การศึกษาทางเลือกเพื่อลดปริมาณน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง

นางสาว อรนุช ธนารัตน์สุทธิกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0801-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN ALTERNATIVE STUDY FOR WATER LOSS REDUCTION OF METROPOLITAN WATERWORKS AUTHORITY

Miss Oranuch Tanaratsuttikul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2001

ISBN 974-03-0801-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาทางเลือกเพื่อลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง
โดย	นางสาว อรนุช ธนารัตน์สุทธิกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาว อรนุช ธนารัตน์สุทธิกุล : การศึกษาทางเลือกเพื่อลดปริมาณน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง. (AN ALTERNATIVE STUDY FOR WATER LOSS REDUCTION OF METROPOLITAN WATERWORKS AUTHORITY) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน, จำนวน 238 หน้า. ISBN 974-03-0801-5.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาทางเลือกเพื่อรักษาระดับน้ำสูญเสียให้เป็นที่ยอมรับได้ของการประปานครหลวง ทั้งในแง่ของความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมและความเชื่อถือต่อองค์กรภายนอก น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนึ่งหากไม่ใช้น้ำอย่างประหยัดและมีคุณค่าอาจจะทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำใช้ในอนาคตได้ และการประเมินผลการดำเนินงานของการประปานครหลวง กระทรวงมหาดไทยก็ได้ให้ความสำคัญกับการลดปริมาณน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงสูงมากด้วย

งานวิจัยนี้ได้แบ่งทางเลือกในการลดน้ำสูญเสียเป็น 2 ทางเลือกใหญ่ ๆ คือ การซ่อมหรือปรับปรุงระบบประปา และทางเลือกในการสร้างหรือขยายกำลังการผลิตเพื่อชดเชยความสูญเสียที่เพิ่มขึ้นโดยวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม (Incremental Cost) ในที่นี้ทางเลือกในการซ่อมระบบประปาจะให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าทางเลือกในการสร้าง หลังจากนั้นจะทำการเปรียบเทียบว่าการซ่อมในช่วงระดับน้ำสูญเสียเท่าไรจะให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด จากการวิเคราะห์พบว่า ทางเลือกในการรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 จะเป็นทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุด นอกจากนั้นจากการศึกษายังพบอีกว่า ปีที่เหมาะสมในการเริ่มต้นโครงการควรจะเริ่มต้นที่ ปีงบประมาณ 2547 ซึ่งเป็นปีที่มีกำลังการผลิตต่ำกว่าความต้องการในการผลิตน้ำ การเทียบเคียงการดำเนินงาน (Benchmarking) ด้านปริมาณน้ำสูญเสียกับงานประปาอื่นในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิค ในที่นี้งานประปากรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ หน่วยงานคู่เทียบเคียง มีระดับน้ำสูญเสียอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 34 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิจัย ดังนั้นกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 สามารถสรุปได้ว่าเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดของการประปานครหลวง ด้วยต้นทุนการผลิตน้ำประปาเท่ากับ 9.26 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำขาย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

437 06120 21 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD : ENGINEERING ECONOMICS / INCREMENTAL COST / BENCHMARKING

ORANUCH TANARATSUTTIKUL : AN ALTERNATIVE STUDY FOR WATER LOSS REDUCTION OF METROPOLITAN WATERWORKS AUTHORITY. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. SUTHAS RATTANAKUAKANGWAN, 238 pp. ISBN 974-03-0801-5.

The objective of this thesis is to study the water loss level at which appropriate in both the aspects of Engineering Economics and reliability of Metropolitan Waterworks Authority (MWA). Nowadays the water resource conservative is highly concerned, so the use of water should be careful. And the water loss level is also a serious criterion in performance evaluation from Ministry of Interior of MWA.

The thesis studied for the alternatives of water loss reduction that are the improvement the distribution system and expansion of the water production capacity. The Incremental Cost technique is used to analyze these alternatives. In this case, the improvement is considered as the better one. After that, the several ranges of water loss level are compared by the same technique; as a result, the range from 35 percent but not exceed to 40 percent of water loss level is considered to be the best alternative. The further study for the based year to begin the project should be at 2004 fiscal year. In addition, Benchmarking Technique is used to compare the water loss control performance with the other water utilities in Asia Pacific Region. Seoul Metropolitan Government (Office of Waterworks) is selected to be the partner. This utility has 34% water loss level. That performance and the result of this study are considered to be comparable. So that the range from 35 percent but not exceed to 40 percent of water loss level is the most suitable alternative for both aspects of Economics and reliability with the cost of goods sold of 9.26 Baht per cm^3.

Department Industrial Engineering .Student's signature .....

Field of study Industrial Engineering .Advisor's signature .....

Academic year 2001 .Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึง รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช ประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิชกรรมการ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่อง ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัย

ขอขอบคุณบุคลากรในฝ่ายต่าง ๆ ของการประปานครหลวงที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำเสนอแนะ และความเอื้อเฟื้อในการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยด้วยดีเสมอมา

และขอกราบขอบพระคุณสำหรับคุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้องและเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจคอยให้ความสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา

อรนุช ธนารัตน์สุทธิกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฒ

1. บทนำ 1

1.1. ที่มาของงานวิจัย 1

1.1.1. แผนงานรัฐวิสาหกิจ ฉบับที่ 3 (ปีงบประมาณ 2540-2544) 1

1.1.2. ระบบการประเมินผลการดำเนินงานรัฐวิสาหกิจ 2

1.1. น้ำสูญเสีย 8

1.2.1. สาเหตุของการสูญเสีย 9

1.2.2. การควบคุมการสูญเสีย 11

1.2.3. อัตราสูญเสียที่ยอมรับได้ 13

1.2.4. อัตราน้ำสูญเสียที่เหมาะสมสำหรับการประปานครหลวง 15

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 17

1.3. ขอบเขตของงานวิจัย 18

1.4. ขั้นตอนการดำเนินงาน 18

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 18

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 19

2.1.1. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต 19

2.1.2. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 23

2.1.2.1. ค่าเงินต้นเทียบเท่าปีปัจจุบัน (PRESENT WORTH) 24

2.1.2.2. อัตราผลตอบแทนภายใน (INTERNAL RATE OF RETURN) 25

2.1.2.3. การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม (INCREMENTAL COST) 25

2.1.3. การวิเคราะห์การเปรียบเทียบการดำเนินงาน (BENCHMARKING) 26

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.1.4. ค่าเสื่อมราคาแบบผลบวกตัวเลข (SUM OF THE YEAR DIGITS)..... 28
2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
3. ขั้นตอนการดำเนินงาน 36
3.1. การศึกษาทางเลือกสำหรับกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย 36
3.2. การศึกษาสภาพการณ์น้ำสูญเสียที่เกิดขึ้น 37
3.3. การศึกษาความเป็นไปได้ของทางเลือกต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ 37
3.4. การเทียบเคียงการดำเนินงานด้านปริมาณน้ำสูญเสีย 38
4. การวิเคราะห์สาเหตุการสูญเสียของน้ำประปา 39
4.1. ระบบท่อประปาของการประปานครหลวง 36
4.2. สาเหตุของการเกิดน้ำสูญเสีย 45
4.3. องค์ประกอบของน้ำสูญเสีย 49
4.4. สาเหตุที่ทำให้ท่อประปาแตกรั่ว 52
4.5. มาตรการป้องกันน้ำสูญเสีย 53
4.6. การสำรวจท่อรั่ว 56
4.7. วิธีการสำรวจท่อรั่วของการประปานครหลวง 58
4.7.1. การดำเนินการลดน้ำสูญเสียเนื่องจากท่อรั่วของการประปานครหลวง 59
4.7.2. แนวทางการคำนวณอัตราน้ำสูญเสีย 62
4.7.3. เทคนิคในการสำรวจหาท่อรั่วใต้ดิน 63
4.7.4. วิธีการสำรวจหาท่อรั่วของประเทศในทวีปยุโรป 65
4.8. การประเมินปริมาณน้ำที่รั่วไหล 67
4.9. เสียงที่เกิดจากท่อรั่ว 72
4.10. ประโยชน์ที่ได้รับจากกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย 79
5. การศึกษาทางเลือกของการลดน้ำสูญเสีย 81
5.1. ทางเลือกในการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย 81
5.2. ปัจจัยเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย 82
5.2.1. ต้นทุนในการผลิตน้ำประปา 82
5.2.2. เงินลงทุนการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำ 95
5.2.3. เงินลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปา 102
5.2.4. การบำรุงรักษาให้ระดับความสูญเสียคงที่ที่ระดับการสูญเสียต่าง ๆ 103

หน้า

5.3. การวิเคราะห์ปีฐานในการเริ่มต้นโครงการ 103
5.4. การศึกษาทางเลือกในโครงการลดน้ำสูญเสีย 105
5.4.1. สมมติฐานที่ใช้ในการกำหนดปัจจัยเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย 105
5.4.2. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่าร้อยละ 35 107
5.4.3. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 122
5.4.4. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 128
5.4.5. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 45 ขึ้นไป..... 134
5.4.6. ทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำเพื่อชดเชยปริมาณน้ำสูญเสีย 140
6. การวิเคราะห์ทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการประปานครหลวง 144
6.1. การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกในการซ่อมกับการสร้าง 144
6.1.1. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กับทางเลือกที่ 2 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 กับ การขยายกำลังการผลิต) 145
6.1.2. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับทางเลือกที่ 2 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 ไม่เกิน ร้อยละ 40 กับ การขยายกำลังการผลิต) 147
6.1.3. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กับทางเลือกที่ 2 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 กับ การขยายกำลังการผลิต)..... 148
6.1.4. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กับทางเลือกที่ 2 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป กับ การขยายกำลังการผลิต)..... 150
6.2. การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกในการซ่อมที่ระดับความสูญเสียต่างๆ. 151
6.2.1. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กับ ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 กับ ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40)..... 151

หน้า

6.2.2. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 กับ ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45) ……..…….....153

6.2.3. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 กับ ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป) ……..……154

6.3. การศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนโครงการกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40……..……..156

6.4. อัตราน้ำสูญเสียที่ยอมรับได้ ……...….161

7. สรุปผลการวิจัย ปัญหาและข้อเสนอแนะ …….... 167

7.1. การสรุปผลการวิจัย ……..... 167

7.2. ปัญหาที่พบในการทำวิจัย ……..….170

7.3. ข้อเสนอแนะ ……....172

รายการอ้างอิง ……...….174

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. เอกสารแสดงข้อมูลของการประปานครหลวง ……177

ภาคผนวก ข. เอกสารแสดงการศึกษาโครงการปรับปรุงลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง ……...197

ภาคผนวก ค. เอกสารแสดงการประเมินอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปี …….. 202

ภาคผนวก ง. เอกสารแสดงข้อมูลของหน่วยงานประปาในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิค ……..……215

ประวัติผู้วิทยานิพนธ์ ……..…… 238

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1.1	แสดงตัวอย่างการประเมินผลการดำเนินงานของการประปานครหลวง	4
ตารางที่ 1.2	แสดงต้นทุนน้ำขายปีงบประมาณ 2543 (หน่วย บาท/ลบ.ม.น้ำขาย)	16
ตารางที่ 4.1	แสดงท่อชนิดต่าง ๆ ขนาดและความยาวของท่อในระบบประปา	41
ตารางที่ 4.2	แสดงความยาวของท่อและอุปกรณ์ของการประปานครหลวง ปีงบประมาณ 2543	44
ตารางที่ 4.3	แสดงมาตรฐานอัตราการรั่วซึมที่ยอมรับได้ ณ แรงดันน้ำ 50 เมตร	46
ตารางที่ 4.4	แสดงมาตรการการป้องกันน้ำสูญเสีย	53
ตารางที่ 4.5	แสดงความแตกต่างระหว่างท่อรั่วบนดินและท่อรั่วใต้ดิน	57
ตารางที่ 4.6	แสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำกับค่าดรรชนีการสูญเสีย	71
ตารางที่ 5.1	แสดงแผนการให้บริการระยะยาวของการประปานครหลวง	83
ตารางที่ 5.2	แสดงปริมาณการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำทั้ง 5 โรงของ การประปานครหลวง	85
ตารางที่ 5.3	แสดงต้นทุนของการผลิตน้ำโรงงานผลิตน้ำบางเขน	87
ตารางที่ 5.4	แสดงต้นทุนของการผลิตน้ำโรงงานผลิตน้ำสามเสน	87
ตารางที่ 5.5	แสดงต้นทุนของการผลิตน้ำโรงงานผลิตน้ำธนบุรี	88
ตารางที่ 5.6	แสดงต้นทุนของการผลิตน้ำโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์	88
ตารางที่ 5.7	แสดงต้นทุนของการผลิตน้ำโรงงานผลิตน้ำย่อยอื่น ๆ	88
ตารางที่ 5.8	แสดงต้นทุนเฉลี่ยของการผลิตน้ำประปา	89
ตารางที่ 5.9	แสดงการใช้สารเคมีในการผลิตน้ำโรงงานผลิตน้ำบางเขน	90
ตารางที่ 5.10	แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตน้ำบางเขน	91
ตารางที่ 5.11	แสดงค่าใช้จ่ายในหมวดต่าง ๆ ในโรงงานผลิตน้ำบางเขน	91
ตารางที่ 5.12	แสดงต้นทุนการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำบางเขน เดือนกรกฎาคม 2544 ...	92
ตารางที่ 5.13	แสดงต้นทุนการผลิตน้ำโรงงานผลิตน้ำบางเขน (กรณีขยายกำลังการผลิต) ...	92
ตารางที่ 5.14	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง.....	94
ตารางที่ 5.15	แสดงความต้องการการผลิตน้ำเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตน้ำในปัจจุบัน	104
ตารางที่ 5.16	แสดงปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิตของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรม รักษาระดับความสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35.....	117

หน้า

ตารางที่ 5.17 แสดงต้นทุนในการผลิตน้ำประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับความสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 118
ตารางที่ 5.18 แสดงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับความสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 119
ตารางที่ 5.19 แสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 120
ตารางที่ 5.20 แสดงผลการวิเคราะห์รายจ่ายออกทั้งหมดของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 121
ตารางที่ 5.21 แสดงปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิตของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 123
ตารางที่ 5.22 แสดงต้นทุนในการผลิตน้ำประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 124
ตารางที่ 5.23 แสดงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 125
ตารางที่ 5.24 แสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกินร้อยละ 40...126
ตารางที่ 5.25 แสดงผลการวิเคราะห์รายจ่ายออกทั้งหมดของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกินร้อยละ 40...127
ตารางที่ 5.26 แสดงปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิตของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 129
ตารางที่ 5.27 แสดงต้นทุนในการผลิตน้ำประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 130
ตารางที่ 5.28 แสดงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 131

หน้า

ตารางที่ 5.29 แสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 132
ตารางที่ 5.30 แสดงผลการวิเคราะห์รายจ่ายออกทั้งหมดของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 133
ตารางที่ 5.31 แสดงปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิตของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป.....135
ตารางที่ 5.32 แสดงต้นทุนในการผลิตน้ำประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป.....136
ตารางที่ 5.33 แสดงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงสูงกว่า ร้อยละ 45 137
ตารางที่ 5.34 แสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป 138
ตารางที่ 5.35 แสดงผลการวิเคราะห์รายจ่ายออกทั้งหมดของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป.....139
ตารางที่ 5.36 แสดงปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิตของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิตน้ำ 140
ตารางที่ 5.37 แสดงต้นทุนในการผลิตน้ำประปาของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิตน้ำ 141
ตารางที่ 5.38 แสดงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิตน้ำ 142
ตารางที่ 5.39 แสดงผลการวิเคราะห์รายจ่ายออกทั้งหมดของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิตน้ำ 143
ตารางที่ 6.1 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กับ ทางเลือกที่ 2 146
ตารางที่ 6.2 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับ ทางเลือกที่ 2 147
ตารางที่ 6.3 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กับ ทางเลือกที่ 2 149
ตารางที่ 6.4 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กับ ทางเลือกที่ 2 150

หน้า

ตารางที่ 6.5 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กับ กรณีที่ 2 152
ตารางที่ 6.6 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับกรณีที่ 3 153
ตารางที่ 6.7 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับกรณีที่ 4 155
ตารางที่ 6.8 แสดงราคาน้ำขายของการประปานครหลวง 157
ตารางที่ 6.9 แสดงการวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการลงทุนกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสีย ในช่วงสูงกว่า ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 160
ตารางที่ 6.10 แสดงหน่วยงานประปาของประเทศต่าง ๆ ที่ใช้ในการเทียบเคียง 162

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
ภาพที่ 1.1	แสดงระดับการประเมินผลการดำเนินงานด้านลดน้ำสูญเสีย	7
ภาพที่ 1.2	แสดงอัตราน้ำสูญเสียของระบบประปาในเมืองใหญ่ต่าง ๆ	14
ภาพที่ 1.3	แสดงอัตราส่วนของค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตของต้นทุนน้ำขาย	16
ภาพที่ 2.1	แสดงการไหลของวัสดุในการผลิตและการไหลของต้นทุน	20
ภาพที่ 4.1	แสดงอัตราน้ำสูญเสียตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	40
ภาพที่ 4.2	แสดงขั้นตอนการผลิต-ส่ง-สูบจ่าย-จำหน่าย และตัววัดปริมาณน้ำประปา	42
ภาพที่ 4.3	แสดงระบบประปาและกลยุทธ์การลดน้ำสูญเสียที่ใช้ในระบบประปา	43
ภาพที่ 4.4	แสดงการลดการสูญเสียในระบบจ่ายน้ำ	45
ภาพที่ 4.5	แสดงอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพในการส่งจายน้ำของท่อประปาตามอายุการใช้งานด้วยวิธี Sum of Year Digits	47
ภาพที่ 4.6	แสดงการจำแนกปริมาณน้ำสูบจ่ายของการประปานครหลวง	51
ภาพที่ 4.7	แสดงการจำแนกลักษณะท่อแตกรั่ว	56
ภาพที่ 4.8	แสดงวิธีการสำรวจหาท่อรั่วของการประปานครหลวง	58
ภาพที่ 4.9	แสดงขั้นตอนกิจกรรมสำรวจท่อรั่วแบบระบบพื้นที่ (Block System)	61
ภาพที่ 4.10	แสดงแผนภูมิการเลือกวิธีการสำรวจหาท่อรั่ว	66
ภาพที่ 4.11	แสดงทฤษฎี Restoration of Leakage	69
ภาพที่ 4.12	แสดงต้นเหตุของเสียงที่เกิดจากท่อรั่ว	72
ภาพที่ 4.13	แสดงเครื่องสำรวจตำแหน่งประตูน้ำ	73
ภาพที่ 4.14	แสดงเครื่อง Low Frequency Pipe Location	74
ภาพที่ 4.15	แสดงเครื่อง Plunger Bar	75
ภาพที่ 4.16	แสดงเครื่อง Iron Pipe Location	75
ภาพที่ 4.17	แสดงเครื่องสำรวจหาบริเวณที่มีท่อรั่ว	77
ภาพที่ 4.18	แสดงเครื่องมือกำหนดตำแหน่งท่อรั่ว	78

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ที่มาของงานวิจัย

การให้บริการการจัดหาน้ำประปา ให้ประชาชนใช้ในการอุปโภค และ บริโภค ในเขตกรุงเทพ และปริมณฑลนั้น รัฐบาลได้มอบหมายให้ การประปานครหลวง (กปน.) ซึ่งมีฐานะเป็นรัฐวิสาหกิจ สังกัดกระทรวงมหาดไทย เป็นผู้จัดหา ผลิต และจัดจำหน่ายน้ำประปาเพื่อให้บริการแก่ประชาชน จากข้อมูลของธนาคารโลกระบุว่าประชากรในประเทศที่พัฒนาแล้วส่วนใหญ่มีน้ำที่ปลอดภัยใช้ในการอุปโภคบริโภคครบ 100 % ส่วนในประเทศที่กำลังพัฒนานั้น ประมาณ 1 ใน 3 ของประชากรยังขาดแคลนน้ำสะอาด สำหรับประเทศไทยในปี 2536 ประชากรที่มีน้ำดื่มน้ำใช้ที่สะอาดยังมีเพียง 72.1% ซึ่งอยู่ในอันดับที่ 58 ของโลก เมื่อเทียบกับประเทศในกลุ่มอาเซียน ไทยยังเป็นรองฟิลิปินส์และมาเลเซีย ซึ่งประชากรมีน้ำใช้น้ำดื่มที่สะอาด 81% และ 78.4% ตามลำดับ ส่วนสิงคโปร์นั้น ประชาชนทุกคนมีน้ำที่ปลอดภัยใช้ตั้งแต่ปี 2518 สำหรับอินโดนีเซียยังคงล้าหลังอยู่ที่ 41.6% เท่านั้น

การดำเนินงานของการประปานครหลวง ปัจจุบันอยู่ภายใต้แผนรัฐวิสาหกิจ ฉบับที่ 3 ปี 2540 - 2544 ซึ่งจัดทำสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (2540 - 2544) และ แผนมหาดไทยแม่บท ฉบับที่ 6 (2540 - 2544) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1.1. แผนรัฐวิสาหกิจ ฉบับที่ 3 (ปีงบประมาณ 2540 - 2544)

ภารกิจหลัก

ในช่วงปี 2540 – 2544 การประปานครหลวง กำหนดภารกิจหลักไว้ในฐานะที่ยังคงเป็นหน่วยงานหลักของรัฐ อำนวยบริการสาธารณูปโภคในการจัดหาน้ำดิบมาผลิต และจำหน่ายน้ำประปาที่มีคุณภาพดีให้แก่ผู้ใช้น้ำในพื้นที่รับผิดชอบในการบริหาร และจัดการให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อเนื่อง ด้วยความรวดเร็วในราคาที่เป็นธรรม และให้บริการอื่นที่เกี่ยวเนื่องกับน้ำประปา เพื่อให้การประปานครหลวงพึ่งตนเองได้ และเป็นรัฐวิสาหกิจชั้นดีเยี่ยม

วัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงาน

1) ดำเนินการให้มีน้ำประปาเพียงพอ ทั่วถึง และเร็วยิ่งขึ้นในเขตพื้นที่รับผิดชอบ
2) พัฒนาระบบส่ง-จ่ายน้ำให้มีประสิทธิภาพ และเร่งรัดการลดอัตราน้ำสูญเสีย
3) ปรับปรุงการบริหารจัดการให้มีความคล่องตัวในการดำเนินงานเอง และให้เอกชนเข้ามามีส่วนร่วม
4) เพิ่มคุณภาพชีวิตโดยคำนึงถึงคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ รวมถึงให้ความสำคัญของทรัพยากรน้ำและการรักษาสิ่งแวดล้อม

แผนดำเนินงาน

เพื่อให้การดำเนินงานของการประปานครหลวงบรรลุความสำเร็จตามภารกิจหลักและวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้น จึงได้กำหนดแผนดำเนินงานไว้ 9 ประการ ดังนี้

1) การปรับปรุงการการให้บริการแก่ผู้ใช้น้ำ
2) การลดอัตราน้ำสูญเสีย
3) การปรับปรุงระบบส่ง-จ่ายน้ำ
4) การพัฒนาระบบการจัดการและการบริหารทรัพยากรบุคคล
5) การพัฒนาระบบการเงิน และการบัญชีในเชิงธุรกิจที่พึ่งตนเองได้
6) การนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้
7) การเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดี และแสวงหาความร่วมมือจากหน่วยงาน ประชาชน และ สาธารณชน
8) การปรับปรุงคุณภาพน้ำดื่มให้ดื่มได้
9) จัดหาแหล่งน้ำดิบให้เพียงพอและแสวงหาแหล่งน้ำเป็นของตนเอง

1.1.2. ระบบการประเมินผลการดำเนินงานรัฐวิสาหกิจ

ส่วนระบบการประเมินผลการดำเนินงานของการประปานครหลวงนั้น กระทรวงมหาดไทยได้จัดตั้งระบบประเมินผลการดำเนินงานรัฐวิสาหกิจขึ้นเพื่อ มุ่งหวังการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานของรัฐวิสาหกิจให้สูงขึ้น โดยการเปลี่ยนแนวความคิดในการกำกับรัฐวิสาหกิจจากการควบคุมขั้นตอนในการทำงาน มาเป็นการควบคุมผลงานของรัฐวิสาหกิจแทน โดยให้อำนาจแก่คณะกรรมการรัฐวิสาหกิจตัดสินใจในการจัดการองค์กรได้เอง เพื่อให้รัฐวิสาหกิจปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็วและคล่องตัวขึ้น ในส่วนของรัฐบาลจะมีคณะกรรมการประเมินผลงานรัฐวิสาหกิจเป็นตัวแทนในการเจรจาตกลงกับคณะกรรมการผู้บริหารระดับสูงของรัฐวิสาหกิจ จัดทำบันทึกข้อตกลงการประเมินผลงานรัฐวิสาหกิจ (Performance Agreement) ให้เสร็จสิ้นก่อนเริ่มปีงบประมาณ

แล้วคณะกรรมการประเมินผลฯ จะประเมินผลงานรัฐวิสาหกิจอีกครั้งตอนสิ้นปีหลังจากที่สำนักตรวจเงินแผ่นดินรับรองงบการเงินแล้ว โดยจะแบ่งผลงานออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ดีขึ้นมาก (1), ดีขึ้น (2), ปกติ (3), ต่ำ (4), และต่ำมาก (5)

เพื่อให้รัฐวิสาหกิจมีกำลังใจในการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงาน คณะรัฐมนตรีได้อนุมัติระบบแรงจูงใจที่สะท้อนระดับผลงาน กล่าวคือ ให้ค่าตอบแทนเพิ่มขึ้นเมื่อผลงานดีและให้ค่าตอบแทนลดลงเมื่อผลงานตกต่ำลง ตลอดจนได้ผ่อนคลายกฎระเบียบ แต่ทั้งนี้รัฐบาลยังคงมีความจำเป็นต้องควบคุมรัฐวิสาหกิจในระดับกว้าง ๆ ที่มีผลผูกพันระยะยาวในเรื่องต่าง ๆ เช่น การเพิ่มทุน การนำส่งรายได้แผ่นดิน การกู้เงินและการค้ำประกันการกู้ของรัฐวิสาหกิจ การลงทุนหรืองบลงทุนของรัฐวิสาหกิจ เป็นต้น

เนื่องจากรัฐวิสาหกิจมีลักษณะของกิจการแตกต่างกันมาก และมีระดับการพัฒนาและการจัดองค์กรที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อประโยชน์ในการกำหนดระดับการกำกับดูแลรัฐวิสาหกิจและระบบแรงจูงใจที่เหมาะสม รัฐจึงได้แบ่งรัฐวิสาหกิจออกเป็น 4 ประเภท และต่อมาได้ปรับปรุงใหม่เป็น 6 ประเภท สำหรับการประปานครหลวงได้เข้าสู่ระบบการประเมินผลการดำเนินงานรัฐวิสาหกิจตั้งแต่ปีงบประมาณ 2539 เป็นต้นมา โดยจัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 รัฐวิสาหกิจประเภทผูกขาดรายได้และเลี้ยงตัวเองได้เป็นกลุ่มเดียวกันกับการสื่อสารแห่งประเทศไทย องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทยและการประปาส่วนภูมิภาค ในกลุ่มนี้รัฐได้กำหนดแรงจูงใจตามระดับผลงาน กล่าวคือ จะได้รับโบนัสตามระดับผลงาน ส่วนวงเงินเลื่อนขั้นเงินเดือนประจำปีจะแปรผันตามระดับผลงานของรัฐวิสาหกิจที่มีผลกำไรและขาดทุน

คณะกรรมการประเมินผลฯ ได้กำหนดไว้ 6 ด้าน สำหรับการประปานครหลวงได้ปรับเกณฑ์วัดเข้ากับกรอบต่าง ๆ ดังนี้

1) ประสิทธิภาพทางการเงิน ประเมินผลจากผลงานด้านการเงิน ได้แก่ กำไรจากการดำเนินงาน ต้นทุนการผลิตน้ำ และค่าใช้จ่าย
2) ประสิทธิภาพทางกายภาพ ประเมินผลจาก อัตราน้ำสูญเสีย ปริมาณน้ำขาย การจัดเก็บหนี้ การซ่อมท่อแตกรั่ว การพัฒนาระบบงานบริการ เช่นการติดตั้งประปาใหม่ การเปลี่ยนมาตรวัดน้ำ
3) คุณภาพของการบริการ ประเมินผลจากคุณภาพการบริการ ได้แก่ คุณภาพของน้ำประปา การประกาศเขตน้ำประปาดื่มได้ และการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้น้ำ
4) การดำเนินงานตามแผนวิสาหกิจ ประเมินผลจากการดำเนินงานตามโครงการแผนหลักต่าง ๆ และโครงการเปลี่ยนท่อชำรุดหมดสภาพเพื่อลดน้ำสูญเสีย
5) คุณภาพของแผนวิสาหกิจ ประเมินผลจากกระบวนการจัดทำแผน การทบทวน การปรับแผนงาน การควบคุมและติดตามการปฏิบัติงานตามแผน

6) คุณภาพของการบริหาร ประเมินผลจากการให้ความสำคัญกับลูกค้าและตลาด การให้ความสำคัญต่อการบริหารบุคลากร คุณภาพของคณะผู้บริหาร บทบาทของคณะกรรมการในการกำกับดูแลที่ดีและการปฏิบัติตามนโยบายรัฐบาล เป็นต้น

โดยที่ระบบประเมินผลจะมีการกำหนดกรอบและเกณฑ์วัดประสิทธิภาพในการทำงานในหลาย ๆ ด้าน มีระบบแรงจูงใจหรือค่าตอบแทนมากำหนดวงเงินโบนัสและวงเงินเลื่อนขั้นตามระดับผลงาน จึงเป็นประโยชน์ในการกระตุ้นการดำเนินงาน สะดวกใน การกำกับดูแล พร้อมทั้งสร้างความโปร่งใสในการพิจารณาให้ผลตอบแทน ปรับปรุงแก้ไขและชี้ปัญหาของแต่ละรัฐวิสาหกิจได้ง่ายขึ้น

จากการกำหนดกรอบและเกณฑ์วัดประสิทธิภาพของการประเมินผลการดำเนินงานของการประปานครหลวงดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ตารางที่ 1.1 แสดงตัวอย่างการประเมินผลการทำงาน ณ ปีงบประมาณ 2542 จัดทำโดย บริษัท ไทยเรทติ้งแอนด์อินฟอร์เมชั่นเซอร์วิส จำกัด เป็นบริษัทที่ปรึกษาซึ่งเป็นตัวแทนของกระทรวงการคลัง และคณะกรรมการของการประปานครหลวง

ตารางที่ 1.1 แสดงตัวอย่างผลการประเมินผลการดำเนินงานการประปานครหลวง

เกณฑ์วัดการดำเนินงาน	หน่วย	ปีงบประมาณ 2542 (ต.ค.41-ก.ย.42)							
		น้ำหนัก	A=1 ดีขึ้นมาก	B=2 ดีขึ้น	C=3 ปกติ	D=4 ต่ำ	E=5 ต่ำมาก	ผลงาน	ค่าที่ได้
1. ประสิทธิภาพทางการเงิน		25.0							
1.1 กำไรจากการดำเนินงาน	ล้านบาท	10.0	5,324	5,082	4,840	4,598	4,356	4,901.2	2.75
1.2 ต้นทุนแรงงานต่อหน่วยน้ำขาย	บาท/ลบ.ม.								
1.3 ต้นทุนผลิตต่อหน่วยน้ำผลิต	บาท/ลบ.ม.	10.0	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.02	2.40
1.4 ค่าใช้จ่ายบริหารต่อรายได้	%	5.0	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	6.39	1.00
2. ประสิทธิภาพทางกายภาพ		25.0							
2.1 จำนวนติดตั้งประปาใหม่	ราย								
2.2 ปริมาณน้ำขาย	ล้าน ลบ.ม./วัน	4.0	2.70	2.60	2.50	2.40	2.30	2.33	4.70
2.3 อัตราน้ำสูญเสีย	%	15.0	38.5	39.0	39.5	40.0	40.5	39.47	2.94

2.4 ระยะเวลาการจัดเก็บหนี้เอกชน	วัน	2.0	38	40	42	44	46	37.41	1.00
2.5 ระยะเวลาการจัดเก็บหนี้ราชการ	วัน								
2.6 ระยะเวลาการติดตั้งประปาใหม่ (รายเดี่ยว)	วันทำการ	2.0	3	5	7	9	11	2.58	1.00
2.7 อัตรามาตรวัดน้ำไม่เดิน	% มาตรไม่เดิน	2.0	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	0.66	1.00
2.8 อัตราซ่อมท่อแตกรั่วภายใน 24 ชม.	%								
2.9 โครงการพัฒนาระบบงาน ISO 9002	เดือนที่รับรอง								
3. คุณภาพของบริการ		10.0							
3.1 คุณภาพของน้ำประปา									
3.1.1 ความขุ่นของน้ำประปา	NTU	2.5	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	1.2	1.00
3.1.2 แบคทีเรียในระบบน้ำจ่าย	% ตัวอย่างน้ำได้มาตรฐาน	2.5	98.0	97.0	96.0	95.0	94.0	98.0	1.00
3.2 ความพึงพอใจของผู้ใช้น้ำ	ระดับ								
3.3 การประกาศเขตน้ำประปาคุณภาพดีดื่มได้	จำนวนเขต	5.0	9	8	7	6	5	24 พ.ค. 42	1.00
4. การดำเนินงานตามแผนวิสาหกิจ		20.0	100%	90%	80%	70%	60%		
4.1 โครงการแผนหลักครั้งที่ 4	% งานแล้วเสร็จ								
4.2 โครงการแผนหลักครั้งที่ 5	% งานแล้วเสร็จ								
4.3 โครงการแผนหลักครั้งที่ 6	% งาน / ค่างาน (ล้านบาท)	5.0	523.4	471.1	418.7	366.4	314.0	434.8	2.69
4.4 โครงการพัฒนาโครงข่ายเส้นท่อประปา	% งาน / ค่างาน (ล้านบาท)	5.0	283.2	254.9	226.6	198.2	169.9	255.1	1.99

4.5 โครงการลดน้ำสูญเสีย	กิโลเมตร	5.0	291.1	262.0	232.9	203.8	174.7	348.54	1.00
4.6 การจัดตั้งกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ	ระดับ								
4.7 การเตรียมการแปรรูป	เดือน								
4.8 การประชาสัมพันธ์การแปรรูป	เดือน								
4.9 การปรับปรุงโครงสร้างราคาค่าน้ำ	เดือน	5.0	ก.ค. 42	ส.ค. 42	ก.ย. 42	ต.ค. 42	พ.ย. 42	ต.ค. 42	4.00
5. คุณภาพของแผนวิสาหกิจ	ระดับ	5.0	1	2	3	4	5	1.50	1.50
6. คุณภาพของการบริหารและการกำกับดูแลที่ดี	ระดับ	15.0	1	2	3	4	5	1.50	1.50
น้ำหนักรวม		100.0	ค่าที่ได้เฉลี่ย					2.14	B-
% วงเงินเพื่อการจัดสรรโบนัส		9.86							
% วงเงินสำหรับการเลื่อนขั้นในปีต่อไป		7.93							

(ที่มา : ฝ่ายติดตามและประเมินผล การประปานครหลวง)

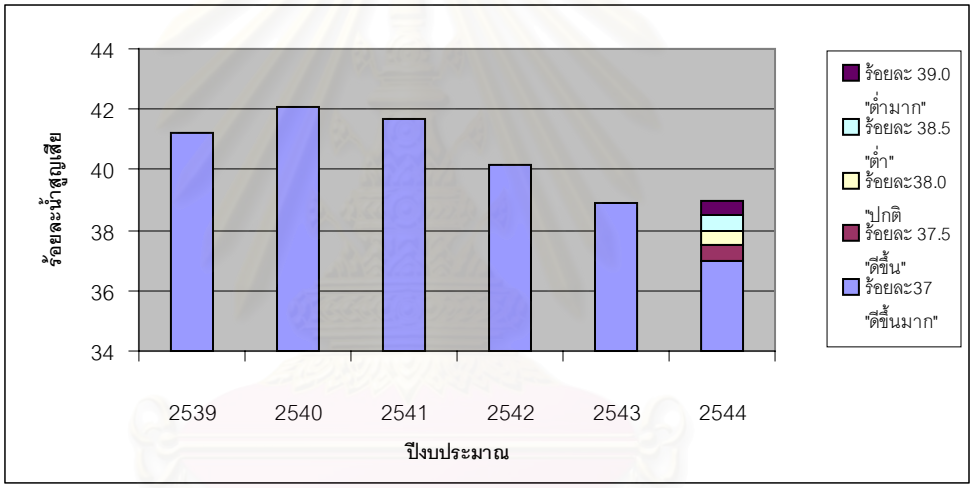
เนื่องจากการประปานครหลวงมีหน้าที่หลักในการผลิต และจัดส่งน้ำประปาให้ประชาชนได้มีน้ำสะอาดใช้ในการอุปโภคบริโภค ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จึงให้ความสำคัญกับเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพเพียง 2 เกณฑ์เท่านั้น คือ ประสิทธิภาพทางกายภาพ และคุณภาพการบริการ จากตารางจะพบว่า คณะกรรมการได้ให้ความสำคัญกับอัตราน้ำสูญเสียสูงสุด เนื่องจากอัตราน้ำสูญเสียได้เพิ่มขึ้นสูงขึ้นทุกปี จากข้อมูลพบว่าในปี 2540 อัตราน้ำสูญเสียสูงถึง 42.1% ซึ่งจัดว่ามีอัตราที่ค่อนข้างสูง และน้ำสูญเสียจะเพิ่มขึ้นถ้าภายในปีงบประมาณนั้นไม่มีงบลงทุนหรือมีงบลงทุนต่ำสำหรับโครงการลดน้ำสูญเสีย ดังนั้นถ้าสามารถลดอัตราน้ำสูญเสียลงได้ จะเป็นการลดปริมาณและต้นทุนการผลิตที่เสียเปล่าที่ต้องสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ได้ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มระดับความพึงพอใจในการบริการ เนื่องจากได้ปริมาณน้ำขายที่เพิ่มขึ้นในเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของการประปาอีกด้วย

คำจำกัดความของอัตราน้ำสูญเสีย หมายถึง สัดส่วนของปริมาณน้ำจำหน่ายทั้งหมดเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำผลิตจ่ายทั้งหมด ซึ่งคิดออกมาในรูปเปอร์เซ็นต์ โดยที่

- <u>ปริมาณน้ำจำหน่าย</u> หมายถึง ปริมาณน้ำประปาที่ผ่านกระบวนการผลิตจนส่งมอบให้กับผู้ใช้น้ำโดยรวมปริมาณน้ำที่ขายได้และน้ำในส่วนสาธารณะ และอื่น ๆ ด้วย
- <u>ปริมาณน้ำผลิตจ่าย</u> หมายถึง ปริมาณน้ำประปาที่ผ่านกระบวนการผลิตจากโรงงานผลิตน้ำ

การปรับค่าเกณฑ์การวัด ช่วงการปรับเท่ากับ ± ร้อยละ 5 ต่อเกณฑ์วัด 1 ระดับ โดยกำหนดให้ค่าเกณฑ์วัดแต่ละระดับเป็นดังนี้

- ร้อยละ 37.0 เทียบเท่ากับ ระดับ 1 “ดีขึ้นมาก”
- ร้อยละ 37.5 เทียบเท่ากับ ระดับ 2 “ดีขึ้น”
- ร้อยละ 38.0 เทียบเท่ากับ ระดับ 3 “ปกติ”
- ร้อยละ 38.5 เทียบเท่ากับ ระดับ 4 “ต่ำ”
- ร้อยละ 39.0 เทียบเท่ากับ ระดับ 5 “ต่ำมาก”



ภาพที่ 1.1 แสดงระดับการประเมินผลการดำเนินงานด้านลดน้ำสูญเสีย

การผลิตและจัดส่งน้ำประปาให้ไปถึงมือผู้ปริโภคต้องทุ่มเททรัพยากรทั้งทางด้านเงินทุน ทรัพยากรน้ำดิบ และความสามารถของบุคลากรต่าง ๆ เป็นอย่างมาก ดังนั้นการป้องกันและลดความสูญเสียของน้ำประปาในกระบวนการต่าง ๆ ก่อนที่จะถึงผู้ใช้น้ำจึงเป็นตัวตรวจวัดประสิทธิภาพทางกายภาพที่สำคัญยิ่ง อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำประปาที่สูญเสียไปจะเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำดิบซึ่งมีอยู่อย่างค่อนข้างจำกัดและยังเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการผลิตสูบจ่ายน้ำ และการบำรุงรักษา อีกทั้งยังส่งผลต่อคุณภาพน้ำประปาที่จะส่งไปยังผู้รับบริการอีกด้วย

