
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเรียงตามลำดับวิธีการศึกษาวิจัย 57

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 133
สรุปการวิจัย 133
อภิปรายผล 136
ข้อเสนอแนะ 138
บรรณานุกรม 139
ภาคผนวก 142
ก แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 143
ข ต้นทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ระบบ Reverse Osmosis) 149
ค ต้นทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ระบบ Demineralization) 152
ประวัติผู้วิจัย 156

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 สรุปจำนวนผู้ประกอบการในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู 34

ตารางที่ 4.1 รายชื่อของโรงงานกลุ่มตัวอย่าง 50

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงาน 51

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบหม้อไอน้ำ 54

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 55

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนทั้งหมด (C_{Total}) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท
ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 3.5% 59

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนทั้งหมด (C_{Total}) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท
ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 4.5% 60

ตารางที่ 4.7 ต้นทุนทั้งหมด (C_{Total}) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท
ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 6% 61

ตารางที่ 4.8 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total})
และมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV (B_{Total}) โดยที่ r = 3.5% 69

ตารางที่ 4.9 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total})
และมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV (B_{Total}) โดยที่ r = 4.5% 80

ตารางที่ 4.10 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total})
และมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV (B_{Total}) โดยที่ r = 6% 91

ตารางที่ 4.11 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total})
ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท
ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 3.5% 108

ตารางที่ 4.12 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total})
ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท
ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 4.5% 109

ตารางที่ 4.13 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total})
ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท
ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 6% 110

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.14 อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปี และ อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปีโดยเฉลี่ย โดยที่ r = 3.5% 113
ตารางที่ 4.15 อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปี และ อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปีโดยเฉลี่ย โดยที่ r = 4.5% 114
ตารางที่ 4.16 อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปี และ อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปีโดยเฉลี่ย โดยที่ r = 6% 115
ตารางที่ 4.17 ร้อยละของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่ลดลงต่อปีของแต่ละโรงงานเฉลี่ย (%) และ ร้อยละของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่ลดลงต่อปีของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทเฉลี่ย (%) 116
ตารางที่ 4.18 ระยะเวลาคืนทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 120

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 ตัวอย่างระบบหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม 2
ภาพที่ 1.2 ตัวอย่างระบบ Softener 6
ภาพที่ 1.3 ตัวอย่างระบบ Reverse Osmosis 6
ภาพที่ 1.4 ตัวอย่างระบบ Demineralization 6
ภาพที่ 2.1 ต้นทุนรวม ต้นทุนแปรผัน และต้นทุนคงที่ 17
ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายใน
ของโครงการ ก และ โครงการ ข 27
ภาพที่ 3.1 แผนที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู 37
ภาพที่ 3.2 ผังการใช้ที่ดินนิคมอุตสาหกรรมบางปู 38
ภาพที่ 4.1 ต้นทุนทั้งหมดของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ
สำหรับหม้อไอน้ำที่เกิดขึ้นในแต่ละปี
ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 3.5% 64
ภาพที่ 4.2 ต้นทุนทั้งหมดของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ
สำหรับหม้อไอน้ำที่เกิดขึ้นในแต่ละปี
ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 4.5% 65
ภาพที่ 4.3 ต้นทุนทั้งหมดของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ
สำหรับหม้อไอน้ำที่เกิดขึ้นในแต่ละปี
ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 6% 65
ภาพที่ 4.4 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ
ของแต่ละโรงงานตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 3.5% 111
ภาพที่ 4.5 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ
ของแต่ละโรงงานตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 4.5% 111
ภาพที่ 4.6 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ
ของแต่ละโรงงานตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 6% 112

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

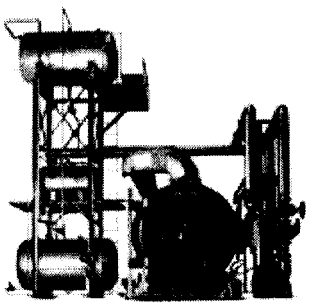
ระบบไอน้ำจัดเป็นเครื่องจักรต้นกำลังทำหน้าที่ผลิตไอน้ำ (ภาพที่ 1.1) ซึ่งมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมหลายประเภท และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เนื่องจากสามารถนำพลังงานไอน้ำมาใช้ประโยชน์ได้ในหลายด้าน เช่น ใช้ในการขับเคลื่อนเทอร์ไบน์ (Steam turbine) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้ป้อนเข้าเครื่องจักรไอน้ำ (Steam engine) สำหรับเป็นแรงหมุนฉุดเครื่องจักร ใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำสำหรับอบแห้งหรือการฆ่าเชื้อโรค หรือใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ เป็นต้น โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการนำระบบไอน้ำมาใช้งานมีมากมาย เช่น โรงงานก๋วยเตี๋ยว โรงงานอาหารกระป๋อง โรงงานปลาป่น โรงงานอบไม้ โรงงานฟอกย้อมผ้า โรงงานทำเยื่อกระดาษ และผลิตภัณฑ์กระดาษ โรงงานน้ำตาล อาหารและเคมีภัณฑ์ และโรงไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งสาเหตุที่มีการนำพลังงานไอน้ำมาใช้แทนพลังงานประเภทอื่นเพราะไอน้ำเป็นตัวพาความร้อนที่ดี มีความจุความร้อน สามารถคายความร้อนแฝงที่อุณหภูมิคงที่ และน้ำยังมีราคาถูกเมื่อเทียบกับตัวกลางชนิดอื่น แต่การใช้ระบบไอน้ำส่วนใหญ่แล้วยังไม่ถูกต้องทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยใช่เหตุ ได้มีผู้ศึกษาการใช้ระบบไอน้ำในโรงงานต่างๆ ในประเทศออสเตรเลีย จำนวน 19 โรงงาน ปรากฏว่ามีการสูญเสียพลังงานในระบบไอน้ำคิดเป็นมูลค่า 1.12 ล้านเหรียญต่อปี โดยทั่วไปแล้วประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงที่ใช้ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการใช้ไอน้ำไม่ถูกต้อง (ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ 2538 : 27) ดังคำกล่าวที่ว่า "ค่าเชื้อเพลิงปีละ 10 ล้านกับหม้อไอน้ำที่ขาดประสิทธิภาพ หากลดค่าสูญเสียได้ 10 เปอร์เซ็นต์ก็ประหยัดได้ 1 ล้าน"[1]

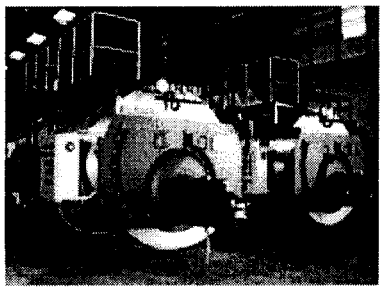
เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบของระบบไอน้ำเราสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ใหญ่ๆ คือ

1) ส่วนการผลิตไอน้ำ
2) ส่วนการส่งจ่ายไอน้ำ
3) ส่วนการใช้ไอน้ำ

---

[1] พงษ์ธร จรัญญากรณ์ ฝ่าวิกฤตเศรษฐกิจ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไอน้ำ (1) ภาพรวมหน่วยปฏิบัติการวิจัยพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ภาพที่ 1.1 ตัวอย่างระบบหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

ปัจจุบันมีการคำนึงเรื่องการอนุรักษ์และการประหยัดพลังงานมากขึ้น ได้มีการศึกษาและนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาใช้ในการจัดการเพื่อการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่ามากที่สุด โดยเฉพาะในระบบไอน้ำที่มีการใช้พลังงานต่อปีเป็นมูลค่าสูงนับหลายล้านบาท สามารถที่จะเลือกใช้วิธีการได้หลายรูปแบบ ในการจัดการเรื่อง การใช้พลังงานให้คุ้มค่าในส่วนต่างๆ ของระบบไอน้ำ เช่น

1) ส่วนการผลิตไอน้ำหรือส่วนของระบบหม้อไอน้ำ สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้เช่น ปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ปรับปรุงระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิง ปรับปรุงการถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ มีการนำน้ำ Condensate กลับมาใช้ใหม่ มีระบบปรับปรุงคุณภาพของน้ำดิบก่อนป้อนเข้าสู่ระบบหม้อไอน้ำ ปรับปรุงระบบการถ่ายเทความร้อนด้านไฟ มีการใช้ขนาดมอเตอร์ที่เหมาะสมกับความต้องการของกำลังผลิตที่แท้จริง และมีการควบคุมอัตราการถ่ายน้ำ (Blowdown) ที่เหมาะสม

2) ส่วนการส่งจ่ายไอน้ำ สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ เช่น มีการใช้ฉนวนหุ้มท่อส่งผ่านไอน้ำ มีการตรวจสอบและแก้ไขไม่ให้มีจุดรั่วไหลของไอน้ำ เป็นต้น

3) ส่วนการใช้ไอน้ำ สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ เช่น มีการตรวจสอบการใช้ไอน้ำของในแต่ละส่วนของเครื่องจักรที่เหมาะสม มีการจัดทำ Process Flow Diagram เพื่อการจัดการการใช้ไอน้ำได้อย่างถูกต้องและควรมีการแก้ไขให้เป็นปัจจุบันตลอดเวลา หากไอน้ำส่วนใดที่ใช้แล้วและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ก็จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานในการผลิตไอน้ำได้ เป็นต้น

การศึกษาในครั้งนี้จะพิจารณาในส่วนการผลิตไอน้ำหรือส่วนของระบบหม้อไอน้ำเท่านั้น และเมื่อพิจารณาสาเหตุการสูญเสียพลังงานของระบบหม้อไอน้ำแล้วจะเห็นว่า จากการที่ระบบหม้อไอน้ำใช้น้ำเป็นตัวกลางในการนำพาความร้อนนั้น คุณภาพของน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพน้ำในหม้อไอน้ำด้วย และพบว่าปัญหาที่เกิดกับระบบหม้อไอน้ำส่วนใหญ่จะมีสาเหตุมาจากคุณภาพน้ำที่ป้อนเข้าสู่ระบบไม่ดี เช่น ปัญหาการเกิดตะกรันในหม้อไอน้ำซึ่งเกิดจากในน้ำมีสารประกอบจำพวกไบคาร์บอนเนต ซัลเฟต ปัญหาการเกิดสนิมเหล็กในหม้อไอน้ำซึ่งเกิดจากออกไซด์ของเหล็กในน้ำ pH ของน้ำที่สูงหรือต่ำเกินไปก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าวได้ง่ายขึ้น เป็นต้น การเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวขึ้นจะมีผลเสียต่อระบบหม้อไอน้ำคือ ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนต่ำลง การเพิ่มอุณหภูมิของโลหะที่เป็นพื้นผิวถ่ายเทความร้อนทำให้โลหะอ่อนตัวถึงขั้นอันตราย การมีหยดน้ำติดไปกับไอน้ำมากๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้ เป็นต้น ดังนั้นน้ำที่ป้อนเข้าสู่ระบบหม้อไอน้ำเพื่อผลิตเป็นไอน้ำที่จะนำไปใช้งานนั้นต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับระบบหม้อไอน้ำด้วย ซึ่งนอกจากจะเป็นการป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการใช้งานดังกล่าวข้างต้นแล้ว การปรับปรุงคุณภาพน้ำยังเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อความปลอดภัยในการใช้หม้อไอน้ำ และยืดอายุการใช้งานของระบบหม้อไอน้ำ อีกทั้งยังเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง หรือพลังงานได้อีกด้วย

โดยทั่วไปแล้วระบบหม้อไอน้ำจะมีการควบคุมระดับความเข้มข้นของสารละลายในน้ำโดยใช้ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) เป็นตัวชี้วัดตัวหนึ่งที่สำคัญ หากค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูง (แสดงให้เห็นว่ามีค่าสารละลายในน้ำมาก) เกินกว่าค่าที่ควบคุมไว้ก็จะทำการถ่ายน้ำ (Blowdown) ในขณะเดียวกันก็จะมีการเติมน้ำ (Make up) จนค่าการนำไฟฟ้าลดลงถึงระดับค่าที่ควบคุมไว้โดยที่ยังคงรักษาระดับน้ำในหม้อไอน้ำไว้เท่าเดิม ในหลายโรงงานที่มีปัญหาเรื่องคุณภาพของน้ำที่ไม่ดีแต่จำเป็นต้องนำน้ำดังกล่าวมาใช้งานในระบบหม้อไอน้ำ ก็จะมีการแก้ปัญหาโดยการถ่ายน้ำ (Blowdown) ให้บ่อยขึ้นเพื่อควบคุมค่าดังกล่าวให้ได้ตามที่กำหนดไว้ แต่การถ่ายน้ำ (Blowdown) บ่อยๆ นั้นจะทำให้มีการสูญเสียพลังงานในระบบหม้อไอน้ำมาก นอกจากนั้นยังสูญเสียน้ำไปเป็นจำนวนมาก คือน้ำที่ต้อง ถ่ายทิ้งไป และน้ำที่เติม (Make up) เข้าไปในระบบด้วย

ถึงแม้ว่าวิธีการลดการสูญเสียพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น เทคนิคทางด้านวิศวกรรมในการออกแบบระบบหม้อไอน้ำ การเผาไหม้เชื้อเพลิง การหุ้มฉนวนป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อน การนำน้ำคอนเดนเสต (Condensate) กลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น แต่วิธีการหนึ่งซึ่งเป็นการป้องกันและลดการสูญเสียพลังงานของระบบหม้อไอน้ำที่ดี คือ การปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้าระบบหม้อไอน้ำ กำจัดสิ่งต่างๆ ในน้ำ

ที่ไม่พึงปรารถนาสำหรับหม้อไอน้ำ เช่น สิ่งสกปรก ฝุ่นละออง ไขมัน และเกลือแร่ต่างๆ ออกไปก่อน ไม่ว่าเป็นวิธีทางกล ทางเคมี หรือทางชีวภาพก็ตาม

วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่จะนำมาใช้ในระบบหม้อไอน้ำสามารถทำได้หลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะหรือคุณภาพน้ำดิบที่ใช้ป้อนเข้าสู่ระบบหม้อไอน้ำ ซึ่งระบบหม้อไอน้ำของโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมบางปู ใช้น้ำบาดาลของทางนิคมเป็นหลัก ซึ่งปัญหาของคุณภาพน้ำบาดาลที่พบคือ ปัญหาค่าสารละลายต่างๆ ในน้ำสูง เช่น ค่าความกระด้าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าเหล็ก ค่าคลอไรด์ เป็นต้น และวิธีการที่นิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนนำมาใช้งานในระบบหม้อไอน้ำ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ด้วยกันคือ

1) ระบบการกำจัดความกระด้าง (ระบบ Softener) ของน้ำเพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 1.2) หรือที่เรียกกันว่า ระบบการทำน้ำอ่อน จะเป็นระบบซึ่งทำหน้าที่กำจัดไอออนประจุบวกที่อยู่ในน้ำ โดยให้น้ำไหลผ่านชั้นสารกรองเรซินประจุบวก (Cation Resin) และทำการแลกเปลี่ยนประจุกันระหว่างไอออนที่อยู่ในน้ำกับไอออนของเรซิน จนน้ำที่ไหลผ่านระบบ Softener นี้กลายเป็นน้ำอ่อน จนกระทั่งเมื่อสารกรองเรซินหมดประสิทธิภาพในการกำจัดแล้วจะต้องทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพโดยการใช้สารเคมี (สารละลายเกลือแกง - NaCl) เข้าช่วย ระบบนี้สามารถป้องกันปัญหาการเกิดตะกรันในหม้อไอน้ำที่เกิดจากความกระด้างได้ แต่ค่าคุณภาพของน้ำที่ผ่านระบบ Softener แล้วยังคงมีค่าการนำไฟฟ้าสูง (ค่าสารละลายในน้ำสูง) บางครั้งอาจต้องใช้สารเคมีในระบบหม้อไอน้ำช่วยด้วย และหากค่าการนำไฟฟ้ายังคงสูงอยู่ก็ต้องมีการถ่ายน้ำออก (Blowdown) บ่อยขึ้น ทำให้สูญเสียพลังงานในระบบมาก ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประเภทนี้จะมีการลงทุนในการสร้างระบบที่ต่ำ มีค่าต้นทุนการดำเนินการ (Operation Cost) ต่ำ ควบคุมง่าย แต่จะต้องมีการบำรุงรักษา (Maintenance) ระบบหม้อไอน้ำมาก กล่าวคืออาจต้องใช้สารเคมีเติมในระบบหม้อไอน้ำมาก และอาจต้องหยุดระบบเพื่อทำการ Maintenance บ่อย เป็นต้น

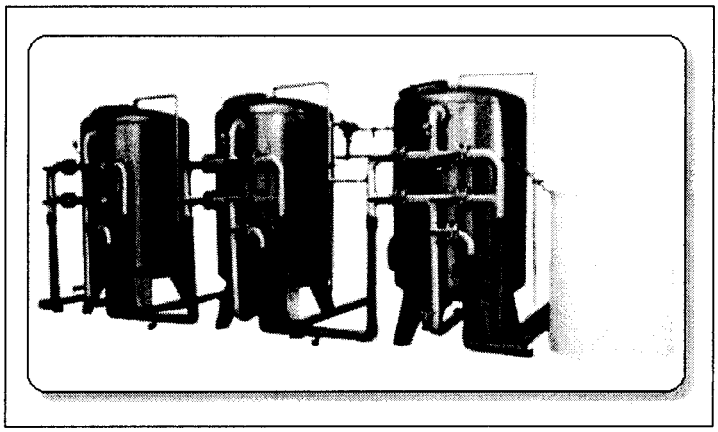
2) ระบบการทำให้บริสุทธิ์ จะกำจัดไอออนประจุบวกและประจุลบทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำต่ำมาก ดังนั้นการบำรุงรักษาระบบหม้อไอน้ำ จะไม่มากเท่ากับระบบแรก ไม่ต้องหยุดระบบเพื่อทำการ Maintenance บ่อย ใช้สารเคมีในระบบหม้อไอน้ำน้อยกว่า และมีการ Blowdown น้อยกว่า ซึ่งวิธีการที่นิยมใช้จะมีอยู่ 2 ระบบคือ ระบบ Reverse Osmosis และระบบ Demineralization

(1) ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบออสโมซิสแบบผันกลับ (ภาพที่ 1.3) จะเป็นระบบการกรองน้ำ โดยให้ความดันของน้ำสูงไหลผ่านเยื่อหุ้มเมมเบรนที่มีความละเอียดมากถึง 0.001 ไมครอน (μm) จนทำให้สามารถกำจัดเชื้อโรค แบคทีเรีย และสารละลายที่อยู่ในน้ำได้ โดยมี

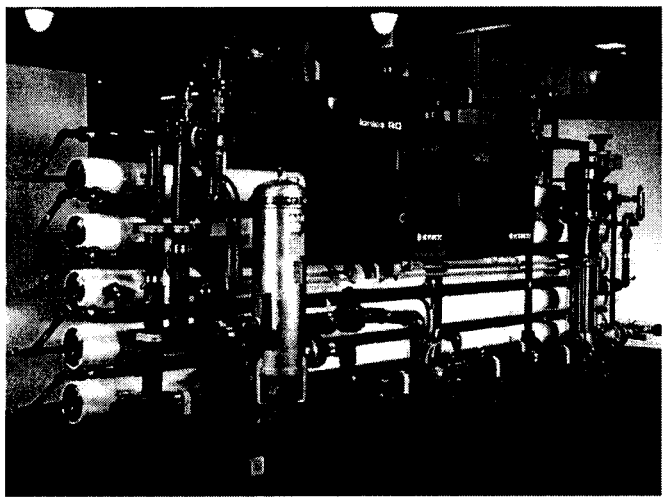
การใช้สารเคมีในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ และในระบบหม้อไอน้ำน้อย สามารถเดินระบบได้อย่างต่อเนื่องไม่ต้องหยุดระบบบ่อย ได้คุณภาพน้ำที่บริสุทธิ์ แต่มีข้อเสียคือมีการทิ้งน้ำส่วนที่ไม่สามารถกรองได้ซึ่งมีค่าสารละลายสูงมากไหลออกตลอดเวลา และเนื่องจากระบบ Reverse Osmosis เป็นเทคโนโลยีบำบัดน้ำที่ค่อนข้างใหม่ ดังนั้นผู้ควบคุมดูแลระบบจะต้องมีความชำนาญเป็นพิเศษในการใช้ระบบด้วย อีกทั้งต้นทุนในการลงทุนสร้างระบบประเภทนี้ค่อนข้างมีมูลค่าสูง

(2) ระบบ Demineralization หรือระบบการกำจัดแร่ธาตุ (ภาพที่ 1.4) จะเป็นระบบที่มีการใช้เรซินเป็นสารกรองเพื่อแลกเปลี่ยนประจุ โดยจะใช้เรซิน 2 ชนิด คือ เรซินประจุบวก (Cation Resin) ทำหน้าที่จับประจุบวกและเรซินประจุลบ (Anion Resin) ทำหน้าที่จับประจุลบของสารละลายในน้ำ คุณภาพน้ำที่ได้จะบริสุทธิ์มาก การดูแลรักษาง่ายและต้นทุนในการสร้างระบบจะต่ำกว่าเมื่อเทียบกับ ระบบ Reverse Osmosis แต่จะมีการใช้สารเคมีในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในปริมาณที่มากขึ้นด้วยเนื่องจากต้องมีการฟื้นฟูสภาพเรซิน

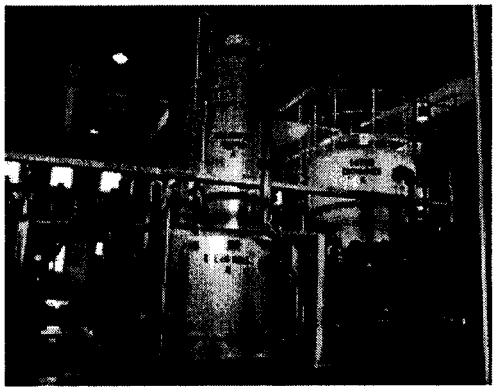
การเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมจะทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำ ลดปริมาณความต้องการของการใช้น้ำบาดาล ช่วยลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการถ่ายน้ำ (Blowdown) ของระบบหม้อไอน้ำ ลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากขั้นตอนการฟื้นฟูประสิทธิภาพของเรซิน ช่วยลดพลังงานที่นำมาใช้ในระบบหม้อไอน้ำ และยังลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบหม้อไอน้ำอีกด้วย ซึ่งจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าส่วนใหญ่โรงงานอุตสาหกรรมจะมีระบบบำบัดน้ำป้อนเข้าสู่ระบบหม้อไอน้ำเป็นแบบระบบกำจัดความกระด้าง (ระบบ Softener) เพียงอย่างเดียว เพราะมีต้นทุนในการลงทุนสร้างระบบต่ำแต่คุณภาพน้ำที่ได้ยังมีค่าสารละลายในน้ำสูงอยู่ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถบำบัดน้ำได้บริสุทธิ์กว่าระบบ Softener ซึ่งได้แก่ ระบบ Reverse Osmosis และระบบ Demineralization โดยทำการศึกษาจากกลุ่มโรงงานตัวอย่าง ในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปูที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือ ระบบ Demineralization ว่าระบบดังกล่าวจะสามารถให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หามูลค่าของต้นทุนที่ลดลงหลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว และระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบใหม่มาช่วยในการตัดสินใจในการเลือกที่จะลงทุนเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำ



ภาพที่ 1.2 ตัวอย่างระบบ Softener



ภาพที่ 1.3 ตัวอย่างระบบ Reverse Osmosis



ภาพที่ 1.4 ตัวอย่างระบบ Demineralization

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อวิเคราะห์หาต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับ จากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทที่ใช้สำหรับระบบหม้อไอน้ำของแต่ละโรงงาน โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังจากที่โรงงานมีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำซึ่งจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization

2.2 เพื่อหาระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนจากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำประเภทระบบ Reverse Osmosis และ ระบบ Demineralization

3. สมมติฐานการวิจัย

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้สำหรับระบบหม้อไอน้ำแบบการทำน้ำให้บริสุทธิ์ ซึ่งได้แก่ระบบ Reverse Osmosis และ ระบบ Demineralization จะมีต้นทุนของการใช้งานระบบทั้งหมดที่ต่ำกว่าระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบการกำจัดความกระด้างเพียงอย่างเดียว หรือที่เรียกว่าระบบการทำน้ำอ่อน (Softener)

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ

4.1 เพื่อทำให้ทราบถึงต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับในเชิงเศรษฐศาสตร์จากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทอันได้แก่ ระบบ Reverse Osmosis และระบบ Demineralization แทนระบบเดิมที่มีอยู่แล้วคือระบบ Softener สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้ในระบบหม้อไอน้ำของโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู ซึ่งมีแหล่งน้ำดิบเป็นน้ำบาดาลที่มีค่าสารละลายที่อยู่ในน้ำสูง

4.2 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับระบบหม้อไอน้ำของแต่ละโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู และโรงงานอื่นๆ ที่ใช้น้ำดิบซึ่งมีคุณภาพน้ำเหมือนกับนิคมอุตสาหกรรมบางปู โดยยึดหลักความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เป็นสำคัญ

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะใช้ข้อมูลเฉพาะจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีระบบหม้อไอน้ำ และมีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาเป็นระบบ Reverse osmosis หรือระบบ Demineralization จำนวน 11 โรงงาน เท่านั้น

5.2 ในการวิเคราะห์ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม นั้นจะเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทก่อนป้อนน้ำเข้าสู่ระบบหม้อไอน้ำ โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ แบบระบบ Reverse Osmosis หรือ แบบระบบ Demineralization ซึ่งมูลค่าต้นทุนที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ต้นทุนทางตรง และต้นทุนทางอ้อม ส่วนมูลค่าผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทจะพิจารณาเพียงประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ (Use value) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประเภทนั้นๆ โดยไม่คำนึงถึงประโยชน์ที่เกิดจากการไม่ได้ใช้ (Non-use value) ในที่นี้ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจะหาได้จากต้นทุนของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทที่ลดลงในแต่ละปีโดยทำการเปรียบเทียบกับต้นทุนเฉลี่ยก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของแต่ละโรงงาน

5.3 การเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ จะศึกษาข้อมูลเป็นระยะเวลา 13 ปี คือ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540-พ.ศ.2552 โดยใช้แบบสอบถามทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540-พ.ศ. 2549 จากนั้น ในปี พ.ศ. 2550-พ.ศ. 2552 จะใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อในการคำนวณหาค่าต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น

6. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

6.1 หม้อไอน้ำ (Steam Boiler หรือ Generator) หมายถึง ภาชนะรับแรงดัน (Pressure Vessel) ชนิดหนึ่งซึ่งใช้ผลิตไอน้ำ โดยวิธีถ่ายเทความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนต่างๆ เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง Heater น้ำมันร้อน ฯลฯ ไปสู่น้ำที่บรรจุไว้ภายในภาชนะปิด จนกระทั่งกลายเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 100 องศาเซลเซียสขึ้นไป

6.2 ระบบ Softener หมายถึง ระบบการกำจัดความกระด้าง (Softener) ของน้ำซึ่งในที่นี้หมายถึง ระบบซึ่งทำหน้าที่กำจัดเฉพาะไอออนประจุบวกที่อยู่ในน้ำ โดยให้น้ำไหลผ่านชั้นสารกรองเรซินประจุบวก (Cation Resin) และทำการแลกเปลี่ยนประจุกันระหว่างไอออนที่อยู่ในน้ำกับ

ไอออนของเรซิน ซึ่งสารกรองเรซินประจุบวกนี้จะบรรจุอยู่ในภาชนะทรงกระบอกตั้งโดยมีท่อซึ่งอยู่ด้านบนเป็นท่อน้ำดิบที่มีความกระด้างของน้ำสูงไหลผ่านเข้าในถังและไหลผ่านชั้นกรองไหลลงสู่ด้านล่างของถังและไหลออก น้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีนี้จะไม่มีความกระด้างเหลืออยู่เลย หรือมีเหลืออยู่น้อยมาก และเมื่อสารกรองเรซินหมดประสิทธิภาพลงจะต้องทำการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายเกลือ (NaCl)

6.3 ระบบ Reverse Osmosis (ระบบออสโมซิสแบบผันกลับ) หมายถึง ระบบการทำน้ำให้บริสุทธิ์โดยใช้หลักการกรอง ของน้ำที่มีแรงดันสูงไหลผ่านเยื่อหุ้มเมมเบรนที่มีความละเอียดมากถึง 0.001 ไมครอน (μm) ซึ่งวิธีนี้จะทำให้สามารถกำจัดเชื้อโรคและสารละลายที่อยู่ในน้ำได้ แต่จะต้องมีการสูญเสียน้ำที่ไม่ได้ผ่านการกรอง มากกว่าระบบอื่น

6.4 ระบบ Demineralization (ระบบการกำจัดแร่ธาตุ) หมายถึง ระบบการทำน้ำให้บริสุทธิ์โดยใช้เรซินเป็นสารกรองเพื่อแลกเปลี่ยนประจุ โดยจะใช้เรซิน 2 ชนิด คือเรซินประจุบวก (Cation Resin) ทำหน้าที่จับประจุบวกและเรซินประจุลบ (Anion Resin) ทำหน้าที่จับประจุลบของสารละลายในน้ำ ซึ่งสารกรองเรซินทั้งสองชนิดนี้จะบรรจุอยู่ในภาชนะทรงกระบอกตั้ง โดยสามารถบรรจุอยู่ในถังเดียวกันหรือแยกภาชนะกันแต่ต่อเนื่องกันก็ได้ ลักษณะถังกรองจะเหมือนกับถังของระบบ Softener คือมีท่อด้านบนเป็นท่อน้ำดิบที่มีค่าความเข้มข้นของสารละลายในน้ำสูงไหลผ่านเข้าในถังและไหลผ่านชั้นกรองไหลลงสู่ด้านล่างของถังและไหลออก น้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีนี้จะไม่มีค่าสารละลายเหลืออยู่เลย หรือมีเหลืออยู่น้อยมาก และเมื่อสารกรองเรซินหมดประสิทธิภาพลงจะต้องทำการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายกรดและด่าง

6.5 เรซิน (Resin) หมายถึง สารกรองที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนประจุกับสารละลายที่อยู่ในน้ำ ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดค่อนข้างกลมคล้ายเม็ดทราย มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุได้ในระดับหนึ่งเมื่อเรซินมีการแลกเปลี่ยนประจุหมดแล้วก็จะทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพด้วยการใช้สารเคมีตามแต่ชนิดของเรซินนั้นๆ โดยเรซินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือเรซินประจุบวก (Cation Resin) และเรซินประจุลบ (Anion Resin)

6.6 การถ่ายน้ำ (Blowdown) หมายถึง การปล่อยน้ำในระบบหม้อไอน้ำ (Boiler) ทิ้งเพื่อกำจัดสารละลายเข้มข้นที่ตกค้างอยู่ในระบบหม้อไอน้ำ และเป็นการควบคุมค่าคุณภาพน้ำในระบบหม้อไอน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ระยะเวลาในการถ่ายน้ำแล้วแต่กำหนด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำที่ป้อนเข้าสู่ระบบหม้อไอน้ำ

6.7 การเติมน้ำ (Make up) หมายถึง การป้อนน้ำเข้าสู่ระบบหม้อไอน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำในระบบหม้อไอน้ำให้คงที่

6.8 อัตราการผลิตไอน้ำ (Steam Rate) คือความสามารถของระบบหม้อไอน้ำที่ผลิตไอน้ำได้ในเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อมาตรวัดความดันหรือเกจ อ่านค่าได้ 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ ความดันบรรยากาศ หน่วยที่เราใช้ในการเรียกคือ กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ ตันต่อชั่วโมง เช่น ระบบหม้อไอน้ำขนาด 5 ตันต่อชั่วโมงคือ ในเวลา 1 ชั่วโมง ระบบหม้อไอน้ำสามารถผลิตไอน้ำได้ 5 ตัน

6.9 ประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency) ในที่นี้หมายถึงประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำ (Fuel-To Steam Efficiency) ซึ่งหมายถึง ความร้อนในไอน้ำที่ระบบหม้อไอน้ำผลิตได้หารด้วยความร้อนทั้งหมดที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงซึ่งเผาไหม้ไป ตัวเลขนี้เป็นตัวเลขที่สามารถจะบ่งถึงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำอย่างถูกต้องซึ่งได้รวมค่าการสูญเสียในรูปของการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) และการพาความร้อน (Convention) ทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้ว ดังนั้นตัวเลขนี้จึงสามารถใช้คำนวณการใช้เชื้อเพลิงของระบบหม้อไอน้ำได้ กล่าวคือระบบหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำสูง จะใช้น้ำมันหรือเชื้อเพลิงน้อยกว่าระบบหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำ

6.10 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity - µS/cm) หมายถึง ค่าที่แสดงถึงความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำ โดยน้ำที่บริสุทธิ์จะมีค่าสารละลายที่อยู่ในน้ำต่ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจึงต่ำไปด้วย และในทางตรงกันข้ามหากน้ำชนิดใดมีค่าสารละลายที่อยู่ในน้ำสูงค่าการนำไฟฟ้าจึงสูงด้วยเช่นกัน

6.11 Condensate หมายถึง ในที่นี้หมายถึงน้ำ Condensate หรือไอน้ำที่ผ่านกระบวนการกลั่นตัวกลับมาเป็นหยดน้ำอีกครั้งซึ่งในระบบหม้อไอน้ำหากมีการนำ Condensate กลับมาใช้ใหม่ได้จะทำให้มีการประหยัดพลังงานในการที่จะทำให้น้ำที่มีอุณหภูมิปกติมีอุณหภูมิสูงขึ้นและเดือดกลายเป็นไออีกครั้งหนึ่งเนื่องจาก Condensate ยังมีค่าอุณหภูมิความร้อนอยู่สูง

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาของบทนี้จะเป็นการศึกษาถึงทฤษฎีที่ใช้เกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงการ ในการเลือกที่จะตัดสินใจลงทุนในโครงการใดโครงการหนึ่งของหน่วยธุรกิจ หรือองค์กร ซึ่งในที่นี้หมายถึง การตัดสินใจเลือกที่จะใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบการทำน้ำให้บริสุทธิ์ซึ่งได้แก่ ระบบ Reverse Osmosis และ ระบบ Demineralization สำหรับระบบหม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้แทนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบเดิมที่มีอยู่แล้วคือระบบ Softener โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบ ก่อนและหลังที่โรงงานกลุ่มตัวอย่างมีการเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประเภทระบบ Reverse Osmosis หรือ ระบบ Demineralization ว่าจะให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ โดยผู้ศึกษาวิจัยจะทำการศึกษาในแต่ละโรงงานกลุ่มตัวอย่าง และได้ทำการทบทวนทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โครงการต่างๆ ที่มีรูปแบบการวิเคราะห์โครงการคล้ายคลึงกับเรื่องนี้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กรอบความคิดทางทฤษฎี

1.1 ประเภทของการวิเคราะห์โครงการ

ประเภทของการวิเคราะห์โครงการสามารถทำได้หลายวิธีแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ อาจสรุปประเภทของการวิเคราะห์โครงการเป็น 4 แนวทางด้วยกันดังนี้คือ