การประปานครหลวงได้ให้ความสำคัญต่อแผนงานลดน้ำสูญเสียเป็นอย่างมาก ซึ่งได้มีการว่าจ้างบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาด้านลดน้ำสูญเสียมาทำการศึกษาเพื่อวางระบบงานใหม่เป็นแบบ

District Metering Zone โดยคาดว่าเมื่อโครงการแล้วเสร็จจะสามารถลดน้ำสูญเสียให้เหลือไม่เกินร้อยละ 30 ในพื้นที่ที่รับผิดชอบ อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติงานตามแผนลดน้ำสูญเสียมีขอบข่ายงานที่กว้าง ประกอบด้วย งานปรับปรุงเส้นท่อที่ชำรุดและหมดสภาพการใช้งาน งานตรวจสอบบำรุงรักษาซ่อมแซมและปรับปรุงประตูน้ำ รวมทั้งงานสำรวจหาท่อรั่วใต้ดิน นอกจากนั้นยังต้องอาศัยการประสานงานของหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลงานตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ อีกทั้งอาจจะถูกจำกัดจากงบประมาณ สภาพพื้นที่และการจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งทำให้การดำเนินงานลดน้ำสูญเสียทำได้ค่อนข้างยาก สำหรับปีบัญชี 2544 การประปานครหลวงได้ตั้งเป้าหมายที่จะลดน้ำสูญเสียไว้ที่ ร้อยละ 38.3 ซึ่ง กปน. ควรเร่งปรับปรุงการดำเนินการด้านนี้อย่างจริงจังโดยเฉพาะในส่วนที่อยู่ในความควบคุมของการประปานครหลวงเอง ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถที่ถูกต้องและครบถ้วนเกี่ยวกับลักษณะของความสูญเสีย ความรู้ด้านสภาพท่อ มาตรวัดน้ำ ความแม่นยำในการอ่านมาตร รวมทั้งการศึกษาข้อเท็จจริงอย่างจริงจังถึงปริมาณน้ำสูญเสียที่แน่นอน อีกทั้งเพิ่มความพยายามในการปรับเปลี่ยนท่อที่หมดอายุการใช้งาน รวมถึงการค้นหาและซ่อมรอยแตกรั่วให้รวดเร็วยิ่งขึ้น เนื่องจากการลดอัตราน้ำสูญเสียเป็นปัจจัยสำคัญที่จะนำไปสู่ประสิทธิภาพทางการเงินและทางกายภาพที่ดีขึ้น

1.2. **น้ำสูญเสีย**

ในสภาพความเป็นจริง ระบบประปาโดยทั่วไปต้องมีการสูญเสียเกิดขึ้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญคือ

- ขนาดของการให้บริการ
- อายุของระบบประปา
- ลักษณะของพื้นที่

ระบบประปาขนาดเล็กโดยทั่วไปจะมีอัตราการสูญเสียต่ำ เพราะโครงข่ายการให้บริการไม่ซับซ้อน สามารถดูแลได้ง่ายและทั่วถึง ในขณะที่ระบบประปาขนาดใหญ่จะมีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น การบริหารและการจัดการก็จะยากขึ้นตามกัน เป็นสาเหตุให้อัตรา การสูญเสียสูงขึ้น

ในระบบประปาที่สร้างขึ้นใหม่สามารถใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ช่วยในการบริหารและจัดการจึงทำให้ควบคุมและป้องกันความสูญเสียได้ดีกว่า แต่ในระบบประปาเก่าซึ่งใช้เทคโนโลยีแบบเก่าการที่จะพัฒนาและนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้แทนนั้นทำได้ยากและมีข้อจำกัดมากมาย เช่น ปัญหาด้านผังเมือง การจราจร การใช้พื้นที่ร่วมกันกับระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ และที่สำคัญที่สุดคือ ปัญหาด้านงบประมาณ

1.2.1. **สาเหตุของการสูญเสีย**

สาเหตุของการสูญเสียในระบบประปา แยกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1) การสูญเสียที่เกิดจากการบริหารและจัดการ

- *การวัดน้ำคลาดเคลื่อน*
  - การอ่านมาตรวัดน้ำผิดพลาดและต่ำกว่าความเป็นจริง
  - การออกบิลคลาดเคลื่อน การออกบิลที่ผิดพลาด ไม่ถูกต้องตรงกับความเป็นจริงและจำเป็นต้องยกเลิกในภายหลัง ทำให้ต้องลดหย่อนค่าน้ำหรือคืนเงินค่าน้ำทำให้เกิดการสูญเสีย
  - การถอดมาตรวัดน้ำ เนื่องจากยกเลิกใช้น้ำ หรือเนื่องจากค้างชำระค่าน้ำ กระทำไม่ถูกวิธี เช่น อุดปลั๊กไม่แน่นหนา หรือไม่ได้ยกเลิกท่อเดิม ทำให้ผู้ใช้น้ำถอดปลั๊กอุดและแอบใช้น้ำได้
  - บางกรณีที่ระบบท่อภายในของผู้ใช้น้ำเกิดการรั่วไหลการประปานครหลวงต้องรับภาระลดหย่อนค่าน้ำที่รั่วไหล
  - การใช้น้ำในการก่อสร้างวางท่อประปา การติดตั้งประปาใหม่ การบำรุงรักษาระบบท่อ จำเป็นต้องใช้น้ำในการทดสอบแรงดันและทำความสะอาดท่อ อาจคำนวณปริมาณการใช้ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง
  - การใช้น้ำเพื่อสาธารณประโยชน์ (Public Water Consumption) การใช้น้ำประเภทนี้ ได้แก่ การใช้น้ำเพื่อกิจการสาธารณประโยชน์ เช่น ใช้น้ำเพื่อล้างถนน รดน้ำสวนสาธารณะ สนามหญ้า สวนดอกไม้ สวนหย่อม ก๊อกน้ำสาธารณะ การป้องกันอัคคีภัย การล้างท่อน้ำ การล้างท่อน้ำโสโครก ใช้เพื่อการดับเพลิง ใช้เพื่อเป็นน้ำพุ ปริมาณการใช้น้ำประเภทนี้ไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะและขนาดของชุมชน เกณฑ์เฉลี่ยของน้ำที่ใช้ถือเป็นค่าโดยประมาณอาจไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง สำหรับปริมาณน้ำเพื่อใช้ในการดับเพลิงนั้นก็มีค่าที่ไม่แน่นอนเช่นกัน เพราะขึ้นอยู่กับขนาดของอัคคีภัยที่เกิดขึ้น และขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ต้องใช้ในการดับเพลิงแต่ละครั้ง
- *การลักใช้น้ำ-ใช้น้ำไม่ผ่านมาตร*
  - เจตนาลักใช้น้ำ โดยการลักลอบต่อท่อจากระบบจ่ายน้ำของการประปาโดยไม่ผ่านมาตรวัดน้ำ
  - ลักลอบใช้น้ำจากหัวดับเพลิง และก๊อกสาธารณะ

- *การควบคุมการสูบจ่ายน้ำ*

  เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำในแต่ละช่วงของวันไม่สม่ำเสมอ บางช่วงเวลาใช้น้ำมากบางช่วงเวลาใช้น้ำน้อย หากขาดการบริหารและการควบคุมการสูบจ่ายน้ำที่มีประสิทธิภาพ จะมีผลกระทบต่อปริมาณการสูญเสีย รวมถึงความคงทนของระบบท่อ เช่นในบางเวลาต้องส่งน้ำด้วยปริมาณและแรงดันสูงมากกว่าปกติเพื่อให้มีน้ำเพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้น้ำ ทำให้ท่อชำรุดเสียหายและเกิดการสูญเสียขึ้น

2) การสูญเสียจากงานด้านเทคนิค

- *มาตรและอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำคลาดเคลื่อน*
  - มาตรวัดน้ำเดินไม่เที่ยงตรงตามสภาพอายุการใช้งาน
  - มาตรวัดน้ำไม่เดิน
  - ติดตั้งมาตรวัดน้ำบิดหรือเอียง
  - มาตรวัดน้ำสูญหาย
  - มาตรวัดน้ำถูกทำลาย
  - มาตรวัดน้ำจมดิน ฝ้ามัว อ่านได้ไม่ชัดเจน
- *การออกแบบก่อสร้างวางท่อ*

  ไม่มีข้อมูลใต้ดินหรือแผนที่ใต้ดินที่ชัดเจน ทำให้การออกแบบไม่สมบูรณ์ เมื่อมีการก่อสร้างจะพบปัญหา บางครั้งท่อหรืออุปกรณ์ประกอบท่อวางอยู่ใต้หรือบนสิ่งก่อสร้างของระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ ภายหลังเมื่อมีการทรุดตัวทำให้เกิดการเบียดเสียดกัน เกิดการรั่วไหลในระบบท่อ
- *การทรุดตัวของดิน*

  เนื่องจากมีการใช้น้ำบาดาลเป็นจำนวนมาก ทำให้ดินในกรุงเทพ และปริมณฑลทรุดตัว ระบบท่อที่ก่อสร้างไว้บางครั้งไม่สามารถทรุดตัวตามได้ หรือบางครั้งการทรุดตัวไม่สม่ำเสมอกัน หรือไม่พร้อมกันจึงเป็นสาเหตุทำให้ท่อรั่วได้
- *การกัดกร่อนเนื่องจากคุณสมบัติของดิน*

  ดินซึ่งบางแห่งมีการกัดกร่อนสูง หรือบางแห่งมีความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าก็ทำให้เกิดการกัดกร่อนขึ้นได้ และเกิดการรั่วไหลเร็วกว่าสภาพปกติ
  - *แรงกระทำภายนอก*

    ระบบท่อประปาส่วนมากวางอยู่ใต้พื้นดินเมื่อมีแรงกดหรือแรงอัดเหนือผิวดินหรือรอบผิวดินของระบบท่อทำให้เกิดการรั่วไหล

- *การเลือกใช้ท่อและอุปกรณ์*

  เนื่องจากการประปานครหลวงมีงบประมาณจำกัดในการขยายเขตบริการและบำรุงรักษาท่อเดิม จำเป็นต้องเลือกใช้ท่อและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพต่ำเป็นสาเหตุให้เกิดการรั่วไหลได้ง่าย

- *ความรีบเร่งของช่วงเวลาการก่อสร้าง*

  เนื่องจากระบบการจราจรของกรุงเทพ และปริมณฑลมีสภาพแออัด ขาดระเบียบวินัย การก่อสร้างวางท่อต้องดำเนินการในลักษณะเร่งรีบ เพื่ออำนวยความสะดวกในการสัญจรไปมาของประชาชน เป็นสาเหตุให้งานก่อสร้างขาดคุณภาพ

- *การประสานงานของหน่วยงาน*

  เนื่องจากการก่อสร้างวางท่อประปาเป็นงานก่อสร้างในพื้นที่เปิด และมักจะมีสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ ที่อยู่ใต้ดิน หรืออยู่บนผิดดินอยู่แล้ว บางครั้งหากไม่มีการประสานงานที่ดีจะทำให้สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เหล่านั้น ชำรุดเสียหายในเวลาอันรวดเร็ว และบางครั้งก็จำเป็นต้องมีการรื้อย้าย ปรับเปลี่ยนใหม่ ทำให้เกิดการสูญเสีย

จากการศึกษาของบริษัทที่ปรึกษาพบว่า การสูญเสียส่วนใหญ่ ประมาณร้อยละ 80 ของน้ำสูญเสียทั้งหมด เกิดจากการรั่วไหลในระบบจ่ายน้ำ หรือการที่ท่อและอุปกรณ์ท่อชำรุดแตกรั่ว

1.2.2. **การควบคุมการสูญเสีย**

ระบบประปาโดยทั่วไปจะเกิดการสูญเสียในระยะเริ่มต้นน้อยมาก แต่เมื่ออายุของท่อและอุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน การสูญเสียจะเริ่มเกิดเพิ่มมากขึ้นแปรผันในอัตราก้าวหน้ากับอายุการใช้งานของท่อและอุปกรณ์

การบริหารและจัดการเพื่อควบคุมการสูญเสียทำได้ดังนี้

1) <u>บริหาร จัดการ ด้านการขยายและการจ่ายน้ำให้มีประสิทธิภาพ</u>

   เช่นการวัดปริมาณน้ำ การเก็บเงิน ควบคุมการจ่ายน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการใช้น้ำในแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ พร้อมทั้งตรวจสอบดำเนินการกับการลักลอบใช้น้ำ

2) <u>ปรับปรุงระบบทางด้านเทคนิคให้มีอัตราน้ำสูญเสียต่ำสุด</u>

   - สำรวจหาจุดรั่วจากท่อและอุปกรณ์ พร้อมทั้งดำเนินการซ่อมอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง ใช้ในกรณีที่ท่อยังไม่หมดอายุการใช้งาน

- ปรับปรุงระบบโดยการเปลี่ยนท่อและอุปกรณ์ ใช้ในที่ท่อและอุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน ไม่สามารถควบคุมการสูญเสียโดยวิธีการตรวจซ่อมให้อยู่ในอัตราที่คุ้มค่าใช้จ่ายได้

การประปานครหลวงได้ก่อตั้งเป็นรัฐวิสาหกิจมาตั้งแต่ปี 2510 จนถึงปัจจุบันนับเป็นเวลากว่า 34 ปี และได้ดำเนินโครงการตามแผนแม่บทเพื่อขยายการบริการ รวมทั้งปรับปรุงระบบบริหารและจัดการด้านการขายอย่างมีประสิทธิภาพมาโดยตลอด การสูญเสียจากการบริหารและจัดการจึงอยู่ในระดับที่น่าพอใจ (ประมาณร้อยละ 5) แต่การสูญเสียทางด้านเทคนิค โดยเฉพาะจากระบบท่อและอุปกรณ์ยังอยู่ในเกณฑ์ที่สูง (ประมาณร้อยละ 33) เนื่องจากการประปานครหลวงมีท่อประปาขนาดต่าง ๆ รวมความยาวทั้งสิ้นประมาณ 17,000 กิโลเมตร เป็นท่อประธานประมาณ 800 กิโลเมตร ส่วนใหญ่เป็นท่อเหล็กเหนียว ส่วนที่เหลือเป็นท่อจ่ายน้ำและท่อบริการความยาวประมาณ 16,000 กิโลเมตร ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นท่อ AC (Asbestos Cement) ท่อ PVC (Polyvinyl Chloride) และท่อ PB (Polybutylene) ซึ่งตามทฤษฎีควรมีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 20-30 ปี และในจำนวนท่อจ่ายน้ำและท่อบริการที่มีอยู่ในระบบนี้มีอายุการใช้งานนานเกินกว่าอายุการใช้งานโดยเฉลี่ย (25 ปี) ถึง 5,500 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 34 จึงเป็นเรื่องปกติที่จะเกิดการสูญเสียขึ้นในระบบจ่ายน้ำในปริมาณสูง

ปัจจุบันการประปานครหลวงได้มุ่งเน้นควบคุมการสูญเสียโดยการสำรวจหาท่อรั่วและซ่อมเป็นหลัก การดำเนินการในลักษณะนี้จะต้องเกิดการรั่วไหลก่อนจึงสามารถสำรวจพบและซ่อมได้ จึงมีน้ำจำนวนหนึ่งสูญเสียไปเนื่องจากยังสำรวจไม่พบหรือซ่อมแซมไม่ทันกับจำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นตามสภาพของท่อ

ในปีงบประมาณ 2541 ได้ดำเนินการสำรวจและซ่อมท่อแตกรั่วซึ่งสูงขึ้นถึง 222,300 จุด เฉลี่ยวันละ 609 จุด เป็นจุดรั่วบนดิน (น้ำที่รั่วไหลขึ้นสู่ผิวดิน สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า) ประมาณ 203,300 จุด ส่วนที่เหลือเป็นจุดรั่วใต้ดิน (น้ำที่รั่วไม่ไหลขึ้นสู่ผิวดิน หรือมองไม่เห็นน้ำที่รั่วได้ด้วยตาเปล่า) ประมาณ 19,000 จุด จุดรั่วใต้ดินที่สำรวจพบส่วนใหญ่เป็นจุดรั่วที่ไม่ลึกจากผิวดินมากนัก สำหรับจุดรั่วที่ลึกมาก ๆ หรือในบริเวณที่มีแรงดันน้ำต่ำอาจยังไม่สามารถสำรวจหาตำแหน่งพบ ทำให้เกิดความสูญเสียมาก

สำหรับการปรับปรุงระบบโดยการลงทุนเปลี่ยนท่อที่หมดสภาพการใช้งาน ซึ่งเป็นการควบคุมการสูญเสียในลักษณะการป้องกันเพื่อให้จำนวนจุดแตกรั่วไม่สูงขึ้น และลดระดับของการสูญเสียนั้น การประปานครหลวงยังดำเนินการได้ต่ำกว่าที่ควรเนื่องจากมีงบประมาณจำกัด ซึ่งหากจะรักษาระดับการแตกรั่วของท่อให้คงที่ ก็ต้องเปลี่ยนท่อจ่ายน้ำและท่อบริการที่มีอายุการใช้งานเกินกว่าอายุเฉลี่ยที่มีอยู่ทั้งหมด ซึ่งต้องใช้วงเงินสูงถึงประมาณ 8,000 ล้านบาท รวมทั้งจะต้องเปลี่ยนท่อและอุปกรณ์ที่จะหมดอายุเพิ่มขึ้นอีกปีละอย่างน้อยร้อยละ 4 ของความยาวท่อทั้งหมด

คิดเป็นความยาวประมาณ 600 กิโลเมตร คิดเป็นเงินประมาณปีละ 900 ล้านบาท จากสถิติอัตราน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงเทียบกับงบประมาณที่ใช้ จะเห็นได้ว่าปีใดใช้งบประมาณน้อยแนวโน้มน้ำสูญเสียก็จะเพิ่มสูงขึ้น

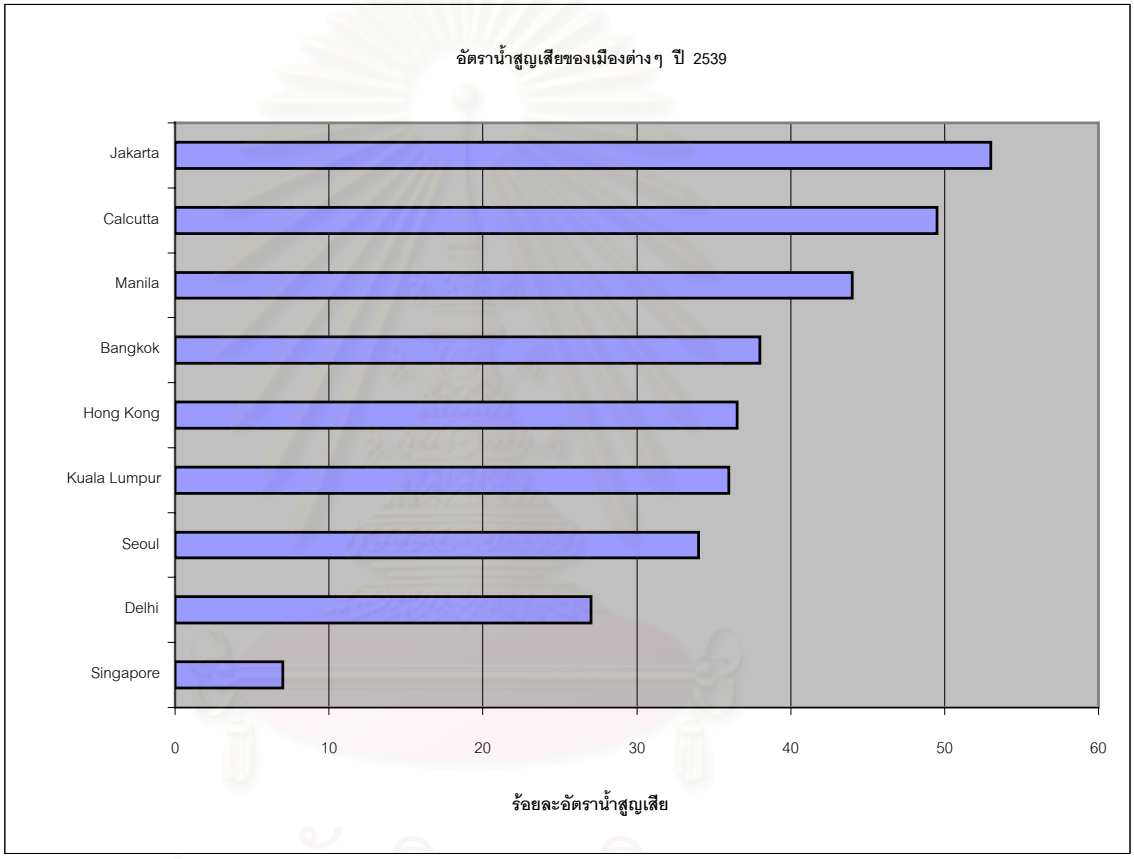
1.2.3. **อัตราน้ำสูญเสียที่ยอมรับได้**

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในเบื้องต้น ไม่มีระบบประปาใดไม่มีการสูญเสีย ทั้งนี้ปริมาณการสูญเสียขึ้นอยู่กับขนาดของเมือง สภาพของเมือง สภาพและสถานะของกิจการประปา ในแต่ละประเทศมีความแตกต่างกันทั้งในด้านภูมิศาสตร์ เศรษฐกิจ และสภาพแวดล้อม จากข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ไม่เหมือนกัน กิจการประปาแต่ละแห่งได้จัดลำดับความสำคัญของการจัดการด้านน้ำสูญเสียไว้แตกต่างกันโดยมีข้อพิจารณาดังนี้

- *ทรัพยากรน้ำ* ในประเทศที่มีแหล่งน้ำจำกัด น้ำเป็นทรัพยากรที่หามาได้ยาก การได้มาซึ่งน้ำดิบสำหรับใช้ในกิจการประปาต้องลงทุนสูง เช่นต้องสร้างแหล่งเก็บกักน้ำดิบเพื่อใช้ในกิจการประปาโดยเฉพาะ หรือแม้แต่ต้องลงทุนเพื่อนำน้ำดิบมาจากต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น สิงคโปร์ ประเทศเหล่านี้จะให้ความสำคัญกับน้ำสูญเสียสูงมาก โดยยอมลงทุนกับระบบการผลิตและจ่ายน้ำให้มีการสูญเสียต่ำสุด ไม่เช่นนั้นจะต้องลงทุนในการจัดหาน้ำดิบซึ่งต้องใช้เงินลงทุนที่สูงกว่า
- *เงินลงทุน* ในประเทศที่กำลังพัฒนาส่วนใหญ่มีเงินสำหรับใช้ในการขยายกิจการประปาจำกัด การบริการยังไม่ทั่วถึง หากจะลงทุนขยายกิจการประปาที่มีประสิทธิภาพสูงมีการสูญเสียน้อยก็จะให้บริการได้ในวงจำกัด แต่หากยอมลดประสิทธิภาพลงโดยเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถผลิตได้ในประเทศในราคาต่ำและยอมรับสภาพการสูญเสียที่จะเกิดขึ้น ก็จะสามารถขยายการบริการให้กว้างขึ้น
- *สภาพทางเศรษฐกิจ* การดำเนินกิจการประปาซึ่งเป็นสาธารณูปโภคพื้นฐานที่ประชาชนพึงได้รับโดยเสียค่าบริการในอัตราที่เหมาะสมกับสภาพทางเศรษฐกิจเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเป็นลำดับแรก การเลือกวัสดุ-อุปกรณ์และเทคโนโลยีมาใช้ในการให้บริการน้ำประปา ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญของต้นทุนค่าบริการ ต้องเหมาะสมกับสภาพทางเศรษฐกิจของผู้ใช้บริการว่าจะสามารถจ่ายได้ในระดับใด
- *การสนับสนุนเงินลงทุนจากภาครัฐ* ในกิจการประปาถูกกำหนดให้ดำเนินกิจการในลักษณะพึ่งพาตนเองโดยไม่ได้รับการสนับสนุนด้านการเงินจากภาครัฐ เป็นข้อจำกัดที่จะต้องเลือกการลงทุน โดยใช้วัสดุ-อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่มีคุณภาพและราคาไม่สูงนัก เพื่อให้มีผลต่อต้นทุน

ค่าบริการที่ไม่สูงเกินกว่าที่ประชาชนจะสามารถใช้บริการได้ จึงเกิดการสูญเสียในระบบบ้างตามสมควร

จากภาพที่ 1.2 แสดงอัตราน้ำสูญเสียในปี 2539 ของเมืองใหญ่ในภาคพื้นเอเชีย พบว่าเมืองใหญ่ที่มีผู้ใช้น้ำประมาณหนึ่งล้านรายจำนวน 9 เมืองนั้น มีเพียง 2 เมืองเท่านั้นที่มีอัตราน้ำสูญเสียต่ำกว่าร้อยละ 30 ส่วนอีก 4 เมืองมีอัตราน้ำสูญเสียระหว่าง ร้อยละ 30-40 และส่วนที่เหลืออีก 3 เมืองมีอัตราน้ำสูญเสียสูงกว่าร้อยละ 40



ภาพที่ 1.2 แสดงอัตราน้ำสูญเสียของระบบประปาในเมืองใหญ่ต่าง ๆ

จะเห็นได้ว่าในปี 2539 การประปานครหลวงมีอัตราน้ำสูญเสียร้อยละ 38 อยู่ในระดับกลางของเมืองที่มีผู้ใช้น้ำใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาว่าการประปานครหลวงมีพื้นที่รับผิดชอบซึ่งกว้าง อีกทั้งเป็นเมืองเก่าที่มีระบบผังเมืองที่ไม่เป็นระเบียบ และมีเงินลงทุนจำกัด อัตราการสูญเสียในระดับนี้ถือเป็นอัตราการสูญเสียที่ยอมรับได้ แต่ก็เป็นระดับที่ยังไม่น่าพอใจ

1.2.4. อัตราน้ำสูญเสียที่เหมาะสมสำหรับการประปานครหลวง

การที่การประปานครหลวงจะลดอัตราน้ำสูญเสียให้ต่ำลงเหมือนกับประเทศสิงคโปร์นั้น อาจเป็นไปได้ในทางเทคนิค โดยการเปลี่ยนใช้ท่อและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูงทั้งหมด แต่สภาพทางเศรษฐกิจและสภาพแวดล้อมของประเทศไทยคงไม่มีความจำเป็นที่จะทำเช่นนั้น เนื่องจากประเทศไทยมีทรัพยากรน้ำอุดมสมบูรณ์ การได้มาซึ่งน้ำดิบเพื่อใช้ในกิจการประปาแทบไม่มีค่าใช้จ่าย เป็นผลพลอยได้จากการบริหารทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตร การคมนาคม และการผลิตกระแสไฟฟ้า จึงให้ความสำคัญกับการสูญเสียจากระบบการผลิตและจ่ายน้ำเป็นลำดับรองจากการประหยัดเงินลงทุน ทั้งนี้เพื่อให้มีต้นทุนค่าน้ำต่ำ สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจของผู้รับบริการ

จากผลงานที่ผ่านมา การประปานครหลวงสามารถลดการสูญเสียได้ต่ำสุดคือ ร้อยละ 30 ในปี 2534 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของธนาคารพัฒนาเอเชียที่เคยให้ข้อคิดเห็นว่าอัตราการสูญเสียที่เหมาะสมสำหรับการประปานครหลวงควรจะอยู่ประมาณร้อยละ 30 เพราะหากจะลดลงให้ต่ำกว่านี้จะต้องลงทุนสูงมากไม่คุ้มในแง่ของผลตอบแทนการลงทุน และเมื่อเปรียบเทียบกับเมืองใหญ่อื่น ๆ แล้วอัตราการสูญเสียในระดับนี้ก็เป็นตัวเลขที่น่าพอใจ จึงพอจะยึดถือเป็นเป้าหมายที่การประปานครหลวงควรจะควบคุมการสูญเสียให้อยู่ในอัตราที่ไม่สูงกว่าร้อยละ 30

การลดอัตราน้ำสูญเสียให้ได้ตามเป้าหมายนั้น ต้องอาศัยเงินลงทุนค่อนข้างสูง ซึ่งไม่สอดคล้องกับสถานการณ์เศรษฐกิจในปัจจุบัน ดังนั้นปัญหาทางด้านงบประมาณจึงเป็นปัญหาหลักของงานโครงการลดน้ำสูญเสีย การที่จะลดน้ำสูญเสียให้เหลือเพียง ร้อยละ 30 ดังที่เช่นเคยทำได้ในปีงบประมาณ 2534 งานหลักที่ต้องทำคือการปรับปรุงสภาพท่อและอุปกรณ์ประปาให้มีสภาพเช่นเดียวกันกับที่เคยเป็นเมื่อปี 2534 ต้องใช้เงินลงทุนถึง 8,000 ล้านบาท หรืออีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับการศึกษาคือการสร้างโรงกรองน้ำเพิ่มเพื่อชดเชยปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียไป เพื่อให้การให้บริการน้ำประปาอย่างทั่วถึงและเพียงพอ

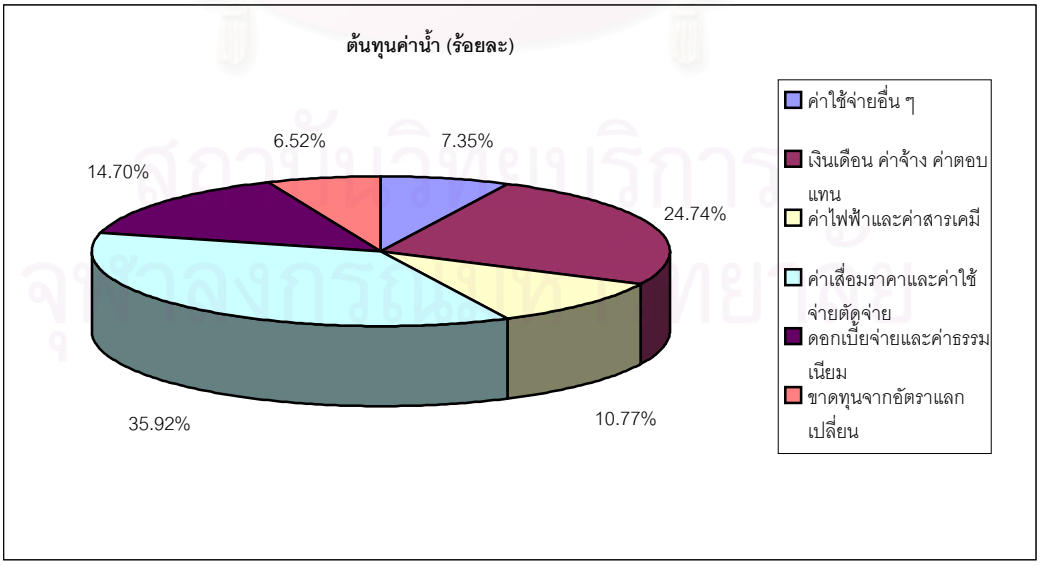
การที่จะสรุปว่าอัตราน้ำสูญเสียที่เหมาะของการประปานครหลวงควรจะอยู่ที่ระดับร้อยละ 30 นั้นอาจจะไม่เหมาะสมนักเนื่องจากในปัจจุบันสถานการณ์ต่าง ๆ ได้เปลี่ยนไป ไม่ว่าจะเป็นสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ ปริมาณการจัดหาแหล่งน้ำดิบ ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลให้อัตราน้ำสูญเสียที่เหมาะสมที่ปรากฏอยู่ในผลการศึกษาของธนาคารพัฒนาเอเชียต้องเปลี่ยนไป อันเนื่องมาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการคำนวณหาระดับน้ำสูญเสียที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องคำนึงถึงเพื่อที่จะหาระดับที่ยอมรับได้ภายใต้สภาพการณ์ในปัจจุบันของการประปานครหลวงเอง การปรับปรุงเพื่อลดระดับน้ำสูญเสียนั้นต้องใช้เงินลงทุนที่สูงมากในการก่อสร้าง ติดตั้ง หรือซ่อมแซมอุปกรณ์หรือสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ เพื่อเป้าหมายคือการลดน้ำสูญเสีย จากข้อมูลต้นทุนการผลิตน้ำที่แสดงอยู่ในตาราง 1.2 พบว่า ต้นทุน

การผลิตน้ำจะแปรผันตรงตามค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดจ่ายเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการลงทุนเพื่อลดอัตราน้ำสูญเสียนั้น จะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ผลที่ตามมาก็คือ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดจ่ายจะต้องเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตน้ำเพิ่มสูงขึ้นเกินกำลังความสามารถของผู้ใช้น้ำที่จะสามารถรองรับได้ นอกจากนี้ต้นทุนอื่น ๆ ก็จะได้รับผลกระทบไปด้วย นั่นคือค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปเนื่องจากการลงทุน การบริหาร ที่ใช้ในโครงการลดน้ำสูญเสีย

ตารางที่ 1.2 แสดงต้นทุนน้ำขายปีงบประมาณ 2543 (หน่วย : บาท/ลบ.ม.น้ำขาย)

(ที่มา : รายงานประจำปีงบประมาณ 2543 การประปานครหลวง)

รายการ	**บาท/ลบ.ม.**
เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าตอบแทน (Salaries, Wages and Allowance)	2.39
ค่าไฟฟ้า (Electricity)	0.76
ค่าสารเคมี (Chemical)	0.28
ค่าใช้จ่ายอื่นในการดำเนินงาน (Other Operating Expenses)	0.68
ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดจ่าย (Depreciation and Amortization)	3.47
หนี้สงสัยจะสูญ (Doubtful Debts)	0.01
ดอกเบี้ยจ่ายและค่าธรรมเนียม (Interests and Commitment Charge)	1.42
ค่าใช้จ่ายอื่นที่ไม่เกี่ยวกับการดำเนินงาน (Non-Operating Expenses)	0.02
ขาดทุนจากอัตราแลกเปลี่ยน (Loss on Foreign Exchange Rate)	0.63
รวมต้นทุนน้ำขาย (Total Unit Cost)	**9.66**



ภาพที่ 1.3 แสดงอัตราส่วนของค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตของต้นทุนน้ำขาย

ดังนั้นในการเลือกลงทุนที่จะหาแนวทางที่เหมาะสมในการลดน้ำสูญเสียจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- ต้นทุนการผลิตน้ำ เนื่องจากการก่อสร้างหรือการปรับปรุงอุปกรณ์และสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการลดน้ำสูญเสียนั้นส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตน้ำทั้งสิ้น ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของต้นทุนและการได้กลับมาของผลกำไรที่เพิ่มขึ้นจะต้องคุ้มค่ากันโดยที่ผู้ใช้น้ำจะต้องไม่ได้รับผลกระทบจากโครงการนี้เลย หรือได้รับผลกระทบน้อยที่สุด
- ประโยชน์ที่ได้รับ เนื่องจากน้ำสูญเสียที่ลดลงคือได้ปริมาณน้ำประปาขายที่มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ได้กำไรเพิ่มมากขึ้นตาม ลดค่าใช้จ่ายในแง่ของปริมาณและต้นทุนที่เสียเปล่าอันเนื่องมาจากน้ำประปาที่ต้องสูญเสียไป
- ระดับความสูญเสียที่ยอมรับได้ โดยเปรียบเทียบการลงทุนเพื่อลดระดับน้ำสูญเสียให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้และประโยชน์ที่ได้รับกลับมาคุ้มค่าหรือไม่ที่จะลงทุน

แต่เนื่องจากวิธีการลดความสูญเสียโดยการปรับปรุงคุณภาพท่อและอุปกรณ์ประปานั้นสามารถทำได้ลำบากเนื่องจากต้องได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ หลายหน่วย ซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากในการปฏิบัติงานจริง และยังมีปัญหาอื่น ๆ อีกมากมายที่จะเกิดขึ้น ผลลัพธ์ที่จะได้กลับมาก็คือปริมาณน้ำขายที่จะเพิ่มขึ้นอีก 10% หรือเทียบเท่ากับ 400,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แต่อีกแนวทางหนึ่งที่จะทำได้ก็คือเพิ่มกำลังการผลิตที่ต้องสูญเสียไปต่อวัน โดยการสร้างโรงกรองน้ำแห่งใหม่ให้มีกำลังการผลิตที่สามารถชดเชยปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียไปในแต่ละวัน ซึ่งใช้เงินลงทุนที่ต่ำกว่าการปรับปรุงท่ออย่างมาก แต่จุดนี้ไม่ได้เป็นการลดปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นเลย กลับเป็นการทำลายทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดลงไปอีก แต่ในแง่ของเศรษฐกิจกลับเป็นทางเลือกที่น่าสนใจทีเดียว อีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจคือไม่ต้องทำอะไรเลยเนื่องจากระดับน้ำสูญเสียที่เป็นอยู่ในระดับนี้เหมาะสมอยู่แล้ว ไม่คุ้มค่าที่จะลงทุนเพื่อที่จะลดปริมาณน้ำสูญเสียเนื่องจากผลที่ได้กลับมาไม่คุ้มกับการลงทุนที่ต้องเสียไป ซึ่งการเปรียบเทียบแนวทางทั้งสามดังที่ได้กล่าวมานี้จะสรุปออกมาเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับเต็ม

1.3. **วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบความเป็นไปได้ของทางเลือกในการลดอัตราน้ำสูญเสีย และได้มาซึ่งปริมาณน้ำสูญเสียที่เหมาะสมหรือยอมรับได้ภายใต้สภาพแวดล้อมปัจจุบันของการประปานครหลวง

1.4. ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการศึกษาและเปรียบเทียบต้นทุน และประโยชน์ที่เกิดขึ้นจริงของการลงทุนเพื่อลดปริมาณน้ำสูญเสียในทางเลือกต่าง ๆ ภายใต้ข้อกำหนดของการประปานครหลวง

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณน้ำสูญเสียที่เหมาะสมกับสถานะภาพของการประปานครหลวง
2) ศึกษาสภาพการณ์น้ำสูญเสียในปัจจุบันที่เกิดขึ้นกับการประปานครหลวง เพื่อประเมินความสูญเสียที่เกิดขึ้น
3) ศึกษาต้นทุนของการผลิตน้ำ ซึ่งได้รวมต้นทุนน้ำสูญเสียเอาไว้ด้วย
4) ศึกษาทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการลดอัตราน้ำสูญเสียให้มีระดับที่สามารถยอมรับได้ ภายใต้ข้อกำหนดต่าง ๆ ของการประปานครหลวง
5) ศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุน เพื่อลดอัตราน้ำสูญเสียให้อยู่ระดับที่สามารถยอมรับได้ของทางเลือกต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้
6) สรุปผลที่ได้รับจากการวิจัย

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เพื่อสามารถทราบปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นจริงของการประปานครหลวง
2) เพื่อสามารถทราบถึงต้นทุนของการผลิตน้ำประปา
3) เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการลงทุนเพื่อลดอัตราน้ำสูญเสียให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมภายใต้สภาวะแวดล้อมของการประปานครหลวง
4) เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยในด้านที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ต่อไปในอนาคต

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่นำมาใช้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตซึ่งเป็นต้นทุนที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา การวิเคราะห์โดยใช้เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการประเมินผลของการลงทุนในทางเลือกต่าง ๆ และใช้การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกต่าง ๆ เหล่านั้นเพื่อให้ได้มาซึ่งทางเลือกที่ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าที่สุด และการวิเคราะห์การเทียบเคียงการดำเนินงาน (Benchmarking) ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทางเลือกกับองค์กรอื่น นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้อีกด้วย โดยมีรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ เป็นดังนี้

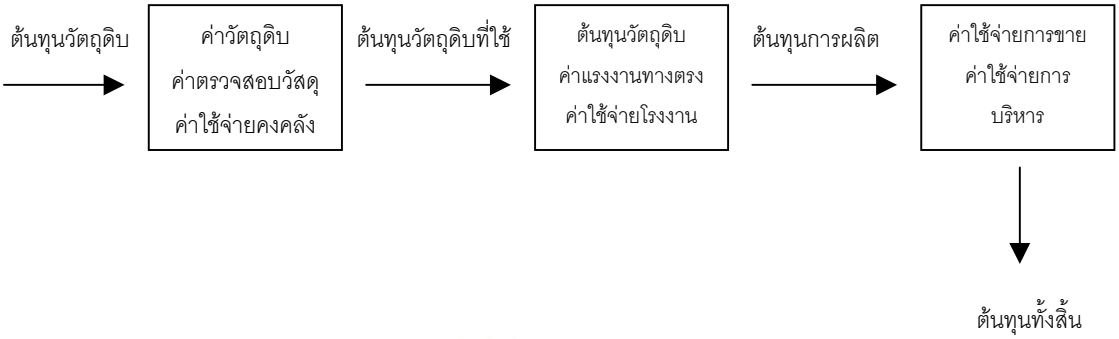
2.1.1. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

การศึกษาต้นทุนการผลิตในที่นี้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตน้ำประปา โดยจะทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปา และแยกประเภทตามวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตเพื่อความสะดวกในการนำมาคิดต้นทุนการผลิตในการทำวิจัย

บัญชีต้นทุนเป็นการดำเนินการเกี่ยวกับการบันทึก การแยกประเภท การสะสม การควบคุม และการจัดสรรค่าใช้จ่าย เพื่อกำหนดเป็นต้นทุนการดำเนินงาน โดยมีการแยกประเภทต้นทุนไปตามพฤติกรรมของต้นทุน กิจกรรม หรือกระบวนการที่เกี่ยวข้อง ผลิตภัณฑ์ และลักษณะงานอื่น ๆ ทั้งนี้ จะเป็นไปตามชนิดของการประเมินหรือการวัดผลที่ต้องการ

รูปที่แสดงอยู่ด้านล่างนี้เป็นรูปแสดงกระบวนการไหลของวัสดุ ซึ่งไหลผ่านกระบวนการแปรรูปวัตถุดิบจนได้เป็นสินค้าสำเร็จรูปและการไหลของต้นทุนซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1) คงคลังของวัตถุดิบ
2) กระบวนการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นสินค้าสำเร็จรูป
3) คงคลังของสินค้าสำเร็จรูป



ภาพที่ 2.1 แสดงการไหลของวัสดุในการผลิต และการไหลของต้นทุน

ต้นทุนเป็นมูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตหรือการให้บริการ เป็นส่วนที่เรียกว่ามูลค่าของปัจจัยเข้า (Input Value) ของระบบ ต้นทุนจึงเป็นเงินสดหรือค่าใช้จ่ายในรูปแบบอื่นที่จ่ายไปเพื่อจะให้ได้มาซึ่งบริการหรือผลผลิต ในทางธุรกิจ ต้นทุน คือ ค่าใช้จ่ายส่วนที่จ่ายไปเพื่อให้ได้มาซึ่งรายได้

ต้นทุน ค่าใช้จ่าย และความสูญเสีย โดยแท้จริงเป็นส่วนเดียวกัน แต่จะมีความหมายแตกต่างกัน ในด้านความหมายเพื่อการใช้งาน ต้นทุนและความสูญเสียต่างก็เป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น ค่าใช้จ่ายไม่ว่าจะอยู่ในรูปของเงินสดหรือสิ่งแลกเปลี่ยนใด ๆ ย่อมถือได้ว่าเป็นสิ่งที่จ่ายไปเพื่อให้ได้ผลผลิตหรือบริการ

ค่าใช้จ่าย (Expenses) หมายถึง ต้นทุนในการให้ได้รายได้สำหรับช่วงระยะเวลาใด ๆ เช่น เงินเดือนในสำนักงาน ค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนเงินหรือสิ่งแลกเปลี่ยนที่จ่ายไปเพื่อการใช้บริการซึ่งตัดลดทอนจากส่วนของรายได้ในงวดบัญชีใด ๆ จึงมักใช้ในด้านการรายงานทางการเงินมากกว่าใช้ในระบบบัญชีทรัพย์สิน

ต้นทุน (Cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่จ่ายไปสำหรับปัจจัยทางการผลิตเพื่อให้เกิดผลผลิต ต้นทุนจึงเป็นส่วนที่ใช้สำหรับการนิยามอัตราผลิตภาพหรือ (Productivity) ซึ่งเท่ากับผลผลิต (Output) หารด้วยปัจจัยนำเข้า (Input) ต้นทุนจึงเป็นมูลค่าที่วัดได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรที่ใช้ไป และต้นทุนมีลักษณะที่ใช้จ่ายไปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ถือเป็นสินทรัพย์ได้ เช่น คงคลังของวัสดุ งานระหว่างทำ และสินค้าสำเร็จรูป

ต้นทุน (Cost) กับ ความสูญเสีย (Lost) ความจริงแล้วมีความหมายในเชิงที่เป็นค่าใช้จ่ายทั้งคู่เหมือนกัน แต่ถ้าพิจารณาความแตกต่างของความหมายคงพอสรุปง่าย ๆ ได้ดังนี้

- ต้นทุน คือ ค่าใช้จ่ายที่จ่ายไปแล้วเกิดผลผลิตหรือบริการที่เป็นสินทรัพย์ ต้นทุน คือ ข้อมูลทางบัญชีเพื่อใช้ในการวางแผนและควบคุมการดำเนินงาน ในด้านการวางแผน ข้อมูลต้นทุนที่ได้จะช่วยในการทำงบประมาณและประมาณต้นทุนการผลิต กำหนดราคา

ขาย ประมาณผลกำไร และใช้ในการตัดสินใจการลงทุนและการขยายงาน ในด้านการควบคุม จะใช้เปรียบเทียบผลดำเนินงานกับงบประมาณต้นทุนที่กำหนดไว้เพื่อช่วยให้ฝ่ายบริหารรับรู้ถึงการปฏิบัติที่ไม่มีประสิทธิภาพเมื่อสิ้นรอบระยะเวลาบัญชี

- ความสูญเสีย คือ ค่าใช้จ่ายที่จ่ายไปแล้วเกิดผลได้น้อยกว่าหรือค่าเสียหายที่ต้องจ่ายโดยไม่มีผลตอบแทน และเป็นค่าใช้จ่ายที่จะถูกตัดออกจากส่วนของผู้ถือหุ้นมากกว่าที่จะหักจากส่วนของการลงทุน ความสูญเสียเกิดขึ้นได้จากการตัดสินใจที่ผิดพลาดหรือเกิดจากสิ่งผิดปกติตามธรรมชาติ เช่น ไฟไหม้ ตึกถล่ม เป็นต้น

ต้นทุนกับความสูญเสียเป็นสิ่งเดียวกัน เพียงแต่มีเส้นแบ่งเขตซึ่งทำให้ต้นทุนกลายเป็นความสูญเสียเมื่อผลได้น้อยกว่าค่าใช้จ่าย เมื่อปรับค่าใช้จ่ายให้เกิดผลประโยชน์มากขึ้น ทำให้สร้างผลได้มากกว่าความสูญเสียจะกลายเป็นต้นทุนไป การเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายในเชิงต้นทุนจึงเป็นสิ่งที่ไม่น่ากังวลเนื่องจากได้ผลประโยชน์เพิ่มขึ้น

<u>องค์ประกอบของต้นทุนการผลิต</u>

องค์ประกอบของต้นทุนการผลิตประกอบด้วยค่าใช้จ่าย 3 ส่วน คือ

1) *<u>ค่าวัสดุ (Material Cost)</u>* เป็นค่าวัสดุเพื่อการผลิตแบ่งออกเป็น ค่าวัตถุดิบทางตรง ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตที่สามารถคำนวณได้ทันที หรือสามารถถือเป็นต้นทุนทางวิศวกรรม (Engineering Cost) และค่าวัตถุดิบทางอ้อม ซึ่งไม่ได้แปรผันตามปริมาณที่ผลิตเพิ่มขึ้นโดยไม่สามารถคำนวณได้ทันทีแต่ต้องอาศัยข้อมูลในอดีตที่ผ่านมา ถือได้ว่าเป็นต้นทุนทางสถิติ (Statistic Cost) และยังถูกจัดให้เป็นต้นทุนของค่าโสหุ้ยการผลิตอีกด้วย
2) *<u>ค่าแรงงาน (Labor Cost)</u>* คือ ค่าใช้จ่ายที่จ่ายไปเพื่อการเปลี่ยนสภาพของวัตถุดิบให้เป็นสินค้าสำเร็จรูป มีค่าใช้จ่ายที่เป็นส่วนที่ใช้กับการผลิตโดยตรงเรียกว่า ค่าแรงงานทางตรง ซึ่งจะแปรผันตามปริมาณการผลิต ส่วนค่าแรงงานทางอ้อมคือ ค่าแรงส่วนที่คิดเป็นค่าใช้จ่ายของโรงงาน เช่น เงินเดือนคนทำความสะอาด ยาม คนดูแลคลังสินค้า เป็นต้น
3) *<u>ค่าโสหุ้ยการผลิต (Overhead)</u>* คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตที่เกิดขึ้นนอกเหนือจากค่าแรงงานทางตรงและค่าวัสดุทางตรง ตามธรรมชาติของต้นทุนโสหุ้ยการผลิต ส่วนมากจะเป็นต้นทุนคงที่ซึ่งไม่ได้แปรเปลี่ยนไปตามปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง แต่ต้นทุนคงที่จะมีต้นทุนจะมีต้นทุนต่อหน่วยเพิ่มขึ้นเมื่อผลผลิตลดลงและลดลงเมื่อผลผลิตสูงขึ้น ค่าโสหุ้ยมีลักษณะเป็นต้นทุนทางอ้อมที่ต้องมีการจัดสรรค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเข้าผลิตภัณฑ์ เข้าแผนกผลิต หรือเข้าสู่ศูนย์ต้นทุนต่าง ๆ การควบคุมต้นทุนจะใช้วิธีการควบคุมโดยงบประมาณ

<u>การจำแนกประเภทต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิต</u>

ต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิตสามารถจำแนกได้ดังนี้

- จำแนกตามวัตถุประสงค์ของต้นทุน
- จำแนกเป็นค่าโสหุ้ยการผลิตทางตรงและทางอ้อม
- จำแนกตามค่าใช้จ่ายของโรงงานหรือของแผนกผลิต
- จำแนกเป็นค่าโสหุ้ยการผลิตคงที่หรือแปรผัน

วัตถุประสงค์ของต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิตจะแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ ค่าวัสดุทางอ้อม ค่าแรงทางอ้อม และค่าใช้จ่ายทั่วไปของโรงงาน ค่าวัสดุทางอ้อม คือ วัสดุส่งเสริมการผลิตทั้งหลาย เช่น น้ำมันเครื่อง วัสดุทำความสะอาด เป็นต้น ค่าแรงงานทางอ้อม เป็นต้นทุนของการบริหารต่าง ๆ ซึ่งไม่ได้ใช้โดยตรงกับการผลิต แต่เป็นงานที่จำเป็นจะต้องมีไว้เพื่อช่วยในการผลิต เช่น ค่าแรงของหัวหน้าคนงาน คนงานแผนกคลังสินค้า เป็นต้น ค่าใช้จ่ายทั่วไปของโรงงาน ประกอบด้วยต้นทุนค่าซ่อมบำรุง ค่าพลังงาน ค่าภาษีอากร ค่าสาธารณูปโภค ค่าประกันภัย ค่าเดินทาง เป็นต้น

ต้นทุนทางตรง (Direct Cost) คือ ต้นทุนที่สามารถเข้ากับผลิตภัณฑ์ แผนกผลิต แผนกบริการ หรือโรงงานได้โดยตรง ส่วนต้นทุนทางอ้อม (Indirect Cost) เป็นต้นทุนที่ไม่สามารถจัดเข้ากับหน่วยงานได้โดยตรง โดยทั่วไป ต้นทุนโสหุ้ยการผลิตจะเป็นต้นทุนทางอ้อม แต่จะมีต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิตที่สามารถจัดสรรเข้าแผนกผลิตได้โดยตรงเช่นกัน ค่าเงินเดือนหัวหน้าคนงานจะเป็นต้นทุนที่จัดสรรเข้าแผนกผลิตได้โดยตรง แต่จะเป็นต้นทุนทางอ้อมในการจัดสรรเข้าสู่ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ ค่าต้นทุนโสหุ้ยการผลิต เช่น ค่าเสื่อมราคาและเงินเดือนผู้จัดการเป็นต้นทุนทางตรงต่อโรงงาน แต่เป็นต้นทุนทางอ้อมของแผนกผลิต

ต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิต อาจจะสัมพันธ์โดยตรงกับโรงงาน แผนกบริการ หรือแผนกผลิต ต้นทุนที่สัมพันธ์กับโรงงานคือ ค่าใช้จ่ายการดูแลรักษาสภาพแวดล้อมของโรงงาน รวมทั้งการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงาน ต้นทุนที่สัมพันธ์กับแผนกบริการคือ ต้นทุนการดำเนินงาน ประกอบด้วย เงินเดือนวิศวกร พนักงานบัญชี และพนักงานจัดซื้อ ต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิตสามารถจัดสรรให้กับแผนกผลิตและแผนกบริการ ขณะที่ต้นทุนค่าโสหุ้ยของแผนกบริการจะจัดสรรให้กับแผนกผลิตได้ด้วย ดังนั้น ต้นทุนค่าโสหุ้ยทางตรงของแผนกผลิตจึงประกอบด้วย ค่าวัสดุทางอ้อม ค่าแรงงานทางอ้อม และค่าโสหุ้ยที่สัมพันธ์โดยตรงกับแผนกผลิต ส่วนต้นทุนทางอ้อมของแผนกผลิตจะประกอบด้วยต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิตจัดสรรให้แผนกผลิตและต้นทุนโสหุ้ยจากแผนกบริการ โดยทั่วไป ต้นทุนที่สัมพันธ์โดยตรงกับแผนกหรือกระบวนการผลิต จะเป็นต้นทุนที่ควบคุมได้ภายใต้การดูแลของหัวหน้าแผนกผลิต แต่ต้นทุนค่าโสหุ้ยทางอ้อมของแผนกผลิตจะไม่สามารถควบคุมได้โดยหัวหน้าแผนกผลิต เนื่องจากเป็นต้นทุนที่

เกิดจากการกำกับดูแลของผู้บริหารระดับสูงกว่า หรืออาจจะอยู่ภายใต้การดูแลของหัวหน้าแผนกผลิตอื่น เช่น แผนกซ่อมบำรุง แผนกบริการ แผนกอาคารสถานที่ เป็นต้น

ต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิตที่จำแนกตามพฤติกรรมของต้นทุนที่แปรผันตามกิจกรรมการผลิตหรือบริการในแต่ละช่วงเวลา จะประกอบด้วย ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามกิจกรรมที่เปลี่ยนแปลง และต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) จะไม่เปลี่ยนแปลงตามการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของกิจกรรม

ต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิตคงที่อาจจะจำแนกออกเป็น

- ต้นทุนคงที่ของกำลังการผลิต (Capacity Fixed Cost)
- ต้นทุนคงที่ของการดำเนินงาน (Operation Fixed Cost)
- ต้นทุนคงที่ของโครงการ (Project Fixed Cost)

ต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิตคงที่ของกำลังการผลิต คือ ต้นทุนส่วนที่เป็นค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร ซึ่งมักจะมีการกำหนดอายุการใช้งานและคำนวณค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรตามระยะเวลาอายุการใช้งาน

ต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิตคงที่ของการดำเนินงาน เป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้สำหรับการดำรงและรักษาสินทรัพย์ถาวร เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าประกันภัย ค่าภาษี เป็นต้น

ต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิตคงที่ของโครงการ เป็นค่าใช้จ่ายที่จัดสรรให้สำหรับโครงการพิเศษ เช่น โครงการส่งเสริมการผลิต โครงการส่งเสริมการตลาด หรือโครงการพัฒนาระบบงาน ตัวอย่างค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ของโครงการ คือ ค่าโฆษณา ค่าใช้จ่ายงานวิจัยและพัฒนา ค่าใช้จ่ายเลี้ยงรับรอง เป็นต้น

พฤติกรรมของต้นทุนค่าโสหุ้ยการผลิต อาจจะอยู่ในลักษณะกึ่งแปรผันหรือกึ่งคงที่ก็ได้ ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง แต่ไม่ได้แปรผันไปตามสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรม จึงไม่สามารถจำแนกให้เป็นต้นทุนแปรผันหรือต้นทุนคงที่ได้ เช่น ค่าสาธารณูปโภคทั้งหลายมักจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการผลิตมากขึ้น แต่ไม่ได้เพิ่มขึ้นไปตามสัดส่วน และจะกำหนดเป็นต้นทุนแปรผันได้ยาก

2.1.2. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การลงทุนในโครงการลดน้ำสูญเสียเป็นโครงการที่มีงบลงทุนจำกัด การเลือกโครงการที่จะลงทุนจึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อองค์กรทั้งทางด้านการเงิน และการจัดการ การตัดสินใจเลือกลงทุนโครงการใดโครงการหนึ่งนั้น โครงการที่ถูกเลือกจะต้องเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุดภายใต้งบการลงทุนที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการศึกษาถึงเงินลงทุนที่ใช้ในการลงทุนแต่ละ

โครงการ ผลตอบแทนที่ได้กลับมาทางด้านการเงิน การเปรียบเทียบสภานะภาพของแต่ละโครงการตลอดจนการตัดสินใจ (Decision Making) เลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนที่สูงที่สุดจึงเป็นที่มาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จากการตัดสินใจเลือกโครงการที่จะใช้ในการลงทุนจะทำให้ทราบถึงการลดลงของอัตราน้ำสูญเสียที่จะนำมาใช้เป็นอัตราน้ำสูญเสียที่เหมาะสมของการประปานครหลวงได้กำหนดให้โครงการแต่ละโครงการเป็นเอกเทศต่อกัน (Mutually Exclusive) ทฤษฎีของเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบทางเลือกมีดังนี้

2.1.2.1. **ค่าเงินต้นเทียบเท่าที่ปีปัจจุบัน** PW (PRESENT WORTH)

ค่าเทียบเท่าที่ปีปัจจุบัน PW (Present Worth) คือผลแตกต่างของค่าเทียบเท่าเปรียบเทียบ ณ ปีปัจจุบันของเงินที่ไหลเข้าและเงินที่ไหลออกของการลงทุนภายใต้อัตราดอกเบี้ย (Interest Rate) และระยะเวลาของโครงการลงทุน (Service Life) ที่กำหนดไว้

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเงินต้นเทียบเท่าที่ปีปัจจุบัน NPW (Net Present Worth) มีดังนี้

- การกำหนดอัตราดอกเบี้ย (Interest Rate), อัตราผลตอบแทน (Rate of Return), อัตราผลตอบแทนน้อยที่สุดที่น่าสนใจ MARR (Minimum Attractive Rate of Return) สำหรับการลงทุนในโครงการ
- การประมาณช่วงอายุของโครงการ (Service Life)
- การประมาณจำนวนการไหลเข้า-ออกของเงินที่เกิดขึ้นตลอดช่วงอายุของโครงการ
- สรุปการไหลสุทธิของเงิน (Net Cash Flow) (Net Cash Flow = Cash inflow – Cash outflow)
- คำนวณหา PW โดยใช้สูตรดังนี้

$$PW(i) = \frac{A_0}{(1+i)^0} + \frac{A_1}{(1+i)^1} + \frac{A_2}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{A_n}{(1+i)^n}$$

$$= \sum_{n=0}^{N} \frac{A_n}{(1+i)^n}$$

$$= \sum_{n=0}^{N} A_n (P/F, i, n)$$

โดยที่ PW(i) = ค่าเงินต้นเทียบเท่าที่ปีปัจจุบัน ณ อัตราดอกเบี้ย i

A_n = Net Cash Flow ณ ปีที่ n

i = อัตราดอกเบี้ย

n = อายุของโครงการ (Service Life)

- กฎการตัดสินใจเป็นดังนี้

ถ้า PW(i) > 0, ยอมรับการลงทุน,

ถ้า PW(i) = 0, ไม่มีผลแตกต่างในการลงทุน, หรือ

ถ้า PW(i) < 0, ไม่ยอมรับการลงทุน

2.1.2.2. **อัตราผลตอบแทนภายใน** IRR (INTERNAL RATE OF RETURN)

อัตราผลตอบแทนภายใน IRR (Internal Rate of Return) คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้ค่าเทียบเท่าของเงินไหลเข้ามีค่าเท่ากับค่าเทียบเท่าของเงินไหลออกของการลงทุน หรืออาจกล่าวได้ว่า IRR คืออัตราดอกเบี้ยที่ทำให้ผลต่างของเงินไหลเข้ากับเงินไหลออกมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งนั่นก็คือการคำนวณหาค่า I* ของการลงทุน จากสมการดังต่อไปนี้

$$0 = PW(i^*) = \sum_{n=0}^{N} \frac{A_n}{(1+i^*)^n}$$

ค่า i* ที่คำนวณได้จากการลงทุนนั้นไม่เพียงพอที่จะใช้ในการตัดสินใจการลงทุน แต่สามารถนำค่า i* ของโครงการไปใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ โดยการเปรียบเทียบกับค่า i ที่ยอมรับได้ขององค์กรเป็นตัวตัดสินใจการลงทุน เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเป็นดังนี้

ถ้า IRR > i, ยอมรับการลงทุน,

ถ้า IRR = i, ไม่มีผลแตกต่างในการลงทุน, หรือ

ถ้า IRR < i, ไม่ยอมรับการลงทุน

2.1.2.3. **การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม** (INCREMENTAL COST ANALYSIS)

ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละโครงการนั้น ถ้าทุกโครงการหาค่า IRR ได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจนั่นคือ IRR > i แล้ว เราจะทราบได้อย่างไรว่าโครงการไหนน่าลงทุนมากกว่ากัน เพราะค่า IRR ที่มากไม่ได้หมายความว่ามีผลตอบแทนมาก ดังนั้นในการเปรียบเทียบโครงการต้อง

อาศัยวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มมาใช้ ซึ่งในที่นี้จะใช้ค่า IRR ที่เพิ่มขึ้นเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ โดยหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

1. จัดเรียงทางเลือกต่าง ๆ โดยเรียงตามลำดับการเพิ่มขึ้นของเงินลงทุนในปีที่ 1 ทางเลือกที่มีเงินลงทุนต่ำที่สุดในปีแรกจัดว่าเป็น “ทางเลือกที่ดีที่สุด” ในขณะนั้น
2. เปรียบเทียบ “ทางเลือกที่ดีที่สุด” กับ “ทางเลือกถัดไป” ที่มีเงินลงทุนสูงกว่า โดยเปรียบเทียบ i* ของผลต่างการไหลของเงินที่เกิดขึ้นทั้งสองทางเลือก ถ้า i*>i แล้ว “ทางเลือกถัดไป” จะกลายเป็น “ทางเลือกที่ดีที่สุด” แทนเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับทางเลือกที่อยู่ถัดไปต่อไป

   ถ้า $i^*_{A2-A1} > i$, ยอมรับ A2,

   ถ้า $i^*_{A2-A1} \leq i$, ปฏิเสธ A2 แล้ว ยอมรับ A1
3. เปรียบเทียบตามขั้นตอนที่ 2. จนครบทุกทางเลือก ทางเลือกที่ให้ค่า i* ที่สูงที่สุดจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดจากทางเลือกทั้งหมด

2.1.3. **การวิเคราะห์การเปรียบเทียบการดำเนินงาน** (BENCHMARKING)

การเปรียบเทียบการดำเนินงานนั้นมีประโยชน์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของหน่วยงานเมื่อเปรียบเทียบการหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่าในที่นี้จะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในด้านการเทียบประสิทธิภาพด้านการลดน้ำสูญเสียกับหน่วยงานประปาที่อื่น เพื่อยืนยันว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณนั้นเป็นที่สามารถยอมรับได้เมื่อเทียบกับหน่วยงานอื่น ๆ

Benchmark (BM) เป็นกลยุทธ์และกระบวนการวิเคราะห์สำหรับการเปรียบเทียบอย่างต่อเนื่องของผลิตภัณฑ์ บริการ และปฏิบัติงานขององค์กร เทียบกับหน่วยงานที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นผู้นำในวงการนั้น ๆ การทำ BM ไม่ได้เป็นเพียงการเปรียบเทียบองค์กร ๆ หนึ่งกับองค์กรอื่นเพื่อปรับปรุงขั้นตอนการทำงานเท่านั้น แต่การทำ BM เปรียบเสมือนการนำข้อมูลเชิงตัวเลขมาวิเคราะห์ เพื่อตัดสินใจถึงแนวทางที่จะผลักดันให้องค์กรพัฒนากิจกรรมหลักต่าง ๆ ไปสู่การเป็นผู้นำทางด้านคุณภาพ ที่ยอมรับกันทั่วโลก (World Class Quality) เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและการพัฒนาทางความรู้อยู่ตลอดเวลา ทำให้ตำแหน่งผู้นำทางด้านคุณภาพของกิจกรรมต่าง ๆ มีการสับเปลี่ยนหมุนเวียนกันไป นั่นหมายความว่า การทำ BM เป็นกิจกรรมอย่างหนึ่งที่ต้องทำอย่างต่อเนื่อง เพื่อจะค้นหาเป้าหมายใหม่สำหรับการพัฒนาองค์กรอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) และถ้าการทำ BM เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว จะช่วย

สนับสนุนการทำงานเป็นทีมและขจัดความคิดเห็นส่วนตัวที่อาจเกิดขึ้นในการตัดสินใจที่มีความคัญกับภารกิจ

คำจำกัดความของ Benchmarking สามารถให้คำจำกัดความได้ดังนี้ การเทียบเคียงการดำเนินงาน (Benchmarking) หมายถึง การยอมรับจุดอ่อนของตนเองและมองไปยังหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีประสิทธิภาพในการดำเนินการที่ดีกว่าในด้านนั้น ๆ เพื่อเรียนรู้ที่จะปฏิบัติให้ได้ตามแบบอย่างหรือทำได้ดีกว่า (APQC, 1993)

การแบ่งชนิดของ Benchmarking สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ แบ่งตามประเด็นที่จะเทียบเคียง และแบ่งตามประเภทของคู่เทียบเคียง

การแบ่ง Benchmarking ตามประเด็นที่จะเทียบเคียง แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) Performance Benchmarking เป็นการเทียบเคียงระดับประสิทธิภาพที่วัด โดยมีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาว่าองค์กรนั้น ๆ เป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับองค์กรอื่น
2) Process Benchmarking เป็นการเทียบเคียงวิธีการและกระบวนการในทางปฏิบัติของธุรกิจ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเรียนรู้จากองค์กรชั้นนำเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนากระบวนการของตนเอง
3) Strategic Benchmarking เป็นการเปรียบเทียบการวางกลยุทธ์ในการดำเนินธุรกิจขององค์กร เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลในการพัฒนาและวางแผนกลยุทธ์ขององค์กร

ส่วน Benchmarking ที่แบ่งตามประเภทของคู่เทียบเคียงสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) Internal Benchmarking เป็นการเทียบเคียงระหว่างแผนก หน่วยงานภายในบริษัทหรือองค์กรเดียวกัน
2) Competitive Benchmarking เป็นการเทียบเคียงศักยภาพกับองค์กรคู่แข่งขันที่แท้จริงทางธุรกิจโดยตรง เช่น ผู้ผลิตสินค้าหรือบริการชนิดเดียวกัน
3) Functional Benchmarking เป็นการเทียบเคียงกระบวนการขององค์กรกับบริษัทที่ไม่ใช่คู่แข่งภายในภาคธุรกิจหรือประเภทเทคโนโลยีเดียวกัน
4) Generic Benchmarking เป็นการเทียบเคียงกระบวนการของตัวเองกับกระบวนการที่ดีที่สุด โดยไม่คำนึงถึงว่าจะเป็นประเภทธุรกิจเดียวกันหรือไม่

การเทียบเคียงการดำเนินงานมีจุดประสงค์ใหญ่ ๆ 4 ข้อ ดังนี้

1) การทำ Benchmarking สามารถช่วยให้คนในองค์กรมีความเข้าใจ และร่วมมือกับช่วยพัฒนาในจุดยืน หรือจุดมุ่งหมายหลักในขบวนการทางธุรกิจของตัวองค์การเอง

2) Benchmarking สามารถช่วยทำให้เกิดการเรียนรู้ และแนวความคิดในการปรับปรุงและการเปลี่ยนแปลง
3) ในระหว่างการทำ Benchmarking เป็นโอกาสที่ดีในการติดต่อกับหน่วยงานอื่น ๆ ภายนอกองค์กร ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการปรับปรุงภายในหน่วยงานของตนเอง
4) ในระหว่างการทำ Benchmarking จะทำให้เรามีหน่วยงานที่เราสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพซึ่งใช้เป็นจุดอ้างอิงการทำงานของตนเอง

ทำไมถึงต้องทำการเทียบเคียงประสิทธิภาพ (Benchmarking)

- เพื่อทำให้เกิดการปรับปรุงจากการเรียนรู้การทำงานของหน่วยงานอื่นที่ดีกว่า หรือหน่วยงานที่ดีที่สุด
- เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจและการพัฒนาในขบวนการทางธุรกิจของหน่วยงานของตนเอง
- เพื่อเกิดการกระตุ้นในการปรับปรุงการทำงาน การเปลี่ยนแปลง หรือมองเห็นสิ่งที่จำเป็นต้องทำการปรับปรุงทั้งอย่างต่อเนื่องและอย่างรีบด่วน
- มุ่งเน้นให้เกิดการปรับปรุงในมุมมองของความเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้า
- เพื่อทำให้เกิดความทะเยอทะยานในการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงในทางที่เป็นไปได้
- ช่วยให้เกิดความเข้าใจในระบบ หรือวิธีการทำงานให้ดียิ่งขึ้น
- กระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์

2.1.4. **ค่าเสื่อมราคาแบบผลบวกตัวเลข** (Sum of the Year Digits)

ค่าเสื่อมราคาในที่นี้จะนำลักษณะการเสื่อมสภาพตามทางกายภาพ (Physical Depreciation) มาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพในการส่งจ่ายน้ำของท่อประปาตามอายุการใช้งานของท่อประปา โดยวิธี การคิดค่าเสื่อมราคาแบบผลบวกตัวเลข (Sum of the Year Digits) ซึ่งในที่นี้จะนำอัตราการเสื่อมที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวมาใช้เป็นอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพของท่อและอุปกรณ์ประปา

การเสื่อมราคาทางกายภาพ (Physical Depreciation) เป็นการเสื่อมราคาเนื่องจากการสึกหรอ ชำรุดหรือแตกหักเพราะการใช้งาน ถ้าทรัพย์สินในขณะถูกใช้งานมีการเคลื่อนไหวขยับเขยื้อน ก็จะเกิดการเสียดสีหรือกระแทรก และแม้ว่าทรัพย์สินจะไม่เคลื่อนจะไม่เคลื่อนที่ก็อาจเกิดสนิมหรือปฏิกริยาทางเคมีเกิดการกัดกร่อน ทำให้ทรัพย์สินนั้นเสื่อมคุณค่าไปได้เช่นเดียวกัน

การคิดค่าเสื่อมราคาแบบผลบวกตัวเลข SOYD (Sum of the Year Digits Depreciation) การคิดค่าเสื่อมราคาแบบนี้เป็นระบบจัดสรรค่าเสื่อมราคาไว้มากในระยะแรกของการใช้งานและจะลดน้อยลงเรื่อย ๆ จนหมดอายุการใช้งาน แต่ไม่มีข้อจำกัดสำหรับค่าราคาตามบัญชีของทรัพย์สินเมื่อเวลาหมดอายุการใช้งาน

การคำนวณอัตราการเสื่อมจะใช้ตัวเลข 1, 2, 3,..., N มาบวกกันจนถึง N โดยที่ N คืออายุการใช้งานของทรัพย์สิน โดยผลรวมของ SOYD เป็นดังสมการด้านล่างนี้

$$SOYD = 1 + 2 + 3 + \ldots + N = \frac{N(N+1)}{2}$$

อัตราการเสื่อมประสิทธิภาพคือสัดส่วนของตัวเศษคือ N-n โดยปีที่ 1 คือ N-1 ปีที่ 2 คือ N-2 เป็นต้น ส่วนตัวส่วนคือ SOYD การคิดค่าเสื่อมราคาในแต่ละปีคิดได้จากอัตราค่าเสื่อมราคาในปีนั้น ๆ คูณด้วยราคาต้นทุนสินทรัพย์ (I) ลบด้วยราคาขายสินทรัพย์เมื่อหมดอายุการใช้งาน (S) โดยสมการที่ใช้ในการคิดค่าเสื่อมราคาเป็นดังนี้

$$D_n = \frac{N - n + 1}{SOYD}(I - S)$$

2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทำวิจัยฉบับนี้ได้ทำการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากหนังสือ รายงาน และวิทยานิพนธ์ของหน่วยงานต่าง ๆ ทั้ง การประปานครหลวง งานวิจัยหรือแบบสำรวจหรือวิทยานิพนธ์ของหน่วยงานต่าง ๆ หลายหัวข้อดังนี้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประปานครหลวง เนื่องจากการประปานครหลวงได้ทำการศึกษาโครงการลงทุนในการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียให้เหลืออยู่ที่ระดับ ร้อยละ 30 เพื่อขออนุมัติเงินลงทุนจากกระทรวงการคลัง โดยการประปานครหลวงได้เสนอโครงการผ่านสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สรุปได้ดังนี้

- **สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักวิเคราะห์และประสานแผนโครงสร้างพื้นฐาน** (2544) ได้ทำการศึกษาและเสนอแนะในโครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียให้เหลือร้อยละ 30 ในปี 2549 และมีศักยภาพในการควบคุมรักษาระดับอัตราน้ำสูญเสียให้อยู่ที่ร้อยละ 30 อย่างมีเสถียรภาพและยั่งยืนจนถึงปี

2560 ของการประปานครหลวง โดยมีสาระสำคัญในด้านขอบเขตของงาน และวิธีการดำเนินงานของโครงการเหมือนดังที่ปรากฏอยู่ในทางเลือกที่ 1 ของงานวิจัยนี้ ในการวิเคราะห์ของการประปานครหลวง ได้ทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการกรณีทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรุกแบบเดิมเปรียบเทียบกับกรณีทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรับ และการวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการกรณีเพิ่มการลงทุนทำโครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียในปี 2545 เทียบกับกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ

- กิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ ดำเนินการซ่อมท่อแตกรั่วที่เกิดขึ้นตามสภาพ แต่ไม่มีมาตรการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรุกเสริม ซึ่งกรณีนี้จะทำให้อัตราน้ำสูญเสียในระบบเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในอัตราก้าวหน้าเนื่องจากปริมาณท่อแตกรั่วซึมใต้ดินสะสมมากขึ้นตามสภาพของท่อและอายุการใช้งาน
- กิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรุก แบ่งออกได้เป็น 2 ทางเลือก คือ
  - กิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรุกแบบเดิม โดยทำกิจกรรมสำรวจและซ่อมท่อแตกรั่วซึมใต้ดินระบบพื้นที่ และเปลี่ยนท่อที่หมดอายุการใช้งานตามระบบที่การประปานครหลวงเคยปฏิบัติ ทั้งนี้เพื่อการบำรุงรักษาระบบประปาและควบคุมระดับอัตราน้ำสูญเสียไม่ให้เพิ่มสูงมากขึ้นกว่าเดิม
  - การลงทุนทำโครงปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสีย โดยลงทุนพัฒนาขีดความสามารถของระบบสูบจ่ายน้ำ ระบบควบคุมการสูบจ่ายน้ำอัตโนมัติ (SCADA) และระบบควบคุมน้ำสูญเสีย (DMA) ให้มีเทคโนโลยีสูงขึ้น ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในการลดน้ำสูญเสีย รวมทั้งประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่ายการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรับและเชิงรุก

การประปานครหลวงได้ประมาณการค่าใช้จ่ายลงทุน 14,817.3 ล้านบาท โดยมีแผนการใช้จ่ายจากเงินรายได้ 7,732.7 ล้านบาท และเงินกู้ภายในประเทศ 7,084.6 ล้านบาท ซึ่งการประปานครหลวงคาดว่าจะกู้เงินโดยการออกพันธบัตรอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 และประมาณค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนจากรายได้ของการประปานครหลวงในอัตราร้อยละ 14.5 (คิดจากกำไรสุทธิต่อส่วนทุน) ทำให้โครงการนี้มีต้นทุนเฉลี่ยทางการเงิน (Weighted Average Cost of Capital) ร้อยละ 11.1

การประปานครหลวงคำนวณหาผลตอบแทนของโครงการ (IRR) โดยการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้ง 3 กิจกรรม กับผลประโยชน์ที่ได้รับจากที่ได้รับจากค่าลงทุนเพิ่มกำลังการผลิตของโรงงานผลิตน้ำที่เลื่อนระยะเวลาออกไปในการเข้าระบบเมื่อปริมาณน้ำสูญเสียลดลง และค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการลงทุนผันแปรในการผลิตน้ำสูญเสียในจำนวนที่ลดลงได้ ผลของการวิเคราะห์เป็นดังนี้

<u>กรณีดำเนินกิจกรรมน้ำสูญเสียแบบปัจจุบัน</u>

- เทียบกับกรณีที่การประปานครหลวงไม่เปลี่ยนท่อประปาตลอดอายุโครงการ ซึ่งต้องเพิ่มค่าลงทุนโรงงานผลิตน้ำเพื่อให้สามารถจ่ายน้ำได้เพียงพอกับความต้องการ โดยมีอัตราสูญเสียเกิดขึ้นจากอัตราร้อยละ 38.3 ในปี 2544 และเพิ่มเป็นร้อยละ 94.2 ในปี 2555
- ผลตอบแทนของโครงการ (IRR) เท่ากับ ร้อยละ 48.4
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV ณ อัตราส่วนลดเทียบเท่าต้นทุนทางการเงินของโครงการ 11.1%) มีค่าเท่ากับ 65,645 ล้านบาท

<u>กรณีดำเนินกิจกรรมน้ำสูญเสียโดยใช้เทคโนโลยีทันสมัย (ข้อเสนอโครงการ)</u>

- เทียบกับกรณีที่การประปานครหลวงไม่เปลี่ยนท่อประปาตลอดอายุ โครงการ
- ผลตอบแทนของโครงการ (IRR) เท่ากับ ร้อยละ 57.9
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 74,207 ล้านบาท

<u>ผลการพิจารณาความเหมาะสมของโครงจะต้องพิจารณาส่วนต่างของผลตอบแทน</u>โครงการ (IRR) และ (NPV) จากในกรณีดำเนินกิจกรรมลดน้ำสูญเสียแบบปัจจุบันและกรณีดำเนินกิจกรรมลดน้ำสูญเสียแบบปัจจุบันโดยเพิ่มเทคโนโลยี ปรากฏว่าดำเนินกิจกรรมลดน้ำสูญเสียแบบปัจจุบันโดยใช้เทคโนโลยี ปรากฏผลดังนี้

- มีส่วนต่างของ IRR สูงขึ้น ร้อยละ 9.3 (57.9%-48.6%)
- มีส่วนต่างของ NPV สูงขึ้น ร้อยละ 8,562 ล้านบาท (74207-65645)

สรุปได้ว่า การลงทุนตามข้อเสนอโครงการนี้จะทำให้การประปานครหลวงประหยัดค่าใช้จ่ายได้ตลอดอายุโครงการ 12 ปี คิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นจำนวน 8,562 ล้านบาท

การประมาณการผลประโยชน์ของโครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียที่การประปานครหลวง จัดทำขึ้นเป็นการประมาณการผลประโยชน์ของโครงการที่อาจสูงเกินกว่าสภาพข้อเท็จจริงและผลการดำเนินงานที่ผ่านมาของการประปาดังนี้

- ผลประโยชน์ที่ได้จากการชะลอการลงทุนขยายกำลังการผลิตในแต่ละปี การประปานครหลวงได้ประมาณการโดยคิดมูลค่าวงเงินลงทุนของโรงงานผลิตน้ำที่สามารถชะลอได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากเป็นเพียงการชะลอการลงทุนโรงงานผลิตน้ำออกไป มิใช่การลดการลงทุน ดังนั้นจึงควรพิจารณาเพียงต้นทุนทางการเงินที่การประปานครหลวงสามารถประหยัดได้จากการลงทุนโรงงานผลิตน้ำน่าจะมีความเหมาะสมกว่า