1.1.1 ประเภทที่แบ่งตามช่วงเวลาของการวิเคราะห์

1.1.2 ประเภทที่แบ่งตามเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

1.1.3 ประเภทที่แบ่งตามแนวคิดในการวิเคราะห์

1.1.4 ประเภทที่แบ่งตามการเปรียบเทียบผลของโครงการ

1.1.1 ประเภทที่แบ่งตามช่วงเวลาของการวิเคราะห์

สามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) การวิเคราะห์โครงการที่ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วหรือกำลังดำเนินการอยู่ (Ex Post Evaluation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาผลสำเร็จของโครงการว่า บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการมากน้อยเพียงใด อะไรที่ยังเป็นปัญหาอยู่ โครงการสมควรดำเนินการต่อไปหรือไม่ หรือสมควรปรับปรุงแก้ไขด้านใดบ้าง

2) การวิเคราะห์โครงการก่อนที่โครงการจะเริ่มจริง (Ex anti evaluation) เป็นการวิเคราะห์ผลความเป็นไปได้ของโครงการก่อนนำไปใช้ในทางปฏิบัติโดยอาศัยการประมาณการสถานการณ์ในอนาคต เพื่อประเมินทางเลือกของโครงการต่างๆ ว่าโครงการใดดีที่สุดที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จัดอยู่ในประเภทที่ 1 คือเป็นการศึกษาเปรียบเทียบโครงการระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้ในระบบหม้อไอน้ำของโรงงานที่ได้มีติดตั้งไปแล้วและใช้อยู่ในปัจจุบันว่าระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำดังกล่าวมีความเหมาะสมและคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่

1.1.2 ประเภทที่แบ่งตามเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างโครงการต่างๆ นั้น เพื่อเป็นการวิเคราะห์ทางเลือกว่า โครงการใดดีที่สุด การศึกษาในลักษณะนี้จัดเป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ (Analytical Study) โดยผู้ศึกษาอาจให้ความสนใจทั้งด้านสิ่งนำเข้าและผลผลิต หรือด้านใดด้านหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของการวิเคราะห์ตามเครื่องมือในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์ต้นทุน – ประสิทธิผล (Cost – Effectiveness Analysis หรือ CEA)

2) การวิเคราะห์ต้นทุน – ผลประโยชน์ (Cost – Benefit Analysis หรือ CBA)

การศึกษาด้านต้นทุน และ/หรือ ผลประโยชน์ของโครงการใดโครงการหนึ่ง (โดยไม่มีการเปรียบเทียบระหว่างโครงการ) มักจะเป็นการศึกษาเพื่อเชิงอรรถาธิบายให้เห็นถึงลักษณะของต้นทุนและ/หรือผลประโยชน์ที่เฉพาะของโครงการหนึ่งที่สนใจเท่านั้น ซึ่งก็มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขโครงการนั้นๆ ให้มีประสิทธิภาพ อาจจำแนกประเภทการวิเคราะห์ตามเครื่องมือในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

- การอรรถาธิบายผลประโยชน์ (Benefit Description)
- การอรรถาธิบายต้นทุน (Cost Description)
- การอรรถาธิบายต้นทุน-ผลที่ออกมา (Cost-Outcome Description)

1.1.3 ประเภทที่แบ่งตามแนวคิดในการวิเคราะห์

ในทางปฏิบัติพบว่า มักมีความเข้าใจสับสนเกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) ซึ่งสามารถแยกความแตกต่างของการวิเคราะห์ตามแนวความคิดนี้ได้ดังนี้คือ

1) การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) จะพิจารณาถึงผลประโยชน์ทางสังคมหรือสวัสดิการสังคม (Social Welfare) และการวิเคราะห์จะครอบคลุมถึงการเคลื่อนไหวของทรัพยากรทั้งหมด คือ

(1) ผลกระทบภายนอกต่อสังคม (Externalities) เช่น ปัญหาที่กระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นต้นทุนทางสังคมที่ต้องคำนึงถึง

(2) ราคาของทรัพยากรที่ใช้ไปทั้งหมด ต้องคิดให้รอบด้าน ทั้งที่คำนวณได้ด้วยราคาตลาดและไม่มีราคาตลาด (Economic Analysis Price) ซึ่งต้องคิดคำนวณในลักษณะของค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) หรือราคาเงา (Shadow Price)

(3) การกระจายของทรัพยากรเกิดความเป็นธรรม (Equity) ต่อสังคมหรือไม่

ฉะนั้น การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จึงเป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับทรัพยากรที่ใช้และผลได้ที่ออกมาทั้งหมด ทั้งที่สามารถนับเป็นตัวเงินได้และที่นับไม่ได้

2) การวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) จะพิจารณาในลักษณะที่จำกัดเฉพาะตัวหรือในลักษณะของธุรกิจเอกชน ซึ่งในการวิเคราะห์จะคำนึงถึงการเคลื่อนไหวทางการเงินเป็นหลัก หรือคิดเฉพาะสิ่งที่ปรากฏในบัญชีทางการเงินเป็นหลัก เช่น จะคำนึงถึงสภาพคล่องทางการเงิน (Liquidity) ผลตอบแทนในสินทรัพย์ (Return of Equity) ที่ได้ลงทุนไว้ เป็นต้น

1.1.4 ประเภทที่แบ่งตามการเปรียบเทียบผลของโครงการ

กรณีที่สังคมพยายามจัดสรรทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดท่ามกลางเป้าหมายทางสังคมมีอยู่หลายประการด้วยกัน โดยต้องการเปรียบเทียบระหว่างการมีโครงการ (With Project) กับไม่มีโครงการ (With Out Project)

เนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์โครงการของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่โรงงานอุตสาหกรรมในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปูได้ดำเนินการติดตั้ง และใช้งานไปแล้ว ซึ่งโรงงานกลุ่มที่ทำการศึกษาได้มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse osmosis และระบบ Demineralization โดยผู้ศึกษาวิจัยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วจะนำมาวิเคราะห์หาต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ ระบบ Reverse osmosis และ ระบบ Demineralization โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนเปลี่ยนและหลังเปลี่ยนว่าจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ และจะทำการศึกษาในแต่ละโรงงานเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำผลสรุปที่ได้จากการศึกษาวิจัยมาเป็นแนวทางในการตัดสินใจของโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปูและโรงงานที่มีคุณภาพน้ำดิบใกล้เคียงกับโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู ที่จะเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำให้เหมาะสมและคุ้มทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดต่อไป

1.2 เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่ช่วยในการวิเคราะห์โครงการ

สำหรับเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่ช่วยในการวิเคราะห์โครงการที่พบเห็นบ่อยๆ ในรายงานวิจัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งรายงานของธนาคารโลก Asian Development Bank มีดังนี้

***1.2.1 การวิเคราะห์ต้นทุนต่ำสุด* (Cost-Minimization Analysis หรือ CMA)** เป็นการวิเคราะห์ที่มุ่งสนใจเฉพาะด้านต้นทุนเป็นหลัก โดยมีข้อกำหนดให้ผลตอบแทนไม่แตกต่างกัน เช่น การวิเคราะห์วิธีการป้องกันการพังทลายของดิน ให้ถือว่าวัตถุประสงค์ของโครงการคือป้องกันการพังทลายของดิน ซึ่งอาจมีทางเลือกหลายวิธีที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายเช่นกัน ก่อนจะทำการวิเคราะห์ว่าวิธีการใดมีต้นทุนต่ำสุด

***1.2.2 การวิเคราะห์ต้นทุน-ประสิทธิผล* (Cost-Effectiveness Analysis หรือ CEA)** เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งด้านต้นทุนและผลประโยชน์ ในด้านทรัพยากรธรรมชาติจะวัดผลจากโครงการเป็นหน่วยอัตราผลสำเร็จของโครงการที่สนใจเฉพาะอันใดอันหนึ่ง เช่น การลดปริมาณความสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของปุ๋ยหน้าดินของพื้นที่เพาะปลูกที่เป็นที่ราบสูง (Upland Crop) เป็นต้น

***1.2.3 การวิเคราะห์ต้นทุน-อรรถประโยชน์* (Cost-Utility Analysis หรือ CUA)** เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งด้านต้นทุนและผลประโยชน์ ผลประโยชน์จะวัดออกมาเป็นคุณภาพชีวิต โดยการสร้างเกณฑ์วัดผลประโยชน์เป็นหน่วยคุณภาพชีวิต หรือหน่วยอรรถประโยชน์ จึงสามารถวัดผลได้ในหลายมิติที่ต้องการ ทั้งมิติด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม วิธีนี้ได้รับความนิยม

มาก มีความเหมาะสมมากกับงานด้านโครงการสาธารณสุข หรือการวิเคราะห์ผลกระทบโครงการพัฒนาที่มีต่อคุณภาพชีวิตมนุษย์ แต่ในประเทศไทยพบการศึกษาดังกล่าวน้อยมาก อาจจะเป็นเพราะความยุ่งยากในการวัดเพราะเกี่ยวกับมนุษย์โดยเฉพาะจิตใจซึ่งเป็นเรื่องนามธรรม คุณธรรม เป็นเรื่องยากที่จะตีค่าออกมาเป็นตัวเงิน มักพบว่าเมื่อใดที่มีงานทำนองนี้ออกมา ผู้อ่านหรือผู้ที่ต้องการนำผลของงานไปใช้ในทางปฏิบัติมักมีข้อวิพากษ์วิจารณ์หรือข้อโต้แย้ง ทำให้ไม่ค่อยพบว่าจะมีการใช้วิธีวิเคราะห์ที่สามนี้บ่อยนัก

***1.2.4 การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์* (Cost-Benefit Analysis หรือ CBA)** เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งด้านต้นทุนและผลประโยชน์ ผลประโยชน์จะวัดออกมาเป็นผลได้ทางเศรษฐกิจ โดยแปลงผลได้ด้านต่างๆ ออกมาเป็นตัวเงิน จึงสามารถวัดและแจกแจงผลประโยชน์ในหลายมิติที่ต้องการได้ เทคนิคในการวิเคราะห์ภายใต้แนวคิดข้อสี่นี้ มีด้วยกัน 3 เทคนิคคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) สัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BC Ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

การเลือกเครื่องมือที่จะนำมาวิเคราะห์ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธี การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis หรือ CBA) เนื่องจาก ต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับจากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทของแต่ละโรงงานนั้นจะคิดเฉพาะในส่วนที่เป็นมูลค่าทางการเงินเท่านั้น ซึ่งข้อมูลที่ได้เหล่านั้นจะถูกรวบรวมจากแบบสอบถามและนำมาวิเคราะห์ตามขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ตามแนวทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Cost – Benefit Analysis หรือ Economic CBM) เป็นการวิเคราะห์ทั้งต้นทุนและผลประโยชน์ออกมาเป็นตัวเงินเพื่อเปรียบเทียบมูลค่าทั้งสองของแต่ละโครงการว่า ผลประโยชน์ที่ได้คุ้มค่ากับต้นทุนที่เสียไปหรือไม่ การวิเคราะห์ทุกอย่างจะตั้งอยู่บนแนวคิดทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ ในการเปรียบเทียบนี้ ถ้าโครงการที่พิจารณามีอายุเพียงปีเดียว ก็สามารถนำเอามูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์มาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง แต่โครงการที่มีอายุยาวนานกว่า 1 ปีนั้น จะมีปัจจัยทางด้านเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย คือการลงทุนและผลประโยชน์ของโครงการเกิดขึ้นคนละเวลากันจึงไม่สามารถนำมูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้ออกมาในแต่ละปีมาบวกหรือลบกันได้โดยตรง จำเป็นต้องทำให้มูลค่าทั้งสองเป็นฐานเดียวกันโดยปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบันเสียก่อน ซึ่งแนวคิดและเทคนิคในการวิเคราะห์ของวิธีนี้จะบรรยายไว้ในส่วนถัดไป อนึ่งการพิจารณาเลือกลงทุนในโครงการใดๆ ของหน่วยธุรกิจนั้นจำเป็นต้องมีการเรียงลำดับความสำคัญในการคาดคะเนผลตอบแทนที่จะได้รับเพื่อการจัดสรรเงินลงทุนที่ถูกต้องและให้ผลตอบแทนคุ้มค่าที่สุด โดยวิธีการเรียงลำดับความสำคัญของโครงการลงทุน

ที่นิยมกันมี 4 วิธีคือ[1]

1) วิธีอัตราผลตอบแทนเฉลี่ย (Average Rate of Return (ARR) Method)

2) วิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method)

3) วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value (NPV) Method)

4) วิธีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return (IRR) Method)

ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบโครงการลงทุนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้กับหม้อไอน้ำ ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของแต่ละโรงงาน ที่ได้เปลี่ยนจากการใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ ระบบ Reverse Osmosis หรือ ระบบ Demineralization โดยเรียงตามลำดับความสำคัญตามวิธีการข้างต้น และจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องซึ่งจะได้กล่าวในลำดับต่อไปนั้นมีวิธีการวิเคราะห์โครงการที่คล้ายกันโดยได้นำวิธีวิเคราะห์โครงการแบบต้นทุนและผลประโยชน์มาใช้ในการพิจารณาเลือกโครงการที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจะได้นำวิธีการดังกล่าวมาพิจารณาประกอบกันโดยมีการเรียงตามลำดับดังต่อไปนี้

1.3 การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์

1.3.1 การพิจารณาทางด้านต้นทุน

การพิจารณาทางด้านต้นทุน ที่เกิดขึ้นของโครงการแต่ละโครงการสามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะดังนี้คือ

1) ต้นทุนทางตรง (Direct Cost) ได้แก่

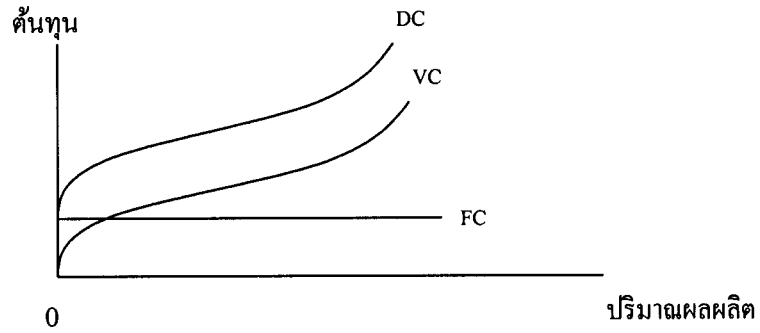
(1) ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost - FC) คือ ต้นทุนที่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิตไม่ว่าจะผลิตสินค้ามากหรือน้อยหรือไม่ผลิตเลยก็ตาม ผู้ผลิตหรือเจ้าของกิจการจะต้องจ่ายต้นทุนคงที่นี้เป็นจำนวนตายตัว

---

[1] รศ. จรินทร์ เจริญศรีวัฒนกุล ทฤษฎีต้นทุนอุตสาหกรรม 2 คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

(2) ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost - VC) คือ ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่แปรผันโดยตรงกับปริมาณการผลิต ถ้าไม่ผลิตเลยต้นทุนแปรผันก็ไม่เกิดขึ้น ถ้าผลิตสินค้าเพิ่มขึ้นต้นทุนแปรผันก็จะเพิ่มขึ้น เส้นต้นทุนแปรผันจะลาดจากซ้ายไปขวาเริ่มจาก 0 มีลักษณะเป็นเส้นโค้งคล้ายตัว S หัวกลับ (ทั้งนี้เพราะการเพิ่มของปัจจัยแปรผันในหน่วยแรกๆ จะทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงกว่าอัตราการเพิ่มของต้นทุนแปรผันทั้งหมดแต่เมื่อเพิ่ม VC เลยจุดหนึ่งไปแล้ว ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นในอัตราต่ำกว่าการเพิ่มของ VC

ดังนั้นต้นทุนทางตรงจึงเท่ากับต้นทุนคงที่บวกด้วยต้นทุนแปรผันและสามารถแสดงลักษณะของต้นทุนได้ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ต้นทุนรวม ต้นทุนแปรผัน และต้นทุนคงที่

2) ต้นทุนทางอ้อม หมายถึง ต้นทุนที่เกิดจากการทำโครงการนั้นๆ และทำให้เกิดผลกระทบภายนอก เช่นโครงการก่อสร้างระบบเตาเผาขยะ ต้นทุนทางอ้อมที่เกิดขึ้นก็คือ ค่ารักษาพยาบาลของคนในชุมชนบริเวณนั้นที่เกิดขึ้นจากผลกระทบทางสภาวะอากาศที่เสียไปทำให้คนในชุมชนเกิดเจ็บไข้เป็นโรคทางเดินหายใจ เป็นต้น

3) ต้นทุนค่าเสียโอกาส หมายถึง ต้นทุนที่เสียไปเนื่องจากการเลือกใช้โครงการใดโครงการหนึ่งโดยไม่เลือกอีกโครงการที่เหลือ ทำให้เสียประโยชน์ที่จะได้รับจากการใช้โครงการที่ไม่ได้เลือกนั้นๆ

จากต้นทุนข้างต้นสามารถนำมาเขียนเป็นฟังก์ชัน และสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้คือ

ต้นทุนทั้งหมดของโครงการระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท :

$$C_{Total} = \sum_{n=1}^{N} C_n$$

เมื่อกำหนดให้ :

C_{Total} = มูลค่าของต้นทุนทั้งหมดของแต่ละโครงการ

C_n = มูลค่าของต้นทุนแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นแต่ละโครงการ

1.3.2 การพิจารณาทางด้านผลประโยชน์

การพิจารณาทางด้านผลประโยชน์ของการวิเคราะห์โครงการสามารถ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) มูลค่าที่เกิดจากการใช้ (Use Value) คือ มูลค่าจากการที่โครงการนั้นๆ ให้ประโยชน์ที่เป็นรูปธรรม แบ่งเป็น Direct Use Value คือมูลค่าที่หน่วยธุรกิจได้รับประโยชน์จากโครงการนั้นโดยตรง และ Indirect Use Value คือมูลค่าที่หน่วยธุรกิจไม่ได้รับประโยชน์จากโครงการนั้นโดยตรง เช่น หน่วยธุรกิจอาจเลือกระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ผลิตน้ำบริสุทธิ์ได้มาก ทำให้มีน้ำเสียที่ปล่อยออกสู่สาธารณะน้อยลงส่งผลให้สิ่งแวดล้อมรอบๆ โรงงานดีขึ้น เป็นต้น

2) มูลค่าที่เกิดจากการไม่ได้ใช้ (Non-Use Value) คือมูลค่าจากการที่โครงการนั้นๆ ให้ประโยชน์ ในรูปการสร้างความรู้สึกที่ดี ซึ่งอยู่ในรูปแบบนามธรรม

3) Option Value คือมูลค่าจากการที่หน่วยธุรกิจไม่ได้ใช้ประโยชน์จากโครงการนั้นเลยไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบ Use Value หรือ Non-Use Value ในขณะนี้ แต่คิดว่าจะมีโอกาสใช้ประโยชน์ในอนาคต

จากความหมายทางด้านผลประโยชน์ข้างต้นนั้น ผู้วิจัยจึงขอเลือกวิเคราะห์โครงการ โดยการหามูลค่าของผลประโยชน์ที่เกิดจากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละชนิดโดยตรง (Direct Use Value) ของโรงงานนั้นๆ ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นฟังก์ชัน และสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้คือ

ผลประโยชน์ทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ :

$$B_{Total} = \sum_{n=1}^{N} B_n$$

เมื่อกำหนดให้ :

B_{Total} = มูลค่าของผลประโยชน์ทั้งหมดของแต่ละโครงการ

B_n = มูลค่าของผลประโยชน์แต่ละชนิดที่เกิดขึ้นในแต่ละโครงการ

1.3.3 การหาอัตราผลตอบแทนเฉลี่ย

อัตราผลตอบแทนเฉลี่ย คือ อัตราส่วนของกำไรสุทธิเฉลี่ย (Average Net Income) ต่อเงินลงทุนเฉลี่ย (Average Investment) ของโครงการซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราผลตอบแทนเฉลี่ย (ARR)} = \frac{\text{กำไรสุทธิเฉลี่ย}}{\text{เงินลงทุนเฉลี่ย}}$$

แม้ว่าวิธีอัตราผลตอบแทนเฉลี่ย (ARR) สามารถกำหนดค่าได้ง่ายแต่มีจุดอ่อนคือ วิธีนี้ใช้ข้อมูลทางบัญชี กล่าวคือ ใช้กำไรสุทธิตามบัญชีแทนที่จะใช้กระแสเงินสดสุทธิ (กำไรสุทธิ + ค่าเสื่อมราคาหรือกระแสเงินสดไหลเข้า – กระแสเงินสดไหลออก) ซึ่งในทัศนะของผู้บริหารการเงิน กระแสเงินสดสุทธิมีความสำคัญมากกว่ากำไรสุทธิ และวิธีนี้ไม่ได้นำมูลค่าของเงินตามเวลา (Time Value of Money) มาพิจารณา ด้วยเหตุนี้ วิธีอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยของโครงการ (ARR) จึงไม่นิยมใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจลงทุน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงตัดวิธีนี้ออกโดยไม่พิจารณาวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

1.3.4 ระยะเวลาคืนทุน[1] (Payback Period Method)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี / เดือน หรือวัน) ที่กระแสเงินสดสุทธิ (Net Cash Flows) ที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตเท่ากับเงินลงทุนแรกเริ่มของโครงการพอดี ซึ่งวิธีการคำนวณระยะเวลาคืนทุน สามารถคำนวณได้ 2 วิธีคือ

1) วิธี Static Method พิจารณากรณีที่โครงการมีผลตอบแทนสุทธิ หรือกระแสเงินสดสุทธิ (Net Cash Flows) จากการดำเนินโครงการเท่ากันตลอดทุกปี โดยสูตรคำนวณระยะเวลาคืนทุนสามารถเขียนได้ดังนี้คือ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนสุทธิ}}{\text{กระแสเงินสดสุทธิต่อปี}}$$

2) วิธี Dynamic method พิจารณาในกรณีที่โครงการมีผลตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดสุทธิ (Net Cash Flows) จากการดำเนินโครงการในแต่ละปีไม่เท่ากัน โดยใช้ตัวคิดลด (Discount rate) ปรับค่าของผลประโยชน์ที่ได้รับในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบันก่อน แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเรียงตามลำดับปีที่ได้รับ จนกระทั่งจำนวนกระแสเงินสดสุทธิรวมทั้งสิ้นเท่ากับเงินลงทุนแรกเริ่มพอดี โดยสมมติว่ากระแสเงินสดสุทธิเกิดขึ้นสม่ำเสมอตลอดทั้งปี ซึ่งสูตรคำนวณระยะเวลาคืนทุนวิธีนี้สามารถเขียนได้ดังนี้คือ

ระยะเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์

ค่าระยะเวลาคืนทุน ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี จะมีความแตกต่างกัน โดยค่าจาก Static Method จะให้ระยะเวลาคืนทุนเร็วกว่า Dynamic method เนื่องจาก Dynamic method จะใช้การคำนวณค่าแบบสะสมจากมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับ โดยใช้ตัวคิดลด (Discount rate) ด้วย ซึ่งในการเลือกโครงการ ค่าระยะเวลาคืนทุนจะแสดงให้เห็นว่าต้องใช้เวลานานเพียงใดในการได้ทุนคืน ถ้าสามารถได้ทุนคืนเร็วโครงการก็จะน่าสนใจแต่วิธีการดังกล่าวจะมีข้อเสียในการเลือกโครงการคือ วิธีนี้จะไม่ให้ความสนใจถึงเงินเข้าสุทธิในส่วนที่ได้ หรือผลประโยชน์ที่ได้รับหลังจากช่วงเวลาคืนทุนแล้ว ซึ่งอาจจะมีผลตอบแทนภายหลังมากกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็วก็ได้

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการหาระยะเวลาคืนทุน แบบ Dynamic method เนื่องจากต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละปีตลอดระยะเวลาโครงการไม่เท่ากัน

---

[1] จาก http://www2.dede.go.th/webpage/Main.htm

1.3.5 การปรับค่าต้นทุนและผลประโยชน์ในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน

มูลค่าปัจจุบัน หมายถึง การทอนมูลค่าของต้นทุนที่เสียไปหรือมูลค่าของผลประโยชน์จากการลงทุนในช่วงเวลาต่างๆ มาเป็นมูลค่าในช่วงเวลาที่ทำการวิเคราะห์ ซึ่งก็คือเวลาในปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะว่ามูลค่าของเงินจะแตกต่างกันในระยะเวลาต่างๆ ค่าของเงินในอดีตและในอนาคตไม่เท่ากับค่าของเงินในปัจจุบัน ดังนั้นในการศึกษานี้ เมื่อประเมินมูลค่าต้นทุนและผลประโยชน์ในรูปตัวเงินในแต่ละปีเรียบร้อยแล้ว การปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) ทำได้โดยมูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ในระยะเวลาต่างๆ จะถูกปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบันโดยอาศัยตัวคิดลด (Discount rate) ถ้า i เป็นอัตราคิดลด มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนหรือผลประโยชน์ ซึ่งได้รับในเวลา t สามารถคำนวณโดยใช้สูตรต่อไปนี้

มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน :

$$PV\ (C_t) = \quad C_t\ (1+i)^{-t}$$

มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ :

$$PV\ (B_t) = \quad B_t\ (1+i)^{-t}$$

เมื่อกำหนดให้ :

$PV\ (C_t)$ = มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

$PV\ (B_t)$ = มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์

$(1+i)^{-t}$ = ตัวคิดลด (Discount rate) ซึ่งจะมีค่าระหว่าง +1 และ 0

t = ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, . . . , T

C_t = มูลค่าของต้นทุน ณ ปีที่ t

B_t = มูลค่าของผลประโยชน์ ณ ปีที่ t

1.3.6 การเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์

การเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ หรือ การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยคำนวณหาค่า NPV ได้จากการนำมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุการใช้งานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นๆ ลบด้วยมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย ตลอดอายุการใช้งานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นๆ สามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ :

$$NPV = \sum_{t=0}^{T}\left[B_t(1+i)^{-t}\right] - \sum_{t=0}^{T}\left[C_t(1+i)^{-t}\right]$$

เมื่อกำหนดให้ :

NPV	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
$(1+i)^{-t}$	=	ตัวคิดลด (Discount rate) ซึ่งจะมีค่าระหว่าง +1 และ 0
t	=	ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, . . . , T
C_t	=	มูลค่าของต้นทุน ณ ปีที่ t
B_t	=	มูลค่าของผลประโยชน์ ณ ปีที่ t

หลักเกณฑ์การเลือกระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมตามวิธีนี้คือ

ถ้า NPV > 0 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นน่าจะลงทุนเพราะมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุการใช้งานของระบบมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบของอย่างน้อยก็คุ้มค่ากับอัตราส่วนลด

ถ้า NPV = 0 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นจะมีมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุการใช้งานของระบบเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบ ดังนั้นจะตัดสินใจเลือกลงทุนหรือไม่ก็ได้

ถ้า NPV < 0 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นไม่น่าลงทุนเพราะมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุการใช้งานของระบบไม่คุ้มกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบ

1) ข้อดีของ NPV

(1) สามารถวัดค่าออกมาเป็นตัวเงิน ดังนั้น จึงสามารถเปรียบเทียบให้เห็นได้อย่างชัดเจน

(2) ถึงแม้ว่าตลาดเงินทุนจะมีความไม่สมบูรณ์คือมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลง แต่การทอนมูลค่าเงินให้เป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิจะให้ได้ค่าที่ถูกต้องเสมอ ถ้ามีการเลือกอัตราส่วนลดอย่างถูกต้อง คือไม่กำหนดอัตราส่วนลดต่ำหรือสูงเกินไป

(3) เป็นวิธีที่คำนวณหาได้ไม่ยาก

2) ข้อเสียของ NPV

(1) การใช้หลักเกณฑ์ NPV พิจารณาอาจทำให้การตัดสินใจผิดพลาดได้ เพราะ NPV เป็นค่าที่แสดงจำนวนผลตอบแทนสุทธิของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นๆ โดยระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดเล็กที่ให้ผลตอบแทนสูง (เมื่อเทียบกับต้นทุน) อาจมีค่า NPV ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ที่ให้ผลตอบแทนต่ำ (เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุน) ปัญหานี้แก้ได้โดยใช้หลักเกณฑ์ B/C Ratio เทียบอัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับของโครงการต่อต้นทุนหนึ่งหน่วย

(2) ในตลาดเงินทุนที่ไม่สมบูรณ์ การเลือก Discount Rate ผิดพลาดอาจทำให้ค่าของ NPV ผิดพลาดได้ กล่าวคือ ถ้าใช้อัตราส่วนลดสูงค่าของ NPV จะต่ำ และถ้าใช้อัตราส่วนลดต่ำค่าของ NPV จะสูง ดังนั้นระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ให้ผลตอบแทนต่ำและไม่น่าสนใจอาจเป็นระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ให้ผลตอบแทนสูงขึ้นโดยการใช้อัตราส่วนลดที่ต่ำลงในการคำนวณ

1.3.7 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit – Cost Ratio = BCR หรือ B/C)

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นๆ ต่อ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นๆ ซึ่งมีสูตรในการคำนวณได้ 3 แบบ คือ

1) $$\text{Gross BCR} = \frac{\sum \text{Benefits}}{\sum \text{Costs}}$$

เกณฑ์ : โครงการที่น่าลงทุนคือโครงการที่มีค่า Gross BCR > 1

2) $\text{Net BCR} = \dfrac{\sum(\text{Benefits - Costs})}{\sum \text{Costs}}$

เกณฑ์ : โครงการที่น่าลงทุนคือโครงการที่มีค่า Net BCR > 0

3) $\text{Net - Benefit - Investment Ratio (or Net BIR)} = \dfrac{\text{Net Benefits}}{\text{Capital Costs}}$

$= \dfrac{\text{Receipts - Operating Cost}}{\text{Capital Costs}}$

เกณฑ์ : โครงการที่จะผ่านการยอมรับจะต้องมีค่า Net BIR > 1

สูตรนี้เป็นสูตรที่นิยมใช้ในกรณีที่มีทุนจำกัด ซึ่งผลที่ได้จากสูตรนี้จะแสดงผลประโยชน์สุทธิของโครงการต่อทุน 1 บาท

เนื่องจากสูตรที่ใช้ในการคำนวณมีหลายแบบ จึงทำให้โครงการเดียวกันสามารถมีค่าสัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนได้หลายค่า ตัวอย่าง เช่น โครงการหนึ่งมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์เท่ากับ 16 มูลค่าของต้นทุนค่าลงทุน (Capital Cost) เท่ากับ 8 และต้นทุนดำเนินการเท่ากับ 4

ก) Gross BCR = 16 / (8+4) = 1.33

ข) Net BCR = 16 – (8+4) / (8+4) = 0.33

ค) Net BIR = (16 – 4) / 8 = 1.50

ดังนั้น การวิเคราะห์ค่าสัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) จึงต้องใช้ด้วยความระมัดระวังในการคำนวณ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วมักนิยมใช้สูตร Gross BCR เพื่อป้องกันความสับสน และสามารถเขียนในรูปแบบสมการคณิตศาสตร์ได้ใหม่ดังนี้

ค่าสัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) :

$$B/C = \sum_{t=0}^{T}\left[B_t(1+i)^{-t}\right] \;/\; \sum_{t=0}^{T}\left[C_t(1+i)^{-t}\right]$$

เมื่อกำหนดให้ :

B/C = อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

$(1+i)^{-t}$ = ตัวคิดลด (Discount rate) ซึ่งจะมีค่าระหว่าง +1 และ 0

t = ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, . . . , T

C_t = มูลค่าของต้นทุน ณ ปีที่ t

B_t = มูลค่าของผลประโยชน์ ณ ปีที่ t

หลักเกณฑ์การเลือกระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมตามวิธีนี้คือ

ถ้า B/C > 1 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นคุ้มค่าน่าจะลงทุนเพราะมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุการใช้งานของระบบมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบ คือ ได้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนของเงินลงทุนทั้งหมดตลอดอายุโครงการ

ถ้า B/C = 0 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นจะลงทุนหรือไม่ก็ได้เพราะมีมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุการใช้งานของระบบเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบ

ถ้า B/C < 0 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นไม่น่าลงทุนเพราะมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุการใช้งานของระบบไม่คุ้มกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบ

1) ข้อดีของ B/C

(1) สามารถบอกว่าผลตอบแทนต่อทุน 1 หน่วย มีมากน้อยเพียงใด

(2) สามารถจัดลำดับความคุ้มค่าของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละชนิดได้ง่ายต่อการพิจารณาในกรณีที่มีงบประมาณจำกัด

2) ข้อเสียของ B/C

จะมีความไหวตัวต่อมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์และต้นทุนอย่างมาก ถ้ามีการคิดต้นทุนบางรายการเป็นผลประโยชน์ติดลบ และคิดผลประโยชน์บางรายการของต้นทุนติดลบ เช่น นิพนธ์ พัวพงศกร 2533, 249-251 ศึกษา โครงการลดมลภาวะ ได้ค่า B/C ที่ไม่สามารถบอกถึงความเหมาะสมของโครงการได้ซึ่งลักษณะแบบนี้การใช้หลักเกณฑ์ NPV จะได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกว่า

1.3.8 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal rate of return = IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal rate of return = IRR) คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ในการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นๆ หรืออัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์ ค่าที่ได้นี้เป็นค่าเปรียบเทียบว่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนสูงกว่าอัตราค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนนั้นหรือไม่ เพราะหากไม่ทำโครงการดังกล่าว ก็สามารถนำเงินลงทุนนั้นไปฝากธนาคารและได้รับผลตอบแทนเป็นอัตราดอกเบี้ยเช่นกัน

การหาค่า IRR ทำได้โดยใช้วิธีการทดลองไปเรื่อยๆ โดยลองสมมติค่า i ขึ้นแล้วคำนวณหาค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ตลอดโครงการ เทียบว่าค่าที่คำนวณได้เท่ากับมูลค่า

ปัจจุบันของต้นทุนตลอดอายุการใช้งานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นๆ หรือไม่ ถ้ายังไม่เท่ากัน ก็เปลี่ยนค่า i ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ค่า i ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นๆ พอดี อนึ่งในปัจจุบันมีคอมพิวเตอร์ช่วยทำงานซึ่งสะดวกเร็วขึ้น เรียกวิธีการในคอมพิวเตอร์ว่า การ Interactive หรืออาจคิดได้จากสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ :

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

เมื่อกำหนดให้ :

IRR = อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ

B_t = มูลค่าผลประโยชน์ที่ได้รับของโครงการในปีที่ t

C_t = มูลค่าของต้นทุนทั้งหมดของโครงการในปีที่ t

t = ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, . . . , T

i = อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิมีค่าเป็นศูนย์

เกณฑ์ : โครงการที่น่าลงทุนคือโครงการที่ให้ค่า IRR สูงกว่าอัตราดอกเบี้ยปกติในตลาด

1) ข้อดีของ IRR

(1) เป็นการวัดประสิทธิภาพส่วนเพิ่มของการลงทุนว่าเมื่อตัดสินใจลงทุนไปแล้วจะให้ผลตอบแทนเป็นอย่างไร (ในรูป %) ทำให้ง่ายต่อการเข้าใจเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาสของต้นทุน (อัตราส่วนลด)