- การประมาณค่าใช้จ่ายในกรณีดำเนินงานเชิงรุกแบบปัจจุบันที่การประปานครหลวงประมาณการจากการเปลี่ยนท่อ ร้อยละ 4 ของความยาวในแต่ละปีนั้น จากการพิจารณาผลการดำเนินงานที่ผ่านมาของการประปานครหลวง พบว่าสามารถเปลี่ยนท่อได้เฉลี่ยเท่ากับ 2.3% ในแต่ละปีเท่านั้น ดังนั้นการประมาณค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการเปลี่ยนท่อลดลงจาก 4% เป็น 2% อาจเป็นการประมาณการที่สูงกว่าความเป็นจริง

<u>ผลการวิเคราะห์ของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ</u>

- เห็นควรสนับสนุนให้การประปานครหลวงดำเนินการโครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสีย ปีงบประมาณ 2545-2548 วงเงินลงทุน 4,215.6 ล้านบาท โดยใช้เงินรายได้จากการประปานครหลวง 1,115.6 ล้านบาท ประมาณอัตราดอกเบี้ยเป็นค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนจากรายได้ของการประปานครหลวงในอัตราร้อยละ 14.5 (คิดจากกำไรสุทธิต่อส่วนทุน) และเงินกู้ภายในประเทศ 3,100 ล้านบาท โดยออกเป็นอัตราดอกเบี้ยจากการออกพันธบัตร ร้อยละ 8 คิดเป็นอัตราส่วน 27:73 ทำให้โครงการมีต้นทุนเฉลี่ยทางการเงิน (Weighted Average Cost of Capital) ร้อยละ 9.75 โดยในส่วนของเงินกู้ภายในประเทศเห็นควรให้กระทรวงการคลังพิจารณาดำเนินการตามความเหมาะสมต่อไป
- เห็นควรให้การประปานครหลวงประเมินผลการดำเนินงานในกิจกรรมการลงทุนปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียทั้งระบบเป็นรายปี ทั้งในส่วนที่การประปานครหลวงดำเนินการเองในลักษณะการลงทุนประจำปีและการลงทุนตามโครงการ รวมทั้งในส่วนที่การประปานครหลวงจ้างเหมาเอกชนดำเนินการให้คณะกรรมการการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเพื่อใช้ในการพิจารณาอนุมัติงบลงทุนประจำปีของการประปานครหลวง และใช้ประเมินอัตราน้ำสูญเสียในปี 2549 ซึ่งกำหนดเป้าหมายไว้ที่อัตราร้อยละ 30
- สำหรับการลงทุนประจำปีเพื่อเปลี่ยนท่อที่หมดอายุการใช้งานหลังจากโครงการแล้วเสร็จในปี 2548 เห็นควรให้
  - การประปานครหลวงจัดทำแผนงานระยะยาวโดยใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีของโครงการนี้เป็นเครื่องมือในการกำหนดลำดับความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงท่อทั้งระบบ เพื่อให้สามารถกำหนดแผนการลงทุนในการบำรุงรักษาระบบท่อประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับแผนการเพิ่มกำลังการผลิตของโรงงานผลิตน้ำในอนาคต โดยมีระดับอัตราน้ำสูญเสียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

- การประปานครหลวงคำนึงถึงคุณภาพของท่อและอุปกรณ์ที่นำมาใช้เพื่อให้มีอายุการใช้งานได้นานขึ้น โดยควรมีการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติ ราคา และอายุการใช้งานของท่อประปาแต่ละประเภท เพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกใช้ท่อประปาให้เหมาะสมต่อการใช้งานและคุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งจะช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และเปลี่ยนท่อในอนาคต เนื่องจากพื้นที่การให้บริการจะขยายตัวเป็นพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นของผู้ใช้น้ำมากขึ้น ทำให้การซ่อมบำรุงทำได้ยากและมีค่าใช้จ่ายสูง

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่อการเทียบเคียงการดำเนินการ (Benchmarking) โดยในที่นี้ได้นำข้อมูลที่เก็บรวมรวมจากธนาคารพัฒนาแห่งเอเชีย ที่ได้ทำการรวบรวมหน่วยงานประปาต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิค และงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเทียบเคียงการดำเนินงานดังนี้

- **Asian Development Bank (1997)** ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับงานในระบบประปาของประเทศต่าง ๆ ในเขตเอเชียแปซิฟิคที่เป็นสมาชิกของของธนาคารจำนวน 50 หน่วยงาน จาก 31 ประเทศ โดยธนาคารได้ส่งแบบสอบถาม (Questionnaire) ไปยังหน่วยงานประปาในประเทศต่าง ๆ แล้วจึงนำข้อมูลที่ตอบกลับมาไปคำนวณเป็นตัววัดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ตัววัดประสิทธิภาพการดำเนินงานมีดังนี้
  - Service Coverage (%)
  - Per Capita Consumption (l/c/d)
  - Average Tariff (US$/$m^3$)
  - Unaccounted for Water (%)
  - Operation Ratio
  - Staff/1,000 Connection
  - Unit Production Cost (US$/$m^3$)
  - People Serve (persons)
  - Storage Capacity (hours)
  - Cost of Water for Domestic Use (10, 20, 30, and 50 m^3 per month)
  - Cost of Water for Domestic Use (200m^3/year)
  - Monthly Household Income (Based on per Capita GNP)
  - Nominal Collection Efficiency (%)

การรวบรวมข้อมูลและสรุปการตอบกลับของแบบสอบถาม ในงานวิจัยนี้ได้สรุปผลการดำเนินงานของหน่วยงานประปาในแต่ละหน่วยงานแยกออกจากกัน และยังทำการเปรียบเทียบระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ แยกตามประเภทของตัวชี้วัดประสิทธิภาพ และนอกจากนี้ยังทำการสรุปความก้าวหน้าซึ่งแสดงความแตกต่างที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลา 4 ปี นั่นคือจากหนังสือ Water Utility Data Book ของ ADB ที่ทำในปี 1993 เอาไว้อีกด้วย

- Taticonda (1998) ได้เสนอว่า ในการวัดสมรรถของการทำงานในหน่วยงานต่าง ๆ นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ข้อมูลจะต้องเชื่อถือได้และเป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการวัดสมรรถนะจะเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงการทำงานของหน่วยงานว่าประสบความสำเร็จหรือไม่ ปัจจัยใดบ้างที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จ ดังนั้นในการวัดสมรรถนะจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสามารถอธิบายถึงสถานะภาพในปัจจุบันได้อย่างถูกต้องและชัดเจน ซึ่งระบบการวัดสมรรถนะควรมีการเปลี่ยนแปลงให้เข้ากับสภาวะการแข่งขันและความเปลี่ยนแปลงของหน่วยงาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาต้นทุนและการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ ผู้จัดทำก็ได้ทำการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- **ภารณี** (2539) เป็นวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักการปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกวิธีการบำบัดตะกอนของโรงงานผลิตน้ำ บางเขน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการในการคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบำบัดตะกอน โดยพิจารณาจากความคุ้มค่าทางวิศวกรรม โดยในการวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดตะกอนมาใช้เป็นทางเลือกในการศึกษา จากการศึกษาพบว่า วิธีการบำบัดตะกอนด้วยเครื่องเซนตริเพลสมีความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์มากที่สุดตามมาด้วย วิธีการบำบัดตะกอนด้วยเครื่องฟิลเตอร์เพลส ลานทรายตากตะกอน และบ่อกดตะกอน ตามลำดับ

- Chaiwat Rangsitsathien (1998) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับศึกษาความเป็นไปได้สำหรับโครงการลงทุนทางวิศวกรรม โดยการศึกษาความเป็นไปได้นั้นต้องประกอบด้วยแง่มุมในทางการตลาด การผลิต และการเงิน โดยที่การตลาดจะต้องมีการวิเคราะห์ถึง สิ่งแวดล้อมของธุรกิจ จุดอ่อน จุดแข็ง แผนการ

ตลาด เป็นต้น การผลิตต้องคำนึงถึงเทคโนโลยี กำลังการผลิต การวางแผนการทำงาน โครงสร้างของงานบริหาร เป็นต้น และอีกแง่มุมหนึ่ง คือการเงินและต้นทุนซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ถึงผลตอบแทนตลอดจนถึงการวิเคราะห์ความไวของโครงการ กรณีศึกษาสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะศึกษาความเป็นไปได้ในทุกรูปแบบของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่วางแผนจะขยายกำลังการผลิตไปที่ประเทศจีน สำหรับผลของการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า โครงการที่ให้ผลตอบแทนที่ค่อนข้างต่ำ แต่ดูจากการวิเคราะห์ความไวของโครงการจะพบว่าโครงการสามารถจะอยู่รอดได้ นั่นหมายความว่ามีความเป็นไปได้ในการลงทุนสำหรับโครงการนี้ ถ้าวิเคราะห์ในเชิงที่ว่าโครงการนี้เป็นโครงการนำร่องเพื่อนำไปสู่การขยายฐานทางธุรกิจในประเทศจีนในอนาคต

- **สุรีย์พร สุรัตน์** (2538) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาขนาดของอุตสาหกรรมอาหารทะเลส่งออกที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด โดยทำการเปรียบเทียบ 3 ขนาดกำลังการผลิต คือ กำลังการผลิต 4,000 ตัน/ปี กำลังการผลิต 6,000 ตัน/ปี และกำลังการผลิต 12,000 ตัน/ปี โดยทำการวิเคราะห์ด้านวิศวกรรมเกี่ยวกับวัตถุดิบ การเลือกขบวนการผลิต การวางผังโรงงาน เครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต และระบบสาธารณูปโภค ตลอดจนยังทำการวิเคราะห์ด้านการเงินเกี่ยวกับต้นทุน และผลตอบแทนการลงทุน ผลปรากฏว่าขนาดของอุตสาหกรรมที่มีความคุ้มค่ามากที่สุดเมื่อทำการเปรียบเทียบคือ ขนาดกำลังการผลิต 12,000 ตัน/ปี ซึ่งจะใช้เงินลงทุน 278,850,120 บาท และให้ผลตอบแทนคืออัตราดอกเบี้ยผลตอบแทนภายใน ร้อยละ 40.52 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 305,190,000 บาท อัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 2.09 และใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 3-4 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินงาน ที่ใช้เป็นแนวทางในการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นและขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางในการปฏิบัติงานในการทำงานวิจัยฉบับนี้ โดยขั้นตอนการดำเนินงานในที่นี้จะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. การศึกษาถึงทางเลือกที่เป็นไปได้ในการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย
2. การศึกษาสภาพการณ์ของน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน
3. การศึกษาความเป็นไปได้ของแต่ละทางเลือกเพื่อใช้ในการเลือกลงทุน
4. เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษากับหน่วยงานประปาต่างประเทศ (Benchmarking)

3.1. การศึกษาทางเลือกสำหรับกิจกรรมการลดน้ำสูญเสีย

เพื่อให้ได้มาซึ่งทางเลือกที่เหมาะสมในการลดน้ำสูญเสีย หรือการรักษาระดับน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง ในที่นี้จะต้องทำการรวบรวมทางเลือกที่สมเหตุสมผลสำหรับการลดน้ำสูญเสีย ซึ่งทางเลือกในที่นี้จะมีเพียง 2 ทางเลือกใหญ่ ๆ เท่านั้น คือ ทางเลือกในการซ่อมแซม ปรับปรุง และบำรุงรักษาระบบประปาให้มีอัตราน้ำสูญเสียอยู่ในระดับที่ต้องการ และทางเลือกในการสร้างหรือขยายกำลังการผลิตน้ำเพื่อชดเชยอัตราน้ำสูญเสียที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากไม่มีการบำรุงรักษาระบบประปาเลย เนื่องจากการเปรียบเทียบเงินลงทุนระหว่างการซ่อมกับการสร้างจะพบว่าทางเลือกในการซ่อมจะเป็นทางเลือกที่ลงทุนน้อยกว่าทางเลือกในการปรับปรุงระบบประปา แต่จะเป็นผลดีที่เกิดขึ้นเพียงในระยะสั้นเท่านั้น ในที่นี้จึงเป็นที่มาของการเปรียบเทียบทางเลือกระหว่างการซ่อมกับการสร้าง

ทางเลือกในการสร้างนั้นจะมีเพียงกรณีเดียวเท่านั้น คือสร้างเพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้น้ำประปาของประชาชนที่เพิ่มขึ้นทุกปี แต่ในการผลิตน้ำประปานี้จะต้องผลิตเพิ่มขึ้นเพื่อชดเชยปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียไปด้วยเนื่องจากประสิทธิภาพที่ลดลงของท่อและอุปกรณ์ประปาที่จำเป็นต้องเสื่อมลงตามอายุการใช้งาน จึงทำให้ต้องผลิตน้ำประปาสูงขึ้นมากเกินกว่าความต้องการการใช้น้ำมาก ส่วนทางเลือกในการซ่อมนั้นจะเป็นทางเลือกในการปรับปรุงระบบประปาให้มีความสูญเสียอยู่ที่ระดับต่าง ๆ โดยในที่นี้จะคลอบคลุมไปถึงงานปรับปรุงระบบประปาเพื่อลด

ปริมาณน้ำสูญเสีย งานบำรุงรักษาระบบประปาเพื่อให้ระบบมีอัตราการสูญเสียที่คงที่ตลอดอายุการวิเคราะห์โครงการ และการเลือกระดับน้ำสูญเสียที่ต้องการซึ่งสูงเกินกว่าอัตราน้ำสูญเสียในปัจจุบันแล้วจึงทำการบำรุงรักษาระบให้มีอัตราสูญเสียอยู่ในระดับที่ต้องการตลอดอายุโครงการ

3.2. การศึกษาสภาพการณ์น้ำสูญเสียที่เกิดขึ้น

การศึกษาสภาพการณ์น้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันนี้จะทำการศึกษาว่าปัจจุบันการสูญเสียของน้ำเป็นอย่างไร เกิดจากสาเหตุใดบ้าง มีอะไรเป็นสาเหตุหลักในการเกิด เพื่อที่จะได้หาทางดำเนินการแก้ไขปัญหาให้ถูกต้อง นอกจากนี้การศึกษายังคลอบคลุมถึงการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียที่การประปาใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาทางเลือกที่สามารถเป็นไปได้ในการทำงานวิจัยฉบับนี้อีกด้วย

นอกจากจะทำการศึกษาสภาพน้ำสูญเสียที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้แล้ว การประปานครหลวงมีโครงการที่จะลดน้ำสูญเสียให้อยู่ที่ระดับ ร้อยละ 30 ซึ่งการศึกษาโครงการของการประปานครหลวงนี้ก็เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ หรือการนำไปประยุกต์กับทางเลือกในการซ่อมที่ระดับการสูญเสียอื่น ๆ

ศึกษาแผนงานที่ใช้ในการทำงานของสำนักงานโครงการลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงเพื่อศึกษาว่าในอดีตการประปานครหลวงมีกิจกรรมใดบ้างในงานลดน้ำสูญเสียและในปริมาณงานเหล่านั้นสามารถลดน้ำสูญเสียลงไปได้เท่าไรและอย่างไรบ้าง ทั้งนี้เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการสนับสนุนสมมติฐานที่ใช้ในการทำวิจัย

3.3. การศึกษาความเป็นไปได้ของทางเลือกต่าง ๆ ที่กำหนดไว้

การศึกษาความเป็นไปได้ของทางเลือกต่าง ๆ นั้นเป็นประโยชน์สำหรับการนำไปใช้ในการเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อหาทางเลือกที่ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าการลงทุนมากที่สุด โดยการศึกษความเป็นไปได้ของทางเลือกนี้จะมีปัจจัยของเงินลงทุนที่เกี่ยวข้องด้วยหลายปัจจัย เช่น ต้นทุนการผลิตน้ำประปา เงินลงทุนที่ใช้ในการปรับปรุงระบบประปา เงินลงทุนที่ใช้ในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำ และเงินลงทุนที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบประปาให้มีระดับความสูญเสียที่คงที่ เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาความเป็นไปได้นั้นจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาปัจจัยเงินลงทุนต่าง ๆ ก่อนเพื่อได้มาซึ่งกระแสเงินลดของทางเลือกเพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบต่อไป

การเปรียบเทียบทางเลือกนั้น ในที่นี้จะทำการเปรียบเทียบทางเลือกระหว่างทางเลือกในการซ่อมกับทางเลือกในการสร้างก่อน เพื่อตรวจสอบว่าทางเลือกใดดีกว่ากัน และต่อจากนั้นนำทางเลือกที่ดีกว่ามาเปรียบเทียบกันอีกครั้งเพื่อหาทางเลือกใดจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในแง่ของทางเศรษฐศาสตร์ โดยเทคนิคที่ใช้ในการเปรียบเทียบนี้จะนำการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม (Incremental Cost) นั่นคือทางเลือกที่ดีที่สุดหมายถึงทางเลือกที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกอื่น ๆ ที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ต่อจากนั้นเมื่อได้ทางเลือกที่ดีที่สุดจากการวิเคราะห์ด้วยต้นทุนส่วนเพิ่มแล้ว ก็จะนำทางเลือกที่ได้มาศึกษาความเป็นไปได้ หรือผลตอบแทนของโครงการว่าให้ผลตอบแทนเป็นอย่างไรด้วย มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ แล้วจึงสรุปเป็นทางเลือกที่ได้จากวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.4. การเทียบเคียงการดำเนินงานด้านปริมาณน้ำสูญเสีย

ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำทฤษฎีการเทียบเคียงการดำเนินงาน (Benchmarking) มาใช้ในการหาจุดที่เหมาะสมซึ่งเป็นจุดที่สามารถอ้างอิงได้ โดยในที่นี้จะทำการศึกษาข้อมูลเฉพาะด้านปริมาณน้ำสูญเสียของหน่วยงานประปาต่าง ๆ ในต่างประเทศ ซึ่งจะนำประเทศที่ได้พิจารณาแล้วว่ามีปัจจัยทางด้านกายภาพที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำสูญเสียที่คล้ายคลึงกับลักษณะของการประปานครหลวงมาใช้เป็นประเทศคู่เทียบเคียง โดยขอบข่ายของกลุ่มประเทศคู่เทียบเคียงนี้ควรจะเป็นการประปาที่อยู่ในภูมิภาคเอเชียเหมือนกัน เนื่องจากมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ตลอดจนมีขนบธรรมเนียม วัฒนธรรม และการดำรงชีวิตที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศทางด้านตะวันตก แต่ประเทศคู่เทียบนี้จะต้องเลือกประเทศที่มีความเจริญรุ่งเรืองทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และเทคโนโลยีที่เหนือกว่าประเทศไทย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิงว่าทางเลือกที่ได้จากการวิเคราะห์โครงการนั้นมีความเหมาะสมเพียงไรเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยงานประปาคู่เทียบ ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จึงทำการเทียบเคียงการดำเนินงานกับหน่วยงานประปาอื่น ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งทางเลือกที่เป็นที่ยอมรับได้สำหรับการประปานครหลวง

งานวิจัยฉบับนี้จะเริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูล ศึกษาข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางเลือก หลังจากนั้นจะทำการกำหนดทางเลือก และศึกษาถึงปัจจัยเงินลงทุนที่เกี่ยวข้องกับทางเลือกว่ามีอะไรบ้าง วิเคราะห์ปัจจัยลงทุนในทางเลือกต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้น ต่อมาจึงนำทางเลือกต่าง ๆ มาเปรียบเทียบด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อหาทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุดมาเป็นผลลัพธ์ของงานวิจัย และต่อมาจึงทำการวิเคราะห์การเปรียบเทียบการดำเนินงานเพื่อดูว่ามีระดับความสูญเสียเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยงานต่างประเทศ

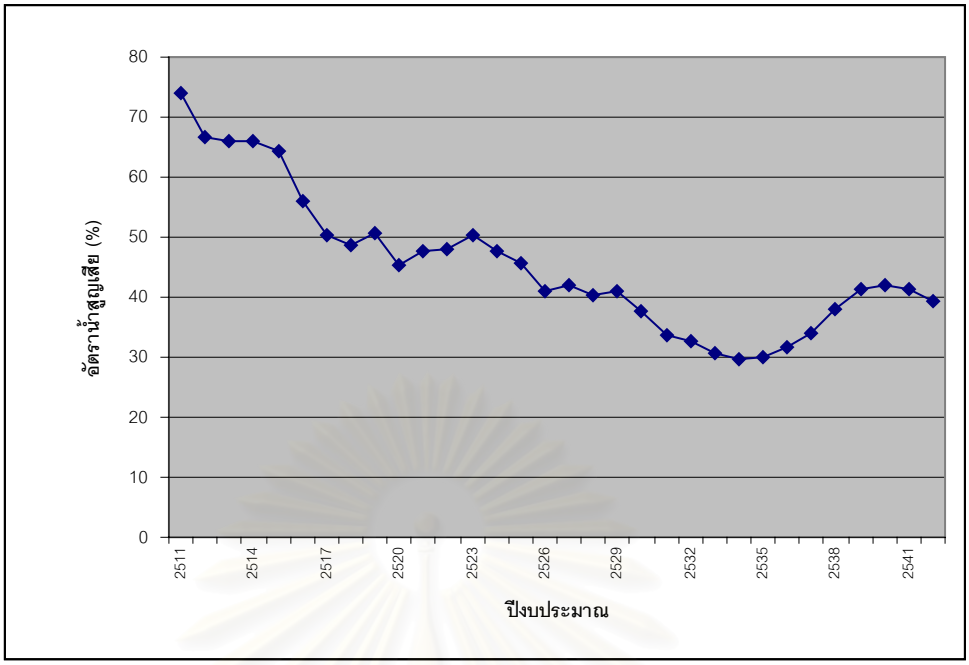
บทที่ 4

การวิเคราะห์สาเหตุการสูญเสียของน้ำประปา

การดำเนินงานของการประปานครหลวงในขณะนี้นั้น ประสบกับปัญหาของน้ำสูญเสีย ซึ่งหากคิดเป็นจำนวนปริมาณน้ำที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์และไม่ได้รับรายได้กลับคืนมาแล้ว ก็นับว่าเป็นจำนวนที่สูงมาก คาดการณ์ว่าน้ำสูญเสียไปดังกล่าวส่วนใหญ่จะเกิดจากการที่ระบบท่อประปาชำรุดแตกรั่ว ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรีบดำเนินงานแก้ไขโดยพยายามสำรวจหาตำแหน่งรั่วให้พบ และจัดซ่อมท่อที่ชำรุดแตกรั่วนั้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เพราะหากได้รีบทำการซ่อมด้วยประสิทธิภาพที่ดีแล้ว ก็จะเป็นการประหยัดน้ำที่รั่วไหลได้รวดเร็วขึ้น ค่าใช้จ่ายในการลงทุนก็จะลดน้อยลงและเป็นการช่วยในการประหยัดทรัพยากรน้ำได้อีกทางหนึ่ง

4.1. ระบบท่อประปาของการประปานครหลวง

การประปานครหลวงก่อตั้งเป็นรัฐวิสาหกิจในปี 2510 โดยได้รวมกิจการประปาเดิม 4 แห่ง คือ ประปากรุงเทพ ประปาธนบุรี ประปานนทบุรี และประปาสมุทรปราการเข้าด้วยกัน ขณะนั้นในระบบมีอัตราน้ำสูญเสียสูงถึงร้อยละ 75 ของปริมาณน้ำผลิตจ่าย โดยในช่วง 20 ปีแรกเป็นช่วงของการพัฒนา การประปานครหลวงได้ลงทุนโครงการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มกำลังการผลิต และขยายพื้นที่บริการสนองความต้องการการใช้น้ำอย่างต่อเนื่องโดยได้วางระบบการสูบจ่ายใหม่ รวมทั้งเปลี่ยนท่อเก่าออกจากระบบเป็นจำนวนมาก ทำให้อัตราส่วนของท่อใหม่ในระบบสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราน้ำสูญเสียลดลงเหลือร้อยละ 29.5 ในปี 2534 และเริ่มเพิ่มสูงโดยตลอดจนปัจจุบัน ปี 2544 มีอัตราน้ำสูญเสียร้อยละ 38.3 เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณ การประปาจึงมุ่งลงทุนขยายกำลังการผลิต และขยายเขตบริการให้เพียงพอเป็นลำดับแรกก่อน การปรับปรุงระบบท่อเดิมจึงเป็นรอง ทำให้มีจำนวนท่อหมดอายุการใช้งานสะสมมากขึ้น ดังรูปที่ 4.1 แสดงอัตราน้ำสูงเสียในอดีต



ภาพที่ 4.1 แสดงอัตราน้ำสูญเสียตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

การดำเนินงานกิจกรรมลดน้ำสูญเสียในช่วงปี 2534-2540 จะเป็นกิจกรรมเพื่อควบคุมรักษาระดับอัตราน้ำสูญเสียไม่ให้เพิ่มขึ้นตามประสิทธิภาพของท่อที่เสื่อมถอยลงตามอายุการใช้งานเช่น การสำรวจและซ่อมท่อรั่วใต้ดิน การเปลี่ยนท่อชำรุดหมดอายุการใช้งาน หากปีใดมีการลงทุนน้อยเกินควรอัตราการสูญเสียจะเพิ่มสูงขึ้น สาเหตุอีกประการหนึ่ง ในช่วงเวลาระหว่างปี 2543-2540 มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจสูงมาก โดยการประปานครหลวงเองก็มีผู้ใช้น้ำเพิ่มขึ้นสุทธิเฉลี่ยระหว่างปีละประมาณ 50,000-78,000 ราย เนื่องจากท่อเมนประปาที่วางไว้เดิมมีขนาดเล็กเกินไป เมื่อมีการรับโอนลูกค้าต้นทาง ผู้ใช้น้ำเดิมที่ปลายเส้นท่อก็เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ การประปานครหลวงมีความจำเป็นต้องเพิ่มแรงดันน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงทำให้เกิดท่อแตกรั่วเป็นจำนวนมากทั้งบนดินและใต้ดินซึ่งไม่สามารถสำรวจพบได้ทั้งหมด น้ำสูญเสียจึงเพิ่มสูงขึ้น จากสถิติการลงทุนเพื่อลดน้ำสูญเสียตั้งแต่ปี 2534-2540 มีการลงทุนเฉลี่ยต่อปีน้อยกว่าช่วงที่ผ่านมาไม่เพียงพอที่จะรักษาระบบจ่ายน้ำไม่ให้เสื่อมถอยตามอายุการใช้งานได้ อัตราน้ำสูญเสียเพิ่มสูงขึ้นจนถึงร้อยละ 42.1 ในปีงบประมาณ 2540

ส่วนผลการดำเนินงานลดน้ำสูญเสียในช่วงปี 2540-2542 มีการตั้งงบประมาณเพื่อลงทุนด้านลดน้ำสูญเสียเพิ่มขึ้นทุกปี โดยมุ่งหวังที่จะลดอัตราน้ำสูญเสียให้เหลือร้อยละ 30 ภายในปี 2544 ตามที่กำหนดไว้ในแผนวิสาหกิจฉบับที่ 3 (ปีงบประมาณ 2540-2544) แต่ด้วยผลกระทบจากวิกฤตเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปี 2540 เป็นอุปสรรคต่อแผนการลงทุน ประกอบกับ

ประสิทธิภาพของระบบประปาพื้นฐานและระบบควบคุมน้ำสูญเสียที่ใช้งานมานานเริ่มมีข้อจำกัดมากขึ้น ทำให้สามารถลดอัตราน้ำสูญเสียลงเหลือร้อยละ 39.4 ในปี 2542 ซึ่งยังต่ำกว่าเป้าหมาย

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 ความยาวท่อและอุปกรณ์ประปา ในปีงบประมาณ 2543 สามารถสรุปได้คือ ระบบท่อประปาที่จ่ายน้ำจากสถานีสูบจ่ายน้ำไปยังประชาชนครอบคลุมพื้นที่บริการ 1,243 ตร.กม. มีความยาวรวมทั้งสิ้นประมาณ 19,220 กม. ประกอบด้วยท่อประธาน ท่อจ่ายน้ำและท่อบริการ ซึ่งมีขนาดและความยาวท่อดังนี้

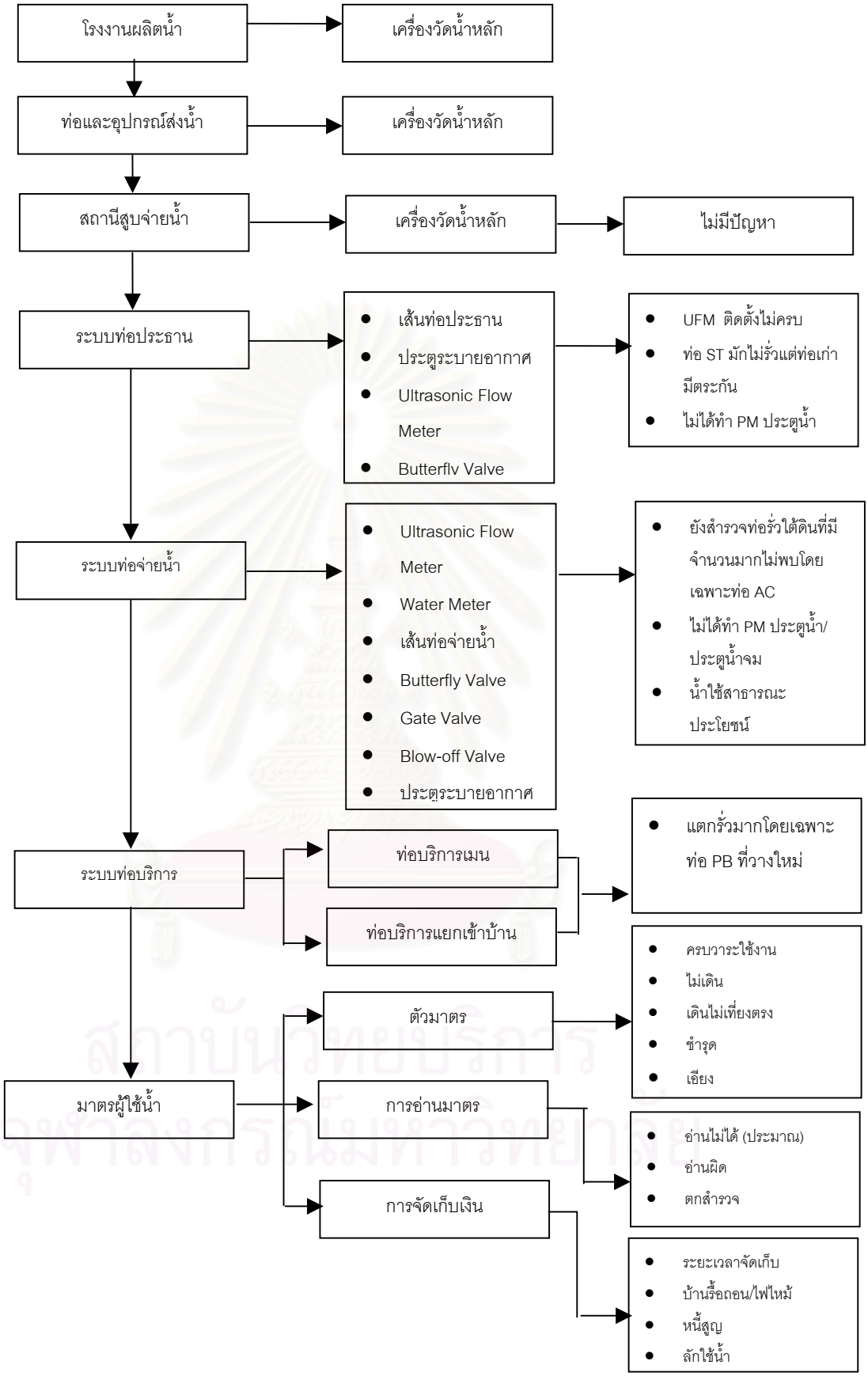
ประเภทท่อ	ขนาดท่อ	ความยาว (กม.)
ท่อประธาน (Trunk Main)	500-1800 มม.	970
ท่อจ่ายน้ำ (Distribution Pipe)	100-400 มม.	13,550
ท่อบริการ (Service Pipe)	0.5-3 นิ้ว	4,700

ตาราง 4.1 แสดงท่อชนิดต่าง ๆ ขนาดและความยาวของท่อในระบบประปา

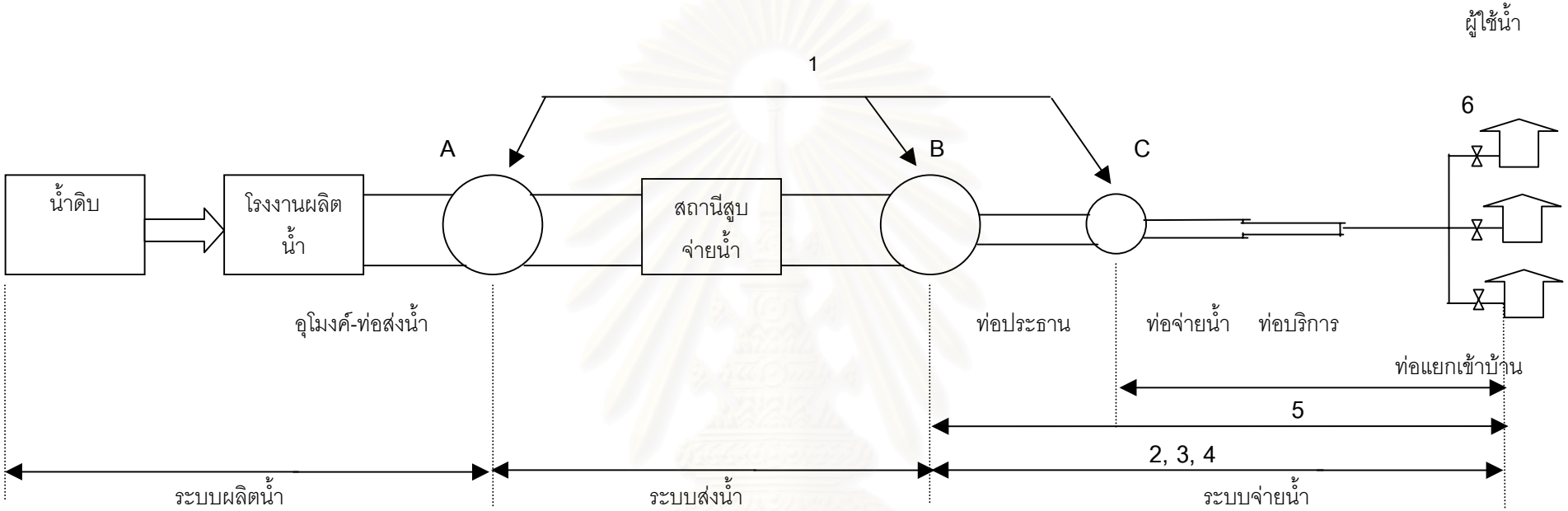
ซึ่งท่อประธานส่วนใหญ่จะเป็นท่อเหล็กเหนียว (ST), ท่อคอนกรีตอัดแรง (PC), ท่อเหล็ก (CI), และท่อเหล็กเหนียว (DI) สำหรับท่อจ่ายน้ำและท่อบริการจะเป็นท่อซีเมนต์ใยหิน (AC), ท่อ PVC, ท่อเหล็กอาบสังกะสี (GI), ท่อ PB, และท่อ PE

การประปานครหลวงได้เลือกใช้ท่อและอุปกรณ์ที่ผลิตภายในประเทศซึ่งมีคุณภาพไม่สูงด้วยข้อจำกัดด้านงบประมาณ ท่อประปาที่มีอยู่ในปัจจุบันประมาณร้อยละ 59 เป็นท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement) และท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized Iron) ส่วนท่อ PVC, PE, และ PB มีอยู่ประมาณร้อยละ 34 และเมื่อพิจารณาถึงอายุท่อแล้วพบว่าประมาณร้อยละ 30 เป็นท่อที่ได้ใช้งานมานานเกินกว่าอายุการใช้งานเฉลี่ย 25 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการผลิต-ส่ง-สูบจ่าย-จำหน่ายน้ำ และตัววัดปริมาณน้ำประปา



1 = เครื่องวัดปริมาณน้ำ A, B = Venturi Meter, Ultrasonic Flow Meter, Water Meter (ท่อ & 500 มม. ขึ้นไป)

C = Ultrasonic Flow Meter (ท่อ & 400 มม.), Water Meter (ท่อ & 100-300 มม.)

2 = ขอบเขตงาน UP-DATE แผนที่ระบบท่อและอุปกรณ์ประปา

3 = ขอบเขตงานสำรวจท่อรั่ว

4 = ขอบเขตงานซ่อมท่อ

5 = ขอบเขตงานปรับปรุงท่อจ่ายน้ำ-บริการ

6 = มาตรวัดน้ำผู้ใช้น้ำ

ภาพที่ 4.3 แสดงระบบประปาและกลยุทธ์การลดน้ำสูญเสียที่ใช้ในระบบประปา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขนาดท่อ (มม.)	ความยาวท่อ (กม.) แยกตามชนิดท่อ									
	เหล็กเหนียว ST	เหล็กหล่อ CI	คอนกรีตอัดแรง PC	ซีเมนต์ใยหิน AC	เหล็กหล่อเหนียว DI	พีอี PE	พีวีซี PVC	เหล็กอาบสังกะสี GI	พีบี PB	รวม Total
ท่อประธาน (Trunk Main)										
1800	2.580									2.580
1500	39.075	0.190	2.078							41.343
1250		0.220								0.220
1200	64.802	0.070	1.940							66.812
1000	165.950	16.217	6.050							188.217
900	28.180	29.370	5.815			1.065				64.430
800	176.990	14.720	6.090		0.605					198.405
700	50.965	13.105	9.145							73.215
600	147.590	31.005	23.638	8.300	2.960					213.493
500	48.980	33.185	19.125	18.220						119.510
รวม	725.112	138.083	73.881	26.520	3.565	1.065				968.225
ท่อจ่ายน้ำ (Distribution Pipe)										
400	33.093	52.212	10.663	85.112						181.080
350		0.517								0.517
300	69.316	18.354		1,890.497		0.246	226.292			2,204.705
250	2.954	5.205		275.867						284.025
200	32.050	22.587		1,578.157		7.080	308.587			1,948.461
150	27.263	5.698		3,335.277		17.230	581.566	2.458		3,969.491
100	3.772	9.378		1,970.380		10.414	2,820.363	144.435	0.050	4,958.792
รวม	3.772	113.949	10.663	9,135.290		34.970	3,936.808	146.893	0.050	13,547.071
ท่อบริการ (Service Pipe)										
3”							32.265	35.870	0.140	68.274
2.5”							12.306	70.081	0.520	82.907
2”						1.665	125.649	400.321	1,425.520	1,953.154
1.5”							9.565	348.400	45.922	403.886
1”							90.255	310.112	226.765	627.132
0.75”							172.898	885.786	485.848	1,544.532
0.5”							0.965	9.592	12.396	22.953
รวม						1.665	443.902	2,060.161	2,197.110	4,702.838
รวมยอดทั้งสิ้น	893.561	252.032	84.544	9,161.810	3.565	37.700	4,380.710	2,207.054	2,197.160	19,218.134

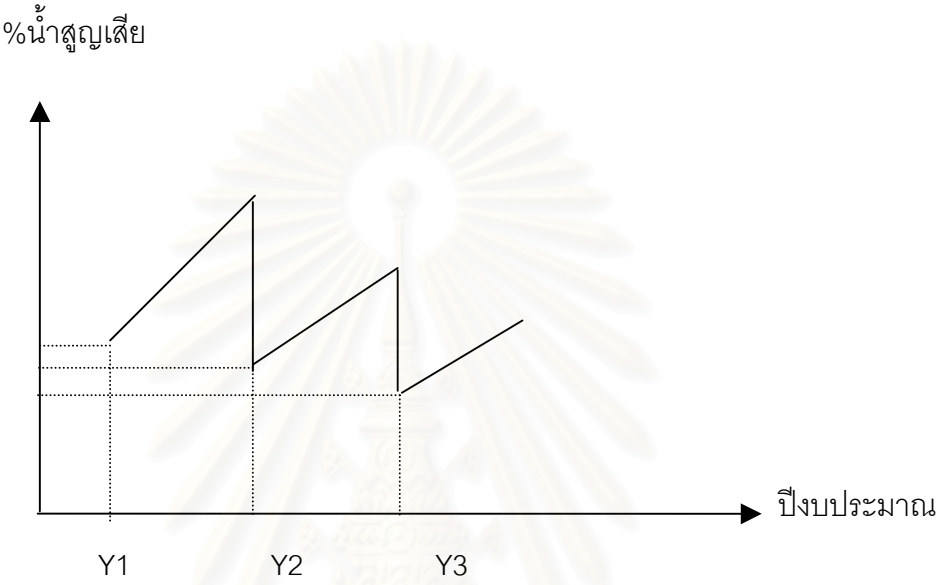
จำนวนหัวดับเพลิงขนาด 150 มม.	12,172 ตัว
จำนวนประตูน้ำเกทวาลว์	59,443 ตัว
จำนวนประตูน้ำบอลล์วาลว์	1,559 ตัว
จำนวนประตูน้ำปีกผีเสื้อ	3,113 ตัว

(ที่มา : รายงานประจำปีงบประมาณ 2543 การประปานครหลวง)

ตารางที่ 4.2 แสดงความยาวท่อและอุปกรณ์ของการประปานครหลวง ปีงบประมาณ 2543

4.2. สาเหตุของการเกิดน้ำสูญเสีย

ระบบจ่ายน้ำประปาโดยทั่วไปหากไม่มีแผนงานหรือมาตรการในการดำเนินงานควบคุมหรือลดอัตราน้ำสูญเสียที่เหมาะสม อัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปีจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าปีที่ผ่านมาเสมอดังรูปที่ 4.4 ที่แสดงด้านล่างนี้



ภาพที่ 4.4 แสดงการลดการสูญเสียในระบบจ่ายน้ำ

ทั้งนี้เนื่องจากท่อประปาและอุปกรณ์ที่ใช้งานมีอายุมากขึ้นจึงเสื่อมสมรรถนะลงตามลำดับประกอบกับอิทธิพลของปริมาณแรงดันน้ำที่ต้องสูบจ่ายเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงทำให้ท่อประปาและอุปกรณ์ชำรุดแตกรั่วมากขึ้น และอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากขึ้นตามลำดับ โดยอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะมีค่ามากหรือน้อยกว่าปีที่ผ่านมาขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. <u>คุณภาพของท่อประปาและอุปกรณ์</u>

สมาคม WATER RESEARCH CENTER (WRC) แห่งประเทศอังกฤษ ได้กำหนดมาตรฐานอัตราการรั่วซึมที่ยอมรับได้ของระบบท่อเมนจ่ายน้ำ และท่อแยกเข้ามาตรตามคุณภาพของวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้เป็น 3 ระดับ ดังนี้

คุณภาพท่อและอุปกรณ์	ระบบท่อเมนจ่ายน้ำ (ลิตร/กม./ชม.)	ระบบท่อแยกเข้ามาตร (ลิตร/มาตร/ชม.)
ดีมาก	20	2
ปานกลาง	40	4
พอใช้	60	6

ตาราง 4.3 แสดงมาตรฐานอัตราการรั่วซึมที่ยอมรับได้ ณ แรงดันน้ำ 50 เมตร

จากมาตรฐานการรั่วไหลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า อัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นและมาตรฐานหรือขีดจำกัดความสามารถในการลดอัตราน้ำสูญเสียของวัสดุท่อประปาแต่ละชนิดย่อมแตกต่างกัน

2. อายุการใช้งานของท่อประปาและอุปกรณ์

ท่อประปาและอุปกรณ์เมื่อมีอายุการใช้งานมากขึ้น ประสิทธิภาพในการทำหน้าที่ในการส่งจ่ายน้ำย่อมลดลง มีอัตราการชำรุดแตกรั่วและอัตราน้ำสูญเสียเพิ่มมากขึ้นตามลำดับจนกระทั่งไม่สามารถทำหน้าที่ส่งจ่ายน้ำได้เมื่อท่อหมดอายุการใช้งาน โดยอัตราการสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปีจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับจากน้อยไปหามากสอดคล้องกับการเสื่อมประสิทธิภาพของท่อประปาและอุปกรณ์ (Physical Depreciation) ที่คำนวณจากวิธีผลบวกตัวเลข (Sum of Year Digits) ตามรูปที่ 4.5 ซึ่งทฤษฎีดังกล่าวมีรายละเอียดแสดงอยู่ในบทที่ 2 และการคำนวณอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพในการส่งจ่ายน้ำของท่อประปาเป็นดังนี้

SOYD = 25(25+1)/2 = 325

อัตราการเสื่อมสภาพในปีที่ 1; 1/325*100 = 0.30%

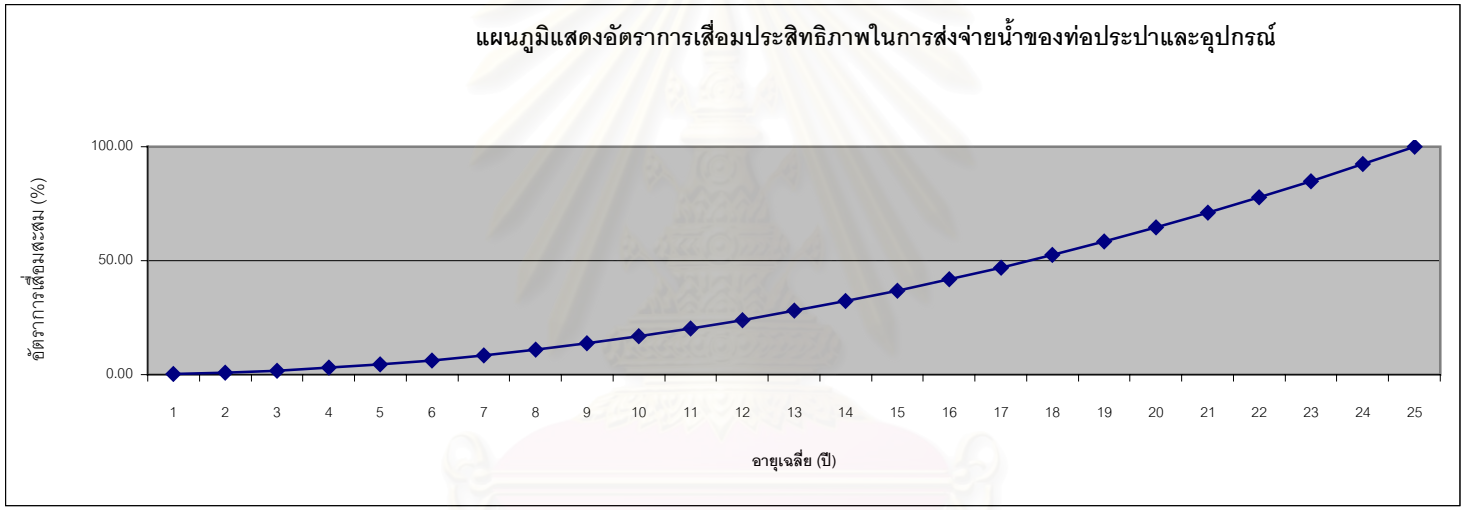
อัตราการเสื่อมสภาพในปีที่ 2; 2/325*100 = 0.60%

อัตราการเสื่อมสภาพในปีที่ 3; 3/325*100 = 0.90%

อัตราการเสื่อมสภาพในปีที่ 25; 25/325*100 = 7.70%

ซึ่งจะเห็นว่าอายุการใช้งานเฉลี่ยของท่อประปาและอุปกรณ์เท่ากับ 25 ปี จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอัตราน้ำสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละปีจะไม่ต่ำกว่า 4.0% หากไม่มีกิจกรรมใด ๆ เพื่อป้องกันและแก้ไขการสูญเสีย

อายุการใช้งาน (ปี)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
อัตราการเสื่อม ณ ปีนั้น (%)	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80	2.20	2.50	2.80	3.10	3.40	3.70	4.00	4.30	4.60	4.90	5.20	5.50	5.80	6.20	6.50	6.80	7.10	7.40	7.70
อัตราการเสื่อมสะสม (%)	0.30	0.90	1.80	3.00	4.50	6.30	8.50	11.00	13.80	16.90	20.30	24.00	28.00	32.30	36.90	41.80	47.00	52.50	58.30	64.50	71.00	77.80	84.90	92.30	100.00



(ที่มา: สำนักงานลดน้ำสูญเสีย การประปานครหลวง)

ภาพที่ 4.5 แสดงอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพในการส่งจ่ายน้ำของท่อประปาตามอายุการใช้งานด้วยวิธี SUM OF YEAR DIGITS

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. <u>อิทธิพลของปริมาณน้ำสูบจ่าย</u>

ปริมาณน้ำสูบจ่ายจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำขาย และปริมาณน้ำสูญเสีย โดยปริมาณน้ำที่สูบจ่ายเพิ่มขึ้นแต่ละปีในช่วงเวลาแรก ๆ ที่มีความต้องการใช้น้ำสูง จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำขายสูงเพิ่มขึ้นตามลำดับ จนกระทั่งปริมาณการจ่ายน้ำที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวสูงเกินขีดจำกัดความสามารถของท่อประปา ปริมาณน้ำขายจะเริ่มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากท่อประปาและอุปกรณ์บางส่วนที่มีอายุการใช้งานสูงจะเริ่มชำรุดแตกรั่วเพิ่มขึ้น น้ำสูญเสียจะสูงขึ้นตาม ในทำนองเดียวกันหากจ่ายน้ำด้วยปริมาณที่ต่ำเกินไป ไม่สอดคล้องกับความต้องการการใช้น้ำจะมีผลทำให้ยอดน้ำขายลดลงและปริมาณการสูญเสียมากขึ้นเนื่องจากเมื่อแรงดันน้ำต่ำจะไม่สามารถสำรวจท่อแตกรั่วใต้ดินพบและซ่อมได้ทั่วถึง การรั่วไหลสะสมมากขึ้น จะเห็นว่าปริมาณน้ำที่สูบจ่ายเพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละช่วงเวลาของวันและฤดูกาลมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยตรง

ในปีงบประมาณ 2544 การประปานครหลวงได้ว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษาให้ศึกษาสาเหตุของน้ำสูญเสีย จากการศึกษาพบว่าอัตราน้ำสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจาก

- การรั่วไหลในระบบท่อประปา (ท่อแตก ท่อรั่ว) ถึงร้อยละ 80 สาเหตุสำคัญของการแตกรั่ว คืออายุของท่อและสาเหตุอื่น เช่น สภาพของพื้นที่ในการวางท่อและน้ำหนักของการจราจร การก่อสร้างถนน และท่อระบายน้ำ เป็นต้น
- ความคลาดเคลื่อนจากมาตรฐานและอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำ จากการอ่านมาตรวัดน้ำและเกิดจากการลักใช้น้ำ ใช้น้ำไม่ผ่านมาตร รวมประมาณ ร้อยละ 20

จากอัตราน้ำสูญเสียในปี 2544 พบว่า มีอัตราน้ำสูญเสียร้อยละ 38.30 จำแนกออกเป็นการสูญเสียจากสาเหตุต่าง ๆ ได้ดังนี้

- จากท่อแตกรั่ว 31.5%
- จากการลักใช้น้ำ 1.9%
- จากมาตรเดินไม่เที่ยง 2.5%
- จากการอ่านมาตรคลาดเคลื่อน 2.4%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3. องค์ประกอบของน้ำสูญเสีย

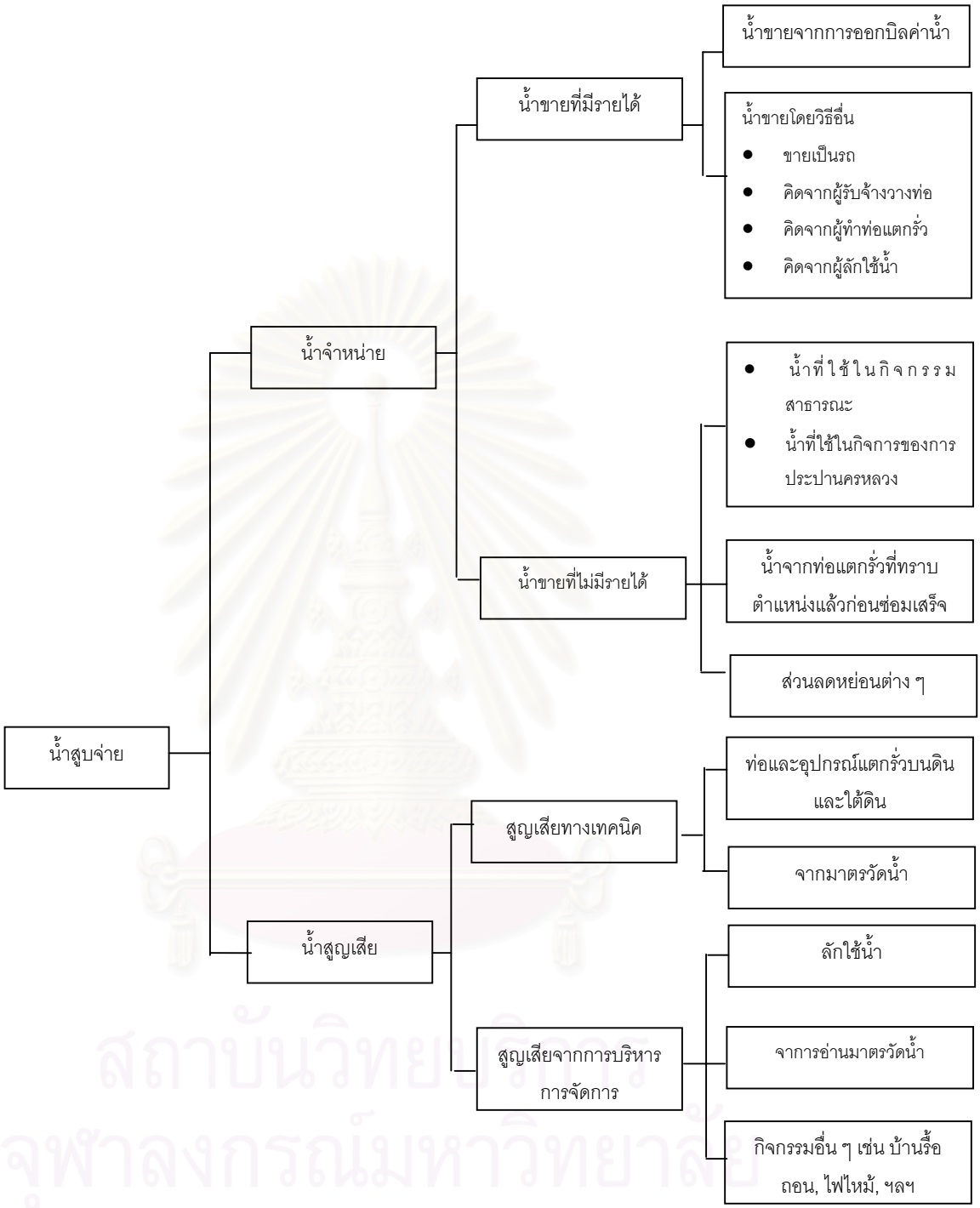
การคำนวณน้ำสูญเสียให้ยึดถือนิยามและคำจำกัดความการจำแนก น้ำผลิตจ่าย น้ำจำหน่าย และน้ำสูญเสีย ที่การประปานครหลวงใช้อยู่เป็นหลัก โดยน้ำสูญเสียคือผลต่างระหว่างน้ำผลิตจ่ายกับน้ำจำหน่าย ดังการจำแนกดังนี้

- ปริมาณน้ำผลิตจ่าย หมายถึง น้ำสูบจ่ายจากสถานีสูบจ่ายน้ำ และจากบ่อบาดาลของการประปานครหลวง
- ปริมาณน้ำจำหน่าย ประกอบด้วย
    - น้ำขายที่มีรายได้ หมายถึง น้ำจำหน่ายคิดเงิน ประกอบด้วย
        - น้ำขายจากการออกบิลประจำเดือน เป็นน้ำที่ใช้จริงและ Minimum Charge
        - น้ำขายโดยวิธีอื่น ได้แก่ น้ำขายเป็นรถ คิดจากผู้รับจ้างวางท่อประปา คิดจากผู้กระทำให้ระบบท่อประปาแตกรั่ว คิดจากผู้ลัก และ/หรือ ละเมิดการใช้น้ำ (ที่ตรวจพบ) น้ำที่คิดจากผู้ใช้น้ำจากการพบกรณีตกสำรวจและกรณีอื่น ๆ
    - น้ำที่ไม่มีรายได้ (น้ำอื่น ๆ ซึ่งสูงสุดไม่เกิน 1% ของอัตราน้ำผลิตจ่าย) หมายถึง น้ำจำหน่ายที่ไม่ได้คิดเงิน ประกอบด้วย
        - น้ำใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่
            - น้ำใช้เพื่อสาธารณะประโยชน์ ได้แก่ น้ำแจก น้ำใช้ในการดับเพลิง และกรณีอื่น ๆ
            - น้ำใช้ในกิจการของการประปานครหลวง ได้แก่ น้ำใช้ในสำนักงานประปานครหลวง วางท่อ ปรับปรุง/เปลี่ยนท่อ งานปรับปรุงกำลังน้ำ ติดตั้งประปาใหม่ เปลี่ยนมาตรวัดน้ำ/อุปกรณ์ท่อ ทดสอบแรงดันน้ำในระบบท่อ ล้างท่อ และกรณีอื่น ๆ
        - น้ำจากระบบท่อแตกรั่วที่ทราบตำแหน่งรั่วแล้วก่อนดำเนินการซ่อมแล้วเสร็จ
        - ส่วนลดหย่อนต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนลดหย่อนของทหารผ่าน และกรณีอื่น ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- น้ำสูญเสีย ประกอบด้วย
    - น้ำสูญเสียทางเทคนิค ประกอบด้วย
        - รั่วไหลในระบบจ่ายน้ำ ได้แก่ ระบบท่อแตกรั่วใต้ดิน และระบบท่อแตกรั่วบนดิน
        - มาตรบันทึกปริมาณน้ำคลาดเคลื่อน ซึ่งได้แก่ จากมาตรวัดน้ำหลักต่าง ๆ และจากมาตรผู้ใช้น้ำ
    - น้ำสูญเสียจากการบริหาร-จัดการ ประกอบด้วย
        - จากการอ่านมาตรวัดน้ำ ซึ่งคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง เกิดจากการประเมินและกรณีอื่น ๆ
        - การลักใช้น้ำจากระบบท่อของการประปานครหลวงและใช้น้ำไม่ผ่านมาตรผู้ใช้น้ำ
        - กรณีอื่น ๆ เช่น บ้านรื้อถอน ไฟไหม้ เก็บค่าน้ำแล้วไม่นำส่ง ผู้ใช้น้ำไม่มีชื่อในทะเบียน ตกสำรวจ หนี้สูญ ฯลฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.6 แสดงการจำแนกปริมาณน้ำสูบจ่ายของการประปานครหลวง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4. สาเหตุที่ทำให้ท่อประปาแตกรั่ว

สาเหตุสำคัญที่มีผลทำให้ท่อประปาชำรุดแตกรั่ว ประกอบด้วย

1. <u>แรงดันน้ำ</u> แรงดันน้ำประปาที่เพิ่มขึ้นเป็นผลให้ปริมาณน้ำสูญเสียเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นจำนวนจุดแตกรั่วก็จะเพิ่มตามไปด้วย และจุดรั่วเดิมที่เป็นเพียงตามดนั้น เมื่อแรงดันน้ำประปามากขึ้นจุดนั้นก็จะขยายใหญ่ขึ้น แต่เนื่องจากเมื่อแรงดันน้ำสูงการตรวจหาจุดรั่วไหลก็จะสะดวกกว่าเดิม โดยเฉพาะการใช้เครื่องมือตรวจหาเนื่องจากเสียงที่เกิดจากการรั่วไหลจะดังขึ้น แรงดันน้ำที่ไม่คงที่ เช่น การใช้เครื่องสูบน้ำโดยตรงจากระบบท่อประปา หรือการเปิดปิดประตูน้ำบ่อยครั้ง ก็เป็นผลให้ท่อประปาแตกรั่วได้ง่ายขึ้นเช่นกัน เป็นต้น
2. <u>การเคลื่อนตัวและการทรุดตัวของดิน</u> เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การก่อสร้างอาคารสูง การก่อสร้างใกล้เคียงแนวท่อประปา การลดลงของระดับน้ำใต้ดิน ฯลฯ เหล่านี้จะทำให้ท่อหรือข้อต่อท่อแตกหลุดจากกัน สิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ท่อไม่สามารถทนต่อแรงดันนี้ได้ หรือการก่อสร้างวางท่อไม่ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม ก่อสร้างผิดไปจากแบบมาก และการเลือกชนิดท่อที่ไม่ถูกต้อง เมื่อดินมีการเคลื่อนและทรุดตัวเป็นผลให้ท่อแตกหักเสียหาย ทำให้เกิดการรั่วไหลของน้ำประปาในระบบท่อได้
3. <u>การกัดกร่อน</u> ในสภาพที่พื้นดินเป็นกรด-ด่าง หรือมีความเค็ม เป็นเหตุให้ท่อที่เป็นโลหะผุกร่อนจากภายนอกเข้าไป หรือหากน้ำประปานั้นไม่บริสุทธิ์เพียงพอ ท่อก็จะถูกกัดกร่อนจากภายในออกมาได้ การรั่วไหลของน้ำประปาจึงเกิดขึ้น จึงควรเปลี่ยนใช้ท่อที่ไม่ใช่โลหะแทนหรือเลือกใช้ท่อที่มีการเคลือบผิวเพื่อป้องกันการกัดกร่อนไว้เป็นอย่างดี
4. <u>สภาพการจราจร</u> แรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากการจราจรหรือรถที่น้ำหนักบรรทุกมากก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ท่อสั่นคลอนและอาจเกิดการแตกรั่วได้ในที่สุด ดังนั้นในการวางท่อจึงควรหลีกเลี่ยงการวางใต้ผิวจราจรให้มากที่สุด หรืออาจต้องพิจารณาวางท่อให้ลึกพอสมควรแต่ต้องไม่ลึกมากเกินไป เพราะจะไม่สะดวกในการตรวจสอบดูแลบำรุงรักษาและขุดซ่อมเมื่อมีการชำรุดรั่วไหลเกิดขึ้น
5. <u>อายุการใช้งานของท่อและและอุปกรณ์ท่อ</u> ท่อและอุปกรณ์ท่อทุกชนิดมีอายุการใช้งาน เมื่อถึงเวลาที่สมควรจึงควรเปลี่ยนวางท่อใหม่ทดแทนท่อเดิม ท่อที่จะต้องเปลี่ยนเหล่านี้จะสังเกตได้จากการที่มีการรั่วแตกอยู่แสมอและต้องซ่อมบ่อยครั้ง ซึ่งการเปลี่ยนจะต้องคุ้มต่อการลงทุนมากกว่าการที่จะต้องซ่อมอยู่เป็นประจำ
6. <u>พฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงาน</u> ความละเอียดรอบคอบในการปฏิบัติงานก็เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้หลีกเลี่ยงปัญหาท่อแตกรั่วได้ทางหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ในการปิดเปิดประตูน้ำ หากปิดเปิดไม่เต็มที่อาจทำให้ประตูน้ำรั่วซึมได้ หรือการใช้น้ำจากหัวดับเพลิงแล้วลืมปิดประตูน้ำ

ก็อาจทำให้รั่วออกมาทางฝาครอบได้ หรือการหยุดบ่อบาดาลหากไม่ปิดประตูน้ำแบบเกทหน้าบ่อ น้ำในท่อประปาก็จะไหลกลับลงสู่บ่อบาดาลผ่านผ่านทางประตูน้ำกันกลับได้เช่นกัน รวมทั้งมีการลืมปิดประตูระบายน้ำ (Blow-off Valve) เป็นต้น

4.5. มาตรการป้องกันน้ำสูญเสีย

มาตรการป้องกันน้ำสูญเสียแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. มาตรการขั้นต้น หรือ มาตรการพื้นฐาน (Fundamental Measure)
2. มาตรการแก้ไข (Symptomatic Measure)
3. มาตรการป้องกัน (Preventive Measure)

ซึ่งตารางที่ 4.4 นี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผน และวางแนวทางในการป้องกันน้ำประปาสูญเสียเป็นอย่างมาก โดยจะต้องดำเนินการทุก ๆ ด้านพร้อมกันไป และควรกำหนดระยะเวลาของการปฏิบัติงานตามแผนระหว่าง 3-10 ปี แล้วแต่ความเหมาะสม

ตารางที่ 4.4 แสดงมาตรการการป้องกันน้ำสูญเสีย (1/3)

มาตรการ	แผนงาน	วิธีการ
ขั้นต้น	เตรียมงานพื้นฐาน	จัดหาและเตรียมสถิติข้อมูลต่าง ๆ พร้อมทั้งแหล่งที่มาของข้อมูล จัดทำแผนผังระบบท่อประปาและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ประตูน้ำ ประตูระบายอากาศ มาตรวัดน้ำ หัวดับเพลิง กำหนดพื้นที่ที่จะดำเนินการสำรวจ และตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์เครื่องวัดน้ำต่าง ๆ เป็นต้น
	ตรวจสอบสภาพที่แท้จริง	หาปริมาณหรืออัตราการรั่วไหลในระบบการจ่ายน้ำ วัดแรงดันน้ำในระบบส่งและจ่ายน้ำ ตรวจหาสาเหตุที่ทำให้ท่อแตกรั่วแล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์

ตารางที่ 4.4 แสดงมาตรการการป้องกันน้ำสูญเสีย (2/3)

มาตรการ	แผนงาน	วิธีการ
	ศึกษา ปรับปรุง และพัฒนา ท่อ-อุปกรณ์ท่อ	ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงชนิด-ขนาดของท่อ และอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ประตูน้ำ ข้อต่อท่อ มาตรวัดน้ำ ให้ทันสมัยและเหมาะสมกับสภาพการใช้งานอยู่เสมอ
	พัฒนาเทคโนโลยี	ศึกษาวิธีการลดน้ำสูญเสียที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ ศึกษาวิธีและเทคนิคในการตรวจหาท่อรั่วใต้ดิน วิธีตรวจสอบหาตำแหน่งท่อ ประตูน้ำที่จม และวิธีการซ่อมท่อ
แก้ไข	เร่งด่วน	ซ่อมท่อรั่วบนดินทันที
	งานที่ต้องปฏิบัติตลอดเวลา	สำรวจหาตำแหน่งที่ท่อรั่วใต้ดินและรีบซ่อมทันที
ปรับปรุงและป้องกัน	งานป้องกัน	ในการวางแผน ต้องผนวกแผนงานสำรวจท่อรั่วเข้าไว้ด้วย
	งานออกแบบและก่อสร้าง	ต้องออกแบบและก่อสร้างวางท่อและอุปกรณ์ท่อนั้นให้ทนต่อแรงกระทำภายนอก เช่น พื้นดินทรุด แผ่นดินไหว การกัดกร่อนจากสภาพความเป็นกรดด่างของดิน เลือกชนิดท่อที่คงทนได้ในแต่ละลักษณะของพื้นที่วางท่อเพื่อให้มีอายุการใช้งานยาวนาน ท่อและข้อต่อจะต้องสามารถกันการรั่วซึมได้ และต้องหล่อแท่นและตอกเข็มเพื่อเสริมความมั่นคงที่สามทางหรือท่อโค้งเสมอ
	ปรับปรุงลักษณะและโครงสร้าง	เสริมท่อที่วางในบางจุดให้แข็งแรงขึ้น เช่น ต้องสวมท่อปลอกในแนวทางที่วางข้ามถนนบริเวณสี่แยก หรือลอดใต้ทางรถไฟ ทุกแห่ง
	ป้องกันระบบท่อ	ป้องกันท่อประปาและอุปกรณ์ท่อไม่ให้ชำรุดหรือผุกร่อนง่าย เช่น เคลือบผิวท่อทั้งภายในและภายนอก หล่อแท่นและตอกเข็มรับโค้ง ติดตั้งมาตรวัดน้ำในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบดูแลบำรุงรักษา เป็นต้น

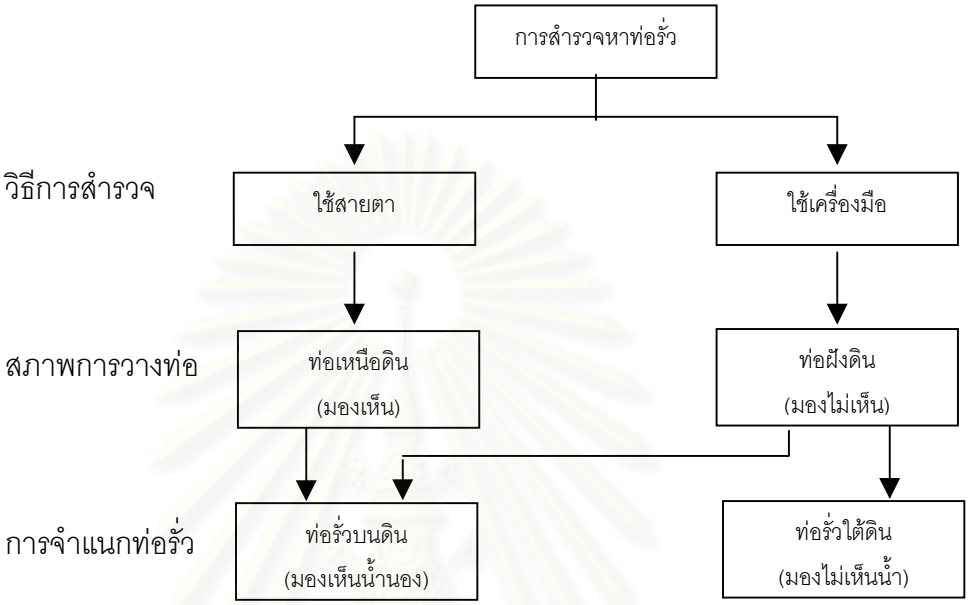
ตารางที่ 4.4 แสดงมาตรการการป้องกันน้ำสูญเสีย (3/3)

มาตรการ	แผนงาน	วิธีการ
	ยกเลิกท่อเดิมให้หมด	ตัดท่อที่ไม่ใช้งาน ออกจากระบบการจ่ายและจำหน่ายน้ำอย่างสิ้นเชิง ซึ่งควรตัดท่อที่ยกเลิกแล้วพร้อมกับอุดปลั๊กตรงจุดที่บรรจบกับท่อเมนเดิม
	ตระเวนตรวจตราระบบท่อประปาอย่างสม่ำเสมอ	จัดหน่วยออกตระเวนตรวจตราระบบท่อประปา พร้อมทั้งให้คำแนะนำแก่หน่วยที่ปฏิบัติงานสนามและผู้ใช้น้ำหรือหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายอันอาจเกิดจากงานก่อสร้างขององค์กรอื่น โดยต้องกระทำอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ
	ควบคุมแรงดันน้ำ	ควบคุมการปิดเปิดหรือหรี่ประตูน้ำในระบบจ่ายน้ำ ควบคุมแรงดันน้ำในระบบสูบจ่ายน้ำโดยพิจารณาถึงเวลาที่มีการใช้น้ำประปากำหนดจุดติดตั้งประตูน้ำไว้ในที่ที่เหมาะสม เช่น บริเวณท่อแยกและติดตั้งประตูน้ำลดแรงดันไว้ในที่ที่จำเป็น เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6. **การสำรวจท่อรั่ว**

การจำแนกลักษณะท่อรั่วสามารถทำได้ดังนี้



ภาพที่ 4.7 แสดงการจำแนกลักษณะท่อแตกรั่ว

- <u>ท่อรั่วบนดิน</u> หมายถึง ท่อรั่วที่มองเห็นน้ำรั่วที่ผิวดินหรือผิวจราจร ไม่ว่าท่อที่รั่วนั้นจะอยู่บนดินหรือฝังอยู่ใต้ดินก็ตาม
- <u>ท่อรั่วใต้ดิน</u> หมายถึง ท่อรั่วที่มองไม่เห็นน้ำที่รั่ว เพราะน้ำนี้จะไหลลงสู่ใต้ดินหรือไหลลงสู่ท่อระบายน้ำเป็นต้น ส่วนใหญ่จะเกิดกับท่อที่วางฝังไว้ใต้ดิน จึงต้องใช้เทคนิคพร้อมทั้งประสบการณ์ และเครื่องมือสำรวจหาท่อรั่วเพื่อค้นหาตำแหน่งรั่ว

จากความหมายของท่อรั่วบนดินและท่อรั่วใต้ดิน ตารางที่ 4.5 นี้จะแสดงความแตกต่างระหว่างท่อรั่วใต้ดินและท่อรั่วบนดิน โดยมีลักษณะทางกายภาพที่ต่างกันดังนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงความแตกต่างระหว่างท่อรั่วบนดินและท่อรั่วใต้ดิน

ข้อแตกต่าง	ท่อรั่วบนดิน	ท่อรั่วใต้ดิน
ชนิดของท่อรั่ว	น้ำรั่วขึ้นสู่ผิวดิน ง่ายต่อการค้นหา	น้ำไหลลงสู่ใต้ดิน หรือไหลลงท่อน้ำทิ้ง ทำให้ตรวจหายาก
ปริมาณน้ำที่รั่วไหล	ปริมาณน้ำสูญเสียน้อยหากรีบทำการซ่อม แม้ว่าจุดรั่วจะเกิดขึ้นบ่อย เพราะสามารถตรวจพบได้ง่าย ทำให้ซ่อมได้อย่างรวดเร็ว	ปริมาณน้ำสูญเสียมาก แม้ว่าจุดรั่วจะเกิดขึ้นน้อยกว่าท่อรั่วบนดินก็ตาม เนื่องจากตรวจพบยาก ทำให้การรั่วไหลเป็นไปอย่างต่อเนื่องยาวนาน
สภาพของสิ่งแวดล้อม	เกิดขึ้นในบริเวณที่ไม่มีท่อระบายน้ำทิ้ง ไม่มีทางเท้า ไหล่ทาง และดินเป็นจำพวกที่ไม่ยอมให้น้ำไหลผ่านได้ เช่น ดินเหนียว ดินที่ใช้ในการทำแบบพิมพ์ เป็นต้น	เกิดขึ้นในบริเวณที่มีท่อระบายน้ำทิ้งใต้ทางเท้า ไหล่ทาง น้ำที่รั่วจะไหลลงท่อระบาย หรือไหลลงสู่แอ่งน้ำลำคลอง หรือซึมลงสู่ใต้ดิน และดินเป็นจำพวกกรวด ทราย เป็นต้น
อันตรายจากการรั่ว	ทำให้เกิดความเสียหายโดยตรง เช่น ฐานรากของอาคาร ถนนทรุด เนื่องจากดินทรายถูกน้ำพัดพาให้ไหลออกมา เกิดอุปสรรคต่อการจราจรและน้ำเสียจะไหลเข้าไปในท่อประปาตรงจุดรั่ว หากมีการใช้เครื่องสูบน้ำสูบน้ำจากท่อประปาโดยตรงบริเวณที่มีการรั่ว เป็นต้น	ทำให้เสียหายต่อเศรษฐกิจโดยอ้อม เช่น เมื่อมีการรั่วทำให้แรงดันน้ำลดลง และมีปริมาณน้ำสูญเสียมาก จึงอาจเก็บค่าน้ำได้น้อยลง นอกจากนั้นยังทำให้ถนนทรุดเป็นอุปสรรคและอันตรายต่อการจราจร และหากใช้เครื่องสูบน้ำสูบจากท่อประปาโดยตรง น้ำเสียก็จะไหลเข้าสู่ระบบท่อประปาได้ เป็นต้น
วิธีแก้ไข	ต้องรีบทำการแก้ไขอย่างรวดเร็ว เช่น หาจุดรั่วไหลด้วยการเดินตรวจ ประชาสัมพันธ์เร่งเร้าให้มีการแจ้งท่อรั่วที่พบเห็น และรีบทำการซ่อมทันทีโดยจัดหน่วยซ่อมฉุกเฉินตลอดเวลา	ต้องจัดการบริหารงานโดยให้มีหน่วยงานสำรวจหาท่อรั่วใต้ดิน ปรับปรุงเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจ พัฒนาทางเทคนิค เช่น จัดฝึกอบรมผู้เกี่ยวข้องและงานนี้จะต้องจัดทำรูปโครงการต่อเนื่อง

4.7. วิธีการสำรวจหาท่อรั่วของการประปานครหลวง

สำหรับงานป้องกันน้ำสูญเสียจากระบบท่อจ่ายน้ำและท่อบริการของการประปานครหลวงนั้น บริษัททวิศวกรที่ปรึกษา CDM-MEC Joint Venture ได้เสนอแนะวิธีการไว้ในรายงาน Unaccounted for Water 2 วิธี คือ

1) วิธีสำรวจหาท่อรั่วใต้ดินโดยใช้เครื่องมือสำรวจ (Basic Sounding Survey Method)
2) วิธีวัดอัตราไหลโดยแบ่งเป็นพื้นที่ แล้วดำเนินการสำรวจหาท่อรั่วโดยใช้เครื่องมือ (Flow Measurement and Sounding Survey System)

โดยแผนผังวิธีการโดยสรุปเป็นดังนี้

ภาพที่ 4.8 แสดงวิธีการสำรวจหาทั่วรั่วของการประปานครหลวง

4.7.1. การดำเนินการลดน้ำสูญเสียเนื่องจากท่อรั่วของการประปานครหลวง

ในการดำเนินการแก้ไขปัญหาน้ำสูญเสียในระบบท่อประปาจากท่อแตกรั่วของการประปานครหลวงเท่าที่ผ่านมา และกำลังปฏิบัติอยู่ในปัจจุบันนี้ ได้ดำเนินการถึงวิธีการตาม Waste Metering ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการก่อนทำการสำรวจหาท่อรั่วใต้ดิน ดังนี้

1. แบ่งพื้นที่ที่รับผิดชอบทั้งหมดเป็นพื้นที่ย่อย ๆ หรือเป็นระบบพื้นที่ (Block System) แต่ละพื้นที่ที่แบ่งมีชื่อเรียกว่าพื้นที่เป้าหมาย หรือบล็อค (Block) โดยกำหนดหลักเกณฑ์ไว้ดังนี้
   1.1. ขอบเขตของแต่ละบล็อคล้อมรอบด้วยถนนหลัก แม่น้ำ คูคลอง หรือทางรถไฟ เป็นต้น และเส้นทางของการเก็บเงิน (Route) จะต้องไม่คร่อมอยู่ระหว่างเส้นแบ่งเขตดังกล่าวนี้
   1.2. การดำเนินการในระยะแรก ๆ พื้นที่ของแต่ละบล็อคไม่ควรเกิน 1-2 ตารางกิโลเมตร ในย่านที่มีผู้ใช้น้ำหนาแน่น และไม่ควรเกิน 2-5 กิโลเมตร ในย่านที่มีผู้ใช้น้ำบางเบา และในระยะดำเนินการต่อไป ควรพิจารณาแบ่งให้เล็กลงตามลำดับ เพื่อประสิทธิภาพในการควบคุม และป้องกันน้ำสูญเสีย โดยนำผลสถิติข้อมูลที่ได้ดำเนินการในระยะแรกแล้วมาประกอบการพิจารณา
   1.3. จำนวนผู้ใช้น้ำ (จำนวนมาตรวัดน้ำ) ไม่ควรเกิน 2,500 ราย เมื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้น้ำเป็นผู้ใช้น้ำรายเล็กแล้ว
2. กำหนดและก่อสร้างจุดวัดน้ำ (Gauging Point) ที่จะใช้ในการติดตั้งเครื่องวัดอัตราน้ำสูญเสีย (Waste Metering) และเครื่องบันทึกแรงดันน้ำ (Water Pressure Recorder) ที่จ่ายน้ำที่เป็นทางน้ำไหลเข้าสู่พื้นที่บล็อค ตามขนาดมาตรฐานที่กำหนดให้ท่อที่เป็นช่วงตรงของทางน้ำไหลออกจากเครื่องวัดระบุไว้ (ยกตัวอย่างเช่น หากใช้มาตรวัดน้ำแบบผสม (Compound Meter) ขนาด 6 นิ้ว ท่อช่วงตรงของทางน้ำไหลเข้าต้องยาวอย่างน้อย 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ หรือเท่ากับ 0.75 เมตร และท่อช่วงตรงของทางน้ำไหลออกต้องยาวอย่างน้อย 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ หรือเท่ากับ 0.45 เมตร เมื่อรวมความยาวของท่อโค้งและความยาวของ Compound Meter แล้ว ระยะห่างระหว่างบ่อพักทั้งสองจะต้องมีความยาวรวมทั้งสิ้น 2.20 เมตร แต่ถ้าใช้ Ultrasonic Flow Meter วัด ก็ต้องกำหนดระยะห่างระหว่างบ่อพักใหม่ตามมาตรฐานที่กำหนด เป็นต้น)