(2) มีประโยชน์ถ้ามีการทำ Sensitivity Analysis กล่าวคือ ถ้าต้นทุนของโครงการเปลี่ยนแปลงจะมีผลกระทบต่อ IRR อย่างมาก ดังนั้น IRR จึงสะท้อนถึงทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

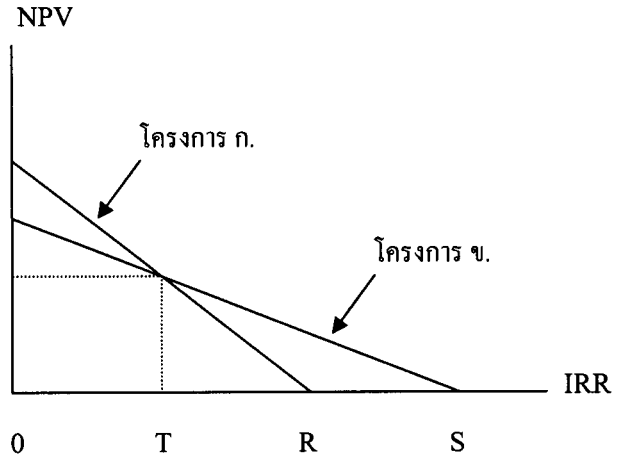
2) ข้อเสียของ IRR

(1) อาจมีค่า IRR มากกว่า 1 ค่าที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็น 0 จึงเกิดความไม่แน่ใจว่าค่าใดเป็นค่าที่เหมาะสม

(2) ถ้าโครงการมีลักษณะพึ่งพิงกัน (Interdependent) กล่าวคือถ้าดำเนินโครงการหนึ่งจะต้องไม่ดำเนินการอีกโครงการหนึ่งหรือเรียกว่า "Mutually Exclusive" โครงการนี้

จึงเป็นปัญหาขึ้นเนื่องจากเกณฑ์ต่างๆ ในการจัดลำดับความสำคัญของโครงการมีความแตกต่างกัน ในกรณีเช่นนี้ควรใช้ NPV มาเป็นเกณฑ์ ตัดสินใจโดยเปรียบเทียบค่าของ NPV ของแต่ละโครงการที่มีให้เลือกโดยใช้ค่าเสียโอกาสของทุนที่เท่ากันเป็นอัตราส่วนลด

(3) เนื่องจากค่าต่างๆ ที่คำนวณจากการวิเคราะห์ต้นทุน – ผลประโยชน์นั้นเป็นค่าที่แสดงทั้งขนาดและปริมาณของผลประโยชน์ (NPV) และสัดส่วนของผลประโยชน์ (BCR, IRR) ดังนั้นการพิจารณาตัดสินใจเลือกโครงการใดๆ นั้นจะต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบ ซึ่งการวิเคราะห์ก็จะมีข้อควรพิจารณาดังนี้คือ การเลือกใช้ค่า IRR ในการติดสินใจเลือกลงทุนในโครงการใดโครงการหนึ่งนั้นอาจมีผลให้ผู้ลงทุนตัดสินใจเลือกโครงการอย่างผิดพลาด ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายใน ของโครงการ ก และ โครงการ ข

โครงการ ก. และ ข. ต่างก็มีค่า IRR และ NPV แตกต่างกัน ถ้าพิจารณาโครงการโดยใช้ค่า IRR ก็จะตัดสินใจเลือกโครงการ ข. เพราะมีค่า IRR มากว่า (OS > OR) แต่หากพิจารณาโครงการโดยใช้ค่า NPV ที่อัตราคิดลด ณ จุดที่ต่ำกว่า OT จะตัดสินใจเลือกโครงการ ก. เพราะมีค่า NPV มากกว่า ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่า NPV มุ่งวัดขนาดของความแตกต่างระหว่างผลประโยชน์และต้นทุน ส่วนค่า IRR และ B/C Ratio เป็นเกณฑ์ที่วัดประสิทธิผลของการลงทุนโครงการต่างๆ อาจมีขนาดของการลงทุนที่แตกต่างกัน โครงการใหญ่ๆ ถึงแม้ว่าจะมีค่า B/C Ratio ต่ำ แต่เมื่อคำนวณเป็นค่า NPV ก็อาจจะสูงกว่าโครงการเล็กๆ ที่มีค่า B/C Ratio สูงก็ได้ ดังนั้น ในการพิจารณาควรนำหลักเกณฑ์อื่นๆ มาช่วยประกอบการตัดสินใจด้วย

เนื่องจากในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ การหามูลค่าผลประโยชน์จะทำการคำนวณจากมูลค่าของต้นทุนที่ลดลงของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท ซึ่งอาจทำให้มูลค่าของผลประโยชน์ที่ได้รับมีค่าน้อยกว่ามูลค่าของต้นทุนที่เกิดขึ้น ทำให้การคำนวณหาค่า NPV และ B/C Ratio อาจได้ค่าติดลบ และการหาค่า IRR จึงใช้ไม่ได้ผลในการพิจารณาติดสินใจว่าโครงการใดจะเหมาะสมกับการลงทุนมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจะไม่ใช้วิธี ค่าNPV B/C Ratio และ IRR ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมบางปูมีการใช้น้ำบาดาลเป็นน้ำป้อนเข้าสู่ระบบหม้อไอน้ำ จึงจำเป็นจะต้องมีการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำอย่างน้อยหนึ่งชนิดเพื่อเป็นการกำจัดค่าสารละลายที่อยู่ในน้ำก่อน ซึ่งการเลือกระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมที่สุดในที่นี้ผู้วิจัยจะคำนึงถึงมูลค่าของต้นทุนการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ต่ำสุดและมีระยะเวลาคืนทุนเร็วสุดเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

1.3.9 ภาวะเงินเฟ้อ (Inflation)

ภาวะเงินเฟ้อ หมายถึง ภาวการณ์ที่ระดับราคาสินค้าและบริการโดยทั่วไปสูงขึ้นเรื่อยๆ การที่ระดับราคาสินค้าโดยทั่วไปสูงขึ้นเพียงครั้งเดียวไม่เรียกว่าภาวะเงินเฟ้อ ซึ่งการที่จะดูว่าระดับราคาเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรนั้น สามารถพิจารณาได้จาก อัตราเงินเฟ้อ (Inflation rate) อัตราเงินเฟ้อหมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคาของปีปัจจุบันเปรียบเทียบกับดัชนีราคาของปีก่อน อัตราเงินเฟ้อในประเทศไทยวัดโดยสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ซึ่งได้ประกาศอัตราเงินเฟ้อเป็นประจำทุกเดือน

โดยวิธีการหาค่าอัตราเงินเฟ้อสามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้คือ

$$\text{อัตราเงินเฟ้อ ณ ปีที่ t} = \left(\frac{\text{ระดับราคาสินค้า ณ ปีที่ t} - \text{ระดับราคาสินค้า ณ ปีที่ t-1}}{\text{ระดับราคาสินค้า ณ ปีที่ t-1}} \right) \times 100$$

จากสมการคณิตศาสตร์ข้างต้นสามารถนำมาใช้มาคำนวณหาระดับราคาสินค้า ณ ปีที่ t ได้ดังนี้คือ

$$\text{ระดับราคาสินค้า ณ ปีที่ t} = \left(\frac{\text{อัตราเงินเฟ้อ ณ ปีที่ t} \times \text{ระดับราคาสินค้า ณ ปีที่ t-1}}{100} \right) + \text{ระดับราคาสินค้า ณ ปีที่ t-1}$$

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะมีการนำค่าอัตราเงินเฟ้อที่เกิดขึ้นมาคำนวณหาต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท เนื่องจากในปัจจุบันมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่รวดเร็วประกอบกับภาวะเงินเฟ้อที่สูงขึ้น โดยผู้วิจัยจะใช้สมการข้างต้นนี้ในการประมาณมูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องที่มีการศึกษาในรูปแบบโครงการที่คล้ายกัน คือ เป็นการศึกษาวิเคราะห์หาทางเลือกที่เหมาะสมโครงการในแต่ละประเภทนั้นมีต่อไปดังนี้

ชาญศิลป์ ตรีนุชกร (วิทยานิพนธ์, พ.ศ.2530) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศึกษาการเปรียบเทียบผลประโยชน์กับต้นทุนในโครงการสร้างคลังน้ำมันสงขลาแห่งใหม่ กรณี การปิโตเลียมแห่งประเทศไทย โดยประเมินผลประโยชน์สุทธิจากการลงทุนดังกล่าวโดยการเปรียบเทียบประโยชน์และต้นทุนของคลังน้ำมันเก่าและคลังน้ำมันใหม่ เพื่อหาข้อสรุปที่จะทำให้ระบบการจัดจำหน่ายและการสำรองน้ำมันในภาคใต้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ 2 วิธีคือ การใช้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ (Net Present Value : NPV) และผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate Of Return : IRR) ภายหลังจากการประมาณการความต้องการยอดขายใน 20 ปีข้างหน้า ตั้งแต่ปี 2530 – 2549 รวมทั้งต้นทุนโครงการและต้นทุนการดำเนินงานที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตลอดจนอายุของโครงการ (20 ปี) รวมทั้งการวิเคราะห์ผลที่เปลี่ยนแปลงไปถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงในเงื่อนไขต่างๆ จากที่ได้คาดการณ์ไว้ในอนาคต (Sensitivity analysis) โดยให้ชุด A เป็นกรณีปรกติตามที่คาดการณ์ ชุด B เป็นกรณีที่อุปสงค์ลดลง 10% จากการคาดการณ์ และชุด C เป็นการรวมผลของการที่อุปสงค์ลดลง 10% และต้นทุนของโครงการเพิ่มขึ้น 10% ด้วยอัตราส่วนลด (Discount Rate) ที่ใช้ในการคำนวณหา NPV คือ อัตราระหว่าง 8-21% ซึ่งเป็นตัวเลขที่สะท้อนความเคลื่อนไหวของตลาดทุนในอดีต และคาดการณ์ว่าในอนาคตเงื่อนไขของตลาดทุนจะมีต้นทุนของเงินทุนอยู่ในช่วงอัตราดังกล่าว ผลจากการศึกษาที่ได้พบว่าโครงการย้ายคลังน้ำมันไปตั้ง ณ เขาแดง ซึ่งเป็นสถานที่ใหม่และการขยายกำลังการเก็บสำรองน้ำมันเพิ่มขึ้นมีความเป็นไปได้ และให้ผลตอบแทนสุทธิสูงกว่า การใช้ คลังน้ำมัน ณ แหล่งเดิมเกือบทุกกรณี ทั้งชุด A,B และ C

วิชัย ชาติสุวรรณ (วิทยานิพนธ์, พ.ศ.2531) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศึกษาความเหมาะสมในทางเศรษฐกิจในการจัดหาน้ำสะอาดไปสู่ประชาชนในชนบท โดยเปรียบเทียบ 2 โครงการ คือ โครงการระบบน้ำสะอาดสำหรับหมู่บ้านในตำบลบ้านบ่อ จังหวัดสมุทรสาคร กับ การเจาะบ่อบาดาลแล้วติดสูบมือโยกในตำบลศรีบัวบาน จังหวัดลำพูน การศึกษาใช้วิธีการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน ผลตอบแทนในรูปของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายในโดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนและผลตอบแทนของการจัดหาน้ำไปสู่ประชาชนในชนบททั้งสองวิธีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์สรุปว่าการเจาะบ่อ

บาดาลแล้วติดสูบมือโยกจะมีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจเมื่อคิดค่าน้ำในอัตราลูกบาศก์เมตรละ 20 บาท โครงการระบบน้ำสะอาดสำหรับหมู่บ้านจะมีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจเมื่อคิดค่าน้ำในอัตราลูกบาศก์เมตรละ 7.50 บาท จะเห็นว่าโครงการระบบน้ำสะอาดที่หมู่บ้านจะมีต้นทุนที่ต่ำกว่าการเจาะบ่อบาดาลแล้วติดลูกสูบมือโยก เมื่อวิเคราะห์โดยใช้อัตราค่าน้ำลูกบาศก์เมตรละ 20 บาทเท่ากัน ทั้งการเจาะบ่อบาดาลแล้วติดลูกสูบมือโยก และโครงการระบบน้ำสะอาดสำหรับหมู่บ้านโครงการระบบน้ำสะอาดที่มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคและมีผู้ใช้น้ำมากพอจะมีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจมากกว่าการเจาะบ่อบาดาลแล้วติดลูกสูบมือโยก

สุวิทย์ ชุมนุมศิริวัฒน์ และคณะฯ (งานโครงการวิจัย, พ.ศ.2533) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลมงกุฎเกล้า การศึกษาเป็นลักษณะการเปรียบเทียบต้นทุนทางด้านการเงินของระบบบำบัดน้ำเสีย 5 ระบบ คือ 1) ระบบ Stabilization Ponds (SP) 2) ระบบ Oxidation Ditch (OD) 3) ระบบActivated Sludge (AS) 4) ระบบ Rotating Biological Contactor (RBC) และ 5) ระบบ Biodram ผลการศึกษาพบว่าระบบ SP มีต้นทุนติดตั้งดำเนินการและบำรุงรักษาต่ำที่สุด รองลงมาก็คือ ระบบ OD แต่ทั้งสองระบบมีปัญหาเรื่องจำนวนพื้นที่ดินที่ต้องการมากเกินไปจึงไม่สามารถดำเนินการได้ จึงเหลือเพียงสามระบบที่ต้องพิจารณา ปรากฏว่าระบบ AS ต้นทุนต่ำที่สุด ระบบ RBC ต้นทุนสูงสุดและใช้ที่ดินมากกว่าระบบ Biodram ดังนั้น จึงมีเหลือระบบที่เป็นไปได้สองระบบ คือ ระบบ AS และระบบ Biodram ที่เหมาะสมสำหรับโรงพยาบาลมงกุฎเกล้า ซึ่งทั้ง 2 ระบบ ก็มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันในแง่ของค่าบำรุงรักษาและความยากง่ายในการซ่อมแซม สำหรับการคิดต้นทุนในการดำเนินการและบำรุงรักษา คิดเฉพาะต้นทุนทางตรง (Direct Cost) เท่านั้น

รัตนาภรณ์ วัชรกร (วิทยานิพนธ์, พ.ศ.2535) ศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียตลาดสดกรณีศึกษาตลาดบางขุนศรี กรุงเทพมหานคร พบว่า ระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge) ระบบที่มีความเหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากตลาด เนื่องจากเป็นระบบที่ใช้พื้นที่น้อยและง่ายต่อการควบคุม การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า โครงการบำบัดน้ำเสียจากตลาดไม่คุ้มที่จะลงทุน ดูจากค่า B/C = 0.099886 และ NPV = - 4,354,346.88 บาท ทั้งนี้เพราะค่าใช้จ่าย ในการลงทุนสูง โดยเฉพาะค่าที่ดินผลประโยชน์ทางอ้อมที่ไม่ได้ตีค่า ประกอบกับผลประโยชน์ ของการบำบัดน้ำเสีย Intangible Benefit ตีค่าได้ยากมาก

สุรศักดิ์ จันทร์ฉาย (วิทยานิพนธ์, พ.ศ.2541) มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษาโครงการคลองเปรมประชากรใต้ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร โดยนำมาเปรียบเทียบกับกรณีที่ประชาชนเป็นผู้ดำเนินการในการบำบัดเอง โดยการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้ทำการเปรียบเทียบใน 2 กรณี คือ กรณีแรก ที่ประชาชนเป็นผู้ดำเนินการในการบำบัดน้ำเสียและในกรณีที่สองที่กรุงเทพมหานครเป็นผู้ดำเนินการบำบัด ซึ่งผลการศึกษาพบว่ากรณีที่กรุงเทพมหานครเป็นผู้บำบัดเป็นการลงทุนที่คุ้มค่ากับผลประโยชน์ที่ได้รับ ส่วนกรณีที่ประชาชนเป็นผู้บำบัดเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า เนื่องจากกรณีที่กรุงเทพมหานครเป็นผู้บำบัดนั้น ให้ผลคุ้มค่า คือค่า NPV ในกรณีที่กรุงเทพมหานครเป็นผู้บำบัดจะได้ค่า 3,50874 ล้านบาท แต่กรณี ประชากรบำบัดจะได้ค่า NPV เป็นค่าลบคือ –131.983 ล้านบาท ซึ่งหมายถึงผลประโยชน์ที่มากกว่าต้นทุนในกรณีกรุงเทพมหานครเป็นผู้บำบัด และมีผลประโยชน์น้อยกว่าต้นทุน ในกรณีที่ประชาชนเป็นผู้บำบัดเอง และค่า IRR ของกรณีกรุงเทพมหานครเป็นผู้ดำเนินการบำบัดจะมีค่า ร้อยละ 20.290 ซึ่งมีค่าที่มากกว่าผลตอบแทนของพันธบัตรอายุ ตั้งแต่ 3-10 ปี เฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538-2539 และปี 2541-2542 คือร้อยละสิบเอ็ด และกรณีที่ประชาชนเป็นผู้ดำเนินการบำบัด ซึ่งมีค่า ร้อยละ 4.729 ซึ่งพบว่ามีค่าที่น้อยกว่ากรณีกรุงเทพมหานครเป็นผู้บำบัดและผลตอบแทนของพันธบัตรแต่ 3-10 ปี เฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ.2538-2539 และปี พ.ศ.2541-2542 คือร้อยละ 11 จึงสรุปได้ว่า โครงการบำบัดน้ำเสียในเขตคลองเปรมประชากรใต้ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ของกรุงเทพมหานครในครั้งนี้ นับได้ว่าเป็นการลงทุนในโครงการสาธารณะที่คุ้มกับการลงทุน เพราะจากเกณฑ์ต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนในทางเศรษฐศาสตร์นั้นมีค่าที่แสดงถึงการได้รับผลตอบแทนที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรณีการดำเนินโครงการโดยภาครัฐให้ค่าบ่งชี้ถึงการลงทุนที่มีประสิทธิภาพมากเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

ปิยธิดา สนิทไชย (วิทยานิพนธ์, พ.ศ.2544) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ศึกษาการประเมินผลกระทบของการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งข้าวจ้าว/ข้าวเหนียว จากระบบบำบัดแบบบ่อเปิดมาเป็นระบบบำบัดแบบบ่อปิด(AFF) ทำงานร่วมกับบ่อเดิม ทั้งในด้านประสิทธิภาพของระบบบำบัด ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยการศึกษาความคุ้มค่าทางเศษศาสตร์ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit – Cost Ratio ; B/C) ในการเปรียบเทียบโครงการและวิธีการหาอัตราผลตอบแทน (Internal Rate of Return ; IRR) เพื่อแสดงอัตราผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนปรับปรุงระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งข้าวจ้าว/ข้าว

เหนียว ตลอดจนระยะเวลาการคืนทุนโดยมีการกำหนดอายุโครงการเป็นระยะเวลา 15 ปี ผลการวิเคราะห์ผลการะทบทางเศรษฐศาสตร์พบว่า การสร้างระบบปิด AFF เพื่อรับน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นร่วมกับบ่อเปิดเดิม ทำให้ต้องลงทุนเพิ่ม 20,500,039 บาท สำหรับค่าที่ดินและค่าก่อสร้างบ่อ และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปีละ 4,168,070 บาท แต่เนื่องจากสามารถนำก๊าซชีวภาพกลับมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ ทำให้อัตราผลตอบแทนที่ 22.55% ระยะเวลาการคืนทุน 5.36 ปี และในกรณีที่ไม่มีการก่อสร้างระบบ AFF ต้องมีการขยายบ่อเพิ่มขึ้นโดยมีเงินลงทุนเพิ่ม 16,910,000 บาท และมีค่าใช้จ่ายจากค่าพลังงานที่ใช้เติมอากาศ รวมทั้งสารเคมีที่ปรับสภาพเพื่อลดการเสี่ยงอีกปีละ 5,387,000 บาท ทั้งนี้จะไม่มีผลตอบแทนกลับมาเหมือนกับระบบ AFF

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น พบว่าการศึกษาทางเลือกที่จะลงทุนทำโครงการใดนั้น ใช้วิธีเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการโดยคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ แต่เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มูลค่าของผลประโยชน์ของโครงการคิดจากมูลค่าต้นทุนที่ลดลงจากการที่โรงงานได้มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำจากระบบเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization ฉะนั้นมูลค่าของผลประโยชน์จึงมีค่าน้อยกว่าต้นทุนเสมอทำให้การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิจะได้ค่าติดลบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะทำการหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนและผลประโยชน์เท่านั้นโดยไม่คิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เพื่อนำค่าที่ได้มาหาอัตราการลดลงของต้นทุนและหาระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำต่อไป ซึ่งจะทำการศึกษาระยะเวลาของโครงการ 13 ปี คือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ.2552 ของโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำจากระบบเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization โดยใช้แบบสอบถามทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540-พ.ศ. 2549 และในปี พ.ศ. 2550-พ.ศ. 2552 จะใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อในการคำนวณค่าหาต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราเงินเฟ้อ โดยคิดที่ 3.5% 4.5% และ 6% ต่อปี

การศึกษาครั้งนี้จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างและนำมาวิเคราะห์ตามขั้นตอน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกลงทุนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปูต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวิธีการดำเนินการวิจัยต่อไปนี้คือ

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้ ได้แก่ ประชากรที่เป็นโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู ซึ่งมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานและมีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้สำหรับระบบหม้อไอน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 จำนวนประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นโรงงานอุตสาหกรรมในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู ที่มีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานและมีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis จำนวน 4 โรงงาน และ ระบบ Demineralization จำนวน 7 โรงงาน รวมเป็นประชากรกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 11 โรงงาน จากโรงงานที่มีระบบหม้อไอน้ำในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปูทั้งหมด จำนวน 52 โรงงาน ดังรายละเอียดสรุปจำนวนผู้ประกอบการในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปูที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 จากนั้นจะทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบสอบถามซึ่งมีเนื้อหา ทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลประชากร คือ ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของโรงงาน ขนาดและจำนวนของระบบหม้อไอน้ำ ตลอดจนลักษณะการนำไอน้ำมาใช้ประโยชน์ในโรงงาน ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบหม้อไอน้ำ คือ ข้อมูลเกี่ยวกับค่าแรงดันที่ใช้งาน ประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำ ปริมาณการนำ Condensate กลับมาใช้ใหม่ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ การควบคุมค่าสารละลายของน้ำที่อยู่ในระบบหม้อไอน้ำ ตลอดจนมูลค่าการใช้เชื้อเพลิง มูลค่าการใช้สารเคมี และมูลค่าการบำรุงรักษาระบบหม้อไอน้ำ ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำ คือ ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้ ขนาดอัตราการผลิตน้ำ คุณภาพน้ำที่ได้หลังจากผ่านระบบปรับปรุง

คุณภาพน้ำแล้ว มูลค่าของต้นทุนในการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มูลค่าการใช้น้ำ มูลค่าการใช้สารเคมี มูลค่าการบำบัดน้ำเสีย มูลค่าการบำรุงรักษา ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการใช้งานระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นๆ

ตารางที่ 3.1 สรุปจำนวนผู้ประกอบการในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู

รายการ	จำนวน (ราย)
เขตอุตสาหกรรมทั่วไป	
ประกอบกิจการแล้ว	281
หยุด/ไม่ประกอบกิจการ โดยให้เช่าโรงงานทั้งหมด	11
หยุด/ไม่ประกอบกิจการ โดยให้เช่าโรงงานบางส่วน	5
หยุดประกอบกิจการ	8
ยังไม่ประกอบกิจการ	38
- พื้นที่ว่างเปล่า (24 ราย)	
- มีสิ่งก่อสร้าง (14 ราย)	
รวมผู้ประกอบกิจการในเขตอุตสาหกรรมทั่วไปทั้งหมด	343
เขตอุตสาหกรรมส่งออก	
ประกอบกิจการแล้ว	43
หยุด/ไม่ประกอบกิจการ โดยให้เช่าโรงงานทั้งหมด	1
หยุด/ไม่ประกอบกิจการ โดยให้เช่าโรงงานบางส่วน	1
ยังไม่ประกอบกิจการ (พื้นที่ว่างเปล่า)	2
รวมผู้ประกอบกิจการในเขตอุตสาหกรรมส่งออก	47
รวมผู้ประกอบกิจการทั้งหมด	390
-ดำเนินกิจการแล้ว	324
-ยังไม่ดำเนินกิจการ	66
ชนิดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับโรงงานที่มีระบบหม้อไอน้ำ	
- ระบบ Softener	41
- ระบบ Reverse Osmosis	4
- ระบบ Demineralization	7
รวมโรงงานที่มีระบบหม้อไอน้ำทั้งหมด	52

ที่มา : สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู รายชื่อผู้ประกอบการในนิคมอุตสาหกรรมบางปู พ.ศ. 2549 สมุทรปราการ สำงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู

1.2 ข้อมูลพื้นฐานของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นิคมอุตสาหกรรมบางปู เป็นนิคมอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ดัง ภาพที่ 3.1 และ 3.2 แสดงแผนที่และผังการใช้ที่ดินของนิคมอุตสาหกรรมบางปู ตามลำดับ ซึ่งนิคมอุตสาหกรรมบางปูมีการสถาปนาขึ้นเมื่อ วันที่ 27 พฤษภาคม 2520 ปัจจุบันมีพื้นที่ทั้งหมด 5,806 ไร่ มีจำนวนผู้ประกอบกิจการทั้งสิ้นจำนวน 390 ราย โดยมีจำนวนโรงงานที่ดำเนินกิจการแล้วจำนวน 324 ราย และในจำนวนนี้จะมีโรงงานที่มีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานจำนวน 52 ราย นิคมอุตสาหกรรมบางปูมีประเภทของโรงงานเกือบทุกประเภท[1] เช่น โรงงานผลิตยาง พลาสติก หนัง ไฟเบอร์กลาส อุปกรณ์และอะไหล่ของรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ผลิตภัณฑ์โลหะ อุปกรณ์ก่อสร้าง อลูมิเนียม ปุ๋ย สี เคมีภัณฑ์ เครื่องไฟฟ้า เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ อาหาร เครื่องดื่ม วัสดุประเภทไม้เฟอร์นิเจอร์ เครื่องแต่งกาย เครื่องยนต์ เครื่องจักรส่วนประกอบหรืออะไหล่ สิ่งทอ เส้นใยสังเคราะห์ กระดาษ สิ่งพิมพ์ แบบพิมพ์ ภาชนะบรรจุ เครื่องรัดหีบห่อ เครื่องสำอาง เครื่องประดับ เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งประเภทอุตสาหกรรมออกเป็น 4 อันดับแรก ดังนี้ เคมีภัณฑ์ 17.4% โลหะ-ชุบเครื่องประดับเทียม 12.6% พลาสติก 11.9% เครื่องใช้ไฟฟ้า-อุปกรณ์อิเลคโทรนิค 8.4% และอื่นๆ (อาหาร, แก้ว, อุปกรณ์กีฬา ฯลฯ) 49.7%

1.2.1 ระบบสาธารณูปโภค นิคมอุตสาหกรรมบางปู มีสิ่งเอื้ออำนวยต่อการลงทุนครบครัน ประกอบด้วยระบบสาธารณูปโภคและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่สมบูรณ์ เช่น ไฟฟ้า ประปา การคมนาคมสื่อสาร และโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง เป็นต้น

1) ระบบถนน ที่ดินทุกแปลงมีถนนตัดผ่านเชื่อมถึงกัน ถนนภายในนิคมอุตสาหกรรมบางปู ก่อสร้างตามมาตรฐานของกรมทางหลวง สามารถรับน้ำหนักได้ถึง 21 ตัน

2) ระบบประปา นิคมอุตสาหกรรมบางปู ใช้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำในการให้บริการแก่โรงงานอุตสาหกรรมซึ่งได้น้ำที่มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการและมีคุณภาพได้มาตรฐานของการประปานครหลวง แต่ค่าคุณภาพน้ำบาดาลยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในระบบหม้อไอน้ำของโรงงาน ซึ่งทางการนิคมสามารถสูบจ่ายน้ำประปาได้วันละ 36,000 ลบ.ม.

3) ระบบระบายน้ำฝนและป้องกันน้ำท่วม การระบายน้ำฝนกำหนดให้โรงงานระบายน้ำฝนลงลำรางระบายน้ำฝน ซึ่งเป็นคลองดิน (Earth Ditch) วางขนาน 2 ข้างกับถนนทุกสายในนิคมอุตสาหกรรมบางปูและเชื่อมถึงกันหมด มีสถานีรับน้ำฝน 15 สถานี และมีความสามารถในการสูบระบายน้ำ 2,000 ลบ.ม./ชม./สถานี

4) ระบบไฟฟ้า ใช้ไฟฟ้าแรงสูงขนาด 24 KVA จากการไฟฟ้านครหลวง ไฟฟ้าส่องสว่างสามารถจ่ายพลังงานได้ถึง 12,000 kW

5) ระบบโทรศัพท์ เป็นระบบโทรศัพท์สายตรงเดียวกับกรุงเทพมหานคร

---

[1] สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู รายชื่อผู้ประกอบการในนิคมอุตสาหกรรมบางปู พ.ศ. 2549

1.2.2 การบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม

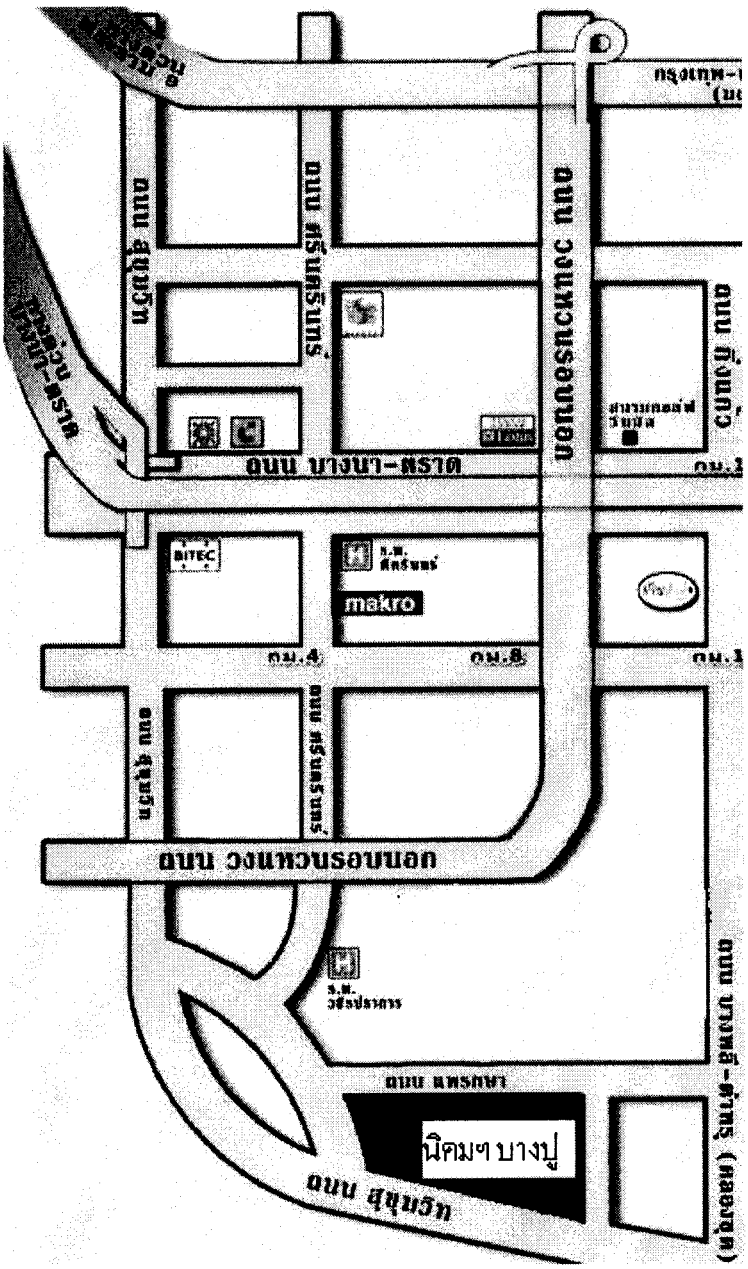
นิคมอุตสาหกรรมบางปูมีบริการสำหรับการจัดการปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมส่วนกลางดังนี้

1) ด้านน้ำเสีย จัดให้มีระบบท่อรับน้ำเสียและรวบรวมน้ำเสียจากโรงงานทุกโรงงาน โดยวางท่อฝังใต้ดิน ขนานกับถนนทุกสาย โดยมีบ่อพักและเครื่องสูบน้ำเสียยกระดับในบางจุดไหลไปรวมที่บ่อรวมน้ำเสียและถูกสูบส่งไปยังโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง โดยมีอัตราการรับภาระการบำบัดได้ทั้งหมด 50,900 ลบ.ม./วัน

2) ขยะและกากของเสีย นิคมอุตสาหกรรมบางปู มีการบริหารจัดการกำจัดขยะและกากของเสีย คือ มีเตาเผาขยะ 2 เตา ขนาด 250 กก./ชม. และ 750 กก./ชม.