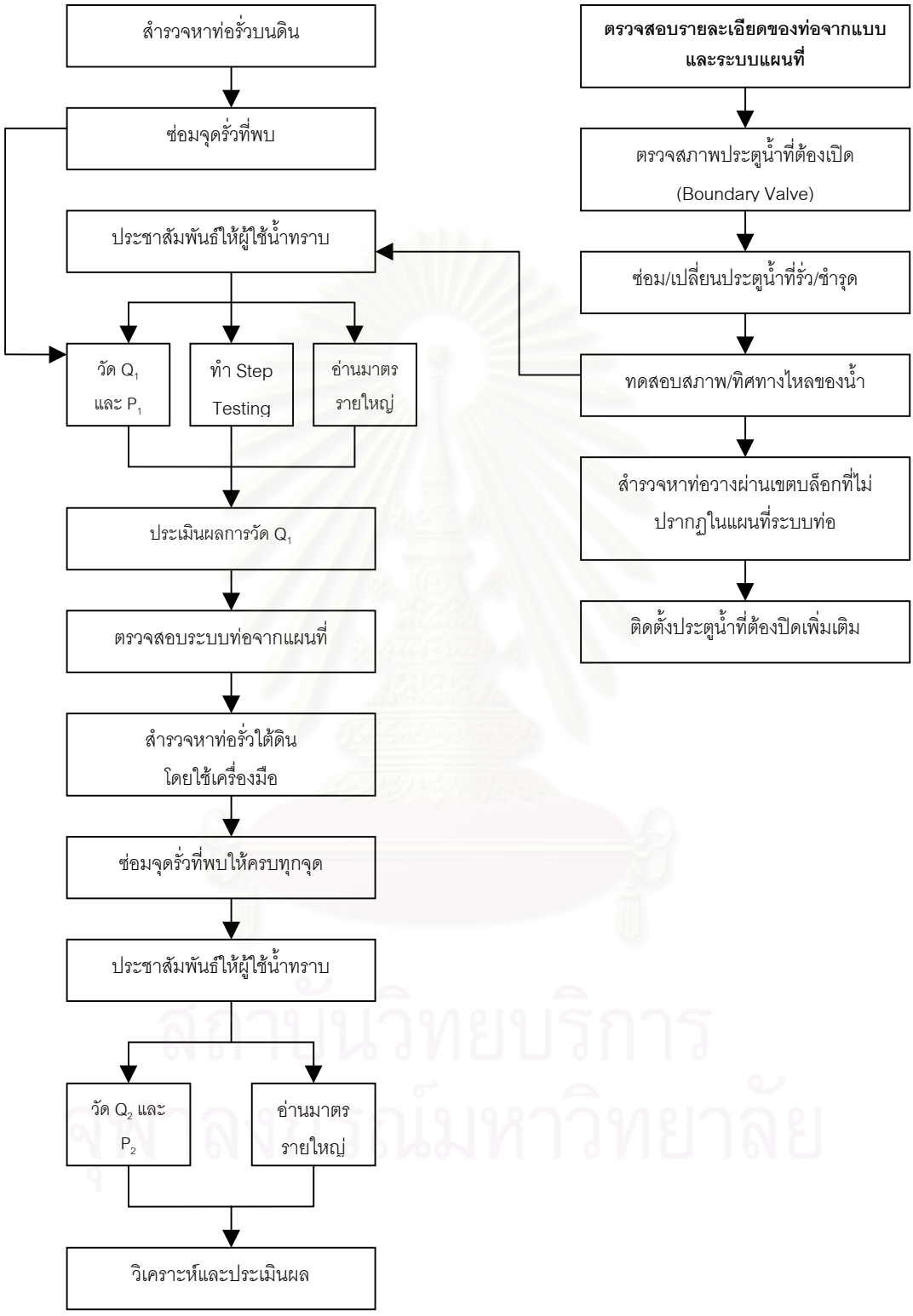
3. ติดตั้งประตูน้ำดักทางที่ท่อเดิมระหว่างบ่อพักของจุดวัดน้ำขนาดเท่ากับท่อเดิม และติดตั้งประตูน้ำขนาดเท่ากับท่อแยกเข้าสู่บ่อพักทั้งสองบ่อ โดยควรใช้ประตูน้ำที่มีคุณภาพดีแข็งแรงทนทาน เพราะต้องปิดเปิดหลายครั้ง

ในการดำเนินงานภาคสนาม จะต้องทำการก่อสร้างจุดวัดน้ำ (Gauging Point) เพื่อวัดน้ำสูญเสียด้วยวิธีหาอัตราไหลต่ำสุดของน้ำประปาในเวลากลางคืน (Minimum Night Flow) ในพื้นที่ของบล็อคนั้น ด้วยการปิดเปิดประตูน้ำตัดทางน้ำเข้าออกพื้นที่บล็อคนั้นรอบแนวเส้นแบ่งขอบเขตบล็อค ประตูน้ำนี้เรียกว่า Boundary Valve ทั้งนี้เพื่อบังคับให้น้ำไหลเข้าสู่พื้นที่เป้าหมายโดยผ่านทางจุดวัดน้ำทางเดียว พร้อมทั้งทำการอ่านมาตรของผู้ใช้น้ำรายใหญ่ด้วย ซึ่งจะทำให้สามารถทราบถึงจำนวนน้ำที่สูญเสียไปได้ หลังจากนั้นก็จะทำการสำรวจและซ่อมท่อแตกรั่วในพื้นที่เป้าหมายนั้นทั้งหมด แล้วดำเนินการวัดอัตราไหลภายหลังจากที่ซ่อมท่อแล้วเสร็จ ก็จะทราบถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปเนื่องจากท่อแตกรั่ว

การสูญเสียน้ำเนื่องจากท่อแตกรั่วนั้นขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการ เช่น สภาพของการวางท่อ อายุของท่อ สภาพสิ่งแวดล้อม อาทิ สภาพของดิน ในส่วนของการประปานครหลวงมักจะประสบกับสภาพดินอ่อนซึ่งมีคุณสมบัติกัดกร่อนโลหะสูง ท่อที่เป็นโลหะจึงผุกร่อนง่าย ส่วนท่อที่มิใช่โลหะก็พบปัญหาจากแรงกระทำภายนอก เช่น น้ำหนักกดทับของยานพาหนะ หรือเกิดจากการทรุดตัวของพื้นที่ที่วางท่อทำให้ท่อและข้อต่อหลุดจากกัน เป็นต้น การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าซึ่งจำเป็นและสามารถกระทำได้ ก็คือการเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจหาท่อรั่วใต้ดิน และซ่อมท่อนั้นให้รวดเร็วขึ้นอย่างถูกต้องตามหลักการ

ส่วนการแก้ไขปัญหาถาวรจำเป็นต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนระบบท่อประปาที่ชำรุดเสื่อมสภาพทั้งหมด ซึ่งต้องใช้เงินลงทุนสูง ดังนั้นการแก้ไขปัญหาน้ำสูญเสียจากท่อแตกรั่วนี้จึงต้องดำเนินการสำรวจหาตำแหน่งที่รั่วและรีบทำการซ่อมให้เร็วที่สุดเท่าที่กระทำได้ และในการพิจารณาเปลี่ยนท่อก็จะต้องคำนึงถึงผลของความคุ้มทุนที่จะได้รับเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไปด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.9 แสดงขั้นตอนกิจกรรมสำรวจท่อรั่วแบบระบบพื้นที่ (Block System)

4.7.2. แนวทางการคำนวณอัตราน้ำสูญเสีย

1. คำนวณหาค่าอัตราไหลที่ต่ำสุดในพื้นที่บล็อคที่ทำการวัดจากการอ่าน Compound Meter ทั้งมาตรตัวใหญ่และมาตรตัวเล็กทุกช่วง 10 นาที รวมกัน แล้วคำนวณเป็นหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
2. คำนวณหาค่าการใช้น้ำรายใหญ่ที่อ่านได้ในช่วงเวลาเดียวกันกับการวัดอัตราไหล ในข้อ 1 เป็นลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงเช่นกัน (อาจคิดเป็นค่าเฉลี่ยเนื่องจากการอ่านมาตรรายใหญ่ทำการอ่านเพียง 2 ครั้ง)
3. นำผลที่ได้จากข้อ 2 หักออกจากผลที่ได้จากข้อ 1 ผลลัพธ์ได้นี้ให้คิดเป็นค่า Minimum Night Flow (MNF) ซึ่งมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
4. นำผล MNF จากข้อ 3 หารด้วยจำนวนผู้ใช้น้ำในพื้นที่บล็อกนั้นที่เปรียบเทียบเป็นผู้ใช้น้ำรายเล็ก (Equivalent Customer หรือ Eq. Cust.) แล้วคูณด้วย 1000 จะได้ค่าดัชนีการรั่วไหล (Equivalent Block Leakage Index) ซึ่งมีหน่วยเป็นลิตรต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย ต่อชั่วโมง
5. ค่าที่ได้จากข้อ 4 หากมีค่าน้อยกว่า 10 ลิตร/ราย/ชม. ก็ไม่จำเป็นต้องทำกาสำรวจหาท่อรั่วใต้ดินในบล็อกนั้น แต่หากมีค่ามากกว่า 10 ลิตร/ราย/ชม. ก็ให้ดำเนินการสำรวจหาท่อรั่วใต้ดินและดำเนินการตามขั้นตอนที่เกี่ยวข้องต่อไป

จากข้อ 1 ถึง ข้อ 4 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{\text{อัตราไหลจาก Compound} - \text{อัตราใช้น้ำของผู้ใช้น้ำรายใหญ่}}{\text{จำนวนผู้ใช้น้ำเมื่อเปรียบเทียบเป็นรายเล็ก}} * 1000 \quad \text{หรือ}$$

$$\frac{\text{Minimum Night Flow}}{\text{Equivalent Customer}} * 1000 = \text{Equivalent Block Leakage Index}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7.3. **เทคนิคในการสำรวจหาท่อรั่วใต้ดิน**

1. วิธีสำรวจหาท่อรั่วใต้ดิน การสำรวจหาตำแหน่งรั่วไหลในระบบท่อประปาที่ฝังอยู่ใต้ดินซึ่งไม่สามารถค้นหาได้ด้วยสายตานั้น แบ่งวิธีการเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ พอสรุปได้ดังนี้

   1.1. เมื่อเริ่มเดินปฏิบัติงานจะต้องพิจารณาค้นหาตำแหน่งรั่วไหลอย่างคร่าว ๆ ซึ่งเรียกว่าเป็นการหาบริเวณรั่วโดยวิธี “เดิน” เพื่อสังเกตหาสิ่งผิดปกติไปตามแนวท่อประปา และพิจารณาหาจุดรั่วไหลจาก

   - การไหลวนของน้ำ และความใสของน้ำในบ่อพักของท่อน้ำทิ้ง หรือคูคลองต่าง ๆ เป็นต้น พร้อมสังเกตทิศทางไหลของน้ำด้วย
   - สังเกตด้วยการดมกลิ่นคลอรีนที่อาจหลงเหลืออยู่ในน้ำหากน้ำนั้นเป็นน้ำที่รั่วจากท่อประปา
   - สังเกตน้ำนองที่ผิวจราจร หรือทางเดินเท้า โดยตรวจดูลักษณะการไหลวนหรือความไม่นิ่งของน้ำ แต่ต้องพิจารณาให้แน่ใจว่าเกิดจากน้ำทิ้งหรือน้ำท่วมขังหรือไม่
   - ตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำที่พบ หากเป็นน้ำประปาอุณหภูมิมักคงที่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำอื่น ๆ
   - ตรวจวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่พบซึ่งน้ำประปาจะมีสภาพที่ค่อนข้างเป็นกลาง
   - สังเกตน้ำที่ไหลนองว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นในเวลากลางคืนและลดลงในเวลากลางวันหรือไม่ เพราะโดยสภาพทั่วไปแล้วในเวลากลางคืนจะมีการใช้น้ำน้อย น้ำจึงรั่วไหลมากขึ้นกว่าในเวลากลางวัน
   - สังเกตรอยทรุดตัวระหว่างตัวอาคารกับทางเท้า ซึ่งมักเป็นสาเหตุที่ทำให้ท่อประปาที่บรรจบเข้ากับมาตรวัดน้ำชำรุดแตกหลุด
   - ทดสอบแรงดันน้ำโดยการวัดหรือสอบถามผู้ใช้น้ำว่าแรงดันน้ำประปาที่ใช้ลดลงบ้างหรือไม่
   - กรณีสำรวจหาท่อรั่วในเวลากลางคืนในช่วงเวลาที่มีอากาศเย็นมากหรือหนาวจัด ให้ทดลองใช้ไฟฉายส่องไปยังที่ที่มีน้ำนอง หากเป็นน้ำประปารั่วก็อาจเห็นไอจาง ๆ เนื่องจากน้ำประปามีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก และสูงกว่าน้ำอื่น ๆ ที่ไหลนองอยู่นานแล้ว

- สังเกตด้วยการฟังเสียงรั่วของน้ำที่ฉีดไปกระทบผิวดิน ผิวจราจร หรือทางเท้า ซึ่งเกิดจากแรงดันของน้ำประปาที่รั่วไหลออกมาจากระบบท่อ
- ใช้เครื่องมือสำรวจหาบริเวณที่มีการรั่วไหล

1.2. เมื่อได้ดำเนินการตามข้อ 1.1. แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็ต้องใช้เครื่องมือสำรวจหาท่อรั่วทำการตรวจหา เพื่อกำหนดตำแหน่งรั่วที่แน่นอนต่อไป

2. อุปสรรคที่ทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนในการกำหนดตำแหน่งที่ท่อประปารั่ว ที่พบเห็นเป็นประจำ มีดังนี้

2.1. กรณีท่อแตกรั่วเป็นจุดใหญ่ในบริเวณที่น้ำประปามีแรงดันสูง และท่อประปาฝังอยู่ภายใต้พื้นดินที่ร่วนและอ่อน น้ำที่รั่วไหลออกมามักจะไปกระทบกับวัตถุแข็ง เช่น ปูน หรือก้อนหิน เป็นต้น ทำให้เกิดเสียงของแรงฉีด เป็นเหตุให้ผู้สำรวจโดยใช้เครื่องมือเข้าใจผิดว่าจุดที่ได้ยินเสียงนั้นคือจุดรั่วที่แท้จริง ในกรณีนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำแผนที่หรือแผนผังแสดงแนวและตำแหน่งท่อประปาไปใช้ประกอบในการสำรวจหาตำแหน่งรั่วด้วย จะได้ทราบว่าจุดรั่วจริงนั้นควรอยู่ที่ตำแหน่งใด

2.2. สภาพของพื้นผิวที่จะต้องค้นหาตำแหน่งรั่ว เช่น ผิวจราจรที่เป็นคอนกรีตหนาจะทำให้เสียงฉีดของน้ำประปากระจายไปทั่ว และอาจจางหายไปหรือค่อยลงมาก ในกรณีนี้ควรขุดทรายให้เป็นแอ่งและวิดหรือสูบน้ำที่นองออกให้หมด แล้วสังเกตว่าน้ำขึ้นมาตรงจุดใดมากที่สุด จากนั้นควรพยายามขุดให้ใกล้เส้นท่อที่ฝังอยู่เพื่อใช้เครื่องมือสำรวจหาท่อรั่วกำหนดตำแหน่งรั่วที่แน่นอน แต่หากดำเนินการเองไม่ได้ ควรขอความร่วมมือจากหน่วยซ่อมขุดให้ถึงหลังท่อที่สงสัย แล้วจึงใช้เครื่องมือสำรวจตรวจฟังที่หลังท่อที่ขุดก็จะสามารถระบุได้ว่าท่อเส้นนั้นรั่วหรือไม่ แต่บางครั้งแม้ว่าจะขุดถึงหลังท่อแล้วก็ตามก็ยังไม่พบน้ำรั่วขึ้นมาให้เห็น แม้ว่าตรงนั้นจะเป็นจุดที่รั่วจริง ทั้งนี้เพราะเป็นการรั่วใต้ตัวท่อและน้ำที่รั่วได้ไหลเซาะลงไปเป็นโพรง ในกรณีนี้จำเป็นต้องขุดลงไปถึงใต้ตัวท่อก็จะพบจุดรั่วดังกล่าว

2.3. ความลึกของท่อประปาก็เป็นอุปสรรคที่สำคัญต่อการตรวจหาจุดรั่ว หรือกรณีที่ท่อฝังอยู่ใต้พื้นทรายล้วน ๆ เพราะเสียงที่เกิดจากน้ำประปารั่วจะจางหายไปมาก ทำให้ใช้เครื่องมือตรวจหาไม่พบ

2.4. เสียงรบกวนต่าง ๆ เช่น เสียงจากหม้อแปลงไฟฟ้า เสียงเครื่องปรับอากาศ เสียงตู้แช่น้ำอัดลมแบบหยอดเหรียญ เสียงปั๊ม-มอเตอร์ เสียงลม เสียงน้ำทิ้งไหลลงท่อระบายน้ำ เสียงรถยนต์ และเสียงไฟฟ้าไหลลงสู่ดิน เป็นต้น เหล่านี้เป็นอุปสรรคที่สำคัญมากต่อการสำรวจหาท่อรั่วใต้ดิน เพราะทำให้ผู้ปฏิบัติงานไข้วเขวและตรวจหาจุดรั่วลำบากขึ้น หากพบเสียงเหล่านี้ก็จะต้องค้นหาสาเหตุของต้นเสียงให้ได้ และเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่

จะต้องหมั่นฝึกฝนหาทักษะประสบการณ์ในการพิจารณาแยกเสียงต่าง ๆ ที่คล้ายกับเสียงน้ำรั่วและเสียงที่รบกวนการสำรวจจนกระทั่งเกิดความชำนาญ

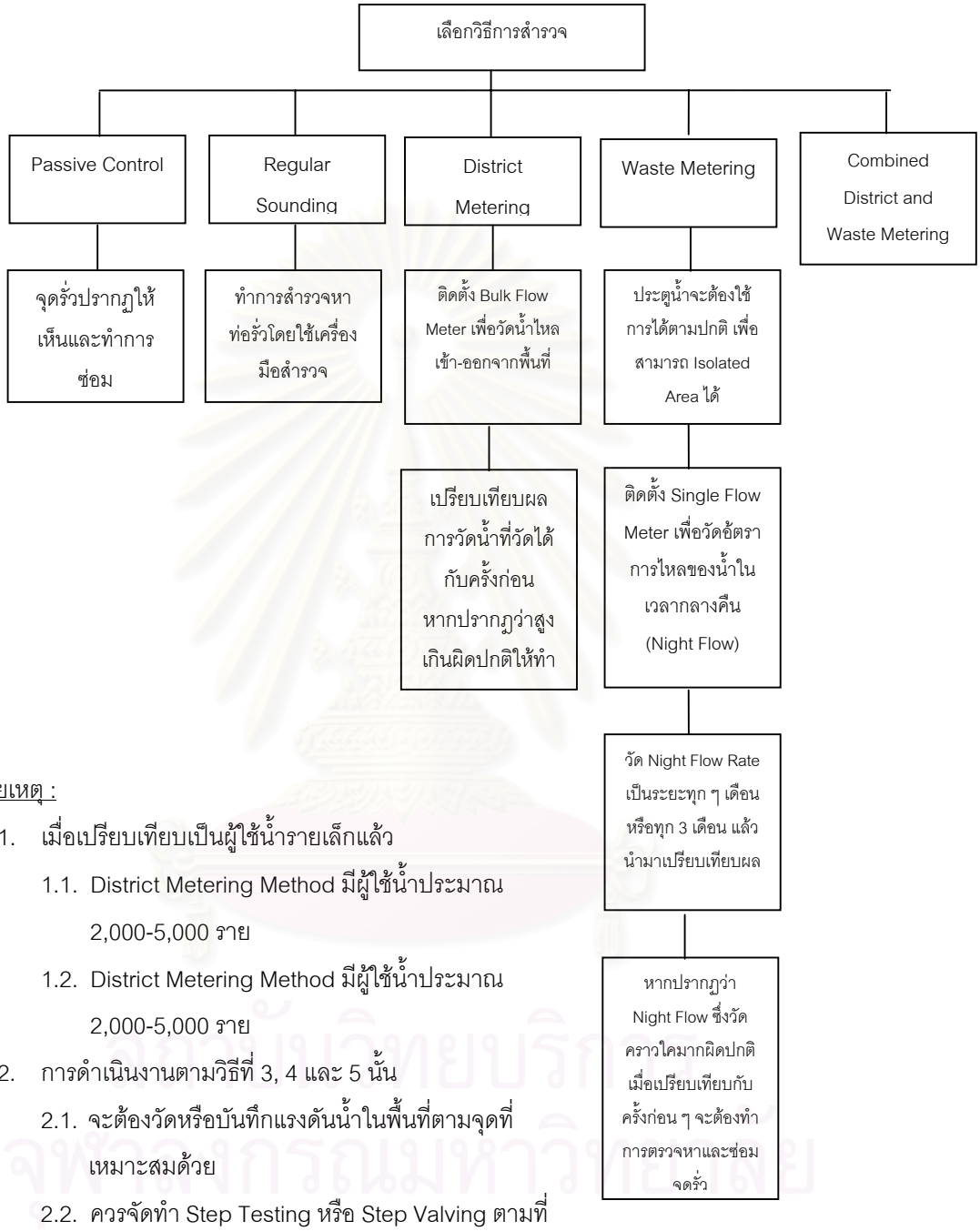
4.7.4. วิธีการสำรวจหาท่อรั่วของประเทศในทวีปยุโรป

วิธีการสำรวจท่อรั่วแบ่งออกเป็น 6 วิธี โดยวิธีแรกจะเป็นวิธีที่ใช้สำหรับการลดปริมาณน้ำรั่วทางอ้อม (Passive Method) นั่นคือ Flow and Pressure Control ส่วนอีก 5 วิธีที่เหลือจะเป็นวิธีการหาจุดรั่วไหลโดยตรง (Active Method) ดังนี้

1. สำรวจจุดรั่วบนดินด้วยสายตา (Passive Control)
2. สำรวจหาจุดรั่วโดยใช้เครื่องมือ (Regular Sounding)
3. สำรวจโดยแบ่งพื้นที่ และวัดน้ำเข้า-ออกพื้นที่ตลอดเวลา (District Metering)
4. สำรวจโดยแบ่งพื้นที่ และวัดน้ำสูญเสียในเวลากลางคืน (Waste Metering)
5. สำรวจโดยรวมวิธีตามข้อ 3 และ ข้อ 4 เข้าด้วยกัน (Combined District and Waste Metering)

โดยวิธีการเลือกใช้วิธีสำรวจต่าง ๆ ได้ถูกแสดงไว้ในแผนภูมิการเลือกวิธีสำรวจดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



<u>หมายเหตุ :</u>

1. เมื่อเปรียบเทียบเป็นผู้ใช้น้ำรายเล็กแล้ว
   1.1. District Metering Method มีผู้ใช้น้ำประมาณ 2,000-5,000 ราย
   1.2. District Metering Method มีผู้ใช้น้ำประมาณ 2,000-5,000 ราย
2. การดำเนินงานตามวิธีที่ 3, 4 และ 5 นั้น
   2.1. จะต้องวัดหรือบันทึกแรงดันน้ำในพื้นที่ตามจุดที่เหมาะสมด้วย
   2.2. ควรจัดทำ Step Testing หรือ Step Valving ตามที่จำเป็นและเหมาะสม

ภาพที่ 4.10 แสดงแผนภูมิการเลือกวิธีการสำรวจท่อรั่ว

องค์ประกอบในการเลือกวิธีการสำรวจท่อรั่ว

จากวิธีการสำรวจท่อรั่วที่กล่าวมาแล้ว ในการเลือกวิธีการเพื่อดำเนินงาน จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการ ได้แก่

1) วิธีการนั้นจะต้องเหมาะสมกับพื้นที่ที่ทำการสำรวจ
2) จะต้องมีความคุ้มทุน กล่าวคือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเปรียบเทียบกับรายได้ที่จะได้ต้องเพิ่มขึ้น จะต้องได้รับผลประโยชน์ตอบแทนที่คุ้มค่าการลงทุนที่สุด

4.8. การประเมินปริมาณน้ำที่รั่วไหล

วิธีการประเมินโดยทั่วไปจะมี 4 วิธี เรียงตามลำดับความถูกต้องจากน้อยไปมากดังนี้

1. ประเมินด้วยสายตา
2. ใช้สูตรคำนวณ
3. อ่านค่าน้ำที่รั่วสูญเสีย หรือคิดค่าความแตกต่างจากเครื่องวัดน้ำหรือมาตรวัดปริมาณน้ำหลัก
4. ใช้วิธีตวงวัด

เมื่อพิจารณาแล้ววิธีที่สะดวกที่สุดคือวิธีที่ 3 สำหรับวิธีที่ 1 เป็นการประเมินอย่างคร่าว ๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการจัดลำดับความสำคัญของงานซ่อม วิธีที่ 2 ใช้เพื่อพิจารณาปริมาณน้ำสูญเสียจากจุดรั่วเป็นกรณี ๆ ไป ส่วนวิธีที่ 4 ไม่สะดวกในงานสนาม แต่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดสอบความเที่ยวตรงของมาตรวัดน้ำ

วิธีวัดน้ำสูญเสียในระบบท่อประปา

อัตราการใช้น้ำต่ำสุดในเวลากลางคืน (Minimum Night Flow หรือ MNF) เป็นปริมาณน้ำรั่วไหลหรือน้ำสูญเสียในพื้นที่ (Net Night Flow หรือ NNF) รวมกับปริมาณการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำ (ในเวลากลางคืน หรือ Night Demand) การวัดหาปริมาณน้ำสูญเสียนี้มี 3 วิธีการหลักคือ

1) วิธีวัดโดยตรง (Direct Measuring Method)
2) วิธีวัดโดยอ้อม (Indirect Measuring Method)
3) วิธีวัดโดยการตั้งสมมติฐาน (Assumption Method)

1) วิธีวัดโดยตรง (Direct Measuring Method)

- แบ่งพื้นที่จ่ายน้ำเป็นพื้นที่ย่อย โดยให้มีท่อจ่ายน้ำในพื้นที่ประมาณ 2-3 กิโลเมตร พื้นที่ที่แบ่งต้องสามารถแยกเป็นอิสระจากพื้นที่ใหญ่ได้ด้วยการเปิดประตูน้ำ (Boundary Valve หรือ BDV)
- ปิดประตูน้ำหน้ามาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำในพื้นที่ที่ดำเนินการทุกราย
- วัดน้ำที่ไหลเข้าพื้นที่ที่ดำเนินการโดยเครื่องวัดน้ำ (วิธีการแบบ Waste Metering) ในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำที่วัดได้ คือจำนวนน้ำที่รั่วไหลหรือน้ำสูญเสียในพื้นที่ที่ดำเนินการ

การดำเนินการโดยวิธีนี้จะได้ค่าน้ำสูญเสียที่ถูกต้องที่สุด แต่จะกระทบกระเทือนต่อผู้ใช้น้ำและต้องใช้พนักงานเพื่อปฏิบัติงานมาก รวมทั้งเสียเวลาในการดำเนินงาน

วิธีวัดโดยตรงยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบวิธีตามลักษณะที่ดำเนินการ กล่าวคือ

1.1. Circulation System ดำเนินการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดปริมาณน้ำสูญเสียในพื้นที่เป้าหมายทั้งหมด การแบ่งวัดเป็นพื้นที่ย่อย ปริมาณน้ำสูญเสียในพื้นที่เป้าหมาย คือ ผลรวมของปริมาณน้ำที่วัดเข้าพื้นที่ย่อยทั้งหมดรวมกัน ซึ่งวิธีนี้จะได้ผลที่ถูกต้องที่สุด

1.2. Extraction System ดำเนินการในกรณีที่พื้นที่เป้าหมายมีบริเวณกว้าง และยุ่งยากในการดำเนินการ การวัดปริมาณน้ำสูญเสียวิธีนี้ วัดจากพื้นที่ตัวอย่าง (Model) ที่เลือกจากพื้นที่เป้าหมายและปริมาณน้ำสูญเสียทั้งหมดโดยใช้หลักสถิติ ด้วยการพิจารณาจากจำนวนผู้ใช้น้ำ ประเภทผู้ใช้น้ำ ความต้องการน้ำใช้ แรงดันน้ำ เป็นต้น ความถูกต้องของข้อมูลปริมาณน้ำสูญเสียขึ้นอยู่กับพื้นที่ตัวอย่างที่เลือกมาดำเนินการ รวมทั้งจำนวนของพื้นที่ตัวอย่างด้วย

2) วิธีวัดโดยอ้อม (Indirect Measuring Method)

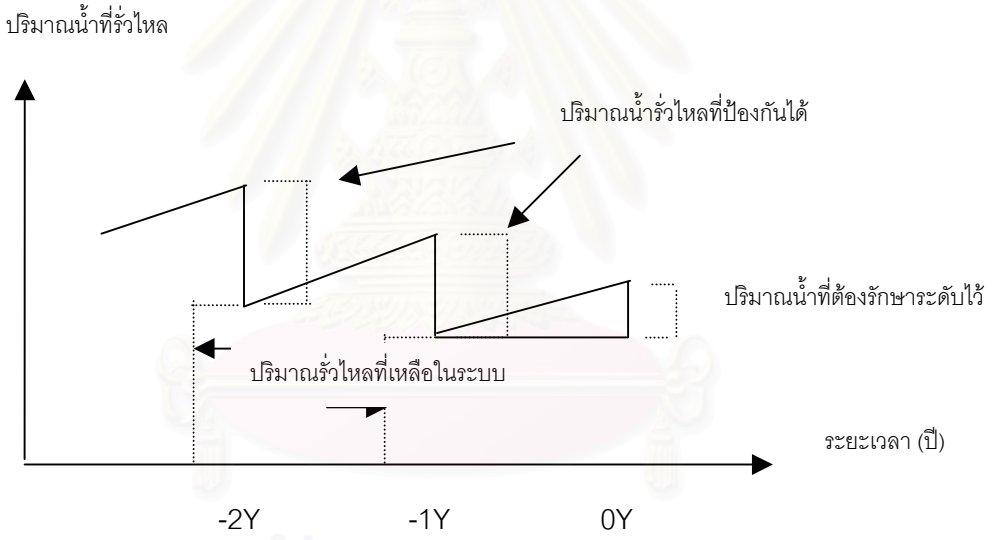
- ดำเนินการโดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่อิสระ (ผู้ใช้น้ำประมาณ 500-3,000 ราย) ด้วยการปิดประตูน้ำ Boundary Valve วัดปริมาณน้ำเข้าพื้นที่เป้าหมายในเวลากลางคืนโดยไม่ต้องปิดประตูน้ำหน้ามาตรของผู้ใช้น้ำ วิธีนี้จะได้ค่าอัตราการใช้น้ำต่ำสุดในเวลากลางคืน (Minimum Night Flow)
- หลักการของวิธีนี้คือพิจารณาว่าในเวลากลางคืนผู้ใช้น้ำจะใช้น้ำน้อยที่สุดหรือไม่ใช้น้ำเลย ดังนั้นค่าที่วัดได้ก็จะใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในพื้นที่นั้น
- ความถูกต้องของวิธีนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนและลักษณะการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำในเวลากลางคืนของพื้นที่เป้าหมายนั้น แต่มีข้อดีคือใช้พนักงานดำเนินการน้อย และไม่เสียเวลามากนัก

3) วิธีการตั้งสมมติฐาน (Assumption Method)

วิธีการนี้ดำเนินการโดยสมมติฐานคร่าว ๆ เพื่อประมาณหาปริมาณน้ำสูญเสียในพื้นที่อื่น ๆ โดยดูผลของปริมาณการจ่ายน้ำและน้ำใช้ของแต่ละพื้นที่ หรืออาจสุ่มวัดในบางพื้นที่เพื่อประโยชน์ในการพิจารณาเข้าดำเนินการสำรวจหาท่อรั่ว วิธีนี้เป็นการพิจารณาเบื้องต้นในการดำเนินการเท่านั้น

3.1 การควบคุมรักษาระดับน้ำรั่วไหล (Water Restoration หรือ Restoration of Leakage)

ในการควบคุมน้ำรั่วไหลเพื่อป้องกันมิให้จำนวนหรือปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดจากท่อแตกรั่วในปีถัดไปเพิ่มจากส่วนที่สามารถควบคุมให้ลดลงได้แล้ว จะต้องมีการวางแผนงานและปฏิบัติงานสำรวจพร้อมทั้งซ่อมท่อรั่วในสนามอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อให้สามารถรักษาระดับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปให้อยู่ในเกณฑ์เป้าหมายที่กำหนดในแต่ละปีนั้น ๆ



ภาพที่ 4.11 แสดงทฤษฎี Restoration of Leakage

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การวิเคราะห์อัตราการไหลต่ำสุดของน้ำประปาในเวลากลางคืน</u>

จากการดำเนินการหาปริมาณน้ำสูญเสีย ณ เวลาที่มีการใช้น้ำต่ำที่สุดในเวลากลางคืน (MNF) นั้น ในการปฏิบัติภาคสนาม จะต้องทำการปิดประตูน้ำ (BDV) โดยรอบบริเวณพื้นที่ที่จะทำการวัดทุกตัวเพื่อบังคับให้น้ำประปาไหลผ่านเข้าทางจุดวัดน้ำ (Gauging Point หรือ GP) เพียงทางเดียวเท่านั้น วิธีการนี้จะทำให้แรงดันน้ำประปาในพื้นที่ที่ทำการวัดมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากช่วงเวลาปกติที่มิได้ดำเนินการวัด

โดยปกติแล้วปริมาณหรืออัตราการไหลของน้ำจะแปรผันเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงดันน้ำประปา กล่าวคือ ถ้าแรงดันน้ำเพิ่มขึ้นหรือลดลง ปริมาณการไหลของน้ำประปาก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย ดังนั้นการนำผลที่ได้จากการวัดอัตราไหลต่ำสุดของน้ำในเวลากลางคืนมาวิเคราะห์หาค่าปริมาณน้ำสูญเสียจึงจำเป็นต้องปรับค่าอัตราการไหลของน้ำให้สอดคล้องกับแรงดันน้ำตามปกติเพื่อให้ได้จำนวนของปริมาณน้ำที่สูญเสียไปใกล้เคียงกับข้อเท็จจริงมากที่สุด

ตามทฤษฎีกล่าวไว้ว่า ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดของท่อ หรือช่องว่างใด ๆ ย่อมเป็นปฏิภาคโดยตรงกับรากที่สองของแรงดันน้ำที่แตกต่างกันของจุดนั้น ๆ

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$$

แต่จากการทดลองหาปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดจากท่อแตกรั่วใต้ดิน มิได้เป็นไปตามทฤษฎีดังกล่าวโดยตรง เพราะยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ความหนาแน่นของดิน เนื้อที่จำกัดของโพรงที่เกิดจากท่อรั่ว เป็นต้น ทำให้ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปไม่เป็นไปตามทฤษฎี ซึ่งผลจากการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำกับปริมาณน้ำสูญเสียเนื่องจากท่อแตกรั่วเป็นดังนี้

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{LeakageInd\ \ exP_1}{LeakageInd\ \ exP_2}$$

ผลจากการทดลองที่แสดงถึงค่าของความสัมพันธ์ดังกล่าว ดังตารางที่ 4.6 ที่แสดงไว้ในหน้าถัดไป (ที่มา The Results of the Experimental Program on Leakage and Leakage Control ของ Water Research Center (WRC) Technical Report) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณวิเคราะห์หาปริมาณน้ำสูญเสียเนื่องจากท่อแตกรั่วในกรณีที่แรงดันน้ำเปลี่ยนแปลงไปได้

อนึ่งหากแรงดันน้ำประปามีค่าน้อยกว่า 1.5 กิโลกรัม ต่อ 1 ตารางเซนติเมตร หรือ 15 เมตร อาจนำค่าดรรชนี (Pressure Leakage Index) นี้ไปใช้ในการคำนวณไม่ได้ เนื่องจากแรงดันน้ำต่ำเกินไป ทำให้ความคาดเคลื่อนสูง

<u>วิธีการปรับจำนวนน้ำสูญเสียในกรณีที่แรงดันน้ำประปาเปลี่ยนแปลงไป</u>

ปริมาณน้ำสูญเสียและแรงดันน้ำจะแปรผันโดยตรงเมื่อแรงดันน้ำเพิ่มขึ้นหรือลดลง ปริมาณน้ำสูญเสียก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย ซึ่งในการคำนวณให้ใช้ค่าดรรชนี (Index) ของแรงดันน้ำเปรียบเทียบ โดยใช้วิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำกับค่าดรรชนีการสูญเสีย

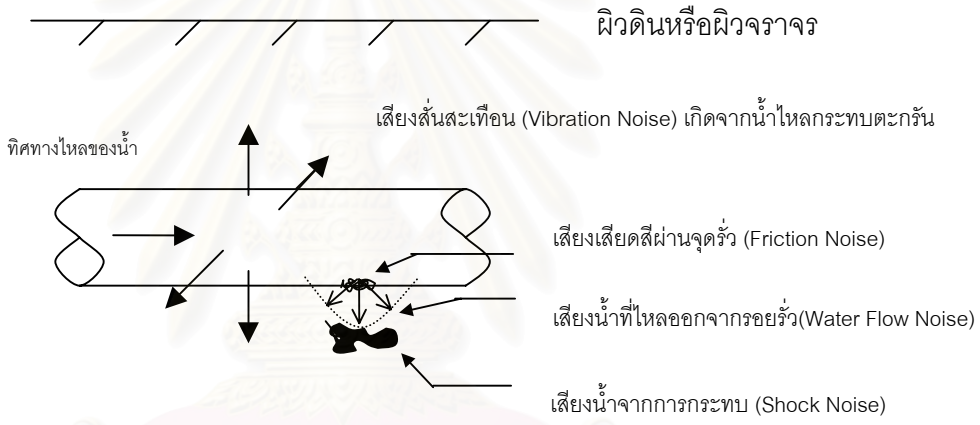
แรงดันน้ำ (เมตร)	ค่าดรรชนี	แรงดันน้ำ (เมตร)	ค่าดรรชนี
1	0.85	21	12.70
2	1.35	22	13.35
3	1.80	23	14.00
4	2.30	24	14.70
5	2.80	25	15.40
6	3.40	26	16.05
7	3.95	27	16.65
8	4.55	28	17.40
9	5.05	29	18.15
10	5.70	30	18.90
11	6.25	31	19.65
12	6.90	32	20.40
13	7.50	33	21.10
14	8.15	34	21.80
15	8.80	35	22.55
16	9.40	36	23.25
17	10.00	37	24.05
18	10.70	38	24.90
19	11.40	39	25.80
20	12.05	40	26.70

<u>หมายเหตุ :</u> เพื่อให้ได้ค่าที่ละเอียดขึ้น สมควรนำไปทำเป็นกราฟ โดยแกน X แสดงแรงดันน้ำ และแกน Y แสดงค่าดรรชนี

4.9. เสียงที่เกิดจากท่อรั่ว

เสียงที่เกิดจากท่อแตกรั่วนั้นเป็นเสียงผสมที่มีความถี่ระหว่าง 100-200 เฮิรตซ์ ซึ่งเกิดขึ้นจาก

- เสียงการสั่นสะเทือนที่เกิดจากน้ำประปาที่ไหลในเส้นท่อกระทบกับผิวในของท่อ ซึ่งมักมีตระกันเกิดขึ้น ท่อเก่าจึงมักมีเสียงน้ำไหลดังกว่าท่อใหม่
- เสียงเสียดสีที่เกิดจากน้ำไหลผ่านรอยรั่วแตกของท่อ
- เสียงที่เกิดจากน้ำไหลออกมาแล้วไปกระทบกับก้อนหิน หรือวัสดุที่อยู่ใต้ดินบริเวณที่ท่อรั่ว



ภาพที่ 4.12 แสดงต้นเหตุของเสียงที่เกิดจากท่อรั่ว

ตัวอย่างเช่น

- ถ้าน้ำมีแรงดันสูง แต่ขนาดของรอยรั่วเล็ก ทำให้มีการเสียดสีที่รอยรั่วมาก เสียงที่ได้ยินก็จะเป็นเสียงความถี่สูง แต่เสียงการกระทบกับวัตถุภายนอกจะค่อย และปริมาณน้ำรั่วไหลจะน้อย
- ถ้ารอยรั่วใหญ่ เสียงเสียดสีจะน้อย แต่เสียงกระทบจะดัง ทำให้เกิดเสียงความถี่ต่ำ เป็นต้น

<u>เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจหาท่อรั่วใต้ดิน</u>

เนื่องจากในการสำรวจตำแหน่งจุดแตกรั่วของท่อประปาใต้ดินนั้น จะต้องทราบถึงแนวและตำแหน่งของท่อประปาและประตูน้ำ ขนาดและชนิดของท่อประปา และต้องทราบว่าบริเวณนั้นน้ำประปามีแรงดันพอที่จะสำรวจหาท่อรั่วหรือไม่ รวมทั้งต้องทราบว่าบริเวณที่วางท่อนั้นดินมีสภาพเช่นใดหรือเป็นดินชนิดใด ต้องทราบถึงบริเวณที่มีการรั่ว และต้องหาตำแหน่งที่ท่อรั่วให้ได้ ดังนั้นในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาระบบท่อประปาและตำแหน่งท่อรั่วนี้ พอจะจำแนกเครื่องมือที่เกี่ยวข้องที่สำคัญได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1) เครื่องมือสำรวจหาประตูน้ำ
2) เครื่องมือสำรวจหาท่อ
3) เครื่องมือสำรวจหาท่อรั่ว

เท่าที่พอจะยกตัวอย่าง และส่วนใหญ่การประปานครหลวงมีใช้งานอยู่ มีดังนี้

<u>เครื่องมือสำรวจหาตำแหน่งของประตูน้ำ (Box Location or Valve Location)</u>

เครื่องมือชนิดนี้ใช้หลักการส่งสนามแม่เหล็กเพื่อตรวจสอบหาเหล็กหรือโลหะที่จมอยู่ใต้ผิวดิน มีลักษณะและวิธีใช้งานคล้ายกับเครื่องตรวจหาวัตถุระเบิดนั่นเอง

ภาพที่ 4.13 แสดงเครื่องสำรวจตำแหน่งประตูน้ำ

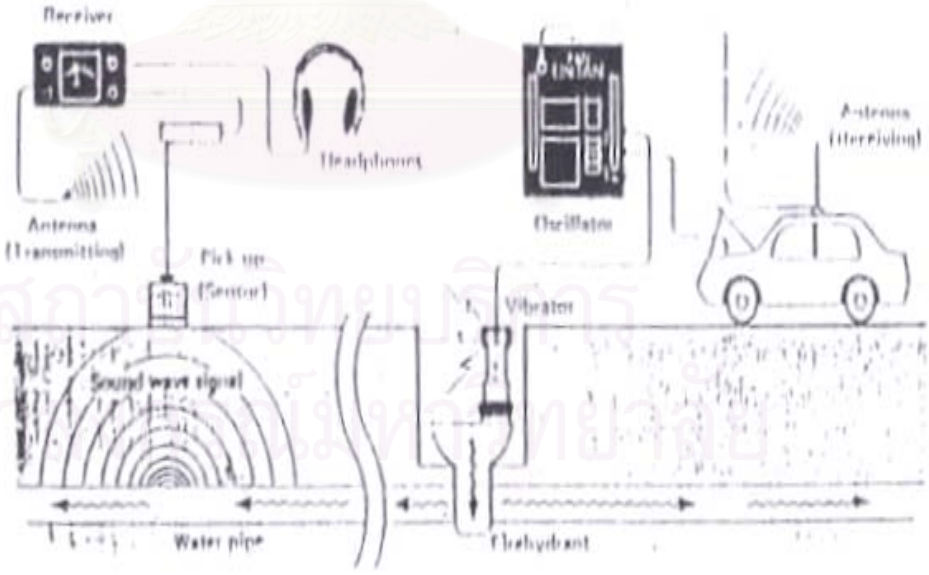
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>เครื่องมือสำรวจหาแนวและตำแหน่งของท่อประปา (Pipe Location)</u>

- *เครื่องมือสำรวจหาแนวท่อประปา (Low Frequency Pipe Location)*

เครื่องมือชนิดนี้ใช้หลักการส่งเสียงความถี่ต่ำเข้าสู่ท่อประปา ซึ่งท่อนั้นจะต้องมีน้ำอยู่เต็มท่อ เสียงความถี่ต่ำนี้จะทำให้ท่อประปาสั่นสะเทือน เสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนจะแพร่ขึ้นสู่ผิวดินซึ่งสามารถใช้ส่วนตรวจพังเสียงดักฟังได้ โดยตำแหน่งที่ได้ยินเสียงดังที่สุดก็คือตำแหน่งของแนวเส้นท่อนั้น

อนึ่งในการตรวจหาแนวเส้นท่อนี้มีวิธีง่าย ๆ ที่จะใช้ตรวจหาได้ ซึ่งวิธีนี้ยังไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าทำการตรวจหาได้ด้วยสาเหตุใด แต่ผู้ที่จะใช้ได้ต้องมีความสามารถพิเศษ วิธีนี้ใช้ลวดโลหะที่เป็นสื่อนำไฟฟ้าอย่างดี เช่น ลวดเชื่อมไฟฟ้าจำนวน 2 เส้น นำมางอเป็นมุมฉาก (90 องศา) โดยให้มีด้านสั้นและด้านยาว ด้านสั้นใช้เป็นส่วนที่มือถืออย่างหลวม ๆ เมื่อจะทำการตรวจหาแนวท่อ เพื่อให้ด้านที่ยาวกว่าที่เป็นส่วนปลายหมุนไปมาได้อย่างอิสระ ในการตรวจหาแนวท่อให้เดินไปตามแนวที่สงสัยว่าจะมีท่อฝังอยู่โดยให้ส่วนยาวชี้ไปในแนวข้างหน้าขนานกันเองและขนานกับผิวดิน การเดินตรวจหาต้องกระทำอย่างช้า ๆ หากพบท่อ ลวดนี้ก็อาจเบนเข้าหากันหรือเบนแยกออกจากกัน จุดนั้นก็คือจุดที่อยู่เหนือแนวท่อประปา วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดแต่ไม่สามารถกระทำได้ทุกคน มีเพียงน้อยคนที่สามารถทำได้ ในหลายประเทศ เช่น บางรัฐของสหรัฐอเมริกาก็ใช้วิธีนี้อยู่บ้าง



ภาพที่ 4.14 แสดงเครื่อง Low Frequency Pipe Location

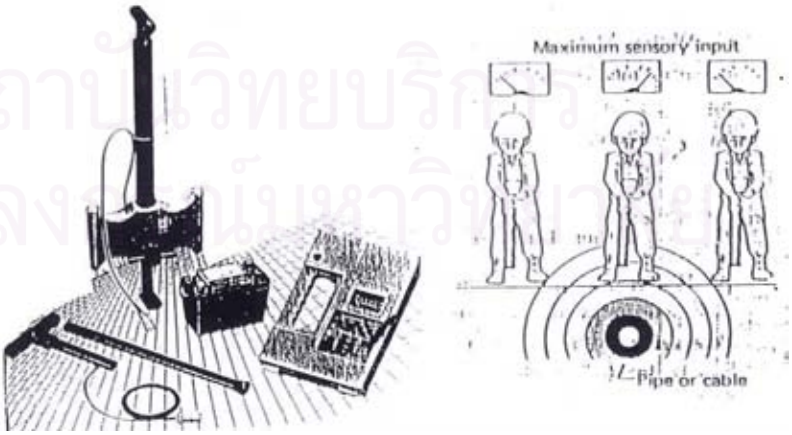
- *เครื่องมือสำรวจหาแนวและความลึกของท่อแบบธรรมดา*

ที่จะกล่าวถึงมีชื่อเรียกว่า เหล็กสักท่อ (Plunger Bar หรือ Boring Bar) ส่วนอุปกรณ์ประกอบด้วย แท่งโลหะหนักมีลักษณะหน้าที่เช่นเดียวกับค้อน ซึ่งเป็นส่วนบน สำหรับส่วนล่างเป็นแท่งโลหะ หลักการใช้งานเพียงกระแทกส่วนให้ดันส่วนล่างลงสู่ดินจนกระทั่งพบท่อที่ฝังอยู่ ทำให้สามารถทราบได้ทั้งแนวท่อและความลึกของท่อ (จากความลึกที่ส่วนล่างจมไปในดิน)

ภาพที่ 4.15 แสดงเครื่อง Plunger Bar

- *เครื่องมือสำรวจหาแนวและความลึกของท่อเหล็กหรือท่อโลหะ (Iron Pipe Location)*

ใช้หลักการส่งสนามแม่เหล็กลงไปเหนี่ยวนำให้ท่อมีอำนาจแม่เหล็ก แล้วจึงใช้ส่วนตรวจจับเส้นแรงแม่เหล็กตรวจหาได้ทั้งแนวและความลึกของท่อโลหะนั้น



ภาพที่ 4.16 แสดงเครื่อง Iron Pipe Location

<u>เครื่องมือสำรวจหาท่อรั่ว</u>

- *เครื่องมือสำรวจหาบริเวณที่มีท่อรั่ว*

เป็นเครื่องช่วยในการค้นหาบริเวณที่มีท่อประปารั่วเท่านั้น แต่ไม่สามารถใช้ชี้ชัดลงไปได้ว่าท่อนั้นรั่วตรงจุดใด เครื่องมือเหล่านี้ผลิตและพัฒนาขึ้นมาเพื่อประหยัดเวลาของการเดินสำรวจหาท่อรั่วนั่นเอง อาทิ

➢ *ชุดตรวจสอบคลอรีนคงเหลือในน้ำประปา (Residual Chlorine Test Kit)*

เมื่อพบน้ำที่สงสัยให้หยอดน้ำยาหรือเม็ดยา (แล้วแต่ชนิดของการผลิต) ลงในน้ำตัวอย่างที่ตักขึ้นมา หากน้ำเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (กรณีใช้น้ำยา) หรือสีม่วง (กรณีใช้ยาเม็ด) ก็แสดงว่าเป็นน้ำประปาแน่นอน แต่หากสีไม่เปลี่ยนก็อย่าเพิ่งแน่ใจว่าไม่ใช่น้ำประปา เพราะคลอรีนอาจหมดไปแล้วหรือตัวยาเสื่อมสภาพ ให้ใช้เครื่องมือชนิดอื่น ๆ ตรวจหาบริเวณรั่วแทน

➢ *เครื่องสักท่อ*

เครื่องมือนี้ก็คือ Plunger Bar หรือ Boring Bar นั่นเอง หลักการใช้ก็เช่นเดียวกัน คือเมื่อตอกส่วนล่างลงดินแล้ว หากมีท่อรั่วบริเวณนั้นน้ำประปาก็อาจไหลขึ้นมาตามรูที่เจาะ หรือเมื่อชักส่วนล่างขึ้นมาแล้วปรากฏว่าแท่งโลหะนั้นเปียก ก็อาจเกิดจากน้ำประปา ทำให้สงสัยได้ว่าบริเวณนั้นมีท่อรั่ว

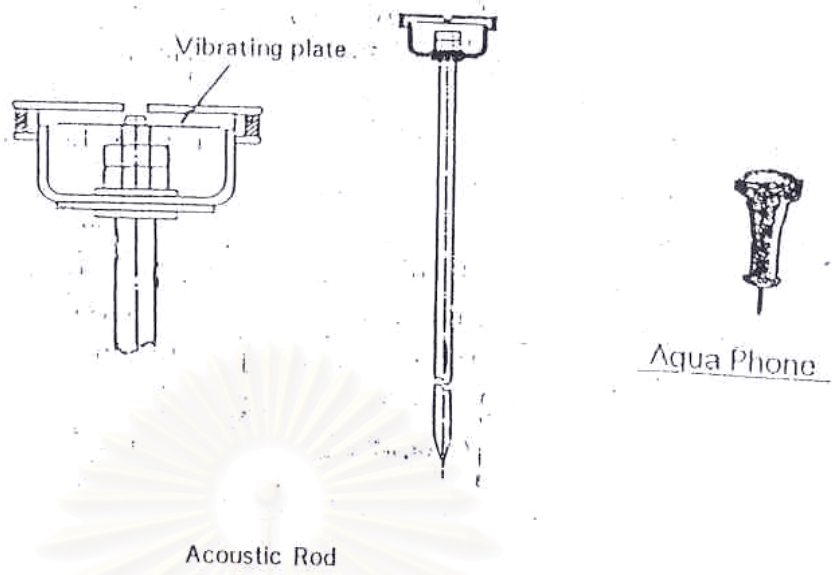
➢ *เครื่องดักฟังเสียงน้ำรั่ว (Aqua Phone หรือ Water Phone หรือ Acoustic Rod)*

เครื่องมือนี้มีลักษณะคล้ายกับหูฟังโทรศัพท์ที่มีส่วนปลายแหลม ด้านแหลมที่ทำด้วยโลหะนี้มีความยาวแตกต่างกันแล้วแต่วัตถุประสงค์และพื้นที่ที่จะใช้งานว่าจะตรวจฟังที่กำแพง ที่ตัวท่อหรือที่หัวแก๊ปของประตูน้ำ ซึ่งถ้าบริเวณนั้นมีน้ำรั่วไหลออกจากระบบท่อประปาก็จะได้ยินเสียง เครื่องมือนี้มีทั้งแบบใช้หูฟังธรรมดาและแบบมีวงจรอิเลคโทนิคเป็นภาคขยายเสียง

➢ *เครื่องมือวิเคราะห์หาบริเวณที่มีท่อรั่วแบบอิเลคโทนิค (Leak Zone Tester หรือ Leak Analyzer)*

เครื่องมือเหล่านี้ใช้หลักการประยุกต์จากเครื่องดักฟังเสียงน้ำรั่ว แต่มีภาคขยายสัญญาณเสียงและบางชนิดก็สามารถใช้ติดตั้งเข้ากับหัวดับเพลิงได้ (การประปานครหลวงยังไม่ได้นำมาใช้งานเพราะเหมาะกับท่อที่เป็นโลหะและน้ำประปาที่มีแรงดันสูงพอสมควร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.17 แสดงเครื่องมือสำรวจหาบริเวณที่มีท่อรั่ว

- *เครื่องมือกำหนดตำแหน่งรั่ว*

หลังจากที่ตรวจหาบริเวณที่มีท่อรั่วพบแล้ว ก็จะใช้เครื่องมือที่จะกล่าวถึงนี้เพื่อช่วยในการตัดสินใจ และชี้ชัดลงไปว่าจุดรั่วใต้ดินนั้นอยู่ตรงตำแหน่งใด เครื่องมือเหล่านี้มีหลายชนิดเช่น

➤ *เครื่องมือกำหนดตำแหน่งรั่วแบบแยกเสียง (Globe Geophone หรือ Geophone)*

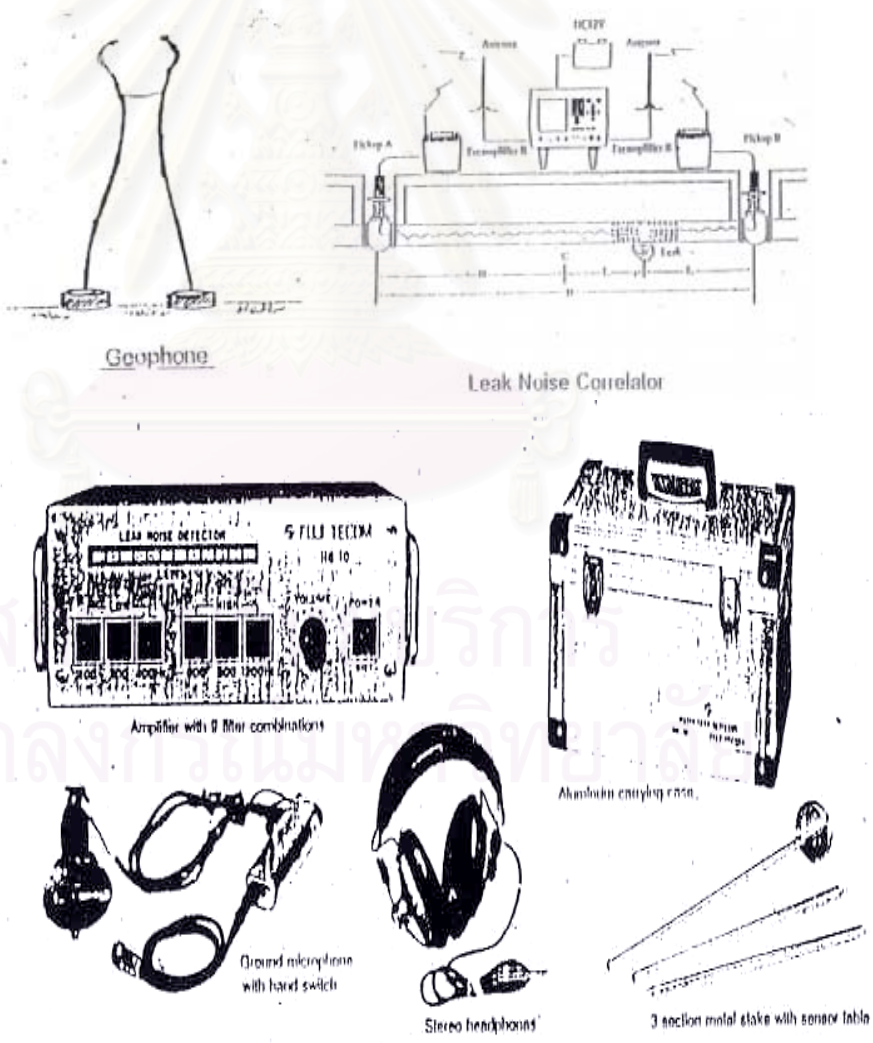
เครื่องมือนี้ได้พัฒนามาจากเครื่องตรวจฟังการเต้นของหัวใจที่แพทย์ใช้ แต่ด้านที่ใช้ในการดักฟังเสียงจะแยกเป็น 2 ข้าง ซ้ายและขวา เพื่อใช้ส่งเสียงเข้าสู่หูซ้ายและหูขวาของผู้สำรวจ ในการตรวจฟังอาจตรวจฟังบนตัวท่อหรืออุปกรณ์ท่อต่าง ๆ ได้โดยตรง (เป็นการหาบริเวณรั่ว) หรือจะตรวจฟังบนผิวดิน ผิวจราจร (เป็นการหาตำแหน่งรั่ว) การฟังด้วยหูทั้งสองข้างนี้ทำให้สามารถแยกเสียงได้ว่าดังมาจากที่ใด และจุดไหนพบว่ามีเสียงดังที่สุดเหนือแนวท่อ ก็คือตำแหน่งที่ท่อประปาแตกรั่วใต้ดินนั่นเอง เครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือสำรวจหาท่อรั่วที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งสามารถช่วยค้นหาตำแหน่งรั่วได้แม้ในบริเวณที่น้ำประปามีแรงดันต่ำ แต่ผู้ใช้จะต้องหมั่นฝึกฝนหาทักษะและประสบการณ์ให้มากเป็นพิเศษ

➢ *เครื่องมือกำหนดตำแหน่งรั่วแบบอิเลคโทนิค (Water Leakage Detector)*

เครื่องมือนี้พัฒนามาจากเครื่องกำหนดตำแหน่งรั่วแบบแยกเสียง แต่ได้มีภาคขยายเสียงช่วยในการขยายเสียง และบางรุ่นก็มีภาคตัดความถี่เสียงที่ไม่ต้องการออก ทำให้สามารถตรวจหาท่อรั่วได้ดีขึ้น แต่ผู้ใช้งานก็จะต้องมีความชำนาญในการแยกเสียงต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน

➢ *เครื่องมือวิเคราะห์ตำแหน่งรั่วแบบคอมพิวเตอร์ (Leak Noise Correlator)*

เครื่องมือนี้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์เสียงที่เกิดจากน้ำรั่วไหลในช่วงท่อประปา ซึ่งในการใช้งานจะต้องป้อนข้อมูลความยาวท่อ ชนิดและขนาดของท่อลงไป หลักการทำงานของเครื่องใช้วิธีเปรียบเทียบความเร็วของเสียงที่เกิดจากการรั่วที่วิ่งไปตามเนื้อท่อผ่านไปถึงเครื่องดักฟังที่ติดตั้งไว้ที่ช่วงท่อประปาทั้งสองจุด และเครื่องนี้ก็สามารถตอบได้ว่าจุดรั่วในระยะที่ทำการตรวจหานั้นอยู่ที่ตำแหน่งใดของท่อช่วงนั้น



ภาพที่ 4.18 แสดงเครื่องมือกำหนดตำแหน่งท่อรั่ว

เครื่องมือต่าง ๆ เหล่านี้ยังมีอีกหลายชนิด และหลายประเภท เช่น เครื่อง Scanner หรือเครื่องที่ใช้เรดาร์ในการตรวจสอบหาตำแหน่งท่อรั่ว และเครื่องส่องดูภายในท่อ (Endoscopes) เป็นต้น แต่เครื่องมือที่พัฒนาไปมากราคาก็จะสูงตามขึ้นไปด้วย จึงต้องพิจารณาว่าจะคุ้มค่าในการซื้อมาลงทุนใช้งานหรือไม่และเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่จะสำรวจ หรือเหมาะกับผู้ใช้หรือไม่ แต่สิ่งที่สำคัญที่สุดในการสำรวจน้ำก็คือผู้ปฏิบัติงานนั่นเอง เครื่องมือต่าง ๆ เป็นเพียงสิ่งที่ช่วยเหลือเท่านั้น

4.10. ประโยชน์ที่ได้รับจากกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย

เนื่องจากน้ำสูญเสียถือได้ว่าเป็นค่าใช้จ่ายชนิดหนึ่งในการผลิตน้ำ ดังนั้นถ้าสามารถลดปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย การประปานครหลวงจะได้รับประโยชน์จากการทำกิจกรรมดังนี้

- ประหยัดทรัพยากรน้ำโดยรวมของแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำท่าจีน ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำ
- ประหยัดพลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำดิบเข้าสู่โรงงานผลิตน้ำ และระบบสูบส่ง-สูบจ่าย
- ลดค่าใช้จ่ายเนื่องในการผลิตและสูบจ่ายน้ำ
- เพิ่มรายได้เนื่องจากการขายน้ำได้มากขึ้น
- ลดค่าใช้จ่ายเนื่องในการซ่อมท่อลงได้ เพราะสามารถลดจำนวนจุดแตกรั่วลดด้วยการสำรวจพบและรีบดำเนินการซ่อม
- เพิ่มปริมาณและแรงดันน้ำในระบบท่อ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้น้ำและประชาชนทั่วไปโดยตรง
- ทำให้คุณภาพของน้ำประปาในเส้นท่อดีขึ้น เนื่องจากจุดแตกรั่วที่ลดลงประกอบกับแรงดันน้ำสามารถเพิ่มขึ้นได้นั้น ทำให้สิ่งสกปรกต่าง ๆ เข้าสู่ภายในระบบท่อได้น้อยลง อันเป็นผลทางด้านจิตวิทยาแก่ผู้ใช้น้ำอีกส่วนหนึ่ง
- ประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากชะลอการลงทุนการหาแหล่งน้ำดิบใหม่ และการลงทุนเพื่อขยายกำลังการผลิต ตลอดจนระบบส่งและจ่ายน้ำได้ระดับหนึ่ง
- ลดการก่อหนี้จากต่างประเทศได้ในระยะหนึ่งจากการชะลอการลงทุนและเลื่อนเวลาการนำเข้าอุปกรณ์จากต่างประเทศเพื่อใช้ในระบบผลิต

- ลดปัญหาการจราจรที่เกิดจากการซ่อมบำรุงท่อแตกรั่ว ทั้งจุดรั่วบนดินและจุดรั่วใต้ดิน เมื่อมีการซ่อมบ่อยครั้งทำให้เกิดความไม่สะดวกในการเดินทางทั้งทางถนนและทางเท้า
- ผู้ใช้บริการรายใหม่เกิดความมั่นใจในบริการ ช่วยให้ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งปั๊มน้ำและประหยัดค่าไฟในการใช้ปั๊มน้ำได้สำหรับผู้ใช้บริการรายเดิม
- อัตราค่าน้ำประปาในระยะสั้นน่าจะชะลอการปรับราคาได้เมื่อสามารถลดค่าใช้จ่ายในการชดเชยการผลิตน้ำจากปริมาณน้ำสูญเสียที่ลดลงได้ รวมทั้งหากกรณีที่การประปานครหลวงสามารถจำหน่ายน้ำส่วนที่ประหยัดได้ก็จะทำให้ต้นทุนการผลิตน้ำประปาลดลงได้อีก จึงส่งผลดีต่อประชาชนผู้ใช้บริการ
- แสดงถึงสมรรถนะในการบริหารงานของการประปานครหลวง
- ช่วยส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดี ในฐานะที่เป็นองค์กรที่มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและสภาพแวดล้อมของประเทศ
- ทำให้สถาบันเงินกู้ทั้งภายในและภายนอกประเทศยอมรับความสามารถของการประปานครหลวง จึงเกิดความมั่นใจว่าทั้งเงินต้นและดอกเบี้ยที่การประปานครหลวงกู้เพื่อปรับปรุงและพัฒนาระบบงานนั้นจะไม่สูญหายไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การศึกษาทางเลือกของการลดน้ำสูญเสีย

5.1. ทางเลือกของการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย

ในงานวิจัยฉบับนี้จะทำการศึกษาทางเลือกที่สามารถจะเป็นไปได้ในการลดระดับความสูญเสียของน้ำประปา ซึ่งจะหมายถึงงานซ่อมแซม ปรับปรุง และบำรุงรักษาระบบประปาเพื่อให้ระดับความสูญเสียอยู่ในระดับที่ต้องการต่าง ๆ กัน นอกจากนี้ในงานวิจัยยังคำนึงถึงทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งไม่ใช่การลดระดับน้ำสูญเสีย แต่เป็นการสร้างหรือขยายกำลังการผลิตของโรงงานผลิตน้ำเพิ่มขึ้น โดยที่จะไม่มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการลดน้ำสูญเสียกับระบบประปาเลย ซึ่งจะทำให้ระบบประปาจะมีประสิทธิภาพต่ำลงเรื่อย ๆ ทุก ๆ ปี เนื่องจากอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นตลอดเวลาและในที่สุดระบบจะไม่สามารถจ่ายน้ำได้เลย นั่นคือจะทำการสร้างหรือขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นในปีที่ปริมาณการผลิตน้ำเพื่อตอบสนองความต้องการใช้น้ำ และน้ำที่จะต้องสูญเสียเนื่องจากระบบการจ่ายน้ำมีสูงกว่ากำลังการผลิตที่มีอยู่ตลอดระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจะมีเพียง 2 ทางเลือกใหญ่ ๆ ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อหาอัตราน้ำสูญเสียที่สามารถยอมรับได้ของการประปานครหลวงเท่านั้น นั่นคือ การซ่อม และ การสร้าง

- ซ่อม การซ่อมจะเกี่ยวข้องการปรับปรุงระบบประปาโดยการติดตั้ง ปรับปรุง หรือการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ใน ระบบประปาให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น และสามารถรักษาระดับความสูญเสียให้คงที่ไว้ได้ตลอดอายุการวิเคราะห์โครงการ โดยทางเลือกของการซ่อมในที่นี้จะแบ่งออกเป็น 4 กรณีดังนี้
  - ช่วงระดับความสูญเสียต่ำกว่า ร้อยละ 35
  - ช่วงระดับความสูญเสียตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40
  - ช่วงระดับความสูญเสียตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45
  - ช่วงระดับความสูญเสียตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป

  จากกรณีทั้งสี่จะเป็นการศึกษาการสูญเสียที่ระดับ ต่าง ๆ 4 ระดับ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น กรณีของการซ่อมหรือปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดระดับน้ำสูญเสียให้ลดลงในปีฐานของการวิเคราะห์โครงการ ในที่นี้จะนำกรณีโครงการลดน้ำสูญเสียที่ระดับ ร้อยละ 30 ของประปานครหลวงซึ่งจะเป็นการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการควบคุมระบบประปา และกรณีการเปลี่ยนท่อประปาในขนาดที่สามารถลดความสูญเสียลงได้มาใช้ในการกำหนดทางเลือก กรณีการบำรุงรักษาระบบประปาให้มีระดับความสูญเสียคงที่อยู่ที่เดิม ณ ความ

สูญเสียที่เป็นอยู่ในปีฐานโดยระดับความสูญเสียจะคงที่ตลอดอายุการวิเคราะห์โครงการ และกรณีในการปล่อยให้ความสูญเสียเพิ่มขึ้นจากปีฐานการวิเคราะห์โครงการจนถึงระดับหนึ่งแล้วจึงค่อยทำการบำรุงรักษาระบบประปาให้มีระดับความสูญเสียคงที่ที่ระดับที่ต้องการตลอดอายุโครงการ

- สร้าง การสร้างในที่นี้จะมีเพียงทางเลือกเดียวเท่านั้นนั่นคือจะทำการสร้างหรือขยายโรงงานผลิตน้ำในปีที่กำลังการผลิตไม่เพียงพอที่จะสามารถผลิตน้ำได้ตามความต้องการใช้น้ำและสำหรับปริมาณน้ำที่ต้อสูญเสียไป

5.2. **ปัจจัยของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายของกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย**

เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายที่นำไปใช้ในกิจกรรมลดน้ำสูญเสียของทางเลือกต่าง ๆ มีดังนี้

- ต้นทุนการผลิตน้ำประปา
- เงินลงทุนการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำ
- เงินลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปา
- เงินลงทุนในการบำรุงรักษาระบบประปา

5.2.1. **ต้นทุนในการผลิตน้ำประปา**

การประปานครหลวงมีหน้าที่ในการผลิตน้ำเพื่อตอบสนองความต้องการการใช้น้ำประปาของประชาชน การประมาณความต้องการการใช้น้ำโดยใช้ฐานการเพิ่มจำนวนประชากรในพื้นที่รับผิดชอบตามแผนแม่บทฉบับที่สอง คือมีเป้าหมายที่จะให้บริการน้ำประปาแก่ประชาชนในพื้นที่รับผิดชอบร้อยละ 86 ในปี 2560 ในงานวิจัยนี้จะใช้ปริมาณน้ำจำหน่ายที่แสดงอยู่ในตารางที่ 5.1 แผนการให้บริการระยะยาวของการประปานครหลวงที่แสดงอยู่ถัดไป เป็นฐานในการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องผลิต ซึ่งปริมาณนี้ได้รวมเอาปริมาณความต้องการใช้น้ำ และปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียเนื่องจากระบบเอาไว้ด้วย ทั้งนี้เพื่อให้มีฐานการคำนวณที่เหมือนกันซึ่งอำนวยความสะดวกในการเปรียบเทียบทางเลือก

<u>ปริมาณน้ำผลิต</u>

ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปาจะแปรผันตามปริมาณน้ำผลิต โดยปริมาณน้ำผลิตจ่าย หมายถึงปริมาณน้ำที่ต้องผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการการใช้น้ำของประชาชน แต่ในที่นี้ต้องรวมปริมาณน้ำสูญเสียที่ต้องผลิตเพิ่มขึ้นเกินกว่าความต้องการการใช้น้ำเนื่องจากความสูญเสียที่

ตารางที่ 5.1 แสดงแผนการให้บริการระยะยาวของการประปานครหลวง (1/2)

(ที่มา: ฝ่ายวางแผนและงบประมาณ การประปานครหลวง)

รายการ		2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
1. ประชากรในพื้นที่รับผิดชอบ	(ล้านคน)	7.362	7.436	7.510	7.586	7.662	7.739	7.817	7.896	7.975	8.055	8.136
2. พื้นที่จ่ายน้ำ	(ตร.กม.)	1096	1115	1140	1150	1165	1190	1215	1240	1265	1290	1315
3. อัตราร้อยละของพื้นที่ที่จ่ายน้ำ	(%)	35.6	36.2	37.0	37.3	37.8	38.6	39.4	40.3	41.1	41.9	42.7
4. ประชากรผู้ได้รับบริการน้ำประปา	(ล้านคน)	6.307	6.369	6371	6.393	6.430	6.559	6.730	6.945	7.200	7.497	7.835
5. อัตราร้อยละของจำนวนผู้ได้รับบริการประปา	(%)	85.7	85.7	84.8	84.3	83.9	84.7	86.1	88.0	90.3	93.1	96.3
6. จำนวนผู้ใช้น้ำ ณ สิ้นปี	(ล้านราย)	1342	1370	1.385	1.405	1.429	1.458	1.496	1.543	1.600	1.666	1.741
7. จำนวนผู้ใช้น้ำต่อใหม่	(ล้านราย)	0.080	0.056	0.036	0.041	0.045	0.050	0.060	0.070	0.080	0.090	0.100
8. จำนวนผู้ใช้น้ำเพิ่มสุทธิ	(ล้านราย)	0.053	0.028	0.015	0.020	0.024	0.029	0.038	0.048	0.057	0.066	0.075
9. จำนวนผู้ใช้น้ำเฉลี่ยต่อปี	(ล้านราย)	1.316	1.356	1.377	1.395	1.417	1.443	1.477	1.519	1.572	1.633	1.704
10. ปริมาณน้ำใช้เฉลี่ยต่อรายต่อเดือน	(ลบ.ม.)	58.8	55.6	51.5	50.9	51.0	51.0	51.0	51.2	51.1	51.1	51.2
11. ปริมาณน้ำจำหน่าย	(ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)	944.8	914.8	857.2	858.1	874.1	890.3	911.4	941.0	971.3	1009.8	1054.1
	(ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	2.59	2.51	2.35	2.34	2.39	2.44	2.50	2.57	2.66	2.74	2.89
• ปริมาณน้ำขาย (คิดเงิน)	(ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)	928.8	904.7	850.9	851.3	867.2	883.3	904.2	933.6	963.6	1001.9	1045.8
	(ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	2.54	2.48	2.33	2.33	2.38	2.42	2.48	2.55	2.64	2.74	2.87
• ปริมาณน้ำอื่น (ไม่คิดเงิน)	(ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)	16.0	10.1	6.3	6.8	6.9	7.0	7.2	7.4	7.7	8.0	8.3
	(ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

ตารางที่ 5.1 แสดงแผนการให้บริการระยะยาวของการประปานครหลวง (2/2)

รายการ		2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
1. ประชากรในพื้นที่รับผิดชอบ	(ล้านคน)	8.218	8.300	8.384	8.468	8.553	8.639	8.726	8.814	8.902	8.992
2. พื้นที่จ่ายน้ำ	(ตร.กม.)	1340	1365	1390	1415	1440	1465	1490	1515	1540	1565
3. อัตราร้อยละของพื้นที่ที่จ่ายน้ำ	(%)	43.5	44.3	45.1	45.9	46.8	47.6	48.4	49.2	50.0	50.8
4. ประชากรผู้ได้รับบริการน้ำประปา	(ล้านคน)	8.212	8.629	9.085	9.578	10.110	10.678	11.283	11.924	12.600	13.311
5. อัตราร้อยละของจำนวนผู้ได้รับบริการประปา	(%)	99.9	104.0	108.4	113.1	118.2	123.6	129.3	135.3	141.5	148.0
6. จำนวนผู้ใช้น้ำ ณ สิ้นปี	(ล้านราย)	1.825	1.918	2.019	2.129	2.247	2.373	2.507	2.650	2.800	2.958
7. จำนวนผู้ใช้น้ำต่อใหม่	(ล้านราย)	0.110	0.120	0.130	0.140	0.150	0.160	0.170	0.180	0.190	0.200
8. จำนวนผู้ใช้น้ำเพิ่มสุทธิ	(ล้านราย)	0.084	0.093	0.101	0.110	0.118	0.126	0.134	0.142	0.150	0.158
9. จำนวนผู้ใช้น้ำเฉลี่ยต่อปี	(ล้านราย)	1.783	1.871	1.968	2.074	2.188	2.310	2.440	2.579	2.725	2.879
10. ปริมาณน้ำใช้เฉลี่ยต่อรายต่อเดือน	(ลบ.ม.)	51.3	51.2	51.2	51.3	51.5	51.3	51.4	51.4	51.6	51.5
11. ปริมาณน้ำจำหน่าย	(ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)	1106.9	1159.2	1220	1286.2	1361.3	1434.3	1515.6	1603.1	1699.7	1792.0
	(ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	3.02	3.18	3.34	3.52	3.72	3.93	4.15	4.39	4.64	4.91
• ปริมาณน้ำขาย (คิดเงิน)	(ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)	1098.2	1150.1	1210.4	1276.0	1350.6	1423.0	1504.3	1590.5	1686.4	1778.0
	(ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	3.00	3.15	3.32	3.50	3.69	3.90	4.12	4.36	4.61	4.87
• ปริมาณน้ำอื่น (ไม่คิดเงิน)	(ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)	8.7	9.1	9.6	10.1	10.7	11.3	11.9	12.6	13.3	14.0
	(ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกิดขึ้นในระบบจ่ายน้ำ เพื่อให้ประชาชนมีน้ำใช้อย่างเพียงพอ โดยสูตรในการคำนวณปริมาณน้ำผลิตจ่ายถูกแสดงไว้ด้านล่างนี้

$$\textit{ปริมาณนำผลิตจ่าย} = \frac{\textit{ปริมาณนำจำหน่าย}}{\textit{\%นำสูญเสีย}}$$

ต้นทุนการผลิตน้ำ

ต้นทุนการผลิตน้ำเป็นต้นทุนประเภทหนึ่งที่เกิดขึ้นในการดำเนินงาน เนื่องจากภารกิจหลักของการประปานครหลวงคือการผลิตน้ำประปา เพื่อให้ประชาชนมีน้ำใช้ในการอุปโภค และบริโภคอย่างเพียงพอ การผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงมาจากโรงงานผลิตน้ำหลัก 4 แห่ง คือ บางเขน สามเสน ธนบุรี และมหาสวัสดิ์ โดยมีกำลังการผลิตดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาณการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำทั้ง 5 โรงงานของการประปานครหลวง

โรงงานผลิตน้ำ	**กำลังการผลิต (ล้านลูกบาศก์เมตร)**
โรงงานผลิตน้ำบางเขน	1,042.2
โรงงานผลิตน้ำสามเสน	166.6
โรงงานผลิตน้ำธนบุรี	51.3
โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์	163.8
โรงงานผลิตน้ำย่อยอื่น	15.1
กำลังการผลิตรวม	**1,439.0**

ที่มา: ข้อมูลการผลิตน้ำประปา รายงานประจำปี ปีงบประมาณ 2543

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในการผลิตน้ำประปา ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบผลิตและส่งน้ำเท่านั้น ซึ่งสายงานนี้มีหน้าที่และความรับผิดชอบในการ กำกับ ดูแล อำนวยการบริหารและการจัดการการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำต่าง ๆ ในการผลิต ส่ง และจ่ายน้ำประปา ตามปริมาณแรงดันและคุณภาพที่กำหนดไว้ในแผนปฏิบัติงานประจำปี งานบำรุงรักษาอุปกรณ์การผลิต การปรับปรุงการผลิตน้ำให้มีประสิทธิภาพ งบประมาณค่าใช้จ่ายในการผลิต และการกำจัดตะกอนอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

งานวิจัยฉบับนี้ ต้นทุนการผลิตน้ำจะแสดงในรูปของต้นทุนการผลิตน้ำต่อหน่วยปริมาณน้ำผลิต (ลบ.ม.) หมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในสายงานระบบผลิตและส่งน้ำต่อปริมาณน้ำผลิต 1 หน่วยลูกบาศก์เมตร เนื่องจากการประปานครหลวงไม่มีค่าใช้จ่ายของการได้มาซึ่งปริมาณ

น้ำดิบที่ใช้ในการผลิต จะมีเพียงแต่ค่าใช้จ่ายในการแปรรูปน้ำดิบให้กลายมาเป็นน้ำประปา โดยรายละเอียดค่าใช้จ่ายมีดังต่อไปนี้