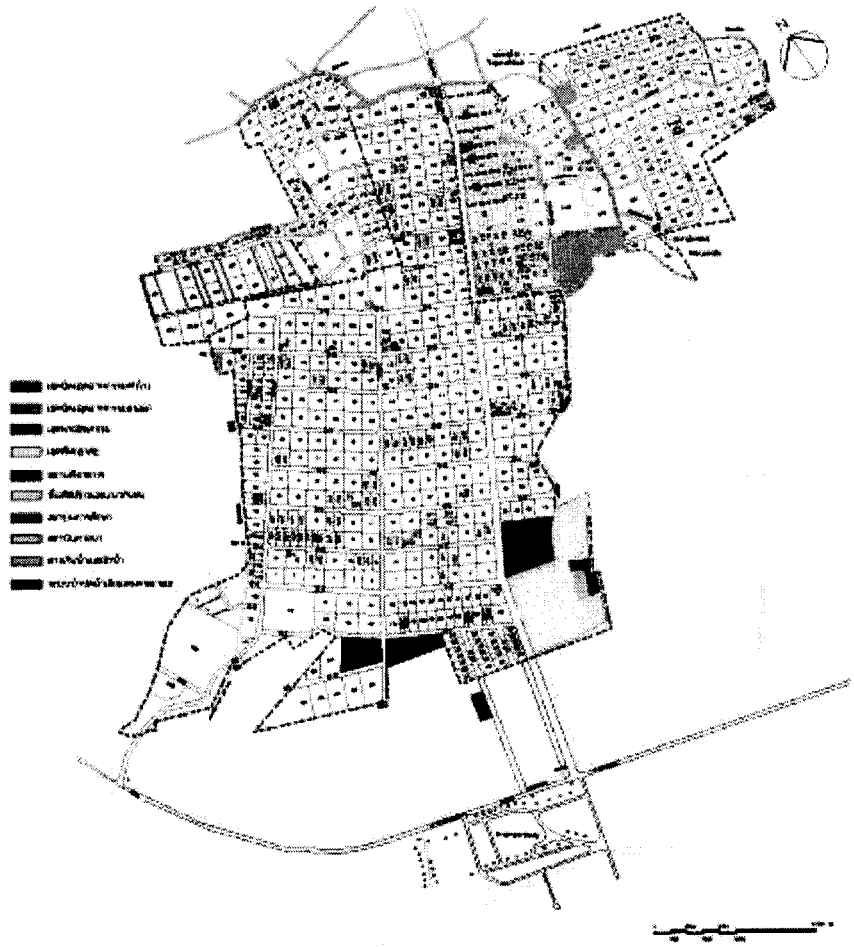
3) ด้านอากาศ นิคมอุตสาหกรรมบางปู มีการติดตามตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศและจากปล่องเตาเผาขยะ 2 ครั้ง/ปี และสนับสนุนส่งเสริมให้โรงงานในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู ใช้เชื้อเพลิงที่สะอาดโดยเปลี่ยนจากการใช้น้ำมันเตามาเป็นการใช้ก๊าซธรรมชาติแทน

4) ระบบ ISO 14001 สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู ได้นำระบบการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ISO 14001 มาใช้ในการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนส่งเสริมโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปูให้นำระบบการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ISO 14001 มาใช้ในโรงงาน



ภาพที่ 3.1 แผนที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู

ผังการใช้ที่ดินนิคมอุตสาหกรรมบางปู



ภาพที่ 3.2 ผังการใช้ที่ดินนิคมอุตสาหกรรมบางปู

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะใช้การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ โดยจะเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดจากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท ของแต่ละโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากการใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization โดยมีการพิจารณาตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

2.1 การพิจารณาทางด้านต้นทุน

การพิจารณาทางด้านต้นทุน ที่เกิดขึ้นของการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละระบบนั้นจะพิจารณาดังนี้คือ

2.1.1 ต้นทุนทางตรง ได้แก่

1) ต้นทุนคงที่ คือ ต้นทุนในการลงทุนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Investment Cost - C_1)

2) ต้นทุนแปรผัน คือ ต้นทุนค่าน้ำ (C_2) ต้นทุนค่าสารเคมี (C_3) ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง (C_4) ต้นทุนค่าดำเนินงานอื่นๆ (C_5) เช่น ค่าไฟฟ้า และค่าเปลี่ยนอะไหล่อุปกรณ์เพื่อบำรุงรักษา ที่ใช้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและหม้อไอน้ำ

2.1.2 ต้นทุนทางอ้อม หมายถึง ต้นทุนที่เกิดจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประเภทนั้นๆ และทำให้เกิดผลกระทบภายนอกโดยในที่นี้ ได้แก่ ค่าบริการบำบัดน้ำเสียซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกไปจากระบบ แต่เนื่องจากน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจะไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมของทางนิคม ซึ่งจึงมีการเก็บค่าบริการการบำบัดน้ำเสียอยู่แล้วทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการปล่อยน้ำเสียและค่าความสกปรกของน้ำเสียที่ปล่อยออกไป ดังนั้นต้นทุนค่าบริการบำบัดน้ำเสีย (C_6) นี้จะจัดให้เป็นต้นทุนทางอ้อมที่วัดมูลค่าออกมาเป็นตัวเงินจากค่าบริการการบำบัดน้ำเสียที่ทางนิคมเก็บจากโรงงานนั้นๆ

2.1.3 ต้นทุนค่าเสียโอกาส หมายถึง ต้นทุนที่เสียไปเนื่องจากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำระบบใดระบบหนึ่งโดยไม่เลือกระบบอีกระบบหนึ่ง แต่ในที่นี้ผู้วิจัยจะพิจารณาเฉพาะ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงในการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ นั่นหมายถึงต้นทุนของการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาในหัวที่ข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 เท่านั้น

จากต้นทุนข้างต้นสามารถนำมาเขียนเป็นฟังก์ชัน และสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้คือ

ต้นทุนทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ :

$$C_{Total} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6$$

เมื่อกำหนดให้ :

C_{Total} = ต้นทุนทั้งหมดของการมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

C_1 = ต้นทุนในการลงทุนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

C_2 = ต้นทุนค่าน้ำ

C_3 = ต้นทุนค่าสารเคมี

C_4 = ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง

C_5 = ต้นทุนค่าดำเนินงานอื่นๆ เช่น ค่าไฟฟ้าและค่าเปลี่ยนอะไหล่ที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและระบบหม้อไอน้ำ

C_6 = ต้นทุนค่าบริการบำบัดน้ำเสีย

2.2 การพิจารณาทางด้านผลประโยชน์

การพิจารณาทางด้านผลประโยชน์ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะมูลค่าของผลประโยชน์ที่เกิดจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท (Use Value) เท่านั้น ซึ่งจะพิจารณาจากมูลค่าของต้นทุนที่ลดลงหลังจากที่โรงงานเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบใหม่ กล่าวคือผลประโยชน์ที่เกิดจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบใหม่ได้แก่ มูลค่าของต้นทุนค่าน้ำที่ลดลง (B_1) มูลค่าของต้นทุนค่าสารเคมีที่ลดลง (B_2) มูลค่าของต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ลดลง (B_3) มูลค่าของต้นทุนค่าดำเนินงานอื่นๆ เช่น ค่าไฟฟ้าและค่าเปลี่ยนอะไหล่อุปกรณ์เพื่อใช้ในการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและหม้อไอน้ำที่ลดลง (B_4) มูลค่าต้นทุนค่าบริการบำบัดน้ำเสียที่ลดลง (B_5) จากผลประโยชน์ข้างต้นสามารถนำมาเขียนเป็นฟังก์ชันและสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้คือ

ผลประโยชน์ทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ :

$$B_{Total} = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5$$

เมื่อกำหนดให้ :

B_{Total} = มูลค่าของผลประโยชน์ทั้งหมดของการมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

B_1 = มูลค่าของต้นทุนค่าน้ำที่ลดลง

B_2 = มูลค่าของต้นทุนค่าสารเคมีที่ลดลง

B_3 = มูลค่าของต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ลดลง

B_4 = มูลค่าของต้นทุนค่าดำเนินงานอื่นๆ เช่น ค่าไฟฟ้าและค่าเปลี่ยนอะไหล่ที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและระบบหม้อไอน้ำที่ลดลง

B_5 = มูลค่าต้นทุนค่าบริการบำบัดน้ำเสียที่ลดลง

2.3 ภาวะเงินเฟ้อ (Inflation)

ภาวะเงินเฟ้อ หมายถึง สภาวการณ์ที่ระดับราคาสินค้าและบริการโดยทั่วไปสูงขึ้นเรื่อยๆซึ่งการที่จะดูว่าระดับราคาเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรนั้น สามารถพิจารณาได้จาก อัตราเงินเฟ้อ (Inflation rate) อัตราเงินเฟ้อหมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคาของปีปัจจุบันเปรียบเทียบกับดัชนีราคาของปีก่อน อัตราเงินเฟ้อในประเทศไทยวัดโดยสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ซึ่งจากรายงานคาดการเศรษฐกิจไทยในปี 2551 อัตราเงินเฟ้อคาดว่าจะปรับตัวสูงขึ้นเป็นประมาณร้อยละ 3.0-3.5[1]ตามราคาน้ำมันและอาหาร

โดยวิธีการหาค่าอัตราเงินเฟ้อสามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้คือ

$$\text{อัตราเงินเฟ้อ ณ ปีที่ t} = \left(\frac{\text{ระดับราคาสินค้า ณ ปีที่ t} - \text{ระดับราคาสินค้า ณ ปีที่ t-1}}{\text{ระดับราคาสินค้าใน ณ ปีที่ t-1}} \right) \times 100$$

[1] จากเศรษฐกิจการเงินไทย เศรษฐกิจไทยปี 2550 และแนวโน้มปี 2551 สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และฝ่ายวิจัย ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม 2551

เนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท โดยทำการศึกษา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 – พ.ศ. 2552 แต่จากการเก็บรวมรวมข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้แบบสอบถามกับโรงงานแต่ละโรงงานนั้นสามารถเก็บข้อมูลได้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 – พ.ศ. 2549 ดังนั้นในปี พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2552 ผู้วิจัยจะนำค่าอัตราเงินเฟ้อมาคำนวณหามูลค่าต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประเภทนั้นๆ โดยใช้ที่อัตราเงินเฟ้อ 3.5% 4.5% และ 6% มาคำนวณ และจากสมการหาค่าอัตราเงินเฟ้อข้างต้น ถ้าให้ระดับราคาสินค้า ณ ปีที่ t-1 คือมูลค่าต้นทุน หรือผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น ณ ปีที่ t-1 แล้ว สามารถคำนวณหามูลค่าต้นทุน หรือผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น ณ ปีที่ t ได้ดังนี้คือ

ต้นทุนจากการคำนวณค่าอัตราเงินเฟ้อ ณ ปีที่ t :

$$C_t = \left(\frac{r \times C_{(t-1)}}{100} \right) + C_{(t-1)}$$

เมื่อกำหนดให้ :

C_t = ต้นทุน ณ ปีที่ t

$C_{(t-1)}$ = ต้นทุน ณ ปีที่ t-1

r = อัตราเงินเฟ้อ ในที่นี้กำหนดให้ ค่า r เท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6%

t = ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, . . . , T
ซึ่งในที่นี้คือ ปีที่ t = 10, 11 และ 12 (ปี พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2552)

ผลประโยชน์จากการคำนวณค่าอัตราเงินเฟ้อ ณ ปีที่ t :

$$B_t = \left(\frac{r \times B_{(t-1)}}{100} \right) + B_{(t-1)}$$

เมื่อกำหนดให้

B_t = ผลประโยชน์ ณ ปีที่ t

$B_{(t-1)}$ = ผลประโยชน์ ณ ปีที่ t-1

r = อัตราเงินเฟ้อ ในที่นี้กำหนดให้ ค่า r เท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6%

t = ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, . . . , T
ซึ่งในที่นี้คือ ปีที่ t = 10, 11 และ 12 (ปี พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2552)

2.4 การหาค่าระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี / เดือน) ที่กระแสเงินสดสุทธิ (Net Cash Flows) ที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตเท่ากับเงินลงทุนแรกเริ่มของโครงการพอดี ซึ่งวิธีการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน สามารถคำนวณได้ 2 วิธีคือ วิธี Static Method และ วิธี Dynamic method ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธี Dynamic method ในการหาระยะเวลาคืนทุน เนื่องจากผลประโยชน์ที่ได้รับจากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทเกิดขึ้นในแต่ละปีไม่เท่ากัน โดยใช้ตัวคิดลด (Discount rate) ปรับค่าของผลประโยชน์ที่ได้รับในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบันก่อนแล้วจึงนำค่าที่ได้มาเรียงตามลำดับปีที่ได้รับ จนกระทั่งจำนวนกระแสเงินสดสุทธิรวมทั้งสิ้นเท่ากับเงินลงทุนแรกเริ่มพอดี โดยสมมติว่ากระแสเงินสดสุทธิเกิดขึ้นสม่ำเสมอตลอดทั้งปี ซึ่งสูตรคำนวณระยะเวลาคืนทุนวิธีนี้สามารถเขียนได้ดังนี้คือ

ระยะเวลาคืนทุนของโครงการระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ :

ระยะเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์

หรือ

$$\sum_{t=0}^{T} B_t(1+i)^{-t} - C_1 \geq 0$$

หรือสามารถกลับข้างสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ :

$$C_1 - \sum_{t=0}^{T} B_t(1+i)^{-t} \leq 0$$

เมื่อกำหนดให้ :

T	=	ระยะเวลาคืนทุน (เดือน / ปี)
C_1	=	ต้นทุนในการลงทุนสร้างระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ
t	=	ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, . . . , T
B_t	=	มูลค่าของผลประโยชน์ ณ ปีที่ t

2.5 การปรับค่าต้นทุนและผลประโยชน์ในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน

เมื่อประเมินมูลค่าต้นทุนและผลประโยชน์ในรูปตัวเงินในแต่ละปีเรียบร้อยแล้ว การปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Present Value) ทำได้โดยอาศัยตัวคิดลด (Discount rate) ปรับมูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ในระยะเวลาต่างๆ ให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน ถ้า i เป็นอัตราคิดลด มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนหรือผลประโยชน์ ซึ่งได้รับในเวลา t สามารถคำนวณโดยใช้สูตรต่อไปนี้

มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน :

$$PV(C_t) = C_t(1+i)^{-t}$$

มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ :

$$PV(B_t) = B_t(1+i)^{-t}$$

เมื่อกำหนดให้

$PV\ (C_t)$	=	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน
$(1+i)^{-t}$	=	ตัวคิดลด (Discount rate) ซึ่งจะมีค่าระหว่าง +1 และ 0
		i ในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ 5.43 % ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยของพันธบัตรรัฐบาลเฉลี่ย ของอายุบัตร 3 ปี 5 ปี 10 ปี 15 ปี และ 20 ปี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2541 ถึงปีพ.ศ. 2550
t	=	ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, . . . , T
C_t	=	มูลค่าของต้นทุน ณ ปีที่ t
B_t	=	มูลค่าของผลประโยชน์ ณ ปีที่ t

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษา: โรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและข้อมูลที่รวบรวมได้จากเอกสารต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปและแบ่งประเภทของข้อมูลเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ได้จากการสำรวจโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำ จากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นโรงงานที่อยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู จำนวน 11 โรงงาน โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaires)[1] ที่จัดทำขึ้นเพื่อสะดวกและเป็นแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล เนื่องจากข้อมูลที่ต้องการนั้นต้องไปเก็บจากแหล่งข้อมูลในแต่ละฝ่ายของโรงงานซึ่งจะมีความยุ่งยากมากในการเก็บรวบรวมข้อมูล อนึ่งข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสำรวจ ประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงานและระบบหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงาน ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท และข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับมูลค่าการใช้น้ำ มูลค่าการใช้สารเคมี มูลค่าการใช้เชื้อเพลิง มูลค่าการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำ และมูลค่าของการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท

---

[1] ดูตัวอย่างแบบสอบถามในภาคผนวก ก

ลักษณะของข้อมูลในแบบสอบถาม

การศึกษาครั้งนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยมีการเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

3.1.1 ส่วนที่ 1 ข้อมูลประชากร คือ ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของโรงงาน ขนาดและจำนวนของระบบหม้อไอน้ำ ตลอดจนลักษณะการนำไอน้ำมาใช้ประโยชน์ในโรงงาน

3.1.2 ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ คือ ข้อมูลเกี่ยวกับ ค่าแรงดันที่ใช้งาน ประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำ ปริมาณการนำ Condensate กลับมาใช้ใหม่ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ การควบคุมค่าสารละลาย (Conductivity) ของน้ำที่อยู่ในระบบหม้อไอน้ำ ตลอดจนมูลค่าการใช้เชื้อเพลิง มูลค่าการใช้สารเคมี และมูลค่าการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ ในแต่ละปีตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2540 ถึง ปี พ.ศ. 2549

3.1.3 ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำ คือข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้ ขนาดอัตราการผลิตน้ำ คุณภาพน้ำที่ได้หลังจากผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว มูลค่าของต้นทุนในการติดตั้งระบบ มูลค่าการใช้น้ำ มูลค่าการใช้สารเคมีในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มูลค่าการบำบัดน้ำเสีย มูลค่าการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในแต่ละปีตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2540 ถึง ปี พ.ศ. 2549 ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชนิดนั้นๆ

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ได้แก่ ข้อมูลทางด้านประชากร ข้อมูลของมาตรฐานน้ำก่อนและหลังผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท ข้อมูลทางด้านสถิติการใช้น้ำ และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือน ข้อมูลเกี่ยวกับค่าธรรมเนียมในการใช้สาธารณูปโภคส่วนกลางต่างๆ ของการนิคมฯ เช่น ค่าธรรมเนียมในการบำบัดน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกสูงเกินกว่ามาตรฐานที่ทางนิคมกำหนด เป็นต้น แล้วนำข้อมูลที่ได้มารวมกับข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสำรวจ ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลหาต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทต่อไป

ข้อมูลทุติยภูมิที่กล่าวมาข้างต้นสามารถรวบรวมได้จาก สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู สำนักงานสถิติจังหวัดสมุทรปราการ การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และกรมโรงงานอุตสาหกรรม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยจะทำการตรวจแบบสอบถามเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ หลังจากนั้นจะนำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ

4.1 การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive analysis)

เป็นการแสดงให้เห็นข้อมูลทั่วไปที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของโรงงาน จำนวนและขนาดของหม้อไอน้ำ ปริมาณการใช้งานไอน้ำ การควบคุมความดันในหม้อไอน้ำ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ การควบคุมสารละลายที่อยู่ในหม้อไอน้ำ ประเภทของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้ ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ตลอดจนปัญหาที่เกิดจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท

4.2 การวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ (Quantitative analysis)

เป็นการวิเคราะห์มูลค่าต้นทุนและมูลค่าผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท ตามขั้นตอนการวิเคราะห์โครงการ พร้อมทั้งนำค่าต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณ มาสรุปเป็นแนวทางในการเลือกว่าควรจะลงทุนเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมาเป็นแบบการทำให้น้ำบริสุทธิ์มากขึ้นหรือไม่

5. ข้อจำกัดของการวิจัย

เนื่องจากโรงงานกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาวิจัยในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู มีโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization เพียงจำนวน 11 โรงงาน จากจำนวนโรงงานที่มีระบบหม้อไอน้ำทั้งหมด 52 โรงงาน ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีข้อจำกัดในการวิจัยดังนี้

1) ข้อจำกัดทางด้านจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากจำนวนโรงงานที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำดังกล่าวในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปูมีจำนวนน้อยเกินไป และในแต่ละโรงงานมีขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำไม่เท่ากัน อาจทำให้ค่าที่ได้และผลสรุปจากการวิเคราะห์หาต้นทุนและผลประโยชน์มีความน่าเชื่อถือน้อยกว่ากรณีที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากกว่านี้

2) ข้อจำกัดทางด้านระยะเวลาของการเก็บข้อมูล คือ ระยะเวลาของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดระยะเวลาของโครงการ 13 ปี คือตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552 แต่ข้อมูลที่เก็บสามารถเก็บได้มีเพียง ปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2549 เท่านั้น และจำนวนโรงงานที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบเดิมที่ใช้ ระบบ Softener มาใช้ ระบบ Reverse Osmosis หรือ ระบบ Demineralization มีจำนวนตัวอย่างเพียง 11 โรงงานเท่านั้น อีกทั้งการเริ่มลงทุนในการติดตั้งเปลี่ยนระบบใหม่ยังเกิดขึ้นในปีที่ไม่เท่ากัน เช่น บางโรงงานมีการเปลี่ยนมาใช้ระบบใหม่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 และในบางโรงงานเพิ่งเริ่มมีการเปลี่ยนระบบในปีพ.ศ. 2545 ทำให้การเปรียบเทียบหาผลประโยชน์ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมาใช้ระบบใหม่มีข้อมูลน้อย

3) การศึกษาวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเปรียบเทียบหาต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทในครั้งนี้ ยังมีผลประโยชน์อื่นๆ ที่ไม่ได้นำมาศึกษาในที่นี้ด้วย เช่น มูลค่าความปลอดภัย และมูลค่าทางด้านสิ่งแวดล้อมภายในโรงงานและนอกโรงงาน เนื่องจากค่าดังกล่าวประเมินออกมาเป็นตัวเลขได้ยากมาก แต่อย่างไรก็ตามผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการในการศึกษาวิจัยครั้งนี้คิดจากมูลค่าของต้นทุนที่ลดลง ดังนั้นเมื่อนำค่าผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนมาใช้ระบบใหม่มาทำการเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นจะได้ค่าติดลบและการหาระยะเวลาคืนทุนที่แท้จริงของการลงทุนในการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำดังกล่าวอาจได้ค่าไม่ถูกต้อง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีผลการวิเคราะห์เรียงตามลำดับขั้นตอนการดำเนินการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้คือ

ตอนที่ 1 สภาพของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้ ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู ที่มีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานและมีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis จำนวน 4 โรงงาน และระบบ Demineralization จำนวน 7 โรงงาน รวมเป็นประชากรกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 11 โรงงานดังรายชื่อของโรงงานที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยข้อมูลของประชากรกลุ่มตัวอย่างมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงาน

จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู จำนวน 11 โรงงาน ที่มีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานและมีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ จากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือ ระบบ Demineralization นั้นพบว่ามีการใช้ระบบหม้อไอน้ำในกระบวนการผลิตกับอุตสาหกรรมหลายประเภท ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของอุตสาหกรรมได้เป็น 4 กลุ่ม ดังตารางที่ 4.2 ดังนี้ คือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ กลุ่มที่ 2 กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและยา กลุ่มที่ 3 กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกและกลุ่มที่ 4กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมกล่องกระดาษและบรรจุภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดของข้อมูลโรงงานดังนี้

ตารางที่ 4.1 รายชื่อของโรงงานกลุ่มตัวอย่าง

โรงงานที่	ชื่อบริษัท	ประกอบอุตสาหกรรม
1	เอ.วัน ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ เลขที่ 378 ถนนสุขุมวิท หมู่4 ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	ทอผ้าทุกชนิด ฟอกย้อม พิมพ์ผ้า และตกแต่งผ้า
2	เนสท์เล่ (ไทย) เลขที่ 234-5 ม.4 นิคมฯ บางปู ถ.สุขุมวิท ซอย2 ต. แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	ผลิตภัณฑ์ครีมเทียม (Non-Daily Creamers)
3	สยามบรรจุภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 620 ม.4 ซอย7A ถ.สุขุมวิท ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	แผ่นกระดาษลูกฟูกและกล่องกระดาษลูกฟูก
4	อาร์ เอส แคนเนอรี่ เลขที่ 255/1 นิคมฯบางปู ถ.สุขุมวิท ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	อาหารทะเลบรรจุกระป๋อง
5	เมดิแคป เลขที่ 384 หมู่4 ถ. สุขุมวิท ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	ผลิตยา, อาหารเสริม, ยาแผนโบราณ และเครื่องสำอางค์
6	ไบโอแลป เลขที่ 625-627 ม.4 ซ.7A นิคมฯ บางปู ถ.สุขุมวิท ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	ยาแผนปัจจุบัน ประเภทยาน้ำ, เม็ด, แคปซูล
7	เอเชียไฟเบอร์ เลขที่ 406-7 หมู่4 สุขุมวิท กม. 33.5 ต.บางปูใหม่ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	เส้นใยสังเคราะห์ ถักผ้ายืด ทำเส้นใยยืดหยุ่น
8	เซมเมคายม์ เลขที่ 494 หมู่4 ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	กาวอุตสาหกรรม
9	สยามทบพันแพคเกจจิ้ง เลขที่ 543 ถ.สุขุมวิท ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	กล่องกระดาษลูกฟูกลอนเล็กและกล่องกระดาษแข็ง
10	สยามคราฟท์อุตสาหกรรม เลขที่ 520 หมู่4 ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	อัดเศษกระดาษเป็นแท่งเพื่อส่งไปยังโรงงานผลิตกระดาษ
11	คิงฟิชเชอร์ โฮลดิ้งส์ เลขที่ 233 หมู่4 นิคมฯบางปู ถ.สุขุมวิท ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ	อาหารทะเลบรรจุกระป๋อง และผลิตกระป๋อง

ที่มา : สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู รายชื่อผู้ประกอบการในนิคมอุตสาหกรรมบางปู พ.ศ. 2549 สมุทรปราการ สำงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงาน

โรงงานที่	ชื่อบริษัท	ประเภทอุตสาหกรรม*	จำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปี (ชม.)	จำนวนหม้อไอน้ำ (ตัว)	ขนาดของหม้อไอน้ำ (ตัน/ชม.)			พลังงานไอน้ำที่ใช้ (ตัน/ชม.)
					ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	
<u>โรงงานที่ใช้ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน</u>								
1	เอ.วัน ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ	ค	3,500	1	2.50	-	-	2.50
2	เนสท์เล่ (ไทย)	ข	8,400	2	7.00	5.00	-	7.00
3	สยามบรรจุภัณฑ์อุตสาหกรรม	ง	8,400	3	8.00	8.00	4.00	8.00
4	อาร์ เอส แคนเนอรี่	ข	3,500	2	10.00	6.00	-	10.00
<u>โรงงานที่ใช้ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน</u>								
5	เมดิแคป	ข	8,400	2	2.00	0.75	-	2.50
6	ไบโอแลป	ข	3,500	1	2.50	-	-	2.50
7	เอเชียไฟเบอร์	ค	4,200	2	3.00	3.00	-	3.00
8	เซมเมดายม์	ก	3,500	1	3.00	-	-	3.00
9	สยามทบพันแพคเกจจิ้ง	ง	6,300	1	7.00	-	-	7.00
10	สยามคราฟท์อุตสาหกรรม	ง	4,200	2	7.00	5.00	-	7.00
11	คิงฟิชเชอร์ โฮลดิ้งส์	ข	4,200	3	6.00	3.00	3.00	9.00

หมายเหตุ : ข้อมูลจากแบบสอบถาม

* ประเภทอุตสาหกรรม

ก หมายถึง อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์

ข หมายถึง อุตสาหกรรมอาหารและยา

ค หมายถึง อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม

ง หมายถึง อุตสาหกรรมกล่องกระดาษและบรรจุภัณฑ์

1.1.1 โรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis จำนวน 4 โรงงาน นั้น มีการใช้ระบบหม้อไอน้ำกับอุตสาหกรรมจำนวน 3 ประเภท ดังนี้

1) อุตสาหกรรมประเภทสิ่ง ทอและฟอกย้อม จำนวน 1 โรงงาน ซึ่งมีความต้องการใช้พลังงานงานไอน้ำ 2.5 ตัน/ชม. โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงาน ขนาด 2.5 ตัน/ชม. จำนวน 1 ตัว และมีจำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 3,500 ชม.

2) อุตสาหกรรมประเภทอาหารและยาจำนวน 2 โรงงาน ซึ่งโรงงานแรกมีความต้องการใช้พลังงานงานไอน้ำ 7 ตัน/ชม. โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานจำนวน 2 ตัว คือ ขนาด 7 และ 5 ตัน/ชม. มีจำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 8,400 ชม. โรงงานที่ 2 มีความต้องการใช้พลังงานงานไอน้ำ 10 ตัน/ชม. โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานจำนวน 2 ตัว คือ ขนาด 10 และ 6 ตัน/ชม. และมีจำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 3,500 ชม.

3) ประเภทอุตสาหกรรมกล่องกระดาษและบรรจุภัณฑ์ จำนวน 1 โรงงาน ซึ่งมีความต้องการใช้พลังงานงานไอน้ำ 8 ตัน/ชม. โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานจำนวน 3 ตัว คือขนาด 8 ตัน/ชม. จำนวน 2 ตัว และ ขนาด 4 ตัน/ชม. จำนวน 1 ตัว และ มีจำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 8,400 ชม.

1.1.2 โรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาใช้ระบบ Demineralization จำนวน 7 โรงงาน นั้น มีการใช้ระบบหม้อไอน้ำกับอุตสาหกรรมจำนวน 4 ประเภท ดังนี้

1) อุตสาหกรรมประเภทอาหารและยาจำนวน 3 โรงงาน ซึ่งโรงงานแรกมีความต้องการใช้พลังงานงานไอน้ำ 2.5 ตัน/ชม. โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานจำนวน 2 ตัว คือขนาด 2 และ 0.75 ตัน/ชม. และมีจำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 8,400 ชม. โรงงานที่ 2 มีความต้องการใช้พลังงานงานไอน้ำ 2.5 ตัน/ชม. โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานจำนวน 1 ตัว ขนาด 2.5 ตัน/ชม. และมีจำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 3,500 ชม. โรงงานที่ 3 มีความต้องการใช้พลังงานงานไอน้ำ 9 ตัน/ชม. โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานจำนวน 3 ตัวคือ ขนาด 6 ตัน/ชม.จำนวน 1 ตัว และขนาด 3 ตัน/ ชม. จำนวน 2 ตัว และมีจำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 4,200 ชม.

2) ประเภทอุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม จำนวน 1 โรงงาน มีความต้องการใช้พลังงานงานไอน้ำ 3 ตัน/ชม. โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานขนาด 3 ตัน/ชม จำนวน 2 ตัว และ มีจำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 4,200 ชม.

3) ประเภทอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ จำนวน 1 โรงงาน มีความต้องการใช้พลังงานงานไอน้ำ 3 ตัน/ชม. โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานขนาด 1 ตัน/ชม จำนวน 1 ตัว และมีจำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 3,500 ชม.

4) ประเภทอุตสาหกรรมกล่องกระดาษและบรรจุภัณฑ์ จำนวน 2 โรงงาน มีความต้องการใช้พลังงานงานไอน้ำเท่ากันขนาด 7 ตัน/ชม. โดยโรงงานแรกมีชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 6,300 ชม.โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานขนาด 7 ตัน/ชม จำนวน 1 ตัว และโรงงานที่ 2 มี ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 4,200 ชม.โดยมีระบบหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานจำนวน 2 ตัว คือขนาด ขนาด 7 ตัน/ชม และ ขนาด 5 ตัน/ชม

1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบหม้อไอน้ำ

จากการสำรวจข้อมูลของระบบหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบสอบถามสามารถนำมาจัดเรียงข้อมูลได้ ดังตารางที่ 4.3 และจากตารางพบว่า โรงงานมีการควบคุมความดันในระบบหม้อไอน้ำเท่ากับ 7 บาร์ และมีการควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ของน้ำที่อยู่ในหม้อไอน้ำ เท่ากับ 5,000 μS/cm เท่ากันทุกโรงงาน โดยมีรายละเอียดของข้อมูลเกี่ยวกับระบบหม้อไอน้ำดังนี้

1.2.1 โรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis จำนวน 4 โรงงาน นั้น มีโรงงานที่มีการใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันเตาเกรด C เพียงชนิดเดียวจำนวน 2 โรงงาน ซึ่งโรงงานแรกมีประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำเท่ากับ 85% และไม่มีการนำ Condensate Return กลับมาใช้ใหม่ โรงงานที่ 2 มีประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำ 88.5% และ มีการนำ Condensate Return กลับมาใช้ใหม่ 70 % ส่วนโรงงานที่เหลืออีก 2 โรงงานนั้น โรงงานแรกมีการใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิดคือน้ำมันเตาเกรด A และก๊าซธรรมชาติ โดยมีประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเท่ากับ 90% และมีการนำ Condensate Return กลับมาใช้ใหม่ 80% ส่วนโรงงานสุดท้ายมีการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวโดยมีประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเท่ากับ 89.5% และมีการนำ Condensate Return กลับมาใช้ใหม่ 20%

1.2.2 โรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาใช้ระบบ Demineralization จำนวน 7 โรงงาน นั้น มีโรงงานที่มีการใช้เชื้อเพลิง ชนิดน้ำมันเตาเกรด C เพียงชนิดเดียวจำนวน 5 โรงงาน และ 3 ใน 5 โรงงานนั้น เป็นโรงงานที่มีการนำ Condensate Return กลับมาใช้ใหม่ 70% เท่ากัน แต่มีประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำไม่เท่ากันคือ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 87% 88% และ 87.5% ตามลำดับ และที่เหลืออีก 2 ใน 5 โรงงาน มีประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำ 88.5% และ 90.5% โดยมีการนำ Condensate Return กลับมาใช้ใหม่ 50% และ 60% ตามลำดับ

ส่วนโรงงานที่เหลืออีก 2 โรงงานนั้น โรงงานแรกมีการใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิดคือก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดีเซล โดยมีประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเท่ากับ 87.5% และมีการนำ Condensate Return กลับมาใช้ใหม่ 70% ส่วนโรงงานสุดท้ายมีการใช้น้ำมันเตาเกรด A เป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวโดยมีประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเท่ากับ 86% และมีการนำ Condensate Return กลับมาใช้ใหม่ 50%

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบหม้อไอน้ำ

โรงงานที่	ชื่อบริษัท	ความดันควบคุมในหม้อไอน้ำ (บาร์)	ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (%)	Condensate Return (%)	ค่า Conductivity ในหม้อไอน้ำ (µS/cm)	ชนิดของเชื้อเพลิง	
						ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2
<u>โรงงานที่ใช้ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน</u>							
1	เอ.วัน ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ	7	85.00	0	5,000	น้ำมันเตาเกรดC	-
2	เนสท์เล่ (ไทย)	7	88.50	70	5,000	น้ำมันเตาเกรดC	-
3	สยามบรรจุภัณฑ์อุตสาหกรรม	7	90.00	80	5,000	น้ำมันเตาเกรดA	ก๊าซธรรมชาติ
4	อาร์ เอส แคนเนอรี่	7	89.50	20	5,000	ก๊าซธรรมชาติ	-
<u>โรงงานที่ใช้ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน</u>							
5	เมดิแคป	7	87.50	70	5,000	ก๊าซธรรมชาติ	น้ำมันดีเซล
6	ไบโอแลป	7	86.00	50	5,000	น้ำมันเตาเกรดA	-
7	เอเซียไฟเบอร์	7	88.50	50	5,000	น้ำมันเตาเกรดC	-
8	เซมเมคายม์	7	90.50	60	5,000	น้ำมันเตาเกรดC	-
9	สยามทบพันแพคเกจจิ้ง	7	87.00	70	5,000	น้ำมันเตาเกรดC	-
10	สยามคราฟท์อุตสาหกรรม	7	88.00	70	5,000	น้ำมันเตาเกรดC	-
11	คิงฟิชเชอร์ โฮลดิ้งส์	7	87.50	70	5,000	น้ำมันเตาเกรดC	-

หมายเหตุ : ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

โรงงานที่	ชื่อบริษัท	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลบ.ม. / ชม.)	ค่า Conductivity ของน้ำที่ผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว (µS/cm)
โรงงานที่ใช้ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน			
1	เอ.วัน ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ	2.50	120.00
2	เนสท์เล่ (ไทย)	7.00	100.00
3	สยามบรรจุภัณฑ์อุตสาหกรรม	8.00	100.00
4	อาร์ เอส แคนเนอรี่	10.00	200.00
โรงงานที่ใช้ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน			
5	เมดิแคป	2.00	20.00
6	ไบโอแลป	2.50	20.00
7	เอเชียไฟเบอร์	3.00	50.00
8	เซมเมดายม์	3.00	50.00
9	สยามทบพันแพคเกจจิ้ง	7.00	50.00
10	สยามคราฟท์อุตสาหกรรม	7.00	50.00
11	คิงฟิชเชอร์ โฮลดิ้งส์	9.00	50.00

หมายเหตุ : ข้อมูลจากแบบสอบถาม

1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จากตารางที่ 4.4 พบว่าโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis จำนวน 4 โรงงานนั้นมีขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 7 8 และ 10 ลบ.ม./ชม. และมีการควบคุมค่า Conductivity ของน้ำที่ผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว เท่ากับ 120 100 100 และ 200 µS/cm ตามลำดับ ส่วนโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Demineralization จำนวน 7 โรงงานนั้นมีโรงงานจำนวน 2 โรงงานที่มีการควบคุมค่า Conductivity ของน้ำที่ผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้วเท่ากันคือ 20 µS/cm คือขนาดขนาด 2 และ 2.5 ลบ.ม./ชม. และที่เหลืออีก 5 โรงงานมีการควบคุมค่า Conductivity ของน้ำที่ผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้วเท่ากับ 50 µS/cm คือ ขนาดขนาด 3 ลบ.ม./ชม. จำนวน 2 โรงงาน ขนาด 7 ลบ.ม./ชม. จำนวน 2 โรงงานและขนาด 9 ลบ.ม./ ชม. อีกจำนวน 1 โรงงาน

และจากการใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่ได้รับจากการใช้งานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของทั้งสองระบบได้ข้อมูลดังนี้คือ ในส่วนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประเภทระบบ Reverse Osmosis จะมีน้ำทิ้งส่วนที่ไม่สามารถบำบัดได้ไหลทิ้งออกนอกระบบตลอดเวลามากถึง 30-40 % ของน้ำดิบที่เข้าระบบ อีกทั้งน้ำทิ้งดังกล่าวยังมีค่าสารละลายที่อยู่ในน้ำสูงมาก ถึงแม้ว่าน้ำในส่วนนี้จะมีความใสมากก็ตาม แต่ก็ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการนำน้ำส่วนนี้กลับไปใช้ใหม่ในโรงงาน เช่นในกรณีที่ บางโรงงานมีการนำน้ำทิ้งจากระบบ Reverse Osmosis ไปล้างห้องน้ำก็จะทำให้เกิดปัญหาคราบตะกรันเกาะติดผิวเครื่องสุขภัณฑ์ทำให้ดูสกปรกและทำความสะอาดอยากมาก ส่วนโรงงานที่มีการทิ้งเข้าไปในระบบบำบัดน้ำเสียก็จะทำให้ระบบน้ำเสียนั้นมีค่าสารละลายสูงกว่าปกติ ทำให้การควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียทำได้ยากขึ้น และการเปลี่ยนอะไหล่ของระบบ Reverse Osmosis โดยเฉพาะ Membrane ยังมีราคาสูง

ส่วนปัญหาเกี่ยวกับการใช้งานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบระบบ Demineralization ส่วนใหญ่พบว่าจะมีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องการใช้สารเคมีในการฟื้นฟูสภาพเรซิน เนื่องจากเคมีจะมีฤทธิ์ความเป็นกรดและเป็นด่างที่แรงมาก ซึ่งมีผลต่อความปลอดภัยและสุขภาพของผู้ใช้งาน และน้ำทิ้งจากการฟื้นฟูสภาพเรซินยังต้องมีการส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยทิ้งออกนอกโรงงาน ซึ่งทำให้ในบางครั้งอาจทำให้น้ำเสียเกิดค่าความเป็นกรดหรือเป็นด่างที่สูงหรือต่ำเกินไปส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่เป็นแบบระบบการบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพชนิดที่มีการเลี้ยงเชื้ออาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียตายได้

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเรียงตามลำดับวิธีการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์แต่ละโรงงาน โดยหาต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับจากการลงทุนเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทซึ่งไดแก่ ระบบ Reverse Osmosis และ ระบบ Demineralization แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบว่าก่อนและหลังจากที่โรงงานนั้นๆ มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นเป็นอย่างไร โดยวิเคราะห์จากโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู ที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis จำนวน 4 โรงงาน และโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Demineralization อีกจำนวน 7 โรงงาน มีกำหนดระยะเวลาการศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึง ปี พ.ศ. 2552 โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจะเรียงตามลำดับขั้นตอนการศึกษาวิจัยซึ่งกล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ดังต่อไปนี้

2.1 การพิจารณาทางด้านต้นทุน

จากการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามจากโรงงานกลุ่มตัวอย่างพบว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่สำคัญได้แก่ ต้นทุนในการลงทุนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (C_1) ต้นทุนค่าน้ำ (C_2) ต้นทุนค่าสารเคมี (C_3) ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง (C_4) ต้นทุนค่าดำเนินงานอื่นๆ เช่น ค่าไฟฟ้า และค่าเปลี่ยนอะไหล่อุปกรณ์เพื่อบำรุงรักษา ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและระบบหม้อไอน้ำ (C_5) และต้นทุนค่าบริการบำบัดน้ำเสีย (C_6) ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึง ปี พ.ศ. 2552 ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทได้ดังสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

ต้นทุนทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

$$C_{Total} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6$$

เมื่อกำหนดให้

C_{Total} = ต้นทุนทั้งหมดของการมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

C_1 = ต้นทุนในการลงทุนสร้างระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

C_2 = ต้นทุนค่าน้ำ

C_3 = ต้นทุนค่าสารเคมี

C_4 = ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง

C_5 = ต้นทุนค่าดำเนินงานอื่นๆ เช่น ค่าไฟฟ้าและค่าเปลี่ยนอะไหล่ที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและระบบหม้อไอน้ำ

C_6 = ต้นทุนค่าบริการบำบัดน้ำเสีย

จากตารางที่ 4.5 แสดงต้นทุนทั้งหมดของโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือ ระบบ Demineralization โดยเรียงลำดับตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 ซึ่งต้นทุนในปีที่ 0 ถึงปีที่ 9 ได้นำมาจากภาคผนวก ข และ ค และในปีที่ 10 ถึงปีที่ 12 ได้มาจากการคำนวณหาต้นทุนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตโดยอาศัยค่าอัตราเงินเฟ้อดังนี้

ต้นทุนจากการคำนวณค่าอัตราเงินเฟ้อ ณ ปีที่ t

$$C_t = \left(\frac{r \times C_{(t-1)}}{100} \right) + C_{(t-1)}$$

เมื่อกำหนดให้

C_t = ต้นทุน ณ ปีที่ t

$C_{(t-1)}$ = ต้นทุน ณ ปีที่ t-1

r = อัตราเงินเฟ้อ ในที่นี้กำหนดให้ ค่า r เท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6%

t = ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, . . . , T
ซึ่งในที่นี้คือ ปีที่ t = 10, 11 และ 12 (ปี พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2552)

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนทั้งหมด (C_{Total}) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปีพ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 3.5%

โรงงานที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ	ต้นทุนทั้งหมด[1] (C_{Total}) (บาท x 10^3)												
		ปีที่ t=0	ปีที่ t=1	ปีที่ t=2	ปีที่ t=3	ปีที่ t=4	ปีที่ t=5	ปีที่ t= 6	ปีที่ t=7	ปีที่ t=8	ปีที่ t=9	ปีที่ t=10[2]	ปีที่ t=11[2]	ปีที่ t=12[2]
<u>โรงงานที่ใช้ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน</u>														
1	2.5	1,641.83	1,647.78	1,787.86	2,315.98[3]	1,667.48	1,694.36	1,722.38	1,764.76	1,897.77	1,928.68	1,996.18	2,066.05	2,138.36
2	7	7,353.50	7,311.58	8,141.75	8,293.64	8,488.21	8,754.08[3]	8,174.16	8,930.13	9,221.04	9,861.60	10,206.76	10,563.99	10,933.73
3	8	9,133.45	9,136.90	10,026.79	10,163.72	10,379.37	10,750.02[3]	10,129.42	10,901.95	11,198.80	11,813.96	12,227.45	12,655.41	13,098.35
4	10	6,893.17	6,897.42	7,189.32	7,604.14[3]	6,280.12	6,331.23	6,364.14	6,364.71	6,450.72	6,549.73	6,778.97	7,016.23	7,261.80
<u>โรงงานที่ใช้ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน</u>														
5	2	2,615.66	2,619.25	2,740.91	2,958.65[3]	2,581.25	2,537.77	2,641.89	2,585.39	2,680.89	2,672.16	2,765.69	2,862.48	2,962.67
6	2.5	1,468.84	1,471.49	1,566.50	1,602.15	2,029.63[3]	1,541.38	1,558.99	1,566.79	1,675.74	1,655.42	1,713.36	1,773.33	1,835.39
7	3	1,815.32	1,708.02	2,073.39[3]	1,446.63	1,487.88	1,553.75	1,613.74	1,685.14	1,737.89	1,801.40	1,864.45	1,929.70	1,997.24
8	3	1,438.71	1,441.72	2,021.54[3]	1,362.30	1,400.00	1,458.30	1,510.21	1,544.96	1,597.63	1,634.97	1,692.19	1,751.42	1,812.72
9	7	5,488.64	5,490.95	6,012.20	6,243.31	6,384.59	7,487.35[3]	6,211.67	6,256.37	6,292.52	6,322.25	6,543.53	6,772.55	7,009.59
10	7	3,684.07	3,685.23	4,585.58[3]	3,393.82	3,416.32	3,472.64	3,520.78	3,585.62	3,641.13	3,763.20	3,894.91	4,031.23	4,172.33
11	9	4,712.77	4,715.01	5,162.34	5,357.85	6,768.16[3]	5,218.28	5,224.35	5,296.38	5,290.56	5,311.84	5,497.75	5,690.18	5,889.33

หมายเหตุ : [1] จากภาคผนวก ข และ ผนวก ค

[2] จากการคำนวณ $C_t = (r \times C_{t-1})/100 + C_{t-1}$, โดยที่ r = 3.5%

[3] ต้นทุนทั้งหมดของปีที่โรงงานมีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener เป็น ระบบ Reverse Osmosis หรือ ระบบ Demineralization

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนทั้งหมด (C_{Total}) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปีพ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 4.5%

โรงงานที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ	ต้นทุนทั้งหมด[1] (C_{Total}) (บาท x 10^3)												
		ปีที่ t=0	ปีที่ t=1	ปีที่ t=2	ปีที่ t=3	ปีที่ t=4	ปีที่ t=5	ปีที่ t= 6	ปีที่ t=7	ปีที่ t=8	ปีที่ t=9	ปีที่ t=10[2]	ปีที่ t=11[2]	ปีที่ t=12[2]
โรงงานที่ใช้ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน														
1	2.5	1,641.83	1,647.78	1,787.86	2,315.98[3]	1,667.48	1,694.36	1,722.38	1,764.76	1,897.77	1,928.68	2,015.47	2,086.01	2,159.02
2	7	7,353.50	7,311.58	8,141.75	8,293.64	8,488.21	8,754.08[3]	8,174.16	8,930.13	9,221.04	9,861.60	10,305.37	10,666.06	11,039.37
3	8	9,133.45	9,136.90	10,026.79	10,163.72	10,379.37	10,750.02[3]	10,129.42	10,901.95	11,198.80	11,813.96	12,345.59	12,777.69	13,224.90
4	10	6,893.17	6,897.42	7,189.32	7,604.14[3]	6,280.12	6,331.23	6,364.14	6,364.71	6,450.72	6,549.73	6,844.47	7,084.02	7,331.96
โรงงานที่ใช้ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน														
5	2	2,615.66	2,619.25	2,740.91	2,958.65[3]	2,581.25	2,537.77	2,641.89	2,585.39	2,680.89	2,672.16	2,792.41	2,890.15	2,991.29
6	2.5	1,468.84	1,471.49	1,566.50	1,602.15	2,029.63[3]	1,541.38	1,558.99	1,566.79	1,675.74	1,655.42	1,729.91	1,790.46	1,853.13
7	3	1,815.32	1,708.02	2,073.39[3]	1,446.63	1,487.88	1,553.75	1,613.74	1,685.14	1,737.89	1,801.40	1,882.46	1,948.35	2,016.54
8	3	1,438.71	1,441.72	2,021.54[3]	1,362.30	1,400.00	1,458.30	1,510.21	1,544.96	1,597.63	1,634.97	1,708.54	1,768.34	1,830.23
9	7	5,488.64	5,490.95	6,012.20	6,243.31	6,384.59	7,487.35[3]	6,211.67	6,256.37	6,292.52	6,322.25	6,606.75	6,837.99	7,077.31
10	7	3,684.07	3,685.23	4,585.58[3]	3,393.82	3,416.32	3,472.64	3,520.78	3,585.62	3,641.13	3,763.20	3,932.54	4,070.18	4,212.64
11	9	4,712.77	4,715.01	5,162.34	5,357.85	6,768.16[3]	5,218.28	5,224.35	5,296.38	5,290.56	5,311.84	5,550.87	5,745.15	5,946.24

หมายเหตุ :

[1] จากภาคผนวก ข และ ผนวก ค

[2] จากการคำนวณ $C_t = (r \times C_{t-1})/100 + C_{t-1}$, โดยที่ r = 4.5%

[3] ต้นทุนทั้งหมดของปีที่โรงงานมีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener เป็น ระบบ Reverse Osmosis หรือ ระบบ Demineralization

ตารางที่ 4.7 ต้นทุนทั้งหมด (C_{Total}) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปีพ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 6%

โรงงานที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ	ต้นทุนทั้งหมด[1] (C_{Total}) (บาท x 10^3)												
		ปีที่ t=0	ปีที่ t=1	ปีที่ t=2	ปีที่ t=3	ปีที่ t=4	ปีที่ t=5	ปีที่ t= 6	ปีที่ t=7	ปีที่ t=8	ปีที่ t=9	ปีที่ t=10[2]	ปีที่ t=11[2]	ปีที่ t=12[2]
<u>โรงงานที่ใช้ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน</u>														
1	2.5	1,641.83	1,647.78	1,787.86	2,315.98[3]	1,667.48	1,694.36	1,722.38	1,764.76	1,897.77	1,928.68	2,044.40	2,115.95	2,190.01
2	7	7,353.50	7,311.58	8,141.75	8,293.64	8,488.21	8,754.08[3]	8,174.16	8,930.13	9,221.04	9,861.60	10,453.30	10,819.17	11,197.83
3	8	9,133.45	9,136.90	10,026.79	10,163.72	10,379.37	10,750.02[3]	10,129.42	10,901.95	11,198.80	11,813.96	12,522.80	12,961.10	13,414.73
4	10	6,893.17	6,897.42	7,189.32	7,604.14[3]	6,280.12	6,331.23	6,364.14	6,364.71	6,450.72	6,549.73	6,942.71	7,185.71	7,437.20
<u>โรงงานที่ใช้ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน</u>														
5	2	2,615.66	2,619.25	2,740.91	2,958.65[3]	2,581.25	2,537.77	2,641.89	2,585.39	2,680.89	2,672.16	2,832.49	2,931.63	3,034.23
6	2.5	1,468.84	1,471.49	1,566.50	1,602.15	2,029.63[3]	1,541.38	1,558.99	1,566.79	1,675.74	1,655.42	1,754.75	1,816.16	1,879.73
7	3	1,815.32	1,708.02	2,073.39[3]	1,446.63	1,487.88	1,553.75	1,613.74	1,685.14	1,737.89	1,801.40	1,909.48	1,976.32	2,045.48
8	3	1,438.71	1,441.72	2,021.54[3]	1,362.30	1,400.00	1,458.30	1,510.21	1,544.96	1,597.63	1,634.97	1,733.07	1,793.72	1,856.51
9	7	5,488.64	5,490.95	6,012.20	6,243.31	6,384.59	7,487.35[3]	6,211.67	6,256.37	6,292.52	6,322.25	6,701.59	6,936.14	7,178.90
10	7	3,684.07	3,685.23	4,585.58[3]	3,393.82	3,416.32	3,472.64	3,520.78	3,585.62	3,641.13	3,763.20	3,988.99	4,128.60	4,273.10
11	9	4,712.77	4,715.01	5,162.34	5,357.85	6,768.16[3]	5,218.28	5,224.35	5,296.38	5,290.56	5,311.84	5,630.55	5,827.62	6,031.59

หมายเหตุ :

[1] จากภาคผนวก ข และ ผนวก ค

[2] จากการคำนวณ $C_t = (r \times C_{t-1})/100 + C_{t-1}$, โดยที่ r = 6%

[3] ต้นทุนทั้งหมดของปีที่โรงงานมีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener เป็น ระบบ Reverse Osmosis หรือ ระบบ Demineralization

จากตารางที่ 4.5 4.6 และ 4.7 ต้นทุนทั้งหมด (C_{Total}) ของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพแต่ละประเภทของโรงงานกลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 โรงงาน นั้นมีรายละเอียดของต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นดังนี้

2.1.1 โรงงานที่มีการใช้ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน

1) โรงงานที่ 1 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 1,641,830 บาท และมีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 2,315,980 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5% 4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 2,138,360 บาท 2,159,020 บาท และ 2,190,010 บาท ตามลำดับ

2) โรงงานที่ 2 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 7,353,500 บาท และมีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 5 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 8,754,080 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5% 4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 10,933,730 บาท 11,039,370 บาท และ 11,197,830 บาท ตามลำดับ

3) โรงงานที่ 3 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 8 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 9,133,450 บาท และมีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 5 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 10,750,020 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5% 4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 13,098,350 บาท 13,414,730 บาท และ 11,197,830 บาท ตามลำดับ

4) โรงงานที่ 4 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 10 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 6,893,170 บาท และมีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 7,604,140 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5% 4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 7,261,800 บาท 7,331,960 บาท และ 7,437,200 บาท ตามลำดับ

2.1.2 โรงงานที่มีการใช้ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน

1) โรงงานที่ 5 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 2,615,660 บาท และมีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 2,958,650 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5%

4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2,962,670 บาท 2,991,290 บาท และ 3,034,230 บาท ตามลำดับ

2) โรงงานที่ 6 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 1,468,840 บาท และมีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 4 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 2,029,630 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5% 4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 1,835,390 บาท 1,853,130 บาท และ 1,879,730 บาท ตามลำดับ

3) โรงงานที่ 7 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 1,815,320 บาท และมีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 2 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 2,073,390 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5% 4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 1,997,240 บาท 2,016,540 บาท และ 2,045,480 บาท ตามลำดับ

4) โรงงานที่ 8 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 1,438,710 บาท และมีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 2 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 2,021,540 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5% 4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 1,812,720 บาท 1,830,230 บาท และ 1,856,510 บาท ตามลำดับ

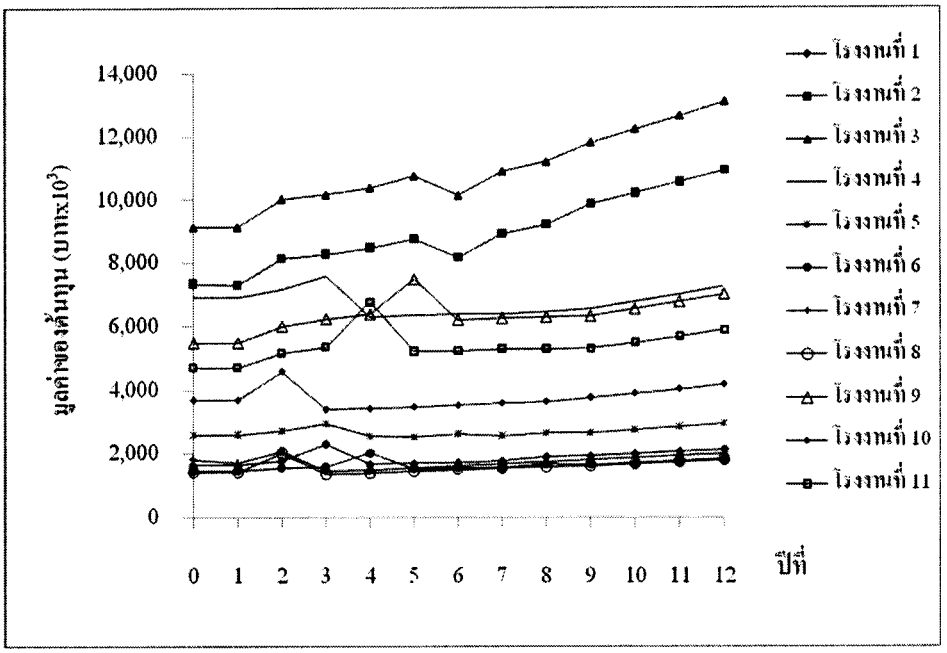
5) โรงงานที่ 9 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 5,488,640 บาท และมีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 5 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 7,487,350 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5% 4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 7,009,590 บาท 7,077,310 บาท และ 7,178,900 บาท ตามลำดับ

6) โรงงานที่ 10 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 3,684,070 บาท และมีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 2 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 4,585,580 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5% 4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 4,172,330 บาท 4,212,640 บาท และ 4,273,100 บาท ตามลำดับ

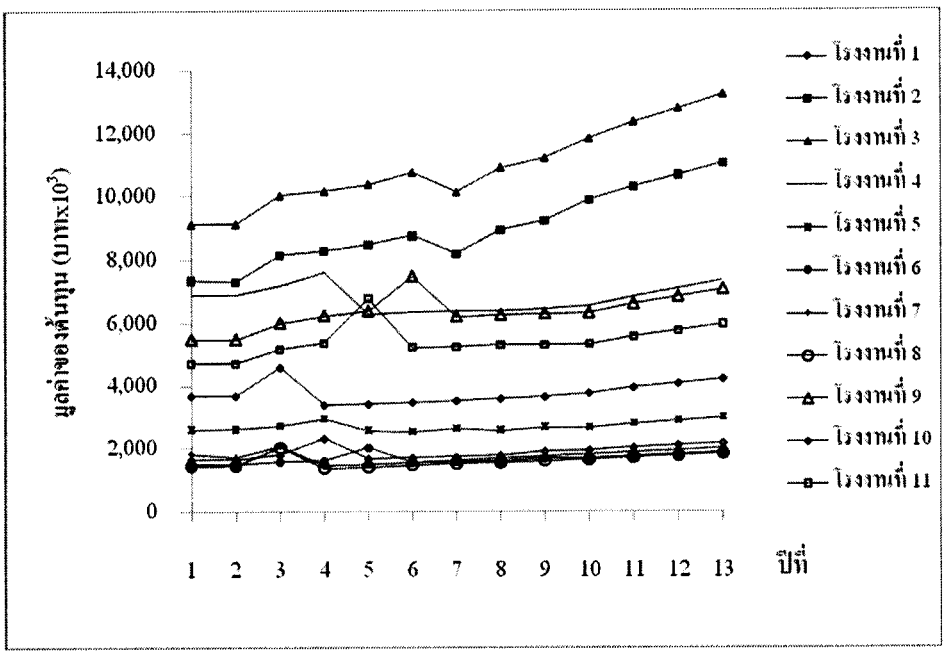
7) โรงงานที่ 11 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 9 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 4,712,770 บาท และ

มีค่าเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 6,768,160 บาท และเมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่ 3.5% 4.5% และ 6% หามูลค่าของต้นทุนพบว่าในปีที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 5,889,330 บาท 5,946,240 บาท และ 6,031,590 บาท ตามลำดับ

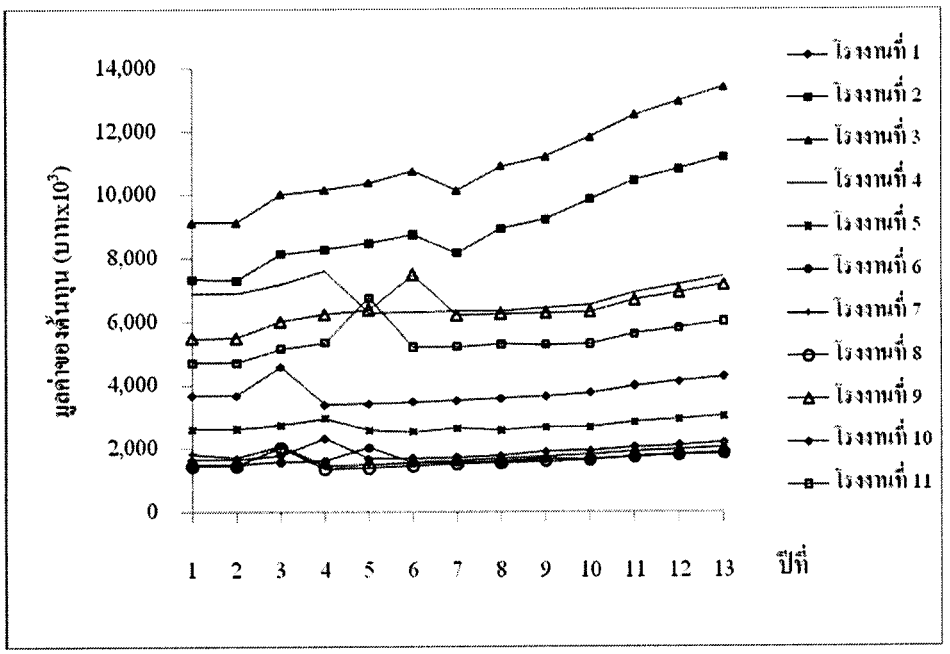
และจากมูลค่าต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละปีของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำในตารางที่ 4.5 4.6 และ 4.7 เมื่อนำค่าดังกล่าว มาจัดแสดงเป็นกราฟต้นทุนทั้งหมด ที่เกิดขึ้นในแต่ละปีของแต่ละโรงงาน สามารถแสดงได้ดัง ภาพที่ 4.1 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 ต้นทุนทั้งหมดของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 3.5%



ภาพที่ 4.2 ต้นทุนทั้งหมดของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำ ที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 4.5%



ภาพที่ 4.3 ต้นทุนทั้งหมดของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำ ที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 6%

จากภาพที่ 4.1 4.2 และ 4.3 จะเห็นได้ว่ามูลค่าต้นทุนของทุกโรงงานที่ใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ และในปีที่มีการลงทุนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยเปลี่ยนจากระบบเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization นั้น จะมีมูลค่าของต้นทุนที่สูงมากกว่าปกติ และกลับลดลงในปีถัดมาและค่อยๆ สูงขึ้นอีก อนึ่งการนำค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5 4.5 และ 6% มาใช้ในการคำนวณหาต้นทุนที่เกิดขึ้นในปีที่ 10 11 และ 12 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.1 4.2 และ 4.3 พบว่ามีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากสภาวะต่างๆ เช่น การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ภาวะอัตราเงินเฟ้อ และราคาน้ำมันแพงที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยทางเศรษฐศาสตร์นั้นจำเป็นต้องมีการปรับมูลค่าต้นทุนดังกล่าว ให้เป็นมูลค่าปัจจุบันก่อนแล้วจึงนำมาวิเคราะห์หามูลค่าของต้นทุนที่ลดลงและมูลค่าของผลประโยชน์ที่ได้รับของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทต่อไป

2.2 การพิจารณาทางด้านผลประโยชน์

การพิจารณาทางด้านผลประโยชน์ ในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะมูลค่าที่ได้รับจากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทที่เป็นผลประโยชน์ซึ่งเกิดขึ้นจริง (Use Value) เท่านั้น โดยมีการพิจารณาดังนี้คือ ผลประโยชน์ที่ได้รับการใช้ระบบได้แก่ มูลค่าของต้นทุนค่าน้ำที่ลดลง (B_1) มูลค่าของต้นทุนค่าสารเคมีที่ลดลง (B_2) มูลค่าของต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ลดลง (B_3) มูลค่าของต้นทุนค่าดำเนินงานอื่นๆ เช่น ค่าไฟฟ้าและค่าเปลี่ยนอะไหล่ที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและระบบหม้อไอน้ำที่ลดลง (B_4) มูลค่าต้นทุนค่าบริการบำบัดน้ำเสียที่ลดลง (B_5) จากผลประโยชน์ข้างต้นสามารถนำมาเขียนเป็นฟังก์ชันและสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้คือ

ผลประโยชน์ทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ :

$$B_{Total} = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5$$

เมื่อกำหนดให้ :

B_{Total} = มูลค่าของผลประโยชน์ทั้งหมดของการมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

B_1 = มูลค่าของต้นทุนค่าน้ำที่ลดลง

B_2 = มูลค่าของต้นทุนค่าสารเคมีที่ลดลง

B_3 = มูลค่าของต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ลดลง

B_4 = มูลค่าของต้นทุนค่าดำเนินงานอื่นๆ เช่น ค่าไฟฟ้าและค่าเปลี่ยนอะไหล่ที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและระบบหม้อไอน้ำที่ลดลง

B_5 = มูลค่าต้นทุนค่าบริการบำบัดน้ำเสียที่ลดลง

ซึ่งจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้มูลค่าของผลประโยชน์ที่ได้รับนั้นคือมูลค่าต้นทุนที่ลดลงของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประเภทนั้นๆ ของโรงงานหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว ดังนั้นการพิจารณาด้านผลประโยชน์จากข้อมูลที่ได้จะต้องทำการปรับค่าต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบันก่อน ดังแสดงในตารางที่ 4.6 แล้วจึงนำมาหาผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น

2.3 การปรับมูลค่าต้นทุนให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน

จากตารางที่ 4.5 แสดงมูลค่าของต้นทุนทั้งหมด (C_{Total}) ของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในแต่ละปีนั้น สามารถทำให้เป็นมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (Present Cost – PV (C_t)) ได้ โดยมูลค่าของต้นทุนในระยะเวลาต่างๆ จะถูกปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบันโดยอาศัยตัวคิดลด (Discount rate) ถ้า i เป็นอัตราคิดลด มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในเวลา t สามารถคำนวณโดยใช้สูตรต่อไปนี้

มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน :

$$PV(C_t) = C_t(1+i)^{-t}$$

เมื่อกำหนดให้ :

$PV(C_t)$ = มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

$(1+i)^{-t}$ = ตัวคิดลด (Discount rate) ซึ่งจะมีค่าระหว่าง +1 และ 0

i ในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ 5.43 % ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยของพันธบัตรรัฐบาลเฉลี่ย ของอายุบัตร 3 ปี 5 ปี 10 ปี 15 ปี และ 20 ปี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2541 ถึงปีพ.ศ. 2550

t = ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, ... , T

C_t = มูลค่าของต้นทุน ณ ปีที่ t

โดยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total}) และมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV (B_{Total}) ของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ สำหรับระบบหม้อไอน้ำในแต่ละปีตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 ของแต่ละโรงงาน แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 4.9 และ 4.10 ซึ่งเรียงลำดับตามค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) ที่นำมาคิดหามูลค่าของต้นทุนในปีที่ 10 11 และ 12 ที่แตกต่างกันคือ 3.5% 4.5% และ 6%

ตารางที่ 4.8 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total}) และมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV (B_{Total}) โดยที่ r = 3.5%

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total}) (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV (B_{Total}) (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]
1. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 2.5 ลบ.ม. /ชม.								
0	1,641.83			1.00000	1,641.83			
1	1,647.78			0.94850	1,562.91			
2	1,787.86			0.89965	1,608.44			
3		630.00	1,685.98	0.85331		537.59	1,438.67	165.72
4			1,667.48	0.80936			1,349.60	254.79
5			1,694.36	0.76768			1,300.72	303.67
6			1,722.38	0.72814			1,254.13	350.26
7			1,764.76	0.69064			1,218.81	385.58
8			1,897.77	0.65507			1,243.17	361.22
9			1,928.68	0.62133			1,198.35	406.04
10			1,996.18	0.58933			1,176.41	427.98
11			2,066.05	0.55898			1,154.87	449.52
12			2,138.36	0.53019			1,133.73	470.66
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,604.39		1,246.85	357.54

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน (1)	การลงทุน (2)	หลังเปลี่ยน (3)	(4)	ก่อนเปลี่ยน (6)=(1)x(4)	การลงทุน (7)=(2)x(4)	หลังเปลี่ยน (8)=(3)x(4)	(9)[1]

2. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.

0	7,353.50			1.00000	7,353.50			
1	7,311.58			0.94850	6,935.01			
2	8,141.75			0.89965	7,324.69			
3	8,293.64			0.85331	7,077.05			
4	8,488.21			0.80936	6,870.04			
5		850.00	7,904.08	0.76768		652.53	6,067.79	1,044.27
6			8,174.16	0.72814			5,951.93	1,160.13
7			8,930.13	0.69064			6,167.49	944.57
8			9,221.04	0.65507			6,040.41	1,071.65
9			9,861.60	0.62133			6,127.31	984.75
10			10,206.76	0.58933			6,015.14	1,096.92
11			10,563.99	0.55898			5,905.02	1,207.04
12			10,933.73	0.53019			5,796.93	1,315.13
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					7,112.06		6,009.00	1,103.06

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

3. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 8 ลบ.ม. /ชม.

0	9,133.45			1.00000	9,133.45			
1	9,136.90			0.94850	8,666.32			
2	10,026.79			0.89965	9,020.56			
3	10,163.72			0.85331	8,672.81			
4	10,379.37			0.80936	8,400.67			
5		890.00	9,860.02	0.76768		683.23	7,569.32	1,209.44
6			10,129.42	0.72814			7,375.63	1,403.13
7			10,901.95	0.69064			7,529.30	1,249.46
8			11,198.80	0.65507			7,335.97	1,442.79
9			11,813.96	0.62133			7,340.36	1,438.40
10			12,227.45	0.58933			7,205.99	1,572.77
11			12,655.41	0.55898			7,074.08	1,704.68
12			13,098.35	0.53019			6,944.58	1,834.18
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					8,778.76		7,296.91	1,481.85

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน (1)	การลงทุน (2)	หลังเปลี่ยน (3)	(4)	ก่อนเปลี่ยน (6)=(1)x(4)	การลงทุน (7)=(2)x(4)	หลังเปลี่ยน (8)=(3)x(4)	(9)[1]

4. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 10 ลบ.ม. /ชม.

0	6,893.17			1.00000	6,893.17			
1	6,897.42			0.94850	6,542.18			
2	7,189.32			0.89965	6,467.84			
3		1,200.00	6,404.14	0.85331		1,023.97	5,464.72	1,169.68
4			6,280.12	0.80936			5,082.89	1,551.51
5			6,331.23	0.76768			4,860.34	1,774.06
6			6,364.14	0.72814			4,633.98	2,000.42
7			6,364.71	0.69064			4,395.71	2,238.69
8			6,450.72	0.65507			4,225.66	2,408.74
9			6,549.73	0.62133			4,069.54	2,564.86
10			6,778.97	0.58933			3,995.04	2,639.36
11			7,016.23	0.55898			3,921.91	2,712.49
12			7,261.80	0.53019			3,850.12	2,784.28
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					6,634.40		4,449.99	2,184.41

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

5. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 2 ลบ.ม. /ชม.

0	2,615.66			1.00000	2,615.66			
1	2,619.25			0.94850	2,484.35			
2	2,740.91			0.89965	2,465.85			
3		410.00	2,548.65	0.85331		349.86	2,174.79	347.16
4			2,581.25	0.80936			2,089.17	432.78
5			2,537.77	0.76768			1,948.19	573.76
6			2,641.89	0.72814			1,923.67	598.28
7			2,585.39	0.69064			1,785.57	736.38
8			2,680.89	0.65507			1,756.17	765.78
9			2,672.16	0.62133			1,660.29	861.66
10			2,765.69	0.58933			1,629.90	892.05
11			2,862.48	0.55898			1,600.06	921.89
12			2,962.67	0.53019			1,570.77	951.18
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					2,521.95		1,813.86	708.09

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

6. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 2.5 ลบ.ม. /ชม.

0	1,468.84			1.00000	1,468.84			
1	1,471.49			0.94850	1,395.70			
2	1,566.50			0.89965	1,409.30			
3	1,602.15			0.85331	1,367.13			
4		500.00	1,529.63	0.80936		404.68	1,238.03	172.21
5			1,541.38	0.76768			1,183.28	226.96
6			1,558.99	0.72814			1,135.16	275.08
7			1,566.79	0.69064			1,082.08	328.16
8			1,675.74	0.65507			1,097.72	312.52
9			1,655.42	0.62133			1,028.56	381.68
10			1,713.39	0.58933			1,009.75	400.49
11			1,773.33	0.55898			991.25	418.99
12			1,835.39	0.53019			973.10	437.14
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,410.24		1,082.10	328.14

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

7. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 3 ลบ.ม. /ชม.

0	1,815.32			1.00000	1,815.32			
1	1,708.02			0.94850	1,620.05			
2		590.00	1,483.39	0.89965		530.79	1,334.53	383.16
3			1,446.63	0.85331			1,234.43	483.26
4			1,487.88	0.80936			1,204.23	513.46
5			1,553.75	0.76768			1,192.78	524.91
6			1,613.74	0.72814			1,175.03	542.66
7			1,685.14	0.69064			1,163.82	553.87
8			1,737.89	0.65507			1,138.44	579.25
9			1,801.40	0.62133			1,119.26	598.43
10			1,864.45	0.58933			1,098.77	618.92
11			1,929.70	0.55898			1,078.66	639.03
12			1,997.24	0.53019			1,058.91	658.78
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,717.69		1,163.53	554.16

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

8. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.

0	1,438.71			1.00000	1,438.71			
1	1,441.72			0.94850	1,367.47			
2		610.00	1,411.54	0.89965		548.78	1,269.89	133.20
3			1,362.30	0.85331			1,162.47	240.62
4			1,400.00	0.80936			1,133.11	269.98
5			1,458.30	0.76768			1,119.50	283.59
6			1,510.21	0.72814			1,099.64	303.45
7			1,544.96	0.69064			1,067.01	336.08
8			1,597.63	0.65507			1,046.56	356.53
9			1,634.97	0.62133			1,015.86	387.23
10			1,692.19	0.58933			997.26	405.83
11			1,751.42	0.55898			979.00	424.09
12			1,812.72	0.53019			961.08	442.01
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,403.09		1,077.40	325.69

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

9. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.

0	5,488.64			1.00000	5,488.64			
1	5,490.95			0.94850	5,208.15			
2	6,012.20			0.89965	5,408.85			
3	6,243.31			0.85331	5,327.49			
4	6,384.59			0.80936	5,167.45			
5		1,300.00	6,187.35	0.76768		997.98	4,749.89	570.22
6			6,211.67	0.72814			4,522.96	797.15
7			6,256.37	0.69064			4,320.89	999.22
8			6,292.52	0.65507			4,122.03	1,198.08
9			6,322.25	0.62133			3,928.20	1,391.91
10			6,543.53	0.58933			3,856.29	1,463.82
11			6,772.55	0.55898			3,785.70	1,534.41
12			7,009.59	0.53019			3,716.40	1,603.71
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					5,320.11		4,125.30	1,194.81

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

10. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม./ชม.

0	3,684.07			1.00000	3,684.07			
1	3,685.23			0.94850	3,495.43			
2		1,250.00	3,335.58	0.89965		1,124.56	3,000.84	588.91
3			3,393.82	0.85331			2,895.98	693.77
4			3,416.32	0.80936			2,765.04	824.71
5			3,472.64	0.76768			2,665.87	923.88
6			3,520.78	0.72814			2,563.62	1,026.13
7			3,585.62	0.69064			2,476.37	1,113.38
8			3,641.13	0.65507			2,385.19	1,204.56
9			3,763.20	0.62133			2,338.19	1,251.56
10			3,894.91	0.58933			2,295.38	1,294.37
11			4,031.23	0.55898			2,253.36	1,336.39
12			4,172.33	0.53019			2,212.12	1,377.63
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					3,589.75		2,532.00	1,057.75

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน (1)	การลงทุน (2)	หลังเปลี่ยน (3)	(4)	ก่อนเปลี่ยน (6)=(1)x(4)	การลงทุน (7)=(2)x(4)	หลังเปลี่ยน (8)=(3)x(4)	(9)[1]
11. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 9 ลบ.ม. /ชม.								
0	4,712.77			1.00000	4,712.77			
1	4,715.01			0.94850	4,472.17			
2	5,162.34			0.89965	4,644.28			
3	5,357.85			0.85331	4,571.91			
4		1,550.00	5,218.16	0.80936		1,254.51	4,223.38	376.90
5			5,218.28	0.76768			4,005.96	594.32
6			5,224.35	0.72814			3,804.06	796.22
7			5,296.38	0.69064			3,657.88	942.40
8			5,290.56	0.65507			3,465.68	1,134.60
9			5,311.84	0.62133			3,300.40	1,299.88
10			5,497.75	0.58933			3,239.98	1,360.30
11			5,690.18	0.55898			3,180.68	1,419.60
12			5,889.33	0.53019			3,122.45	1,477.83
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					4,600.28		3,555.61	1,044.67

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total}) และมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV (B_{Total}) โดยที่ r = 4.5%

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV(C_{Total}) (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV(B_{Total}) (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

1. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 2.5 ลบ.ม. /ชม.

0	1,641.83			1.00000	1,641.83			
1	1,647.78			0.94850	1,562.91			
2	1,787.86			0.89965	1,608.44			
3		630.00	1,685.98	0.85331		537.59	1,438.67	165.72
4			1,667.48	0.80936			1,349.60	254.79
5			1,694.36	0.76768			1,300.72	303.67
6			1,722.38	0.72814			1,254.13	350.26
7			1,764.76	0.69064			1,218.81	385.58
8			1,897.77	0.65507			1,243.17	361.22
9			1,928.68	0.62133			1,198.35	406.04
10			2,015.47	0.58933			1,187.78	416.61
11			2,106.17	0.55898			1,177.30	427.09
12			2,200.94	0.53019			1,166.91	437.48
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,604.39		1,253.54	350.85

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

2. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.

0	7,353.50			1.00000	7,353.50			
1	7,311.58			0.94850	6,935.01			
2	8,141.75			0.89965	7,324.69			
3	8,293.64			0.85331	7,077.05			
4	8,488.21			0.80936	6,870.04			
5		850.00	7,904.08	0.76768		652.53	6,067.79	1,044.27
6			8,174.16	0.72814			5,951.93	1,160.13
7			8,930.13	0.69064			6,167.49	944.57
8			9,221.04	0.65507			6,040.41	1,071.65
9			9,861.60	0.62133			6,127.31	984.75
10			10,305.37	0.58933			6,073.26	1,038.80
11			10,769.11	0.55898			6,019.68	1,092.38
12			11,253.72	0.53019			5,966.58	1,145.48
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					7,112.06		6,051.81	1,060.25

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

3. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 8 ลบ.ม. /ชม.

0	9,133.45			1.00000	9,133.45			
1	9,136.90			0.94850	8,666.32			
2	10,026.79			0.89965	9,020.56			
3	10,163.72			0.85331	8,672.81			
4	10,379.37			0.80936	8,400.67			
5		890.00	9,860.02	0.76768		683.23	7,569.32	1,209.44
6			10,129.42	0.72814			7,375.63	1,403.13
7			10,901.95	0.69064			7,529.30	1,249.46
8			11,198.80	0.65507			7,335.97	1,442.79
9			11,813.96	0.62133			7,340.36	1,438.40
10			12,345.59	0.58933			7,275.62	1,503.14
11			12,901.14	0.55898			7,211.44	1,567.32
12			13,481.69	0.53019			7,147.82	1,630.94
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					8,778.76		7,348.18	1,430.58

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]
4. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 10 ลบ.ม. /ชม.								
0	6,893.17			1.00000	6,893.17			
1	6,897.42			0.94850	6,542.18			
2	7,189.32			0.89965	6,467.84			
3		1,200.00	6,404.14	0.85331		1,023.97	5,464.72	1,169.68
4			6,280.12	0.80936			5,082.89	1,551.51
5			6,331.23	0.76768			4,860.34	1,774.06
6			6,364.14	0.72814			4,633.98	2,000.42
7			6,364.71	0.69064			4,395.71	2,238.69
8			6,450.72	0.65507			4,225.66	2,408.74
9			6,549.73	0.62133			4,069.54	2,564.86
10			6,844.47	0.58933			4,033.64	2,600.76
11			7,152.47	0.55898			3,998.06	2,636.34
12			7,474.33	0.53019			3,962.80	2,671.60
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					6,634.40		4,472.74	2,161.66

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]
5. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 2 ลบ.ม. /ชม.								
0	2,615.66			1.00000	2,615.66			
1	2,619.25			0.94850	2,484.35			
2	2,740.91			0.89965	2,465.85			
3		410.00	2,548.65	0.85331		349.86	2,174.79	347.16
4			2,581.25	0.80936			2,089.17	432.78
5			2,537.77	0.76768			1,948.19	573.76
6			2,641.89	0.72814			1,923.67	598.28
7			2,585.39	0.69064			1,785.57	736.38
8			2,680.89	0.65507			1,756.17	765.78
9			2,672.16	0.62133			1,660.29	861.66
10			2,792.41	0.58933			1,645.65	876.30
11			2,918.07	0.55898			1,631.13	890.82
12			3,049.38	0.53019			1,616.74	905.21
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					2,521.95		1,823.14	698.81

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

6. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 2.5 ลบ.ม. /ชม.

0	1,468.84			1.00000	1,468.84			
1	1,471.49			0.94850	1,395.70			
2	1,566.50			0.89965	1,409.30			
3	1,602.15			0.85331	1,367.13			
4		500.00	1,529.63	0.80936		404.68	1,238.03	172.21
5			1,541.38	0.76768			1,183.28	226.96
6			1,558.99	0.72814			1,135.16	275.08
7			1,566.79	0.69064			1,082.08	328.16
8			1,675.74	0.65507			1,097.72	312.52
9			1,655.42	0.62133			1,028.56	381.68
10			1,729.91	0.58933			1,019.49	390.75
11			1,807.76	0.55898			1,010.50	399.74
12			1,889.11	0.53019			1,001.58	408.66
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,410.24		1,088.49	321.75

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

7. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 3 ลบ.ม. /ชม.

0	1,815.32			1.00000	1,815.32			
1	1,708.02			0.94850	1,620.05			
2		590.00	1,483.39	0.89965		530.79	1,334.53	383.16
3			1,446.63	0.85331			1,234.43	483.26
4			1,487.88	0.80936			1,204.23	513.46
5			1,553.75	0.76768			1,192.78	524.91
6			1,613.74	0.72814			1,175.03	542.66
7			1,685.14	0.69064			1,163.82	553.87
8			1,737.89	0.65507			1,138.44	579.25
9			1,801.40	0.62133			1,119.26	598.43
10			1,882.46	0.58933			1,109.39	608.30
11			1,967.17	0.55898			1,099.60	618.09
12			2,055.70	0.53019			1,089.90	627.79
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,717.69		1,169.22	548.47

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

8. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.

0	1,438.71			1.00000	1,438.71			
1	1,441.72			0.94850	1,367.47			
2		610.00	1,411.54	0.89965		548.78	1,269.89	133.20
3			1,362.30	0.85331			1,162.47	240.62
4			1,400.00	0.80936			1,133.11	269.98
5			1,458.30	0.76768			1,119.50	283.59
6			1,510.21	0.72814			1,099.64	303.45
7			1,544.96	0.69064			1,067.01	336.08
8			1,597.63	0.65507			1,046.56	356.53
9			1,634.97	0.62133			1,015.86	387.23
10			1,708.54	0.58933			1,006.89	396.20
11			1,785.43	0.55898			998.01	405.08
12			1,865.77	0.53019			989.21	413.88
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,403.09		1,082.56	320.53

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]
9. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม./ชม.								
0	5,488.64			1.00000	5,488.64			
1	5,490.95			0.94850	5,208.15			
2	6,012.20			0.89965	5,408.85			
3	6,243.31			0.85331	5,327.49			
4	6,384.59			0.80936	5,167.45			
5		1,300.00	6,187.35	0.76768		997.98	4,749.89	570.22
6			6,211.67	0.72814			4,522.96	797.15
7			6,256.37	0.69064			4,320.89	999.22
8			6,292.52	0.65507			4,122.03	1,198.08
9			6,322.25	0.62133			3,928.20	1,391.91
10			6,606.75	0.58933			3,893.55	1,426.56
11			6,904.06	0.55898			3,859.21	1,460.90
12			7,214.74	0.53019			3,825.16	1,494.95
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					5,320.11		4,152.74	1,167.37

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน (1)	การลงทุน (2)	หลังเปลี่ยน (3)	(4)	ก่อนเปลี่ยน (6)=(1)x(4)	การลงทุน (7)=(2)x(4)	หลังเปลี่ยน (8)=(3)x(4)	(9)[1]

10. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.

0	3,684.07			1.00000	3,684.07			
1	3,685.23			0.94850	3,495.43			
2		1,250.00	3,335.58	0.89965		1,124.56	3,000.84	588.91
3			3,393.82	0.85331			2,895.98	693.77
4			3,416.32	0.80936			2,765.04	824.71
5			3,472.64	0.76768			2,665.87	923.88
6			3,520.78	0.72814			2,563.62	1,026.13
7			3,585.62	0.69064			2,476.37	1,113.38
8			3,641.13	0.65507			2,385.19	1,204.56
9			3,763.20	0.62133			2,338.19	1,251.56
10			3,932.54	0.58933			2,317.56	1,272.19
11			4,109.51	0.55898			2,297.12	1,292.63
12			4,294.44	0.53019			2,276.86	1,312.89
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					3,589.75		2,543.88	1,045.87

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]
11. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 9 ลบ.ม. /ชม.								
0	4,712.77			1.00000	4,712.77			
1	4,715.01			0.94850	4,472.17			
2	5,162.34			0.89965	4,644.28			
3	5,357.85			0.85331	4,571.91			
4		1,550.00	5,218.16	0.80936		1,254.51	4,223.38	376.90
5			5,218.28	0.76768			4,005.96	594.32
6			5,224.35	0.72814			3,804.06	796.22
7			5,296.38	0.69064			3,657.88	942.40
8			5,290.56	0.65507			3,465.68	1,134.60
9			5,311.84	0.62133			3,300.40	1,299.88
10			5,550.87	0.58933			3,271.29	1,328.99
11			5,800.66	0.55898			3,242.44	1,357.84
12			6,061.69	0.53019			3,213.83	1,386.45
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					4,600.28		3,576.10	1,024.18

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total}) และมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV (B_{Total}) โดยที่ r = 6%

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]
1. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 2.5 ลบ.ม. /ชม.								
0	1,641.83			1.00000	1,641.83			
1	1,647.78			0.94850	1,562.91			
2	1,787.86			0.89965	1,608.44			
3		630.00	1,685.98	0.85331		537.59	1,438.67	165.72
4			1,667.48	0.80936			1,349.60	254.79
5			1,694.36	0.76768			1,300.72	303.67
6			1,722.38	0.72814			1,254.13	350.26
7			1,764.76	0.69064			1,218.81	385.58
8			1,897.77	0.65507			1,243.17	361.22
9			1,928.68	0.62133			1,198.35	406.04
10			2,044.40	0.58933			1,204.83	399.56
11			2,167.06	0.55898			1,211.34	393.05
12			2,297.09	0.53019			1,217.89	386.50
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,604.39		1,263.75	340.64

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

2. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.

0	7,353.50			1.00000	7,353.50			
1	7,311.58			0.94850	6,935.01			
2	8,141.75			0.89965	7,324.69			
3	8,293.64			0.85331	7,077.05			
4	8,488.21			0.80936	6,870.04			
5		850.00	7,904.08	0.76768		652.53	6,067.79	1,044.27
6			8,174.16	0.72814			5,951.93	1,160.13
7			8,930.13	0.69064			6,167.49	944.57
8			9,221.04	0.65507			6,040.41	1,071.65
9			9,861.60	0.62133			6,127.31	984.75
10			10,453.30	0.58933			6,160.43	951.63
11			11,080.49	0.55898			6,193.74	918.32
12			11,745.32	0.53019			6,227.22	884.84
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					7,112.06		6,117.04	995.02

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

3. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 8 ลบ.ม. /ชม.

0	9,133.45			1.00000	9,133.45			
1	9,136.90			0.94850	8,666.32			
2	10,026.79			0.89965	9,020.56			
3	10,163.72			0.85331	8,672.81			
4	10,379.37			0.80936	8,400.67			
5		890.00	9,860.02	0.76768		683.23	7,569.32	1,209.44
6			10,129.42	0.72814			7,375.63	1,403.13
7			10,901.95	0.69064			7,529.30	1,249.46
8			11,198.80	0.65507			7,335.97	1,442.79
9			11,813.96	0.62133			7,340.36	1,438.40
10			12,522.80	0.58933			7,380.05	1,398.71
11			13,274.17	0.55898			7,419.95	1,358.81
12			14,070.62	0.53019			7,460.07	1,318.69
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					8,778.76		7,426.33	1,352.43

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน (1)	การลงทุน (2)	หลังเปลี่ยน (3)	(4)	ก่อนเปลี่ยน (6)=(1)x(4)	การลงทุน (7)=(2)x(4)	หลังเปลี่ยน (8)=(3)x(4)	(9)[1]

4. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 10 ลบ.ม. /ชม.

0	6,893.17			1.00000	6,893.17			
1	6,897.42			0.94850	6,542.18			
2	7,189.32			0.89965	6,467.84			
3		1,200.00	6,404.14	0.85331		1,023.97	5,464.72	1,169.68
4			6,280.12	0.80936			5,082.89	1,551.51
5			6,331.23	0.76768			4,860.34	1,774.06
6			6,364.14	0.72814			4,633.98	2,000.42
7			6,364.71	0.69064			4,395.71	2,238.69
8			6,450.72	0.65507			4,225.66	2,408.74
9			6,549.73	0.62133			4,069.54	2,564.86
10			6,942.71	0.58933			4,091.54	2,542.86
11			7,359.28	0.55898			4,113.66	2,520.74
12			7,800.83	0.53019			4,135.90	2,498.50
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					6,634.40		4,507.40	2,127.00

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

5. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 2 ลบ.ม. /ชม.

0	2,615.66			1.00000	2,615.66			
1	2,619.25			0.94850	2,484.35			
2	2,740.91			0.89965	2,465.85			
3		410.00	2,548.65	0.85331		349.86	2,174.79	347.16
4			2,581.25	0.80936			2,089.17	432.78
5			2,537.77	0.76768			1,948.19	573.76
6			2,641.89	0.72814			1,923.67	598.28
7			2,585.39	0.69064			1,785.57	736.38
8			2,680.89	0.65507			1,756.17	765.78
9			2,672.16	0.62133			1,660.29	861.66
10			2,832.49	0.58933			1,669.27	852.68
11			3,002.44	0.55898			1,678.29	843.66
12			3,182.59	0.53019			1,687.37	834.58
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					2,521.95		1,837.28	684.67

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]
6. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 2.5 ลบ.ม. /ชม.								
0	1,468.84			1.00000	1,468.84			
1	1,471.49			0.94850	1,395.70			
2	1,566.50			0.89965	1,409.30			
3	1,602.15			0.85331	1,367.13			
4		500.00	1,529.63	0.80936		404.68	1,238.03	172.21
5			1,541.38	0.76768			1,183.28	226.96
6			1,558.99	0.72814			1,135.16	275.08
7			1,566.79	0.69064			1,082.08	328.16
8			1,675.74	0.65507			1,097.72	312.52
9			1,655.42	0.62133			1,028.56	381.68
10			1,754.75	0.58933			1,034.12	376.12
11			1,860.03	0.55898			1,039.71	370.53
12			1,971.63	0.53019			1,045.33	364.91
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,410.24		1,098.22	312.02

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

7. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 3 ลบ.ม. /ชม.

0	1,815.32			1.00000	1,815.32			
1	1,708.02			0.94850	1,620.05			
2		590.00	1,483.39	0.89965		530.79	1,334.53	383.16
3			1,446.63	0.85331			1,234.43	483.26
4			1,487.88	0.80936			1,204.23	513.46
5			1,553.75	0.76768			1,192.78	524.91
6			1,613.74	0.72814			1,175.03	542.66
7			1,685.14	0.69064			1,163.82	553.87
8			1,737.89	0.65507			1,138.44	579.25
9			1,801.40	0.62133			1,119.26	598.43
10			1,909.48	0.58933			1,125.31	592.38
11			2,024.05	0.55898			1,1 1.40	586.29
12			2,145.50	0.53019			1,137.52	580.17
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,717.69		1,177.89	539.80

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

8. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม./ชม.

0	1,438.71			1.00000	1,438.71			
1	1,441.72			0.94850	1,367.47			
2		610.00	1,411.54	0.89965		548.78	1,269.89	133.20
3			1,362.30	0.85331			1,162.47	240.62
4			1,400.00	0.80936			1,133.11	269.98
5			1,458.30	0.76768			1,119.50	283.59
6			1,510.21	0.72814			1,099.64	303.45
7			1,544.96	0.69064			1,067.01	336.08
8			1,597.63	0.65507			1,046.56	356.53
9			1,634.97	0.62133			1,015.86	387.23
10			1,733.07	0.58933			1,021.35	381.74
11			1,837.05	0.55898			1,026.87	376.22
12			1,947.28	0.53019			1,032.42	370.67
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					1,403.09		1,090.42	312.67

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

9. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.

0	5,488.64			1.00000	5,488.64			
1	5,490.95			0.94850	5,208.15			
2	6,012.20			0.89965	5,408.85			
3	6,243.31			0.85331	5,327.49			
4	6,384.59			0.80936	5,167.45			
5		1,300.00	6,187.35	0.76768		997.98	4,749.89	570.22
6			6,211.67	0.72814			4,522.96	797.15
7			6,256.37	0.69064			4,320.89	999.22
8			6,292.52	0.65507			4,122.03	1,198.08
9			6,322.25	0.62133			3,928.20	1,391.91
10			6,701.59	0.58933			3,949.44	1,370.67
11			7,103.68	0.55898			3,970.79	1,349.32
12			7,529.90	0.53019			3,992.26	1,327.85
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					5,320.11		4,194.56	1,125.55

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน		ก่อนเปลี่ยน	การลงทุน	หลังเปลี่ยน	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)=(1)x(4)	(7)=(2)x(4)	(8)=(3)x(4)	(9)[1]

10. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม./ชม.

0	3,684.07			1.00000	3,684.07			
1	3,685.23			0.94850	3,495.43			
2		1,250.00	3,335.58	0.89965		1,124.56	3,000.84	588.91
3			3,393.82	0.85331			2,895.98	693.77
4			3,416.32	0.80936			2,765.04	824.71
5			3,472.64	0.76768			2,665.87	923.88
6			3,520.78	0.72814			2,563.62	1,026.13
7			3,585.62	0.69064			2,476.37	1,113.38
8			3,641.13	0.65507			2,385.19	1,204.56
9			3,763.20	0.62133			2,338.19	1,251.56
10			3,988.99	0.58933			2,350.83	1,238.92
11			4,228.33	0.55898			2,363.54	1,226.21
12			4,482.03	0.53019			2,376.32	1,213.43
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					3,589.75		2,561.98	1,027.77

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปีที่	ต้นทุนทั้งหมด C_{Total} (บาท x10^3)			ตัวคิดลด $(1+i)^{-t}$, i=5.43%	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด $PV(C_{Total})$ (บาท x10^3)			มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด $PV(B_{Total})$ (บาท x10^3)
	ก่อนเปลี่ยน (1)	การลงทุน (2)	หลังเปลี่ยน (3)	(4)	ก่อนเปลี่ยน (6)=(1)x(4)	การลงทุน (7)=(2)x(4)	หลังเปลี่ยน (8)=(3)x(4)	(9)[1]
11. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน ขนาด 9 ลบ.ม. /ชม.								
0	4,712.77			1.00000	4,712.77			
1	4,715.01			0.94850	4,472.17			
2	5,162.34			0.89965	4,644.28			
3	5,357.85			0.85331	4,571.91			
4		1,550.00	5,218.16	0.80936		1,254.51	4,223.38	376.90
5			5,218.28	0.76768			4,005.96	594.32
6			5,224.35	0.72814			3,804.06	796.22
7			5,296.38	0.69064			3,657.88	942.40
8			5,290.56	0.65507			3,465.68	1,134.60
9			5,311.84	0.62133			3,300.40	1,299.88
10			5,630.55	0.58933			3,318.25	1,282.03
11			5,968.38	0.55898			3,336.19	1,264.09
12			6,326.49	0.53019			3,354.22	1,246.06
					ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
					4,600.28		3,607.34	992.94

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] $PV(B_{Total})$ = [ค่าเฉลี่ยของ $PV(C_{Total})$ ก่อนการเปลี่ยนระบบ] - [$PV(C_{Total})$ หลังการเปลี่ยนระบบของแต่ละปี]

จากตารางที่ 4.8 4.9 และ 4.10 เมื่อทำการปรับมูลค่าต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total}) และทำการหามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV (B_{Total}) หลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทของโรงงานกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 11 โรงงาน มีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 โรงงานที่มีการใช้ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน

1) โรงงานที่ 1 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 1,604,390 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Reverse Osmosis เท่ากับ 537,590 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Reverse Osmosis แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 1,246,850 บาท 1,253,540 บาท และ 1,263,750 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 357,540 บาท 350,850 บาท และ 340,640 บาท ตามลำดับ

2) โรงงานที่ 2 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 7,112,060 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Reverse Osmosis เท่ากับ 652,530 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Reverse Osmosis แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 6,009,000 บาท 6,051,810 บาท และ 6,117,040 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 1,103,060 บาท 1,060,250 บาท และ 995,020 บาท ตามลำดับ

3) โรงงานที่ 3 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 8 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 8,778,760 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Reverse Osmosis เท่ากับ 683,230 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Reverse Osmosis แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 7,296,910 บาท 7,348,180 บาท และ 7,426,330 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 1,481,850 บาท 1,430,580 บาท และ 1,352,430 บาท ตามลำดับ

4) โรงงานที่ 4 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 10 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 6,634,400 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Reverse Osmosis เท่ากับ 1,023,970 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Reverse Osmosis แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 4,449,990 บาท 4,472,740 บาท และ 4,507,400 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 2,184,410 บาท 2,161,660 บาท และ 2,127,000 บาท ตามลำดับ

2.3.2 โรงงานที่มีการใช้ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน

1) โรงงานที่ 5 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 2,521,950 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Demineralization เท่ากับ 349,860 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Demineralization แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 1,813,860 บาท 1,823,140 บาท และ 1,837,280 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 708,090 บาท 698,810 บาท และ 684,670 บาท ตามลำดับ

2) โรงงานที่ 6 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 1,410,240 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Demineralization เท่ากับ 404,680 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Demineralization แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 1,082,100 บาท 1,088,490 บาท และ 1,098,220 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 328,140 บาท 321,750 บาท และ 312,020 บาท ตามลำดับ

3) โรงงานที่ 7 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 1,717,690 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยน

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Demineralization เท่ากับ 530,790 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Demineralization แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 1,163,530 บาท 1,169,220 บาท และ 1,177,890 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 554,160 บาท 548,470 บาท และ 539,800 บาท ตามลำดับ

4) โรงงานที่ 8 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 1,403,090 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Demineralization เท่ากับ 548,780 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Demineralization แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 1,077,400 บาท 1,169,220 บาท และ 1,090,420 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 325,690 บาท 320,530 บาท และ 312,670 บาท ตามลำดับ

5) โรงงานที่ 9 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 5,320,110 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Demineralization เท่ากับ 997,980 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Demineralization แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 4,125,300 บาท 4,152,740 บาท และ 4,194,560 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 1,194,810 บาท 1,167,370 บาท และ 1,125,550 บาท ตามลำดับ

6) โรงงานที่ 10 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 3,589,750 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Demineralization เท่ากับ 1,124,560 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Demineralization แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 2,532,000 บาท 2,543,880 บาท และ 2,561,980 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 1,057,750 บาท 1,045,870 บาท และ 1,027,770 บาท ตามลำดับ

7) โรงงานที่ 11 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 9 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดในการใช้ระบบ Softener เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 4,600,280 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของการลงทุนในการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Demineralization เท่ากับ 1,254,510 บาท และหลังจากที่มีการเปลี่ยน มาใช้ระบบ Demineralization แล้วมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเฉลี่ยต่อปีลดลงเป็น 3,555,610 บาท 3,576,100 บาท และ 3,607,340 บาท โดยใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 1,044,670 บาท 1,024,180 บาท และ 992,940 บาท ตามลำดับ

และเมื่อนำมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total}) และมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทั้งหมด PV (B_{Total}) ที่เกิดขึ้นในแต่ละปีในตารางที่ 4.8 4.9 และ 4.10 ของทุกโรงงานมาจัดเรียงข้อมูลใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 4.11 4.12 และ 4.13 โดยเรียงตามลำดับการใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ จากตารางดังกล่าว จะเห็นได้ว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีค่าลดลงทุกปี แต่จะมีบางโรงงานที่มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดสูงขึ้นในปีที่มีการลงทุนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำใหม่ ซึ่งจากตารางที่ 4.11 4.12 และ 4.13 มีรายละเอียดดังนี้

1) โรงงานที่มีการใช้ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน

(1) โรงงานที่ 1 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 1,641,830 บาท และเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 1,976,260 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 1,133,730 บาท 1,166,910 บาท และ 1,217,890 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

(2) โรงงานที่ 2 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 7,353,500 บาท และลดลงในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 6,720,320 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 5,796,930 บาท 5,966,580 บาท และ 6,227,220 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

(3) โรงงานที่ 3 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 8 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0

เท่ากับ 9,133,450 บาท และลดลงในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 8,252,550 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 6,944,580 บาท 7,147,820 บาท และ 7,460,770 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

(4) โรงงานที่ 4 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 10 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 6,893,170 บาท และลดลงในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 6,488,690 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 3,850,120 บาท 3,962,800 บาท และ 4,135,900 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

2) โรงงานที่มีการใช้ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน

(1) โรงงานที่ 5 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 2,615,660 บาท และลดลงในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 2,524,650 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 1,570,770 บาท 1,616,740 บาท และ 1,687,370 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

(2) โรงงานที่ 6 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 1,468,840 บาท และเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 1,642,710 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 973,100 บาท 1,001,580 บาท และ 1,045,330 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

(3) โรงงานที่ 7 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 1,815,320 บาท และเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 1,865,320 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 1,058,910 บาท 1,089,900 บาท และ 1,137,520 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

(4) โรงงานที่ 8 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 1,438,710 บาท และเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 1,818,670 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 961,080 บาท 989,210 บาท และ 1,032,420 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

(5) โรงงานที่ 9 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 5,488,640 บาท และเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 5,747,870 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 3,716,400 บาท 3,825,160 บาท และ 3,992,290 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

(6) โรงงานที่ 10 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 3,684,070 บาท และเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 4,125,400 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 2,212,120 บาท 2,276,860 บาท และ 2,376,320 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

(7) โรงงานที่ 11 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 9 ลบ.ม./ชม. ก่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในปีที่ 0 เท่ากับ 4,712,770 บาท และเพิ่มขึ้นในปีที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนระบบเป็น 5,477,890 บาท และลดลงในปีที่ 12 เป็น 3,122,450 บาท 3,213,830 บาท และ 3,354,220 บาท เมื่อใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อ (r) หามูลค่าของต้นทุน คือ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ

จากมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในแต่ละปีที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.11 4.12 และ 4.13 เมื่อนำค่าดังกล่าว มาจัดแสดงเป็นกราฟต้นทุนทั้งหมดของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำ ที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 สามารถแสดงได้ดัง ภาพที่ 4.4 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total}) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปีพ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 3.5%

โรงงานที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด[1] (C_{Total}) (บาท x 10^3)												
		ปีที่ t=0	ปีที่ t=1	ปีที่ t=2	ปีที่ t=3	ปีที่ t=4	ปีที่ t=5	ปีที่ t= 6	ปีที่ t=7	ปีที่ t=8	ปีที่ t=9	ปีที่ t=10	ปีที่ t=11	ปีที่ t=12
ระบบ Reverse Osmosis														
1	2.5	1,641.83	1,562.91	1,608.44	1,976.26[2]	1,349.60	1,300.72	1,254.13	1,218.81	1,243.17	1,198.35	1,176.41	1,154.87	1,133.73
2	7	7,353.50	6,935.01	7,324.69	7,077.05	6,870.04	6,720.32[2]	5,951.93	6,167.49	6,040.41	6,127.31	6,015.14	5,905.02	5,796.93
3	8	9,133.45	8,666.32	9,020.56	8,672.81	8,400.67	8,252.55[2]	7,375.63	7,529.30	7,335.97	7,340.36	7,205.99	7,074.08	6,944.58
4	10	6,893.17	6,542.18	6,467.84	6,488.69[2]	5,082.89	4,860.34	4,633.98	4,395.71	4,225.66	4,069.54	3,995.04	3,921.91	3,850.12
ระบบ Demineralization														
5	2	2,615.66	2,484.35	2,465.85	2,524.65[2]	2,089.17	1,948.19	1,923.67	1,785.57	1,756.17	1,660.29	1,629.90	1,600.06	1,570.77
6	2.5	1,468.84	1,395.70	1,409.30	1,367.13	1,642.71[2]	1,183.28	1,135.16	1,082.08	1,097.72	1,028.56	1,009.75	991.25	973.10
7	3	1,815.32	1,620.05	1,865.32[2]	1,234.43	1,204.23	1,192.78	1,175.03	1,163.82	1,138.44	1,119.26	1,098.77	1,078.66	1,058.91
8	3	1,438.71	1,367.47	1,818.67[2]	1,162.47	1,133.11	1,119.50	1,099.64	1,067.01	1,046.56	1,015.86	997.26	979.00	961.08
9	7	5,488.64	5,208.15	5,408.85	5,327.49	5,167.45	5,747.87[2]	4,522.96	4,320.89	4,122.03	3,928.20	3,856.29	3,785.70	3,716.40
10	7	3,684.07	3,495.43	4,125.40[2]	2,895.98	2,765.04	2,665.87	2,563.62	2,476.37	2,385.19	2,338.19	2,295.38	2,253.36	2,212.12
11	9	4,712.77	4,472.17	4,644.28	4,571.91	5,477.89[2]	4,005.96	3,804.06	3,657.88	3,465.68	3,300.40	3,239.98	3,180.68	3,122.45

หมายเหตุ : [1] ข้อมูลจากตารางที่ 4.8

[2] ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนการลงทุนและมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนหลังเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 4.12 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total}) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปีพ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 4.5%

โรงงานที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด[1] (C_{Total}) (บาท x 10^3)												
		ปีที่ t=0	ปีที่ t=1	ปีที่ t=2	ปีที่ t=3	ปีที่ t=4	ปีที่ t=5	ปีที่ t= 6	ปีที่ t=7	ปีที่ t=8	ปีที่ t=9	ปีที่ t=10	ปีที่ t=11	ปีที่ t=12
ระบบ Reverse Osmosis														
1	2.5	1,641.83	1,562.91	1,608.44	1,976.26[2]	1,349.60	1,300.72	1,254.13	1,218.81	1,243.17	1,198.35	1,187.78	1,177.30	1,166.91
2	7	7,353.50	6,935.01	7,324.69	7,077.05	6,870.04	6,720.32[2]	5,951.93	6,167.49	6,040.41	6,127.31	6,073.26	6,019.68	5,966.58
3	8	9,133.45	8,666.32	9,020.56	8,672.81	8,400.67	8,252.55[2]	7,375.63	7,529.30	7,335.97	7,340.36	7,275.62	7,211.44	7,147.82
4	10	6,893.17	6,542.18	6,467.84	6,488.69[2]	5,082.89	4,860.34	4,633.98	4,395.71	4,225.66	4,069.54	4,033.64	3,998.06	3,962.80
ระบบ Demineralization														
5	2	2,615.66	2,484.35	2,465.85	2,524.65[2]	2,089.17	1,948.19	1,923.67	1,785.57	1,756.17	1,660.29	1,645.65	1,631.13	1,616.74
6	2.5	1,468.84	1,395.70	1,409.30	1,367.13	1,642.71[2]	1,183.28	1,135.16	1,082.08	1,097.72	1,028.56	1,019.49	1,010.50	1,001.58
7	3	1,815.32	1,620.05	1,865.32[2]	1,234.43	1,204.23	1,192.78	1,175.03	1,163.82	1,138.44	1,119.26	1,109.39	1,099.60	1,089.90
8	3	1,438.71	1,367.47	1,818.67[2]	1,162.47	1,133.11	1,119.50	1,099.64	1,067.01	1,046.56	1,015.86	1,006.89	998.01	989.21
9	7	5,488.64	5,208.15	5,408.85	5,327.49	5,167.45	5,747.87[2]	4,522.96	4,320.89	4,122.03	3,928.20	3,893.55	3,859.21	3,825.16
10	7	3,684.07	3,495.43	4,125.40[2]	2,895.98	2,765.04	2,665.87	2,563.62	2,476.37	2,385.19	2,338.19	2,317.56	2,297.12	2,276.86
11	9	4,712.77	4,472.17	4,644.28	4,571.91	5,477.89[2]	4,005.96	3,804.06	3,657.88	3,465.68	3,300.40	3,271.29	3,242.44	3,213.83

หมายเหตุ : [1] ข้อมูลจากตารางที่ 4.8

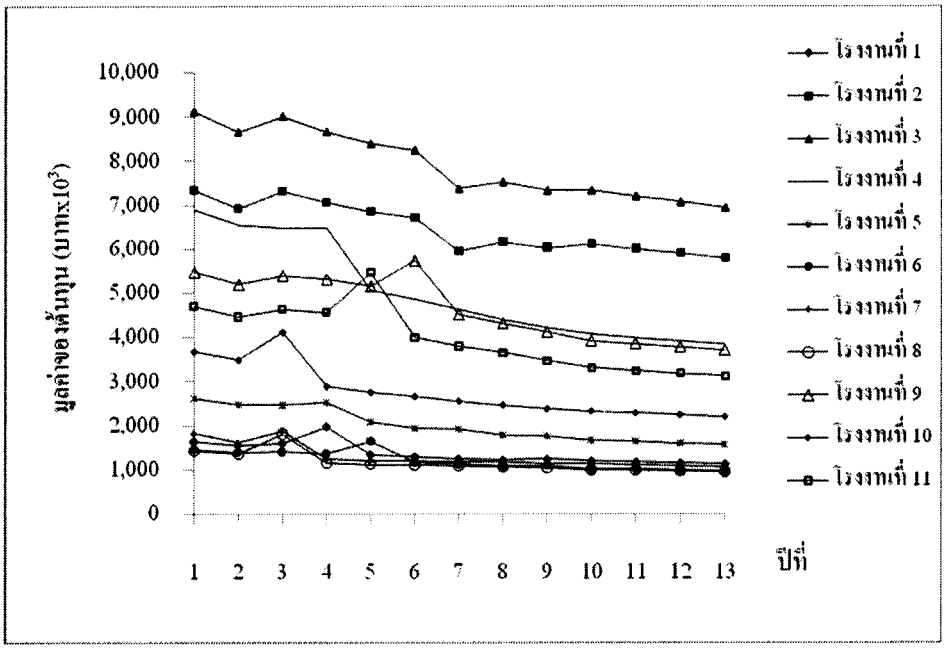
[2] ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนการลงทุนและมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนหลังเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 4.13 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด PV (C_{Total}) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภท ตั้งแต่ปีที่ 0 – ปีที่ 12 (ปีพ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2552) โดยที่ r = 6%

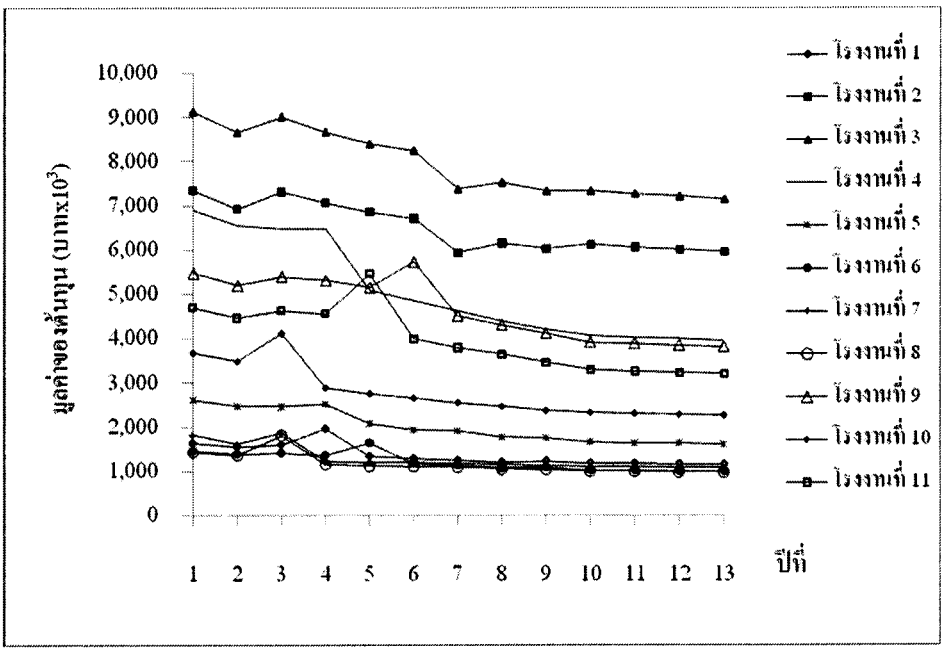
โรงงานที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมด[1] (C_{Total}) (บาท x 10^3)												
		ปีที่ t=0	ปีที่ t=1	ปีที่ t=2	ปีที่ t=3	ปีที่ t=4	ปีที่ t=5	ปีที่ t= 6	ปีที่ t=7	ปีที่ t=8	ปีที่ t=9	ปีที่ t=10	ปีที่ t=11	ปีที่ t=12
ระบบ Reverse Osmosis														
1	2.5	1,641.83	1,562.91	1,608.44	1,976.26[2]	1,349.60	1,300.72	1,254.13	1,218.81	1,243.17	1,198.35	1,204.83	1,211.34	1,217.89
2	7	7,353.50	6,935.01	7,324.69	7,077.05	6,870.04	6,720.32[2]	5,951.93	6,167.49	6,040.41	6,127.31	6,160.43	6,193.74	6,227.22
3	8	9,133.45	8,666.32	9,020.56	8,672.81	8,400.67	8,252.55[2]	7,375.63	7,529.30	7,335.97	7,340.36	7,380.05	7,419.95	7,460.07
4	10	6,893.17	6,542.18	6,467.84	6,488.69[2]	5,082.89	4,860.34	4,633.98	4,395.71	4,225.66	4,069.54	4,091.54	4,113.66	4,135.90
ระบบ Demineralization														
5	2	2,615.66	2,484.35	2,465.85	2,524.65[2]	2,089.17	1,948.19	1,923.67	1,785.57	1,756.17	1,660.29	1,669.27	1,678.29	1,687.37
6	2.5	1,468.84	1,395.70	1,409.30	1,367.13	1,642.71[2]	1,183.28	1,135.16	1,082.08	1,097.72	1,028.56	1,034.12	1,039.71	1,045.33
7	3	1,815.32	1,620.05	1,865.32[2]	1,234.43	1,204.23	1,192.78	1,175.03	1,163.82	1,138.44	1,119.26	1,125.31	1,131.40	1,137.52
8	3	1,438.71	1,367.47	1,818.67[2]	1,162.47	1,133.11	1,119.50	1,099.64	1,067.01	1,046.56	1,015.86	1,021.35	1,026.87	1,032.42
9	7	5,488.64	5,208.15	5,408.85	5,327.49	5,167.45	5,747.87[2]	4,522.96	4,320.89	4,122.03	3,928.20	3,949.44	3,970.79	3,992.29
10	7	3,684.07	3,495.43	4,125.40[2]	2,895.98	2,765.04	2,665.87	2,563.62	2,476.37	2,385.19	2,338.19	2,350.83	2,363.54	2,376.32
11	9	4,712.77	4,472.17	4,644.28	4,571.91	5,477.89[2]	4,005.96	3,804.06	3,657.88	3,465.68	3,300.40	3,318.25	3,336.19	3,354.22

หมายเหตุ : [1] ข้อมูลจากตารางที่ 4.8

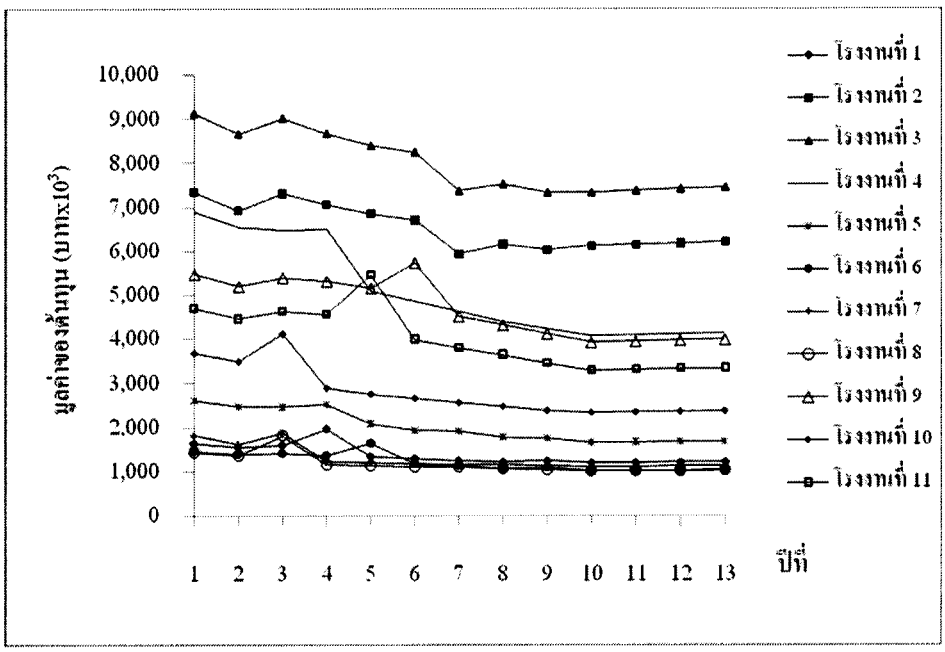
[2] ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนการลงทุนและมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนหลังเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ



ภาพที่ 4.4 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของแต่ละโรงงาน ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 3.5%



ภาพที่ 4.5 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของแต่ละโรงงาน ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 4.5%



ภาพที่ 4.6 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของแต่ละโรงงาน ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 12 โดยที่ r = 6%

จากภาพที่ 4.4 4.5 และ 4.6 จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 ภาพ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนของทุกโรงงานมีค่าลดลงเรื่อยๆ และจะมีเพียงบางโรงงานที่มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนสูงขึ้นในปีที่มีการลงทุนติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยเปลี่ยนจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization และกลับลดลงในปีถัดมา ซึ่งจากภาพโรงงานที่มีมูลค่าปัจจุบันสูงในปีที่ 0 จะมีความชันของเส้นกราฟสูงกว่าโรงงานที่มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนที่ต่ำกว่า นั้นหมายความว่าอัตราลดลงมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนมีค่าสูงกว่านั้นเอง

และจากตารางที่ 4.8 4.9 และ 4.10 เมื่อนำมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนหลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของแต่ละโรงงานมาหาค่าอัตราการลดลงของต้นทุน คิดเป็นร้อยละ เปรียบเทียบกับก่อนที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.14 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ โดยวิธีการหาค่าอัตราการลดลงของต้นทุนสามารถหาได้จากสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้ คือ

อัตราการลดลงของต้นทุน (ร้อยละ)

$$= \left(\frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนก่อนทำการเปลี่ยนระบบ} - \text{มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนหลังทำการเปลี่ยนระบบ}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนก่อนทำการเปลี่ยนระบบ}} \right) \text{x } 100$$

ตารางที่ 4.14 อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปี และ อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปีโดยเฉลี่ย โดยที่ r = 3.5%

โรงงานที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลบ.ม.ต่อชม.)	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดต่อปีโดยเฉลี่ย (บาท x 10^3)		มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่ลดลงต่อปี (บาท x 10^3)	อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปี (ร้อยละ)
		ก่อนการเปลี่ยน	หลังการเปลี่ยน		
		(1)	(2)	(3)=(1)-(2)	(4)=(3)/(1)*100
ระบบ Reverse Osmosis					
1	2.5	1,604.39	1,246.85	357.54	22.29
2	7	7,112.06	6,009.00	1,103.06	15.51
3	8	8,778.76	7,296.91	1,481.85	16.88
4	10	6,634.40	4,449.99	2,184.41	32.93
ระบบ Demineralization					
5	2	2,521.95	1,813.86	708.09	28.08
6	2.5	1,410.24	1,082.10	328.14	23.27
7	3	1,717.69	1,163.53	554.16	32.26
8	3	1,403.09	1,077.40	325.69	23.21
9	7	5,320.11	4,125.30	1,194.81	22.46
10	7	3,589.75	2,532.00	1,057.75	29.47
11	9	4,600.28	3,555.61	1,044.67	22.71

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

ตารางที่ 4.15 อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปี และ อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปีโดยเฉลี่ย โดยที่ r = 4.5%

โรงงานที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลบ.ม.ต่อชม.)	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดต่อปีโดยเฉลี่ย (บาท x 10^3)		มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่ลดลงต่อปี (บาท x 10^3)	อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปี (ร้อยละ)
		ก่อนการเปลี่ยน	หลังการเปลี่ยน		
		(1)	(2)	(3)=(1)-(2)	(4)=(3)/(1)*100
ระบบ Reverse Osmosis					
1	2.5	1,604.39	1,253.54	350.85	21.87
2	7	7,112.06	6,051.81	1,060.25	14.91
3	8	8,778.76	7,348.18	1,430.58	16.30
4	10	6,634.40	4,472.74	2,161.66	32.58
ระบบ Demineralization					
5	2	2,521.95	1,823.14	698.81	27.71
6	2.5	1,410.24	1,088.49	321.75	22.82
7	3	1,717.69	1,169.22	548.47	31.93
8	3	1,403.09	1,082.56	320.53	22.84
9	7	5,320.11	4,152.74	1,167.37	21.94
10	7	3,589.75	2,543.88	1,045.87	29.13
11	9	4,600.28	3,576.10	1,024.18	22.26

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

ตารางที่ 4.16 อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปี และ อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปีโดยเฉลี่ย โดยที่ r = 6%

โรงงานที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลบ.ม.ต่อชม.)	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดต่อปีโดยเฉลี่ย (บาท x 10^3)		มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่ลดลงต่อปี (บาท x 10^3)	อัตราการลดลงของต้นทุนทั้งหมดต่อปี (ร้อยละ)
		ก่อนการเปลี่ยน	หลังการเปลี่ยน		
		(1)	(2)	(3)=(1)-(2)	(4)=(3)/(1)*100
ระบบ Reverse Osmosis					
1	2.5	1,604.39	1,263.75	340.64	21.23
2	7	7,112.06	6,117.04	995.02	13.99
3	8	8,778.76	7,426.33	1,352.43	15.41
4	10	6,634.40	4,507.40	2,127.00	32.06
ระบบ Demineralization					
5	2	2,521.95	1,837.28	684.67	27.15
6	2.5	1,410.24	1,098.22	312.02	22.13
7	3	1,717.69	1,177.89	539.80	31.43
8	3	1,403.09	1,090.42	312.67	22.28
9	7	5,320.11	4,194.56	1,125.55	21.16
10	7	3,589.75	2,561.98	1,027.77	28.63
11	9	4,600.28	3,607.34	992.94	21.58

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

ตารางที่ 4.17 ร้อยละของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่ลดลงต่อปีของแต่ละโรงงานเฉลี่ย (%)
และ ร้อยละของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่ลดลงต่อปีของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทเฉลี่ย (%)

โรงงานที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลบ.ม.ต่อชม.)	ร้อยละของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่ลดลงต่อปี[1] (%)			ร้อยละของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่ลดลงต่อปีของแต่ละโรงงานเฉลี่ย (%)	ร้อยละของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดที่ลดลงต่อปีของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทเฉลี่ย (%)
		(1)			(2)=∑(1) / 3	(3)=∑(2) / จำนวนโรงงาน
		r = 3.5%	r = 4.5%	r = 6%		
ระบบ Reverse Osmosis						
1	2.5	22.29	21.87	21.23	21.79	21.33
2	7	15.51	14.91	13.99	14.80	
3	8	16.88	16.30	15.41	16.19	
4	10	32.93	32.58	32.06	32.52	
ระบบ Demineralization						
1	2	28.08	27.71	27.15	27.64	25.45
2	2.5	23.27	22.82	22.13	22.74	
3	3	32.26	31.93	31.43	31.87	
4	3	23.21	22.84	22.28	22.78	
5	7	22.46	21.94	21.16	21.85	
6	7	29.47	29.13	28.63	29.08	
7	9	22.71	22.26	21.58	22.19	

หมายเหตุ : [1] ข้อมูลจากตารางที่ 4.14 4.15 และ 4.16

จากตารางที่ 4.14 4.15 4.16 และ 4.17 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ยต่อปีของแต่ละโรงงานหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้วมีค่าลดลงในอัตราดังนี้คือ

1) โรงงานที่มีการใช้ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน

(1) โรงงานที่ 1 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 22.29% 21.87% และ 21.23% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.79%

(2) โรงงานที่ 2 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 15.51% 14.91% และ 13.99% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.80%

(3) โรงงานที่ 3 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 8 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 16.88% 16.30% และ 15.41% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.19%

(4) โรงงานที่ 4 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 10 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 32.93% 32.58% และ 32.06% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.52%

และเมื่อคิดอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีของทั้ง 4 โรงงานที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.33% ต่อปี

2) โรงงานที่มีการใช้ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน

(1) โรงงานที่ 5 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 28.08% 27.71% และ 27.15% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.64%

(2) โรงงานที่ 6 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 23.27%

22.82% และ 22.13% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.74%

(3) โรงงานที่ 7 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 32.26% 31.93% และ 31.43% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.87%

(4) โรงงานที่ 8 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 23.21% 22.84% และ 22.28% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.78%

(5) โรงงานที่ 9 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 22.46% 21.94% และ 21.16% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.85%

(6) โรงงานที่ 10 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 29.47% 29.13% และ 28.63% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.08%

(7) โรงงานที่ 11 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 9 ลบ.ม./ชม. หลังจากที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีเท่ากับ 22.71% 22.26% และ 21.58% เมื่ออัตราเงินเฟ้อมีค่าเท่ากับ 3.5% 4.5% และ 6% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.19%

และเมื่อคิดอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปีของทั้ง 7 โรงงานที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาใช้ระบบ Demineralization พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.45% ต่อปี

2.4 การหาค่าระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method)

การหารระยะเวลาคืนทุน ในที่นี้คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี / เดือน) ที่กระแสเงินสดสุทธิ (Net Cash Flows) ที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตเท่ากับเงินลงทุนแรกเริ่มของโครงการพอดี ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน แบบวิธี Dynamic เนื่องจากกระแสเงินสดสุทธิของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทเกิดขึ้นในแต่ละปีไม่เท่ากัน และสมมุติให้กระแสเงินสดสุทธิที่ได้รับตลอดทั้งปีเฉลี่ยเท่ากันเนื่องจากข้อจำกัดทางการวิจัย การหาระยะเวลาคืนทุนด้วยวิธีนี้จะทำการปรับค่ากระแสเงินสดสุทธิที่เกิดขึ้นในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบันโดยใช้ตัวคิดลด (Discount rate) แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเรียงตามลำดับปีที่ได้รับ จนกระทั่งจำนวนกระแสเงินสดสุทธิรวมทั้งสิ้นเท่ากับเงินลงทุนแรกเริ่มพอดี ซึ่งสูตรคำนวณระยะเวลาคืนทุนวิธีนี้สามารถเขียนได้ดังนี้คือ

ระยะเวลาคืนทุนของโครงการระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ระยะเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์

แต่เนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผลประโยชน์ที่โรงงานได้รับเกิดจากมูลค่าของต้นทุนที่ลดลงในแต่ละปีจากเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทโดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังมีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ อีกทั้งการลงทุนเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของแต่ละโรงงานนั้นยังเกิดขึ้นในปีที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นการหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในการศึกษาครั้งนี้จึงจะนำมูลค่าของผลประโยชน์ทั้งหมดและมูลค่าของการลงทุนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ได้ปรับเป็นมูลค่าปัจจุบันไว้แล้วซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 ดังกล่าวมาหาระยะเวลาการคืนทุนดังแสดงในตารางที่ 4.9 โดยอาศัยสมการ[1] ข้างล่างนี้

$$PV(C_1) - \sum_{t=0}^{T} PV(B_t) \leq 0$$

เมื่อกำหนดให้

T = ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

$PV(C_1)$ = มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการลงทุนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

t = ระยะเวลาของโครงการคือปีที่ 0, 1, 2, 3, . . . , T

$PV(B_t)$ = มูลค่าของผลประโยชน์ ณ ปีที่ t

[1] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 3

ตารางที่ 4.18 ระยะเวลาคืนทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_t) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_t) (บาท x 10^3)			PV (C_t) - $\sum$PV (B_t) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
1. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 2.5 ลบ.ม. /ชม.					
1	537.59	165.72	13.81	13.81	523.78
2			13.81	27.62	509.97
3			13.81	41.43	496.16
4			13.81	55.24	482.35
5			13.81	69.05	468.54
6			13.81	82.86	454.73
7			13.81	96.67	440.92
8			13.81	110.48	427.11
9			13.81	124.29	413.30
10			13.81	138.10	399.49
11			13.81	151.91	385.68
12			13.81	165.72	371.87
13		254.79	21.23	186.95	350.64
14			21.23	208.19	329.41
15			21.23	229.42	308.17
16			21.23	250.65	286.94
17			21.23	271.88	265.71
18			21.23	293.12	244.48
19			21.23	314.35	223.24
20			21.23	335.58	202.01
21			21.23	356.81	180.78
22			21.23	378.05	159.55
23			21.23	399.28	138.31
24			21.23	420.51	117.08
25		303.67	25.31	445.82	91.77
26			25.31	471.12	66.47
27			25.31	496.43	41.16
28			25.31	521.73	15.86
29			25.31	547.04	-9.45
ระยะเวลาคืนทุน	**เท่ากับ 2 ปี 5 เดือน**				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_I) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_I) (บาท x 10^3)			PV (C_I) - $\sum$PV (B_I) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
2. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.					
1	652.53	1,044.27	87.02	87.02	565.51
2			87.02	174.05	478.49
3			87.02	261.07	391.46
4			87.02	348.09	304.44
5			87.02	435.11	217.42
6			87.02	522.14	130.40
7			87.02	609.16	43.37
8			87.02	696.18	-43.65
ระยะเวลาคืนทุน	**เท่ากับ 8 เดือน**				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_t) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_t) (บาท x 10^3)			PV (C_t) - $\sum$PV (B_t) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
3. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 8 ลบ.ม. /ชม.					
1	683.23	1,209.44	100.79	100.79	582.44
2			100.79	201.57	481.66
3			100.79	302.36	380.87
4			100.79	403.15	280.08
5			100.79	503.93	179.30
6			100.79	604.72	78.51
7			100.79	705.51	-22.28
ระยะเวลาคืนทุน	**เท่ากับ 7 เดือน**				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_I) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_t) (บาท x 10^3)			PV (C_I) - $\sum$PV (B_t) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
4. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน ขนาด 10 ลบ.ม. /ชม.					
1	1,023.97	1,169.68	97.47	97.47	926.50
2			97.47	194.95	829.02
3			97.47	292.42	731.55
4			97.47	389.89	634.08
5			97.47	487.37	536.60
6			97.47	584.84	439.13
7			97.47	682.31	341.66
8			97.47	779.79	244.18
9			97.47	877.26	146.71
10			97.47	974.73	49.24
11			97.47	1,072.21	-48.24
ระยะเวลาคืนทุน	**เท่ากับ 11 เดือน**				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_t) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_t) (บาท x 10^3)			PV (C_t) - $\sum$PV (B_t) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
5. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralizationในปัจจุบัน ขนาด 2 ลบ.ม. /ชม.					
1	349.86	347.16	28.93	28.93	320.93
2			28.93	57.86	292.00
3			28.93	86.79	263.07
4			28.93	115.72	234.14
5			28.93	144.65	205.21
6			28.93	173.58	176.28
7			28.93	202.51	147.35
8			28.93	231.44	118.42
9			28.93	260.37	89.49
10			28.93	289.30	60.56
11			28.93	318.23	31.63
12			28.93	347.16	2.70
13		432.78	36.07	383.23	-33.37
ระยะเวลาคืนทุน	**เท่ากับ 1 ปี 1 เดือน**				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_t) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_t) (บาท x 10^3)			PV (C_t) - $\sum$PV (B_t) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
6. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralizationในปัจจุบัน ขนาด 2.5 ลบ.ม. /ชม.					
1	404.68	172.21	14.35	14.35	390.33
2			14.35	28.70	375.98
3			14.35	43.05	361.63
4			14.35	57.40	347.28
5			14.35	71.75	332.93
6			14.35	86.11	318.58
7			14.35	100.46	304.22
8			14.35	114.81	289.87
9			14.35	129.16	275.52
10			14.35	143.51	261.17
11			14.35	157.86	246.82
12			14.35	172.21	232.47
13		226.96	18.91	191.12	213.56
14			18.91	210.04	194.64
15			18.91	228.95	175.73
16			18.91	247.86	156.82
17			18.91	266.78	137.90
18			18.91	285.69	118.99
19			18.91	304.60	100.08
20			18.91	323.52	81.16
21			18.91	342.43	62.25
22			18.91	361.34	43.34
23			18.91	380.26	24.42
24			18.91	399.17	5.51
25		275.08	22.92	422.09	-17.41
ระยะเวลาคืนทุน	เท่ากับ 2 ปี 1 เดือน				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_t) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_t) (บาท x 10^3)			PV (C_t) - $\sum$PV (B_t) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
7. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralizationในปัจจุบัน ขนาด 3 ลบ.ม. /ชม.					
1	530.79	383.16	31.93	31.93	498.86
2			31.93	63.86	466.93
3			31.93	95.79	435.00
4			31.93	127.72	403.07
5			31.93	159.65	371.14
6			31.93	191.58	339.21
7			31.93	223.51	307.28
8			31.93	255.44	275.35
9			31.93	287.37	243.42
10			31.93	319.30	211.49
11			31.93	351.23	179.56
12			31.93	383.16	147.63
13		483.26	40.27	423.43	107.36
14			40.27	463.70	67.09
15			40.27	503.98	26.82
16			40.27	544.25	-13.46
ระยะเวลาคืนทุน	**เท่ากับ 1 ปี 4 เดือน**				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_t) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_t) (บาท x 10^3)			PV (C_t) - $\sum$PV (B_t) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
8. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralizationในปัจจุบัน ขนาด 3 ลบ.ม. /ชม.					
1	548.78	133.20	11.10	11.10	537.68
2			11.10	22.20	526.58
3			11.10	33.30	515.48
4			11.10	44.40	504.38
5			11.10	55.50	493.28
6			11.10	66.60	482.18
7			11.10	77.70	471.08
8			11.10	88.80	459.98
9			11.10	99.90	448.88
10			11.10	111.00	437.78
11			11.10	122.10	426.68
12			11.10	133.20	415.58
13		240.62	20.05	153.25	395.53
14			20.05	173.30	375.48
15			20.05	193.36	355.43
16			20.05	213.41	335.37
17			20.05	233.46	315.32
18			20.05	253.51	295.27
19			20.05	273.56	275.22
20			20.05	293.61	255.17
21			20.05	313.67	235.12
22			20.05	333.72	215.06
23			20.05	353.77	195.01
24			20.05	373.82	174.96
25		269.98	22.50	396.32	152.46
26			22.50	418.82	129.96
27			22.50	441.32	107.47
28			22.50	463.81	84.97
29			22.50	486.31	62.47
30			22.50	508.81	39.97
31			22.50	531.31	17.47
32			22.50	553.81	-5.03
ระยะเวลาคืนทุน	**เท่ากับ 2 ปี 8 เดือน**				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_t) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_t) (บาท x 10^3)			PV (C_t) - $\sum$PV (B_t) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
9. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralizationในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.					
1	997.98	570.22	47.52	47.52	950.46
2			47.52	95.04	902.94
3			47.52	142.56	855.43
4			47.52	190.07	807.91
5			47.52	237.59	760.39
6			47.52	285.11	712.87
7			47.52	332.63	665.35
8			47.52	380.15	617.83
9			47.52	427.67	570.32
10			47.52	475.18	522.80
11			47.52	522.70	475.28
12			47.52	570.22	427.76
13		797.15	66.43	636.65	361.33
14			66.43	703.08	294.90
15			66.43	769.51	228.47
16			66.43	835.94	162.04
17			66.43	902.37	95.61
18			66.43	968.80	29.19
19			66.43	1,035.22	-37.24
ระยะเวลาคืนทุน	**เท่ากับ 1 ปี 7 เดือน**				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_I) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_t) (บาท x 10^3)			PV (C_I) - $\sum$PV (B_t) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
10. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralizationในปัจจุบัน ขนาด 7 ลบ.ม. /ชม.					
1	1,124.56	588.91	49.08	49.08	1,075.48
2			49.08	98.15	1,026.41
3			49.08	147.23	977.33
4			49.08	196.30	928.26
5			49.08	245.38	879.18
6			49.08	294.46	830.11
7			49.08	343.53	781.03
8			49.08	392.61	731.95
9			49.08	441.68	682.88
10			49.08	490.76	633.80
11			49.08	539.83	584.73
12			49.08	588.91	535.65
13		693.77	57.81	646.72	477.84
14			57.81	704.54	420.02
15			57.81	762.35	362.21
16			57.81	820.17	304.39
17			57.81	877.98	246.58
18			57.81	935.80	188.77
19			57.81	993.61	130.95
20			57.81	1,051.42	73.14
21			57.81	1,109.24	15.32
22			57.81	1,167.05	-42.49
ระยะเวลาคืนทุน	**เท่ากับ 1 ปี 10 เดือน**				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)	มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน PV (C_t) (บาท x 10^3)	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PV (B_t) (บาท x 10^3)			PV (C_t) - $\sum$PV (B_t) (บาท x 10^3)
		ต่อปี	ต่อเดือน	ผลประโยชน์สะสม	
	(1)	(2)	(3) = (2)/12	(4)[1]	(5) = (1)-(4)
11. โรงงานที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบ ระบบ Demineralizationในปัจจุบัน ขนาด 9 ลบ.ม. /ชม.					
1	1,254.51	376.90	31.41	31.41	1,223.10
2			31.41	62.82	1,191.69
3			31.41	94.23	1,160.29
4			31.41	125.63	1,128.88
5			31.41	157.04	1,097.47
6			31.41	188.45	1,066.06
7			31.41	219.86	1,034.65
8			31.41	251.27	1,003.24
9			31.41	282.68	971.84
10			31.41	314.08	940.43
11			31.41	345.49	909.02
12			31.41	376.90	877.61
13		594.32	49.53	426.43	828.08
14			49.53	475.95	778.56
15			49.53	525.48	729.03
16			49.53	575.01	679.50
17			49.53	624.53	629.98
18			49.53	674.06	580.45
19			49.53	723.59	530.92
20			49.53	773.11	481.40
21			49.53	822.64	431.87
22			49.53	872.17	382.34
23			49.53	921.69	332.82
24			49.53	971.22	283.29
25		796.22	66.35	1,037.57	216.94
26			66.35	1,103.92	150.59
27			66.35	1,170.28	84.24
28			66.35	1,236.63	17.88
29			66.35	1,302.98	-48.47
ระยะเวลาคืนทุน	เท่ากับ 2 ปี 5 เดือน				

หมายเหตุ : ข้อมูลจากการคำนวณ

[1] ผลประโยชน์สะสม = ผลประโยชน์สะสมของเดือนก่อนหน้านั้น + ผลประโยชน์เฉลี่ยต่อเดือน

จากตารางที่ 4.18 ระยะเวลาการคืนทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่โรงงานแต่ละโรงงานได้มีลงทุนติดตั้งใหม่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 โรงงานที่มีการใช้ระบบ Reverse Osmosis ในปัจจุบัน

1) โรงงานที่ 1 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 537,590 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 165,720 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 13,810 บาท และ ในปีที่ 2 เท่ากับ 254,790 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 21,230 บาท ซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 2 ปี 5 เดือน

2) โรงงานที่ 2 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 652,530 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 1,044,270 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 87,020 บาท ซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 8 เดือน

3) โรงงานที่ 3 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 8 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 683,230 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 1,209,440 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 100,790 บาท ซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 7 เดือน

4) โรงงานที่ 4 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 10 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 1,023,970 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 1,169,680 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 97,470 บาท ซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 11 เดือน

2.4.2 โรงงานที่มีการใช้ระบบ Demineralization ในปัจจุบัน

1) โรงงานที่ 5 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 349,860 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 347,160 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 28,930 บาท และ ในปีที่ 2 เท่ากับ 432,780 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 36,070 บาท ซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 1 ปี 1 เดือน

2) โรงงานที่ 6 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 404,680 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 172,210 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 14,350 บาท ในปีที่ 2 เท่ากับ 226,960 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 18,910 บาท และในปีที่ 3 เท่ากับ 275,080 บาท หรือคิดเป็น

เฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 22,920 บาท ซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 2 ปี 1 เดือน

3) โรงงานที่ 7 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 530,790 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 383,160 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 31,930 บาท และ ในปีที่ 2 เท่ากับ 483,260 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 40,270 บาท ซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 1 ปี 4 เดือน

4) โรงงานที่ 8 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 548,780 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 133,200 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 11,100 บาท ในปีที่ 2 เท่ากับ 240,620 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 20,050 บาท และในปีที่ 3 เท่ากับ 269,980 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 22,500 บาท ซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 2 ปี 8 เดือน

5) โรงงานที่ 9 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 997,980 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 570,220 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 47,520 บาท และในปีที่ 2 เท่ากับ 797,150 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 66,430 บาทซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 1 ปี 7 เดือน

6) โรงงานที่ 10 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 1,124,560 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 588,910 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 49,080 บาท และ ในปีที่ 2 เท่ากับ 693,770 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 57,810 บาท ซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 1 ปี 10 เดือน

7) โรงงานที่ 11 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 9 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 1,254,510 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในปีแรกเท่ากับ 376,900 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 31,410 บาท ในปีที่ 2 เท่ากับ 594,320 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 49,530 บาท และ ในปีที่ 3 เท่ากับ 796,220 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 66,350 บาท ซึ่งทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานนี้มีระยะเวลาเท่ากับ 2 ปี 5 เดือน

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระบบหม้อไอน้ำเป็นระบบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมหลายประเภทตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และการใช้พลังงานสำหรับระบบหม้อไอน้ำนั้นยังมีปริมาณการใช้พลังงานที่มีมูลค่าต่อปีสูง เช่นมูลค่าการใช้เชื้อเพลิง มูลค่าการใช้น้ำและ มูลค่าการใช้สารเคมี ซึ่งปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานสำหรับระบบหม้อไอน้ำในหลายๆ ด้าน เช่น การเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในระบบหม้อไอน้ำ การหาวิธีการนำ น้ำ Condensate กลับมาใช้ใหม่ การลงทุนทำฉนวนหุ้มท่อกันความร้อนในระบบหม้อไอน้ำ และการใช้วิธีปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้าสู่ระบบหม้อไอน้ำ เป็นต้น วิธีการต่างๆ เหล่านี้จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยทำให้สามารถประหยัดพลังงานในระบบหม้อไอน้ำได้ และสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างโรงงานจำนวน 11 โรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู ที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization ว่าหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้วจะมีมูลค่าของต้นทุนเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร และมีระยะเวลาคืนทุนนานเท่าไร ซึ่งในบทนี้จะได้สรุปผลการศึกษาวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะตามลำดับ

1. สรุปการวิจัย

1.1 การศึกษามูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ของการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำ

ผลการศึกษาหามูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น จากการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization คือ ทุกโรงงานมีมูลค่าของต้นทุนทั้งหมดลดลง หลังจากที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยการหามูลค่าของผลประโยชน์ทั้งหมดผู้วิจัยได้ทำการปรับมูลค่าของต้นทุนทั้งหมดให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน ซึ่งมูลค่าของต้นทุนทั้งหมดเกิดจากมูลค่าการใช้งานของระบบ

ปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทของแต่ละโรงงาน อันได้แก่ มูลค่าการลงทุนสร้างระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มูลค่าการใช้น้ำ มูลค่าสารเคมี มูลค่าเชื้อเพลิง มูลค่าการดำเนินงานอื่นๆ เช่น ค่าไฟฟ้า และค่าเปลี่ยนอะไหล่ที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและระบบหม้อไอน้ำ และมูลค่าการบำบัดน้ำเสีย จากผลการศึกษาวิจัยโดยเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของแต่ละโรงงานซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม สรุปได้ว่า กลุ่มของโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis มีมูลค่าของต้นทุนลดลงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 21.33% ต่อปี และกลุ่มของโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบ Softener มาใช้ระบบ Demineralization มีมูลค่าของต้นทุนลดลงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 25.19% ต่อปี

1.2 การศึกษาระยะเวลาคืนทุนจากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทสำหรับระบบหม้อไอน้ำ

การศึกษาหาระยะเวลาคืนทุนจากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำในครั้งนี้ ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบวิธี Dynamic โดยการนำมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับในแต่ละปีมาเรียงลำดับจนกระทั่งผลรวมของกระแสเงินสดเท่ากับเงินลงทุนเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยสมมติว่ากระแสเงินสดสุทธิที่ได้รับเฉลี่ยเท่ากันตลอดทั้งปี และเนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการหามูลค่าของผลประโยชน์จากมูลค่าของต้นทุนที่ลดลงโดยมิได้มีการนำมูลค่าผลประโยชน์ที่เกิดจากการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทมาคิดทุกด้าน ดังนั้นจึงทำให้มูลค่าผลประโยชน์ที่ได้นั้นอาจมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง และมีระยะเวลาการคืนทุนที่นานขึ้น

สำหรับการศึกษาในส่วนนี้ การหาระยะเวลาคืนทุนของการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำใหม่ที่เปลี่ยนจากระบบเดิมที่ใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization ของโรงงานกลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 โรงงาน ได้ผลสรุปดังนี้คือ

1.2.1 โรงงานที่มีการลงทุนติดตั้งระบบ Reverse Osmosis

1) โรงงานที่ 1 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 537,590 บาท ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 2 ปี 5 เดือน

2) โรงงานที่ 2 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 652,530 บาท ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 8 เดือน

3) โรงงานที่ 3 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 8 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 683, 230 บาท ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 7 เดือน

4) โรงงานที่ 4 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 10 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 1,023,970 บาท ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 11 เดือน

1.2.2 โรงงานที่มีการลงทุนติดตั้งระบบ Demineralization

1) โรงงานที่ 5 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 349,860 บาท ระยะเวลาการคืนเท่ากับ 1 ปี 1 เดือน

2) โรงงาน 6 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2.5 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 404,680 บาท ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 2 ปี 1 เดือน

3) โรงงานที่ 7 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 530,790 บาท ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 1 ปี 4 เดือน

4) โรงงานที่ 8 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 3 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 548,780 บาท ระยะเวลาการคืนทุนของโรงงานเท่ากับ 2 ปี 8 เดือน

5) โรงงานที่ 9 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 997,980 บาท ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 1 ปี 7 เดือน

6) โรงงานที่ 10 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 7 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 1,124,560 บาท ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 1 ปี 10 เดือน

7) โรงงานที่ 11 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 9 ลบ.ม./ชม. มีมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเท่ากับ 1,254,510 บาท ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 2 ปี 5 เดือน

ซึ่งจากผลการศึกษาจะพิจารณาได้ว่าระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของแต่ละโรงงานจะมีระยะเวลาคืนทุนไม่เท่ากัน ทั้งนี้การลงทุนในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจะขึ้นอยู่กับเทคนิคของการขายของบริษัทฯ ที่รับติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ และ ขึ้นกับขอบข่ายการทำงานหรือการนำเสนองานซึ่งอาจไม่เหมือนกัน จึงทำให้มูลค่าการลงทุนในระบบนั้นแตกต่างกันไปด้วย ถึงแม้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจะมีขนาดเท่ากันก็ตาม อีกทั้งมูลค่าของต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของแต่ละโรงงานเกิดจากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งในการควบคุมปัจจัยเหล่านั้นของแต่ละโรงงานย่อมมีการควบคุมที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ผลประโยชน์ที่ได้รับมีมูลค่าไม่เท่ากันตามไปด้วย ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงยังสรุปไม่ได้ว่าระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใดหรือประเภทใดจะมีระยะเวลาคืนทุนเร็วกว่ากัน

2. อภิปรายผล

จากผลการศึกษาวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมในครั้งนี้พบว่า โรงงานที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากเดิมที่ใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประเภทระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือระบบ Demineralization มีอัตราการลดลงโดยเฉลี่ยของมูลค่าต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 21.33% และ 25.19% ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าการใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อที่สูงขึ้นในระดับต่างๆ กันคือ ที่ 3.5% 4.5% และ 6% ในการหามูลค่าของต้นทุนของ 3 ปี สุดท้ายที่ทำการศึกษา จะทำให้ค่าอัตราการลดลงของต้นทุนแต่ละโรงงานมีค่าลดลงเล็กน้อยตามลำดับ เช่น โรงงานที่ 1 ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากับ 2 ลบ.ม. มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาเป็นระบบ Reverse Osmosis มีค่าอัตราการลดลงของต้นทุนต่อปี เท่ากับ 22.29% 21.87% และ 21.23% ตามลำดับ เมื่อคิดที่ค่าอัตราเงินเฟ้อต่างๆ ข้างต้น และเมื่อพิจารณาถึงขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำกับอัตราการลดลงของต้นทุนพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ โรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาใช้ระบบ Reverse Osmosis ซึ่งมี ขนาด 2.5 ลบ.ม./ชม. 7 ลบ.ม./ชม. 8 ลบ.ม./ชม. มีอัตราการลดลงของต้นทุนที่น้อยลงเมื่อมีขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใหญ่ขึ้นคือมีค่า 21.79% 14.80% และ 16.19% ตามลำดับ แต่ขนาด 10 ลบ.ม./ชม. กลับมีค่ามากขึ้นเท่ากับ 32.52% ส่วนโรงงานที่มีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบ Softener มาใช้ระบบ Demineralization ซึ่งมี ขนาด 2 ลบ.ม./ชม. และ 2.5 ลบ.ม./ชม. มีอัตราการลดลงของต้นทุนเท่ากับ 27.64% และ 22.74% ตามลำดับ โรงงานที่มีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาด 3 ลบ.ม./ชม. เท่ากันจำนวน 2 โรงงาน มีอัตราการลดลงของต้นทุนที่ไม่เท่ากัน คือเท่ากับ 31.87% และ 22.78% และโรงงานที่มีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเท่ากันอีก 2 โรงงาน ที่มี ขนาด 7 ลบ.ม./ชม. เท่ากัน ยังมีอัตราการลดลงของต้นทุนที่ไม่เท่ากันอีกเช่นกัน คือเท่ากับ 21.85% และ 29.08% และโรงงานสุดท้าย ขนาด 9 ลบ.ม./ชม. กลับมีอัตราการลดลงของต้นทุนน้อยลงเท่ากับ 22.19%

สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างโรงงานที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมาใช้ระบบ Reverse Osmosis กับระบบ Demineralization ว่าแบบใดจะดีกว่านั้นการศึกษาในครั้งนี้ก็ยังไม่สามารถสรุปเปรียบเทียบกันได้เช่นกัน กล่าวคือหากพิจารณาที่ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่เท่ากัน จะเห็นได้ว่า ระบบ Demineralization มีอัตราการลดลงของต้นทุนมากกว่าระบบ Reverse Osmosis ดังนั้นระบบ Demineralization น่าจะสมควรถูกเลือกมากกกว่า แต่เมื่อพิจารณาที่ขนาด 10 ลบ.ม. ต่อชม. ระบบ Reverse Osmosis มีอัตราการลดลงของต้นทุนที่สูงขึ้นใน

ขณะที่ ระบบ Demineralization ซึ่งไม่มีข้อมูลของขนาดดังกล่าว แต่ในขนาด 9 ลบ.ม./ชม. มีอัตราการลดลงที่น้อยกว่า และจากข้อสรุปที่ว่าขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำไม่มีความสัมพันธ์กันกับอัตราการลดลงของต้นทุน ดังนั้นการเปรียบเทียบว่าระบบใดจะดีกว่ากันในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยังไม่อาจสรุปได้ด้วยข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัด อีกทั้งในการควบคุมปัจจัยต่างๆ ของแต่ละโรงงานนั้นไม่เหมือนกัน เช่นระยะเวลาการทำงาน ประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำ ชนิดของการใช้สารเคมี เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลการใช้งานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละประเภทยังคงมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน คือในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบระบบ Reverse Osmosis ข้อดีคือเป็นระบบที่สามารถเดินได้อย่างต่อเนื่อง และไม่เป็นพิษกับสภาวะแวดล้อมเนื่องจากมีการใช้สารเคมีในระบบน้อยมาก แต่มีข้อเสียคือจะมีการปล่อยน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถบำบัดได้ในปริมาณค่อนข้างสูง 30-40% ของน้ำป้อนเข้าระบบ ซึ่งน้ำส่วนนี้ยังมีค่าสารละลายที่มีความเข้มข้นมาก การนำน้ำส่วนนี้กลับมาใช้ใหม่จึงทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเรื่องคราบตะกรันที่จะเกิดขึ้น ปัญหาอีกอย่างหนึ่งคือเรื่องการใช้งานของระบบ และการควบคุมดูแลรักษาเครื่องจักร เนื่องจากการนำเทคโนโลยี Membrane มาใช้ในระบบ Reverse Osmosis นี้ยังคงเป็นเทคโนโลยีค่อนข้างใหม่ฉะนั้นผู้ที่จะมาควบคุมดูแลระบบจะต้องเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ และมีความรู้พอสมควร โดยต้องมีการตรวจสอบระบบอย่างสม่ำเสมอ สุดท้ายมูลค่าการลงทุนและการเปลี่ยนอะไหล่ของระบบยังคงมีมูลค่าที่สูงอยู่เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เจ้าของกิจการอาจเกิดความลังเลในการที่จะตัดสินใจลงทุนในระบบนี้ ส่วนในระบบ Demineralization ข้อดีคือในการลงทุนก่อสร้างระบบจะมีมูลค่าที่ไม่สูงมาก เป็นระบบที่มีการใช้งานมานานกว่าความรู้ในเรื่องการควบคุมดูแลรักษาระบบจะมีข้อมูลที่แพร่หลายมากกว่าทำให้มีการใช้งานที่ง่ายกว่า แต่ปัญหาที่เกิดจากการใช้ระบบนี้ก็ยังมีเช่น การใช้สารเคมีในการ Regenerate สารกรอง Resin ต้องใช้สารเคมีที่มีความเป็นกรดเป็นด่างที่มีความเข้มข้นสูงซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ที่ใช้งานและเมื่อมีการปล่อยทิ้งก็ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบบำบัดน้ำเสียและสภาวะแวดล้อมได้

แต่อย่างไรก็ตามการหาระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ก็ได้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำของโรงงานกลุ่มตัวอย่างมีระยะเวลาการคืนทุนสูงสุดไม่เกิน 3 ปี และมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ที่จะมีการเปลี่ยนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นแบบใหม่โดยใช้ระบบ Reverse Osmosis หรือ ระบบ Demineralization สำหรับโรงงานที่ใช้น้ำบาดาลในระบบหม้อไอน้ำโดยมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบเดิมคือ ระบบ Softener เนื่องจากทั้ง 2 ระบบทำให้มูลค่าต้นทุนทั้งหมดจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของโรงงานกลุ่มตัวอย่างมีค่าลดลง

3. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาทางเลือกของการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้สำหรับระบบหม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมโดยได้นำเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ มาช่วยในการตัดสินว่าระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบระบบ Reverse Osmosis และระบบ Demineralization มีความคุ้มค่า และเหมาะสมที่โรงงานจะลงทุนเปลี่ยนแปลงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือไม่ โดยจากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่สามารถผลิตน้ำได้บริสุทธิ์กว่าระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบเดิมคือระบบ Softener ที่สามารถกำจัดความกระด้างของน้ำได้อย่างเดียว มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพราะส่งผลให้ต้นทุนในการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงมูลค่าของต้นทุนที่เกิดจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำเท่านั้น ซึ่งการทำน้ำให้บริสุทธิ์ไม่เพียงแต่จะทำให้มูลค่าของต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบหม้อไอน้ำลดลงเท่านั้น อาจส่งผลที่ดีต่อผลิตภัณฑ์ของโรงงานทำให้ผลิตภัณฑ์ดีขึ้น ช่วยลดมูลค่าความเสียที่อาจเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ของโรงงานนั้นๆ ได้ ส่งผลทำให้ต้นทุนต่อหน่วยของภัณฑ์ลดลง ซึ่งอาจจะใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการลดต้นทุนของปัจจัยการผลิตได้ในอนาคต

อนึ่งการประหยัดพลังงานสำหรับระบบหม้อไอน้ำยังสามารถทำได้ในหลายๆ วิธี ซึ่งในการเลือกใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่มีการผลิตน้ำที่ความบริสุทธิ์สูงเป็นเพียงวิธีหนึ่งเท่านั้น สำหรับโรงงานที่ต้องการลดต้นทุนและลดการใช้พลังงานในส่วนของระบบหม้อไอน้ำควรมีการใช้วิธีการประหยัดพลังงานหลายอย่างประกอบกัน เช่น การเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงมาใช้เป็นแบบก๊าซธรรมชาติ การนำ Condensate กลับมาใช้ใหม่ การทำฉนวนกันความร้อน เป็นต้น โดยควรมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในวิธีการเพื่อการประหยัดพลังงานนั้นๆ ประกอบกันไปด้วย หรืออาจมีการศึกษาต่อไปว่าการประหยัดพลังงานสำหรับระบบหม้อไอน้ำแบบใดจะสามารถทำให้ต้นทุนสำหรับการใช้ระบบหม้อไอน้ำลดลงมากที่สุด เพื่อให้การใช้ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดมีความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ชาญศิลป์ ตรีนุช (2530) "การเปรียบเทียบผลประโยชน์กับต้นทุนในการสร้างคลังน้ำมันสงขลาแห่งใหม่" วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โชคชัย อนามธวัช (2545) "การจัดการการใช้พลังงานในโรงงานเฟอร์นิเจอร์" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ธนาคารแห่งประเทศไทย (2551) *สถิติเศรษฐกิจและการเงิน 2551* กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์ธนาคารแห่งประเทศไทย

_____. (2551) *แนวโน้มเงินเฟ้อ : 2551 มกราคม* กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์ ธนาคารแห่งประเทศไทย

ปิยธิดา สนิทไชย (2544) "การประเมินผลกระทบของการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้ง ข้าว" วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปัญจโฉม สุขนาค (2544) "การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนในการทำสวนลิ้นจี่ของเกษตรกรในอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม" วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พงษ์ธร จรัญญากรณ์ (2549) วิกฤตเศรษฐกิจ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไอน้ำ (1) ภาพรวมหน่วยปฏิบัติการวิจัยพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พจณี อรรถโรจน์ภิญโญ และคณะ (2551) "แนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมเป้าหมาย ใน 5 ปี (2550-2554) และการพัฒนาพื้นที่รองรับ" สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติกรกฎาคม 2550 สำนักพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 15 กุมภาพันธ์ 2551 : 1-72

พนิดา ไพบูลย์จิตต์อารี (2545) "การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนทำสวนมะม่วงหิมพานต์ในอำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี" วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาณุพงศ์ จิตมั่น (2544) "การศึกษาผลตอบแทนของการลงทุนโครงการศูนย์อาหาร วิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น" วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มงคล สุทธิวัฒนกุล (2549) "การจัดการข้อมูลและการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิผล" ใน *ความรู้ด้านเทคโนโลยีน้ำอุตสาหกรรม* วันที่ 16 สิงหาคม 2549 ส่วนเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม

ลินดา ว่องวิเชียรกุล (2544) "การวิเคราะห์เปรียบเทียบการลงทุนทางการเงินของการเลี้ยงสุกรขุนในโรงเรือนแบบปิดและแบบเปิดในเขตภาคกลาง" มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิชัย ชาติสุวรรณ (2531) "การวิเคราะห์ผลตอบแทนและต้นทุนของโครงการระบบน้ำสะอาดสำหรับ หมู่บ้านในตำบลบ้านบ่อ จังหวัดสมุทรสาครเปรียบเทียบกับการเจาะ บ่อบาดาลแล้วติดสูบมือโยกในตำบลศรีบัวบาน จังหวัดลำพูน" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมโภชน์ ตั้งควิวิช (2544) "การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงินของการลงทุนตั้งโรงงานผลิตแมกนีเซียในประเทศไทย" วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สานิตย์ จันทโร และ ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง (2544) "การวิเคราะห์พารามิเตอร์และประเมินศักยภาพของระบบการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่จากคอนเดนเสท" *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* 11 , 3 (กรกฎาคม – กันยายน) : 43-52

สุรศักดิ์ จันทร์ฉาย (2541) "การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการบำบัดน้ำเสียในโครงการคลองเปรมประชากรใต้" วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

สำงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู (4549) *การดำเนินการของนิคมอุตสาหกรรมบางปู* สมุทรปราการ สำงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู

ศิริรักษ์ ผดุงพัฒโนดม (2541) "การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และด้านการเงินในการลงทุนโรงกลั่นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน" วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

แบบสอบถาม

โครงการศึกษาวิจัย
เรื่อง การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ
สำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม
กรณีศึกษา : โรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู

จัดทำโดย น.ส.อัจฉราณวี เพชรสุวรรณ
นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

การตรวจสอบ : ก่อนเริ่มต้นสัมภาษณ์ ขอให้สอบถามให้แน่ใจก่อนว่าโรงงานที่ท่านจะสัมภาษณ์เป็นโรงงานที่มีระบบหม้อไอน้ำเท่านั้น

ข้อความที่ใช้ในการเกริ่นนำกับผู้ให้ข้อมูลก่อนเริ่มเก็บข้อมูล:

"แบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศึกษาวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์หาทางเลือกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมที่สุดทางเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นจึงขอความกรุณาท่านให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริง โดยข้อมูลที่ท่านให้ทั้งหมดผู้ดำเนินการวิจัยจะถือเป็นความลับ ขอขอบคุณท่านเป็นอย่างสูงในความร่วมมืออย่างดียิ่งในครั้งนี้"

ชื่อผู้สำรวจ : _____

วันที่ : ____/____/25____

ผู้ตรวจสอบ : _____

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงาน

1. โรงงานแห่งนี้ชื่อ .....

2. โรงงานแห่งนี้เป็นโรงงานประเภท ...

- ❑ อุตสาหกรรมผลิตยาง พลาสติก ชิ้นส่วนรถยนต์ หรือ ผลิตภัณฑ์อื่นๆ
- ❑ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์
- ❑ อุตสาหกรรมอาหารและยา
- ❑ อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อม
- ❑ อุตสาหกรรมกล่องกระดาษและบรรจุภัณฑ์

3. หม้อไอน้ำมีชั่วโมงการผลิตไอน้ำเฉลี่ย .....ชั่วโมงต่อปี

4. จำนวนหม้อไอน้ำที่โรงงานมีทั้งหมด .....ตัว

5. ขนาดหม้อไอน้ำที่ใช้มีอัตราการผลิตไอน้ำเท่ากับ

   ตัวที่ 1 ..... ตันต่อชั่วโมง

   ตัวที่ 2 ..... ตันต่อชั่วโมง

   ตัวที่ 3 ..... ตันต่อชั่วโมง

7. ปริมาณความต้องการไอน้ำที่ใช้เท่ากับ ..... ตันต่อชั่วโมง

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบหม้อไอน้ำ

1. มีการควบคุมความดันในระบบหม้อไอน้ำเท่ากับ ..... psig
2. ประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำเฉลี่ย ..... %
3. ปริมาณการนำน้ำ Condensate กลับมาใช้ใหม่ เท่ากับ ..... %
4. ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้มีจำนวน ..... ชนิด คือ .....
5. มีการควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ที่อยู่ในหม้อไอน้ำ ..... µS/cm
6. หม้อไอน้ำมีมูลค่าการใช้เชื้อเพลิง มูลค่าการใช้สารเคมี และมูลค่าการบำรุงรักษาโดยเฉลี่ยต่อปีจากปีพ.ศ. 2540 ถึง ปีพ.ศ. 2549 เรียงตามลำดับดังต่อไปนี้

ปี พ.ศ.	มูลค่าการใช้เชื้อเพลิง (บาท)	มูลค่าการใช้สารเคมีในระบบหม้อไอน้ำ (บาท)	มูลค่าการบำรุงรักษาระบบหม้อไอน้ำ (บาท)
2540			
2541			
2542			
2543			
2544			
2545			
2546			
2547			
2548			
2549			

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับระบบหม้อไอน้ำ

1. ชนิดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้กับหม้อไอน้ำของโรงงานแห่งนี้คือ

❑ ระบบ Softener โดยเริ่มมีการใช้ระบบนี้เมื่อปี พ.ศ. 25..... ถึงปี พ.ศ. 25.....

❑ ระบบ Reverse Osmosis system โดยเริ่มมีการใช้ระบบนี้เมื่อปี พ.ศ. 25..... ถึงปี พ.ศ. 25.....

❑ ระบบ Demineralizaion โดยเริ่มมีการใช้ระบบนี้เมื่อปี พ.ศ. 25..... ถึงปี พ.ศ. 25.....

2. ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้มีอัตราการผลิตน้ำเท่ากับ ..... ลบ.ม.ต่อ ชม.

3. มีการควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ที่อยู่ในน้ำหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว ..... µS /cm

4. ต้นทุนในการก่อสร้างระบบ เท่ากับ ..... บาท

5. ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีมูลค่าการดำเนินการใช้ระบบเฉลี่ยต่อปีจากปีพ.ศ. 2540 ถึง ปีพ.ศ. 2549 เรียงตามลำดับดังต่อไปนี้

ปีพ.ศ.	มูลค่าการใช้น้ำ (บาท)	มูลค่าการใช้สารเคมีในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (บาท)	มูลค่าการบำบัดน้ำเสีย (บาท)	มูลค่าการบำรุงรักษาระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (บาท)
2540				
2541				
2542				
2543				
2544				
2545				
2546				
2547				
2548				
2549				

6. ปัญหาที่มักเกิดขึ้นจากการใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีดังนี้

1. .....

2. .....

3. .....

ภาคผนวก ข

ต้นทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของโรงงานที่เปลี่ยนจากการใช้ระบบ Softener มาเป็นแบบระบบ Reverse Osmosis ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2540-พ.ศ. 2549

ภาคผนวก ข ต้นทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของโรงงานที่เปลี่ยนจากการใช้ระบบ Softener มาเป็นแบบระบบ Reverse Osmosis ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2540-พ.ศ. 2549

ลำดับที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ต้นทุน (บาท x 10^3)						
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_{Total}
พ.ศ. 2540								
1	2.5		104.90	40.33	1,312.92	22.42	161.26	1,641.83
2	7		303.70	199.05	6,421.28	99.04	330.43	7,353.50
3	8		285.60	151.00	8,255.27	126.55	315.03	9,133.45
4	10		345.10	139.22	5,951.20	91.99	365.66	6,893.17
พ.ศ. 2541								
1	2.5		105.70	42.21	1,315.47	22.45	161.95	1,647.78
2	7		304.80	152.05	6,424.27	99.09	331.37	7,311.58
3	8		285.68	154.05	8,255.52	126.55	315.10	9,136.90
4	10		345.62	140.50	5,953.17	92.02	366.11	6,897.42
พ.ศ. 2542								
1	2.5		108.75	48.19	1,442.03	24.35	164.54	1,787.86
2	7		303.90	289.54	7,108.36	109.35	330.60	8,141.75
3	8		285.90	329.71	8,958.79	137.10	315.29	10,026.79
4	10		346.70	172.99	6,206.79	95.82	367.02	7,189.32
พ.ศ. 2543								
1	2.5	630.00	126.60	22.22	1,334.69	22.74	179.73	2,315.98
2	7		303.34	139.88	7,406.47	113.82	330.13	8,293.64
3	8		285.16	158.33	9,263.89	141.68	314.66	10,163.72
4	10	1,200.00	395.06	86.65	5,430.08	84.17	408.18	7,604.14
พ.ศ. 2544								
1	2.5		126.42	22.22	1,316.79	22.47	179.58	1,667.48
2	7		303.95	139.90	7,597.03	116.68	330.65	8,488.21
3	8		289.60	158.44	9,468.15	144.74	318.44	10,379.37
4	10		395.78	86.67	5,306.56	82.32	408.79	6,280.12
พ.ศ. 2545								
1	2.5		125.10	22.19	1,345.71	22.91	178.45	1,694.36
2	7	850.00	341.59	139.13	6,953.65	107.03	362.68	8,754.08
3	8	890.00	339.52	157.99	8,865.89	135.71	360.91	10,750.02
4	10		395.93	86.67	5,356.64	83.07	408.92	6,331.23

หมายเหตุ : ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ภาคผนวก ข (ต่อ)

ลำดับที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ต้นทุน (บาท x 10^3)						
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_{Total}
พ.ศ. 2546								
1	2.5		125.78	22.20	1,372.07	23.30	179.03	1,722.38
2	7		341.60	139.13	7,219.73	111.02	362.68	8,174.16
3	8		337.44	157.95	9,135.14	139.75	359.14	10,129.42
4	10		396.09	86.67	5,388.78	83.55	409.05	6,364.14
พ.ศ. 2547								
1	2.5		125.47	22.20	1,414.38	23.94	178.77	1,764.76
2	7		340.90	139.12	7,965.81	122.21	362.09	8,930.13
3	8		332.36	157.85	9,905.61	151.31	354.82	10,901.95
4	10		396.24	86.67	5,389.06	83.56	409.18	6,364.71
พ.ศ. 2548								
1	2.5		124.99	22.19	1,546.31	25.92	178.36	1,897.77
2	7		341.65	139.13	8,251.04	126.49	362.73	9,221.04
3	8		331.24	157.82	10,200.15	155.72	353.87	11,198.80
4	10		395.48	86.66	5,475.20	84.85	408.53	6,450.72
พ.ศ. 2549								
1	2.5		125.08	22.19	1,576.60	26.37	178.44	1,928.68
2	7		342.00	139.14	8,881.50	135.94	363.02	9,861.60
3	8		328.95	157.78	10,810.43	164.88	351.92	11,813.96
4	10		394.77	86.65	5,574.05	86.33	407.93	6,549.73

หมายเหตุ : ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ภาคผนวก ค

ต้นทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของโรงงานที่เปลี่ยนจากการใช้ระบบ Softener มาเป็น แบบระบบ Demineralization ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2540-พ.ศ. 2549

ภาคผนวก ค ต้นทุนของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของโรงงานที่เปลี่ยนจากการใช้ระบบ Softener มาเป็นแบบระบบ Demineralization ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2540-พ.ศ. 2549

ลำดับที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ต้นทุน (บาท x 10^3)						
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_{Total}
พ.ศ. 2540								
1	2		92.82	40.12	2,294.59	37.14	150.99	2,615.66
2	2.5		61.73	21.23	1,240.03	21.32	124.53	1,468.84
3	3		91.04	30.63	1,518.68	25.50	149.47	1,815.32
4	3		63.96	25.22	1,202.34	20.76	126.43	1,438.71
5	7		227.60	104.92	4,815.49	74.95	265.68	5,488.64
6	7		151.75	69.94	3,210.37	50.88	201.13	3,684.07
7	9		194.56	89.91	4,126.13	64.61	237.56	4,712.77
พ.ศ. 2541								
1	2		93.50	40.14	2,296.88	37.17	151.56	2,619.25
2	2.5		62.23	21.24	1,241.72	21.35	124.95	1,471.49
3	3		68.56	30.06	1,454.52	24.54	130.34	1,708.02
4	3		64.60	25.24	1,204.13	20.78	126.97	1,441.72
5	7		228.10	104.93	4,816.85	74.97	266.10	5,490.95
6	7		152.00	69.95	3,211.05	50.89	201.34	3,685.23
7	9		195.04	89.93	4,127.44	64.63	237.97	4,715.01
พ.ศ. 2542								
1	2		93.10	40.13	2,417.48	38.98	151.22	2,740.91
2	2.5		61.89	21.23	1,335.95	22.76	124.67	1,566.50
3	3	590.00	69.32	51.25	1,210.94	20.89	130.99	2,073.39
4	3	610.00	48.85	42.49	1,186.12	20.51	113.57	2,021.54
5	7		227.80	104.92	5,330.94	82.69	265.85	6,012.20
6	7	1,250.00	99.75	118.04	2,914.47	46.44	156.88	4,585.58
7	9		194.90	89.92	4,568.42	71.25	237.85	5,162.34
พ.ศ. 2543								
1	2	410.00	58.57	67.49	2,264.07	36.68	121.84	2,958.65
2	2.5		61.42	21.22	1,371.94	23.30	124.27	1,602.15
3	3		68.68	51.24	1,175.91	20.36	130.44	1,446.63
4	3		47.89	42.46	1,139.39	19.81	112.75	1,362.30
5	7		228.50	104.94	5,557.35	86.08	266.44	6,243.31
6	7		99.52	118.03	2,972.27	47.31	156.69	3,393.82
7	9		194.90	89.92	4,761.04	74.14	237.85	5,357.85

หมายเหตุ : ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ลำดับที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ต้นทุน (บาท x 10^3)						
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_{Total}
พ.ศ. 2544								
1	2		58.50	67.49	2,296.31	37.17	121.78	2,581.25
2	2.5	500.00	50.18	35.64	1,306.79	22.32	114.70	2,029.63
3	3		68.70	51.24	1,216.51	20.97	130.46	1,487.88
4	3		47.65	42.46	1,176.96	20.38	112.55	1,400.00
5	7		227.90	104.92	5,697.65	88.19	265.93	6,384.59
6	7		99.50	118.03	2,994.48	47.64	156.67	3,416.32
7	9	1,550.00	110.85	151.33	4,716.19	73.46	166.33	6,768.16
พ.ศ. 2545								
1	2		58.93	67.50	2,252.68	36.51	122.15	2,537.77
2	2.5		50.85	35.66	1,317.12	22.48	115.27	1,541.38
3	3		68.84	51.24	1,281.15	21.94	130.58	1,553.75
4	3		48.50	42.48	1,232.84	21.21	113.27	1,458.30
5	7	1,300.00	149.60	177.05	5,575.05	86.35	199.30	7,487.35
6	7		99.60	118.03	3,049.79	48.47	156.75	3,472.64
7	9		110.10	151.31	4,717.69	73.49	165.69	5,218.28
พ.ศ. 2546								
1	2		58.80	67.49	2,355.51	38.05	122.04	2,641.89
2	2.5		51.16	35.67	1,333.90	22.73	115.53	1,558.99
3	3		68.30	51.23	1,341.25	22.84	130.12	1,613.74
4	3		48.30	42.47	1,284.35	21.99	113.10	1,510.21
5	7		149.10	177.04	5,599.93	86.72	198.88	6,211.67
6	7		98.70	118.01	3,098.88	49.20	155.99	3,520.78
7	9		112.50	151.37	4,719.24	73.51	167.73	5,224.35
พ.ศ. 2547								
1	2		57.20	67.45	2,302.81	37.26	120.67	2,585.39
2	2.5		50.47	35.65	1,342.86	22.86	114.95	1,566.79
3	3		69.12	51.25	1,410.08	23.87	130.82	1,685.14
4	3		48.10	42.47	1,318.95	22.51	112.93	1,544.96
5	7		148.70	177.03	5,644.71	87.39	198.54	6,256.37
6	7		98.80	118.01	3,162.58	50.16	156.07	3,585.62
7	9		114.08	151.41	4,787.28	74.53	169.08	5,296.38

หมายเหตุ : ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ลำดับที่	ขนาดของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ต้นทุน (บาท x 10^3)						
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_{Total}
พ.ศ. 2548								
1	2		59.80	67.52	2,392.08	38.60	122.89	2,680.89
2	2.5		69.43	36.12	1,415.16	23.95	131.08	1,675.74
3	3		65.38	51.15	1,468.96	24.76	127.64	1,737.89
4	3		47.32	42.45	1,372.28	23.31	112.27	1,597.63
5	7		149.28	177.05	5,679.25	87.91	199.03	6,292.52
6	7		98.45	118.00	3,217.91	50.99	155.78	3,641.13
7	9		111.50	151.34	4,786.32	74.52	166.88	5,290.56
พ.ศ. 2549								
1	2		57.18	67.45	2,388.32	38.55	120.66	2,672.16
2	2.5		51.05	35.66	1,429.11	24.16	115.44	1,655.42
3	3		69.36	51.25	1,524.19	25.58	131.02	1,801.40
4	3		48.43	42.48	1,407.02	23.83	113.21	1,634.97
5	7		149.42	177.05	5,708.28	88.35	199.15	6,322.25
6	7		98.75	118.01	3,337.62	52.79	156.03	3,763.20
7	9		112.24	151.36	4,805.92	74.81	167.51	5,311.84

หมายเหตุ : ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวอัจฉราฉวี เพชรสุวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	20 พฤศจิกายน 2520
สถานที่เกิด	อำเภอ หลังสวน จังหวัด ชุมพร
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2543
สถานที่ทำงาน	บริษัท สยามพอลลูเทค จำกัด กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่ง	วิศกรโครงการสิ่งแวดล้อม