- ค่ากระแสไฟฟ้า
- ค่าสารเคมี
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งประกอบด้วยหมวดการใช้จ่ายย่อย ๆ ดังนี้
  - หมวดเงินเดือนและเงิน พ.ส.ร. : เงินเดือน
  - หมวดลูกจ้างลูกจ้างชั่วคราว: ค่าจ้างลูกจ้างชั่วคราว
  - หมวดค่าตอบแทน: ค่าปฏิบัติงานล่วงเวลา, ค่าเล่าเรียนบุตร, เงินช่วยเหลือบุตร, ค่ารักษาพยาบาล, ค่าบำรุงการศึกษาบุตร, เงินช่วยเหลือค่าน้ำประปา, เงินพิเศษสำหรับผู้ทำงานเป็นกะ, เป็นต้น
  - หมวดค่าใช้สอย: ค่าจ้างเหมาบริการอื่น, ค่าเช่าเครื่องถ่ายเอกสาร, ค่าจ้างเหมาทำความสะอาด, ค่าธรรมเนียมอื่น, ค่าติดตั้งไฟฟ้า, ค่าจ้างเหมาแรงงาน, ค่ารับรองประจำตำแหน่ง, ค่าจ้างเหมาดำเนินการกำจัดตะกอน, ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์, ค่าซ่อมแซมยานพาหนะ, เป็นต้น.
  - หมวดค่าสาธารณูปโภค: ค่าโทรศัพท์, ค่าน้ำประปา, เป็นต้น
  - หมวดค่าวัสดุ: ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์ และวิชาการ, ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์, ค่าวัสดุสำนักงาน, ค่าวัสดุงานบ้านงานครัว, ค่าวัสดุคุ้มครองความปลอดภัย, ค่าวัสดุยานพาหนะ และขนส่ง, ค่าวัสดุเชื้อเพลิงและหล่อลื่น, ค่าวัสดุเคมีภัณฑ์, ค่าวัสดุโฆษณาและเผยแพร่, ค่าวัสดุเพื่อใช้กรองน้ำ, ค่าวัสดุก่อสร้าง, ค่าวัสดุเครื่องใช้ในการต่อท่อ, ค่าวัสดุไฟฟ้า วิทยุและอิเลคโทนิค, ค่าวัสดุในโรงงานและคลังพัสดุ, ค่าวัสดุเครื่องจักรกล, เป็นต้น.
  - งบลงทุน: ครุภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเลคโทนิค, ครุภัณฑ์สำนักงาน, ครุภัณฑ์โรงกรองน้ำ โรงสูบน้ำ บ่อบาดาล, งานปรับปรุงต่อเติมและเปลี่ยนแปลง, เป็นต้น

การคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือ ปริมาณน้ำผลิตที่ผลิตจนถึงกำลังการผลิตน้ำสูงสุด ซึ่งในที่นี้จะใช้ข้อมูลจากรายงานประจำปี ปีงบประมาณ 2543 การประปานครหลวงมีกำลังการผลิตน้ำสูงสุด 1,752 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (4.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน) และปริมาณน้ำผลิตที่ผลิตจากการขยายกำลังการผลิตโดยขยายโรงงานกรองน้ำบางเขน นั่นคือเมื่อโรงงานต้องผลิตน้ำสูงกว่า 1,752 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เพื่อตอบสนองความต้องการใช้น้ำอย่างเพียงพอ

สำหรับต้นทุนของการผลิตน้ำจนกระทั่งปริมาณการผลิตน้ำสูงจนถึงกำลังการผลิตสูงสุดของกาประปานครหลวง นั่นคือ 1,752 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ต้นทุนน้ำผลิตต่อหน่วยปริมาณน้ำ

ผลิตจะใช้ข้อมูลในปีงบประมาณ 2543 เป็นต้นทุนสำหรับการผลิตน้ำประปา โดยมีข้อมูลดังรายละเอียดดังนี้

- โรงงานผลิตน้ำบางเขน ผลิตน้ำ 1042.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ตารางที่ 5.3 แสดงต้นทุนของการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำบางเขน

ต้นทุนการผลิตน้ำประปา	**ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)**	**ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยผลิต (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)**
ค่ากระแสไฟฟ้า	468.99	0.45
ค่าสารเคมี	187.60	0.18
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	281.39	0.27
ต้นทุนน้ำผลิต		**0.90**

- โรงงานผลิตน้ำสามเสน ผลิตน้ำ 166.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ตารางที่ 5.4 แสดงต้นทุนของการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำสามเสน

ต้นทุนการผลิตน้ำประปา	**ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)**	**ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยผลิต (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)**
ค่ากระแสไฟฟ้า	68.31	0.41
ค่าสารเคมี	28.32	0.17
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	123.28	0.74
ต้นทุนน้ำผลิต		**1.32**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- โรงงานผลิตน้ำธนบุรี ผลิตน้ำ 51.3 ล้านลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 5.5 แสดงต้นทุนของการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำธนบุรี

ต้นทุนการผลิตน้ำประปา	**ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)**	**ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยผลิต (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)**
ค่ากระแสไฟฟ้า	26.68	0.52
ค่าสารเคมี	8.72	0.17
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	39.50	0.77
ต้นทุนน้ำผลิต		**1.46**

- โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ ผลิตน้ำ 136.8 ล้านลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 5.6 แสดงต้นทุนของการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์

ต้นทุนการผลิตน้ำประปา	**ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)**	**ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยผลิต (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)**
ค่ากระแสไฟฟ้า	88.45	0.54
ค่าสารเคมี	31.12	0.19
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	72.07	0.44
ต้นทุนน้ำผลิต		**1.17**

- โรงงานผลิตน้ำย่อยอื่น ๆ ผลิตน้ำ 15.1 ล้านลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 5.7 แสดงต้นทุนของการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำย่อยอื่น ๆ

ต้นทุนการผลิตน้ำประปา	**ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)**	**ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยผลิต (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)**
ค่ากระแสไฟฟ้า	11.48	0.76
ค่าสารเคมี	0.10	0.06
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	41.37	2.74
ต้นทุนน้ำผลิต		**3.56**

จากต้นทุนของโรงงานผลิตน้ำประปาทั้ง 5 โรงงาน การประปานครหลวงได้รวบรวมข้อมูลที่ปรากฏอยู่ด้านบนมาเป็นต้นทุนเฉลี่ยของการผลิตน้ำประปาดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 แสดงต้นทุนเฉลี่ยของการผลิตน้ำประปา

ต้นทุนการผลิตน้ำประปา	**บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำผลิต**
ค่ากระแสไฟฟ้า	0.46
ค่าสารเคมี	0.18
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	0.38
ต้นทุนน้ำผลิต	**1.02**

การคำนวณหาต้นทุนการผลิตน้ำจนปริมาณการผลิตมีกำลังการผลิตน้ำสูงสุด 1,752 ล้านลูกบาศก์เมตร จะใช้ต้นทุนน้ำผลิตต่อหน่วยปริมาณน้ำผลิต (audited) เท่ากับ 1.02 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำผลิต ดังสมการที่แสดงอยู่ด้านล่างนี้

$$\text{ต้นทุนผลิตน้ำ}_{(1752\ \text{ลบ.ม.})} = \text{กำลังการผลิต (ล้านลบ.ม.)} * \text{ต้นทุนการผลิตน้ำผลิต (บาทต่อลบ.ม.)}$$

ส่วนต้นทุนการผลิตน้ำในกรณีที่ปริมาณน้ำผลิตสูงกว่ากำลังการผลิตน้ำสูงสุดที่มีอยู่ในปัจจุบัน (1,752 ล้านลูกบาศก์เมตร) การขยายกำลังการผลิตโดยการสร้างโรงกรองน้ำเพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการการใช้น้ำของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องคำนึงถึง โดยงานวิจัยฉบับนี้ใช้ปริมาณความต้องการน้ำประปาในอนาคตจากแผนการให้บริการระยะยาวของการประปานครหลวงเป็นค่าในการคำนวณหาปริมาณน้ำผลิต ส่วนการขยายโรงกรองน้ำจะใช้ข้อมูลการขยายโรงกรองน้ำที่โรงงานผลิตน้ำบางเขน โดยข้อมูลการผลิตน้ำของสำนักการผลิตน้ำบางเขน ประจำเดือน กรกฎาคม 2544 มีรายละเอียดดังนี้

สำนักการผลิตน้ำบางเขน ประกอบด้วย 2 หน่วยงาน คือ ฝ่ายควบคุมการผลิตน้ำ และฝ่ายบริการโรงงาน โดยฝ่ายควบคุมการผลิตน้ำ มีหน้าที่รับผิดชอบในการกำกับดูแล อำนวยการและควบคุมการผลิตน้ำตามขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตน้ำ ได้แก่ การผลิต การสูบส่งน้ำ การใช้สารเคมี กระแสไฟฟ้า รวมทั้งอุปกรณ์ในการสูบจ่ายน้ำ และการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ควบคุมการบริหาร และจัดการงานระบบกำจัดตะกอนให้มีประสิทธิภาพ สามารถรองรับปริมาณตะกอนจำนวนมาก ที่เพิ่มขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำ มิให้ก่อปัญหาด้านมลภาวะสิ่งแวดล้อมและปัญหาร้องเรียน โดยการวางแผน จัดเตรียมพื้นที่กำหนดรูปแบบการกำจัดตะกอน และการขน

ตะกอนที่กำจัดออกแล้วออกนอกพื้นที่ ส่วนฝ่ายบริการโรงงาน มีหน้าที่ความรับผิดชอบในการวางแผน จัดรูปงาน อำนวยการและควบคุมเกี่ยวกับการบำรุงรักษา ซ่อมแซม ติดตั้ง ปรับปรุงแก้ไข เครื่องจักรกล อุปกรณ์ไฟฟ้า ระบบควบคุมเครื่องวัด และอุปกรณ์สื่อสารที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตและสูบส่งน้ำของสำนักการผลิตน้ำบางเขน รวมทั้งกำหนดมาตรฐานรายละเอียดของเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ ที่ต้องจัดหาหรือจัดจ้าง เมื่อจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงใหม่

- ปริมาณการสูบน้ำดิบ 96,540,455 ลบ.ม.
- ปริมาณน้ำผลิตจ่าย 91,204,951 ลบ.ม.
- ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิต 1,116,543 ลบ.ม.
  - น้ำที่ใช้ในการล้างบ่อกรอง 916,593 ลบ.ม.
  - น้ำระบายจากถังตกตะกอน 199,950 ลบ.ม.

- ค่าสารเคมี 23,882,776.86 บาท

ตารางที่ 5.9 แสดงการใช้สารเคมีในการผลิตน้ำโรงงานผลิตน้ำบางเขน

สารเคมี	**บาท/ตัน**	**อัตราการใช้ (มก./ลิตร)**	**จำนวนที่ใช้ (ตัน)**	**จำนวนเงิน (บาท)**
สารส้ม	3,530	50-68	5,240.514	18,499,014.42
ปูนขาว	2,400	-	-	-
คลอรีน	4,799	1.3-4.7	350.825	1,683,609.18
Polyeletrolyte	102,500	0.03-0.07	5.580	571,950.00
PACY	5,460	12-18	572.931	3,128,203.26
รวม				**23,882,776.86**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ค่าไฟฟ้า 28,996,709 บาท

ตารางที่ 5.10 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตน้ำบางเขน

หน่วยงาน	**พลังงานไฟฟ้า** (kw. H)	**ค่าไฟฟ้า (บาท)**
ระบบผลิตน้ำ	4,216,736	8,841,883
สถานีสูบจ่ายน้ำ	2,024,568	4,245,236
สถานีสูบส่งน้ำ	7,458,642	15,639,691
หน่วยงานอื่น	128,718	269,899
รวม		**28,996,709**

- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 20,977,850.78 บาท

ตารางที่ 5.11 แสดงค่าใช้จ่ายในหมวดต่าง ๆ ในโรงงานผลิตน้ำบางเขน

หมวดค่าใช้จ่าย	**บาท**
หมวดเงินเดือน และเงิน พ.ส.ร.	4,147,080.00
หมวดลูกจ้างลูกจ้างชั่วคราว	44,370.00
หมวดค่าตอบแทน	719,519.21
หมวดค่าใช้สอย	2,408,477.48
หมวดค่าสาธารณูปโภค	34,365.03
หมวดค่าวัสดุ	3,634,364.63
หมวดงบลงทุน	9,989,674.43
รวม	**20,977,850.78**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต้นทุนการผลิตน้ำต่อหน่วยปริมาณน้ำผลิตของโรงงานผลิตน้ำบางเขนมีดังนี้

ตารางที่ 5.12 แสดงต้นทุนการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำบางเขน
ณ เดือน กรกฎาคม 2544

ต้นทุนการผลิตน้ำประปา	บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำผลิต
ค่ากระแสไฟฟ้า	0.32
ค่าสารเคมี	0.26
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	0.23
ต้นทุนน้ำผลิต	**0.81**

ที่มา: ผลการปฏิบัติงานประจำเดือน กรกฎาคม 2544 สำนักการผลิตน้ำบางเขน

จากข้อมูลของโรงงานผลิตน้ำบางเขนด้านบน ซึ่งเป็นโรงงานผลิตน้ำที่มีอายุการใช้งานมานาน ในที่นี้จึงไม่สามารถนำต้นทุนที่แสดงอยู่ด้านบนมาใช้ได้ เนื่องจากโรงกรองน้ำที่สร้างขึ้นใหม่เพื่อขยายกำลังการผลิตนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าของเก่าที่มีอยู่ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตน้ำควรจะลดต่ำกว่าที่เป็นอยู่ในขณะนี้ จึงทำให้ต้องหาต้นทุนการผลิตน้ำจากการขยายกำลังการผลิต เพื่อใช้ในการคำนวณหาต้นทุนการผลิตน้ำของโรงกรองน้ำใหม่ จากข้อมูลของกองออกแบบงานโยธาของการประปานครหลวง โรงงานผลิตน้ำในเฟสใหม่มี yield of production 95% (ที่มา : กองออกแบบงานโยธา การประปานครหลวง) จึงทำให้ต้นทุนการผลิตน้ำต่อหน่วยปริมาณน้ำผลิตเป็นดังนี้

ตารางที่ 5.13 แสดงต้นทุนการผลิตน้ำโรงงานผลิตน้ำบางเขน (กรณีขยายกำลังการผลิต)

ต้นทุนการผลิตน้ำประปา	บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำผลิต
ค่ากระแสไฟฟ้า	0.30
ค่าสารเคมี	0.25
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	0.22
ต้นทุนน้ำผลิต	**0.77**

$$\text{ต้นทุนผลิตน้ำ}_{\text{(ขยายกำลังการผลิต)}} = \text{กำลังการผลิต (ล้านลบ.ม.)} * \text{ต้นทุนการผลิตน้ำผลิต (บาทต่อลบ.ม.)}$$

ดังนั้นในการคำนวณหาต้นทุนการผลิตน้ำรวมจะต้องดูว่าปริมาณน้ำผลิตในแต่ละปีเกินกำลังการผลิตสูงสุด (1,752 ล้านลูกบาศก์เมตร) หรือไม่ ถ้าปริมาณน้ำผลิตสูงกว่ากำลังการผลิตสูงสุด ปริมาณส่วนที่เกิดจะต้องผลิตด้วยกำลังการผลิตของโรงงานผลิตน้ำที่ขยายเพิ่มขึ้น ดังนั้นต้นทุนการผลิตน้ำรวมสามารถคำนวณได้ด้วยสมการดังนี้

$$\text{ต้นทุนการผลิตน้ำรวม} = \text{ต้นทุนผลิตน้ำ}_{(1752)} + \text{ต้นทุนผลิตน้ำ}_{(\text{ขยายกำลังการผลิต})}$$

ต้นทุนค่าน้ำประปาที่แสดงอยู่ด้านบนเป็นเพียงต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของฝ่ายผลิตและส่งน้ำเท่านั้น เนื่องจากภารกิจของการประปานครหลวงยังต้องมีค่าใช้จ่ายอื่นที่นอกเหนือจากการผลิต ซึ่งนั่นก็คือ งานบริการและจำหน่าย และ งานบริหารและดำเนินการ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ล้วนแต่ต้องนำมาคิดเป็นต้นทุนของน้ำประปาด้วยทั้งนั้น ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จะแยกต้นทุนออกเป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนแปรผัน และต้นทุนคงที่ โดยต้นทุนแปรผันจะหมายถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของฝ่ายผลิตและส่งน้ำ ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนค่ากระแสไฟฟ้า ค่าสารเคมี และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่กล่าวไว้แล้วด้านบน ส่วนต้นทุนคงที่จะเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของฝ่ายบริการและจำหน่าย และ ฝ่ายบริหารและดำเนินการ โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้

จากข้อมูลต้นทุนค่าน้ำประปา สำหรับงวด 1 เดือน สิ้นสุดวันที่ 31 ตุลาคม 2543 ของกองบัญชีต้นทุน การประปานครหลวง มีข้อมูลดังนี้

- ปริมาณน้ำผลิต 122.7 ล้านลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณน้ำจำหน่าย 75.8 ล้านลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณน้ำขาย 75.4 ล้านลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณน้ำอื่น 0.4 ล้านลูกบาศก์เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.14 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปาของทั้งองค์กร

รายการ	**ผลิตและส่งน้ำ (ล้านบาท)**	**บริการและจำหน่าย (ล้านบาท)**	**บริหารและดำเนินการ (ล้านบาท)**	**รวม (ล้านบาท)**
เงินเดือน, ค่าจ้าง, ค่าตอบแทน	30.0	9.12	39.7	160.9
ค่าไฟฟ้า	45.8	1.5	0.9	48.2
ค่าสารเคมี	17.4	-	-	17.4
ค่าจ้างเหมาดำเนินการ	4.6	6.7	2.5	13.8
ค่าวัสดุ	1.4	8.1	3.2	12.7
ค่าใช้จ่ายดำเนินการอื่น	1.9	1.6	2.0	5.5
รวม ค่าใช้จ่ายดำเนินงาน	**101.1**	**109.1**	**48.3**	**258.5**
ค่าเสื่อมราคา	127.9	118.6	4.0	250.5
รายจ่ายตัดจ่าย	-	26.0	-	26.0
หนี้สงสัยจะสูญ	-	1.6	-	1.6
ดอกเบี้ยจ่ายและค่าธรรมเนียมผูกพันเงินกู้	87.9	24.3	0.9	113.1

ข้อมูลที่แสดงอยู่ในตารางด้านบน การคำนวณหาต้นทุนคงที่จะคำนึงเฉพาะค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเท่านั้น ซึ่งจากตารางจะพบว่า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของฝ่ายบริการและจำหน่าย และฝ่ายบริหารและดำเนินงาน เท่ากับ 157.4 ล้านบาทต่อเดือน หรือประมาณ 1,888.8 ล้านบาทต่อปี

ในการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ งานวิจัยฉบับนี้จะคำนึงถึงเฉพาะต้นทุนแปรผัน ซึ่งเป็นต้นทุนที่ใช้ในการผลิตน้ำเท่านั้น เนื่องจากค่าใช้จ่ายดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิต ส่วนต้นทุนคงที่จะเป็นต้นทุนที่เท่ากันตลอดทุกปี และทุกทางเลือก ดังนั้นในการเปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม (Incremental Cost) จึงไม่นำต้นทุนคงที่เข้ามาวิเคราะห์ในการวิเคราะห์โครงการ

5.2.2. เงินลงทุนการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำ

กำลังการผลิตสูงสุดของการประปานครหลวงในขณะนี้ (ข้อมูลจากปีงบประมาณ 2543) การประปานครหลวงมีกำลังการผลิตสูงสุดอยู่ที่ 4.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ 1,752 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เนื่องจากในการคำนวณปริมาณน้ำผลิตโดยใช้การประมาณการของความต้องการการใช้น้ำในอนาคตจากแผนการให้บริการระยะยาว ของการประปานครหลวงซึ่งมีความต้องการที่เพิ่มขึ้นตลอดทุกปี ดังนั้นการสร้างหรือการขยายกำลังการผลิตของโรงงานผลิตน้ำจึงต้องคำนึงถึงเมื่อกำลังการผลิตที่มีอยู่นั้นมีไม่เพียงพอที่จะผลิตน้ำเพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้น้ำได้

จากการศึกษาของการประปานครหลวงพบว่ากำลังการผลิตที่เหมาะสมในการขยายโรงงานผลิตน้ำนั้น จะต้องสอดคล้องกับระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างและความต้องการใช้น้ำประปาที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี โดยการประปานครลวงได้กำหนดไว้ว่า 1 เฟสที่ต้องการขยายจะมีกำลังการผลิต 400,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 4 ปี เพื่อที่จะรองรับการขยายตัวของการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นปีละ 100,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้ 1 หน่วยการขยายกำลังการผลิตมีขนาดเท่ากับ 400,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยการคำนวณจำนวนหน่วยของการขยายกำลังการผลิตคือ

$$\ddot{O}^{1}\zeta^{1}\grave{a}\iquest\hat{E}\cdot\tilde{O}\grave{e}\mu\acute{e}\acute{I}\S\cent\hat{A}\grave{O}\hat{A} = \frac{(\raquo\tilde{A}\hat{O}\acute{A}\grave{O}^{31}\acute{O}\ae\hat{W}\mu\ddot{}\grave{e}\grave{O}\hat{A}752)}{0.4*365}$$

โดยจำนวนหน่วยที่คำนวณได้จะต้องปัดขึ้นเป็นจำนวนเต็มเสมอ เนื่องจากหนึ่งหน่วยของกำลังการผลิตถูกกำหนดไว้ที่ 400,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

รายละเอียดการก่อสร้างการขยายหน่วยของกำลังการผลิตและเงินลงทุน ในที่นี้จะใช้ข้อมูลกรณีศึกษาของการขยายกำลังการผลิตที่โรงงานผลิตน้ำบางเขน โดยการก่อสร้างนี้จะเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดเอาไว้ใน Master Plan for Water Supply and Distribution ซึ่งมีข้อกำหนดดังนี้

- สถานีสูบน้ำดิบ (Raw Water Intake Pumping Station) จะเป็นการติดตั้งระบบเครื่องสูบน้ำ โดยจะทำการสูบน้ำดิบเข้าสู่อุโมงค์จ่ายน้ำดิบ (Raw Water Distribution Channel) เพื่อส่งน้ำต่อไปยังบ่อตกตะกอน (Clarifiers) ประสิทธิภาพของสถานีสูบน้ำดิบมีดังนี้

กำลังการผลิต (Capacity)	2.43 m^3/sec หรือ 145.8 CMM
แรงดัน (Rate Head)	16.3 m
กำลังมอเตอร์ (Motor Capacity)	570 Kw
ความเร็วรอบ (Speed)	590-735
จำนวน	3
การควบคุมความเร็ว (Speed Control)	variable pump 2 ตัวพร้อม VVVF และ fixed pump 1 ตัว

- บ่อตกตะกอน (Clarifier Units) มีหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้างดังนี้

ความจุ (Design Capacity)	210,000 CMD
จำนวน	2
อัตราการไหล (Up Flow Rate)	ไม่เกิน 38 m/hr หรือ 63 mm/min
ระยะเวลา (Retention Time)	ไม่น้อยกว่า 90 min
ระยะเวลาตกตะกอน (Retention time for flocculation or reaction zone)	ไม่น้อยกว่า 30 min

- บ่อกรอง (Filter Units) มีหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้างดังนี้

ความจุ (Design Capacity)	206,000 CMD
อัตราการกรอง (Filtration Rate)	12 m/hr หรือ 288 m/day
จำนวน	8-10 units
ตัวกรอง (Media)	1 ตัวกรอง หรือ 2 ตัวกรอง
Back Washing Rate กรณี ตัวกรองชั้นเดียว (Single Media)	น้ำ : 0.2-0.4 m^3/min อากาศ : 1.0 m^3min
Back Washing Rate กรณี ตัวกรองสองชั้น (Dual Media)	น้ำ : 0.5-1.0 m^3/min อากาศ : 1.2 m^3min
ระบบระบายน้ำ (Under Drain)	บล็อคเจาะรู (Perforated Block) หรือ หัวกรอง (Under Drain Nozzle)

- ถังเก็บน้ำใส (Clear Water Reservoir) มีปริมาตร 60,000 ลบ.ม. ซึ่งจะเก็บน้ำสะอาดที่ผ่านการกรองจากบ่อกรองน้ำเรียบร้อยแล้วมาเก็บไว้เพื่อการสูบจ่ายน้ำต่อไป โดยถังเก็บน้ำใสนี้จะรวมการก่อสร้างห้องเก็บคลอรีนที่ต้องเติมเพื่อเป็นการฆ่าเชื้อโรคน้ำที่ผ่านการกรองแล้วก่อนส่งน้ำให้กับผู้บริโภคต่อไป
- โรงงานน้ำประปา (Plant Water Facilities) เป็นสถานที่ที่ใช้ในการเติมสารเคมีและการจ่ายน้ำเพื่อใช้ในองค์กร เครื่องสูบน้ำ (Plant Water Service Pump) นี้จะถูกติดตั้งในถังเก็บน้ำใสโดยมีรายละเอียดดังนี้

ชนิดของปั๊ม	Vertical mixed flow
ปริมาตร (Capacity)	12 CMM
แรงดัน (Rate Head)	45 m
กำลังมอเตอร์ (Motor Capacity)	150 Kw
ตัวควบคุมความเร็ว (Speed Control)	VVVF ในช่วง 100%-70%
จำนวน	3

- บ่อกำจัดตะกอน (Sludge Treatment Lagoon) จำนวน 3 บ่อ ซึ่งจะมีพื้นที่ผิวหน้ารวมทั้งหมด 36,700 ตร.ม. ขั้นตอนการกำจัดตะกอนหรือของเสียมีดังนี้
  - ตะกอนจากบ่อตกตะกอนที่เก็บไว้ในบ่อตะกอนปริมาตร 550 ลบ.ม. ที่สร้างไว้ใต้บ่อตกตะกอนจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังบ่อกำจัดตะกอน
  - น้ำเสียที่เกิดจากการทำความสะอาดบ่อกรองน้ำ (Back Washing) จะถูกส่งกลับไปเก็บยังถังเก็บน้ำรอการฟื้นฟูสภาพและจะถูกส่งต่อไปยังท่อส่งน้ำดิบเพื่อเข้าสู่ระบบผลิตน้ำอีกครั้ง
  - บ่อกำจัดตะกอนจะใช้เวลาในการกำจัดตะกอนนาน 120 วันหรือ 4 เดือน โดยจะมีขั้นตอนในการรวบรวมตะกอนเป็นเวลา 40 วัน และใช้เวลาในการตากแห้งตะกอนนาน 80 วัน
- ตึกเก็บและจ่ายสารเคมี (Chemical Feeding Facilities) เนื่องจากมีสารเคมีหลายชนิดที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา ดังนั้นการออกแบบกำลังการผลิตของเครื่องจ่ายสารเคมีจะเป็นไปตามความต้องการในการใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ ในระบบผลิตน้ำ ดังนี้

➢ ตัวจ่ายปูนขาว (Alum Dosing Facilities)

Item	Description	Unit
ถังเก็บปูนขาว	Steel และ rubber lining, ปริมาตร 750 m^3	2
ปั๊มสูบส่ง (Transferred pump)	Horizontal Centrifugal Chemical Pump 300 l/min * 20 m * 3.7 kw	3
ปั๊มจ่ายปูนขาว (Alum Feed Pump)	Diaphragm Type Metering Pump 31 l/min * 0.49 Mpa * 1.50 kw	3
ปั๊มสูบของเสีย (Sump Pump)	200 l/min * 7 m * 0.75 kw	2

➢ ตัวจ่ายโพลิเมอร์ (Polymer Feeder)

Item	Description	Unit
ระบบเตรียมสารละลาย (Solution Preparation System)	Package type, automatic batch solution with power feeder, mixed device, aging tank with mixer, piping control panel Mixer 0.75 kw * 2 Feeder 0.2 kw *1	2
ปั๊มจ่ายโพลีเมอร์ (Polymer Feeder Pump)	2 stages, positive displacement, progressing cavity with variable speed drive: 60 l/min * 0.58 Mpa * Max 500 rpm * 3.7 kw	3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

➢ ตัวจ่ายปูนขาว-ก่อน (Pre-Lime Feeder)

Item	Description	Unit
หอเก็บปูนขาว (Lime Silo)	ปริมาตร 100 ลบ.ม.	4
ตัวผสมน้ำในปูนขาวพร้อมตัวกรอง (Lime Slaker with Screen Feeder)	Screen Feeder: 1,070 kg/hr * 0.75 kw, Agitator: 1.5 kw, Extractor: 2.2 kw, Fan: 1.1 kw	8
ถังเก็บน้ำปูนขาว (ใหญ่)	RC. 85 m^3	2
ถังเก็บน้ำปูนขาว (เล็ก)	RC. 52 m^3	2
ตัวจ่ายน้ำปูนขาว (Lime Feeder)	75 l/min * 0.49 Mpa * Max 250 rpm * 3.7 kw	3

➢ ตัวจ่ายปูนขาว-หลัง (Post Lime Feeder)

Item	Description	Unit
หอเก็บปูนขาว (Lime Silo)	ปริมาตร 100 ลบ.ม.	4
ตัวผสมน้ำในปูนขาวพร้อมตัวกรอง (Lime Slaker with Screen Feeder)	Screen Feeder: 150 kg/hr * 0.75 kw, Agitator: 1.5 kw, Extractor: 2.2 kw, Fan: 1.1 kw	8
ถังเก็บน้ำปูนใส (ใหญ่)	RC. 85 m^3	2
ถังเก็บน้ำปูนใส (เล็ก)	RC. 52 m^3	2
ตัวจ่ายน้ำปูนขาว (Lime Feeder)	75 l/min * 0.49 Mpa * Max 250 rpm * 3.7 kw	3
ตัวให้ความชื้น (Saturator)	Circulation contact type: 16 m dia	2
ปั๊มสูบของเสีย (Sump Pump)	250 l/min * 10 m * 2.0 kw	2

- Chlorination สิ่งปลูกสร้างนี้จะรวมงาน Per-Chlorination และ Post Chlorination เอาไว้ด้วยกันแล้ว

Item	Description	Unit
ตัวยกถังบรรจุคลอรีน (Chlorine Container Handling Hoist)	2 ตัน	2
เครื่องระเหย (Evaporator)	190 kg/hr * 11 kw * 3 =33 kw	5
Chlorinator	190 kg/hr	5
Booster Pump สำหรับสารละลายคลอรีน	Horizontal Volute Pump สำหรับ Pre-Chlorine 1.2 m^3 * 60 m *22 kw	3
Booster Pump สำหรับสารละลายคลอรีน	Horizontal Volute Pump สำหรับ Post Chlorine 1.2 m^3 * 60 m *22 kw	3
ระบบทำให้เป็นกลาง (Neutralization System)	Caustic Soda Tank, Circulation Pump, Blower, Piping System	1

- ตัวจ่ายผงกัมมันต์ (Activated Carbon Feeder)

Item	Description	Unit
ถังเก็บสารละลาย (Slurry Storage Tank)	RC. 70 m^3	3
ตัวจ่ายสารละลาย (Slurry Feed Pump)	Positive Displacement with Variable Speed Drive: 175 l/min * 0.39 Mpa * Max 150 rpm * 5.5 kw	2
ตัวยกถัง (Motorized Handling Hoist)	2 ตัน	2
ตัวกำจัดสิ่งสกปรก (Dust Collector)	Dry filter type	2
ปั๊มจ่ายของเสีย (Sump Pump)	250 l/min * 10 m * 2.0 kw	2

- ตัวจ่ายสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulphate Feeder)

Item	Description	Unit
ถังเก็บคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulphate Storage Tank)	RC. 17 m^3, mixer 2.2 kw	2
ปั๊มจ่ายคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulphate Feed Pump)	Diaphragm Type Metering Pump 18 l/min * 0.68 Mpa * 1.50 kw	3

- ตัวจ่ายสารละลายโปแทสเซียมเปอร์มังกาเนส (Potassium Permanganate Feed Pump)

Item	Description	Unit
ถังเก็บสารละลายโปแทสเซียมเปอร์มังกาเนส (Potassium Permanganate Storage Tank)	RC. 21 m^3 , mixer 2.2 kw	2
ตัวจ่ายโปแทสเซียมเปอร์มังกาเนส (Potassium Permanganate Feeder Pump)	Diaphragm Type Metering Pump 36.5 l/min *0.68 Mpa * 1.50 kw	3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การก่อสร้างจะใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 28 เดือน และระยะเวลาในการทดลองใช้งาน (Commission Testing) อีก 2 เดือน รวมเป็นระยะเวลาในการขยายกำลังการผลิต 30 เดือน โดยมีกระแสเงินสดลงทุนดังนี้

ปีที่	เงินลงทุน (ล้านบาท)
1	-194
2	-200.6
3	-204.2
4	-862.7
รวม	**-1461.5**

5.2.3. เงินลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปา

สำหรับทางเลือกในการซ่อมระบบประปาในที่นี้จะแบ่งการศึกษาทางเลือกในการซ่อมออกเป็น 4 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 จะเป็นการปรับปรุงระบบประปาให้มีระดับความสูญเสียลดลง โดยอาศัยข้อมูลโครงการลดน้ำสูญเสียที่ระดับร้อยละ 30 ของการประปานครหลวง ซึ่งเป็นการปรับปรุงระบบประปาโดยการนำเอาเทคโนโลยีมาควบคุมการสูบจ่ายน้ำและนำระบบตรวจสอบพื้นที่มาใช้ในการตรวจสอบจุดรั่วไหลของระบบประปาเพื่อลดระดับน้ำสูญเสีย และจะรักษาระดับความสูญเสียให้คงที่ตลอดอายุโครงการ โดยเงินลงทุนในโครงการปรับปรุงระบบประปาจะนำข้อมูลมาจากการศึกษาโครงการของการประปานครหลวง

กรณีที่ 2 จะเป็นการลดน้ำสูญเสียโดยใช้การเปลี่ยนท่อประปาที่หมดอายุการใช้งานออกจากระบบจำนวนหนึ่งจนระบบมีประสิทธิภาพการจ่ายน้ำในระดับที่ต้องการ และจะทำการควบคุมระดับความสูญเสียให้คงที่ตลอดอายุการวิเคราะห์โครงการ

กรณีที่ 3 จะเป็นการรักษาระดับความสูญเสียให้คงที่ตั้งแต่ปีฐานไปตลอดอายุการวิเคราะห์โครงการ โดยจะไม่มีเงินลงทุนในการปรับปรุงระบบประปา แต่จะมีเงินลงทุนในส่วนของการบำรุงรักษาระบบประปาให้มีประสิทธิภาพการจ่ายน้ำประปาและรักษาระดับน้ำสูญเสียให้คงที่ตลอดอายุโครงการ

กรณีที่ 4 จะเป็นการศึกษาระดับความสูญเสียที่มากกว่าระดับที่เป็นอยู่ในปีฐาน โดยจะปล่อยให้ระบบมีความสูญเสียเพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นซึ่งในที่นี้จะให้ระบบมีความสูญ

เสียในช่วงระดับ ร้อยละ 50 แล้วจึงเริ่มต้นทำการบำรุงรักษาระบบเพื่อควบคุมความสูญเสียให้คงที่ตลอดอายุในการวิเคราะห์โครงการ

ส่วนทางเลือกในการสร้างหรือขยายกำลังการผลิตโรงงานการผลิตน้ำจะไม่มีเงินทุนที่ใช้ในการปรับปรุงระบบประปา เพราะจะเป็นทางเลือกที่ปล่อยให้ระดับความสูญเสียเพิ่มขึ้นตลอดตามประสิทธิภาพที่ลดลงเนื่องจากอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้น โดยไม่มีการเปลี่ยนท่อหมดอายุออกจากระบบและไม่มีการบำรุงรักษาระบบเพื่อควบคุมระดับน้ำสูญเสีย

5.2.4. การบำรุงรักษาระบบให้ระดับความสูญเสียคงที่ที่ระดับการสูญเสียต่าง ๆ

เงินลงทุนที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบประปาให้มีอัตราน้ำสูญเสียคงที่ที่ระดับการสูญเสียต่าง ๆ เกี่ยวข้องกับกิจกรรม 2 อย่างคือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสำรวจและซ่อมท่อรั่วที่พบทั้งบนดินและใต้ดิน และเงินลงทุนที่ใช้ในการเปลี่ยนท่อและอุปกรณ์ประปาที่หมดอายุ เพื่อรักษาระดับน้ำสูญเสียให้คงที่ที่ระดับที่ต้องการตลอดอายุการวิเคราะห์โครงการ โดยสมมติฐานที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบประปามีดังนี้

- ความยาวท่อประปา ณ ต้นปีที่ 1 ยาว 18,000 กิโลเมตร
- ความยาวท่อของระบบประปามีการขยายตัวในอัตราร้อยละ 5 ต่อปี
- ค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อแตกรั่วเฉลี่ย 1,000 บาทต่อจุด
- ค่าใช้จ่ายในการสำรวจหาท่อแตกรั่วซึมใต้ดินเฉลี่ย 2,000 บาทต่อกิโลเมตร
- ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อหมดอายุใช้งานเฉลี่ย 1.5 ล้านบาทต่อกิโลเมตร

5.3. การวิเคราะห์ปัจจัยในการเริ่มต้นโครงการ

ในปัจจุบันการประปานครหลวงมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 4.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือเท่ากับ 1,752 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในปีงบประมาณ 2543 การประปานครหลวงมีความจำเป็นต้องผลิตน้ำประปา 1,439 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีเพื่อรองรับความต้องการในการใช้น้ำของประชาชน และ ปริมาณน้ำประปาที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการรั่วในระบบสูบจ่ายน้ำ ซึ่งมีอัตราน้ำสูญเสียอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 38.30 เนื่องจากในปี 2543 นี้การประปายังมีกำลังการผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการการผลิตน้ำประปาอยู่ ในการเปรียบเทียบการลงทุนระหว่างโครงการปรับปรุงระบบประปากับโครงการขยายกำลังการผลิตเพื่อชดเชยความสูญเสียที่เพิ่มจึงไม่เหมาะสมที่นำปี

ดังกล่าวมาเป็นปีฐานในการวิเคราะห์โครงการ ดังนั้นการวิเคราะห์ปีฐานในการเริ่มต้นการทำโครงการโดยปีฐานควรจะเป็นปีที่กำลังการผลิตมีไม่เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตน้ำ ตารางที่ 5.15 เป็นการประมาณความต้องการการผลิตน้ำโดยเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตน้ำสูงสุดที่มีอยู่

ตารางที่ 5.15 แสดงความต้องการการผลิตน้ำเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตน้ำในปัจจุบัน

ปีงบประมาณ	ปีที่	ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	% น้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	กำลังการผลิตสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)	หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	ปริมาณน้ำจำหน่าย (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำอื่น (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำขาย (ล้าน ลบ.ม.)
2543	0	858.30	38.30%	1,439.00	1,752.00		880.00	6.00	874.00
2544	1	874.10	39.83%	1,452.77	1,752.00		874.10	6.90	867.20
2545	2	890.30	41.43%	1,519.94	1,752.00		890.30	7.00	883.30
2546	3	911.40	43.08%	1,601.26	1,752.00		911.40	7.20	904.20
2547	4	941.00	44.81%	1,704.88	1,752.00	1 unit	941.00	7.40	933.60
2548	5	971.30	46.60%	1,819.00	1,898.00		971.30	7.70	963.60

จากตารางที่ 5.15 จะเห็นได้ว่าปีที่เร็วที่สุดในการเริ่มต้นทำโครงการลดน้ำสูญเสียในที่นี้คือที่ปีงบประมาณ 2547 จะเป็นปีที่กำลังการผลิตน้ำมีไม่เพียงพอที่จะผลิตน้ำได้ตามความต้องการ นั่นคือในปีนี้จะต้องเลือกการลงทุนว่าจะเลือกการลงทุนในโครงการซ่อมหรือปรับปรุงระบบประปาหรือจะทำการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำเพื่อชดเชยความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น โดยในที่นี้การวิเคราะห์ปีฐานในการเริ่มต้นการลงทุนจะปล่อยให้ระบบสูญเสียไปเรื่อยๆ ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2543 โดยไม่มีการลงทุนใด ๆ เลยกับระบบประปา จะมีเพียงแต่การซ่อมท่อที่แตกรั่วที่พบเห็นเท่านั้น นั่นคือปีเริ่มต้นที่เร็วที่สุดที่จะทำได้ในการเลือกทำโครงการก็คือปีงบประมาณ 2547 โดยเทียบเท่ากับปี 0 ในการเริ่มต้นการวิเคราะห์โครงการและจะทำการวิเคราะห์โครงการต่อไปอีก 15 ปี

5.4. การศึกษาทางเลือกในโครงการลดน้ำสูญเสีย

จากการกำหนดทางเลือกและการวิเคราะห์ปีเริ่มต้นโครงการลดน้ำสูญเสียทำให้งานวิจัยนี้ได้แบ่งทางเลือกที่ใช้ในการศึกษาออกเป็น 2 ทางเลือกดังนี้

- ทางเลือกที่ 1 การซ่อม ปรับปรุง และบำรุงรักษาระบบประปาเพื่อรักษาระดับการสูญเสียของระบบประปา โดยในที่นี้จะทำการรักษาระดับการสูญเสียเป็น 5 ช่วงดังนี้

  กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35

  กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40

  กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45

  กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป

- ทางเลือกที่ 2 การสร้างหรือการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำเพื่อชดเชยความสูญเสีย โดยใช้ปีเริ่มต้นโครงการที่ปีงบประมาณ 2547 เป็นปีที่ 0 ในการวิเคราะห์โครงการ ซึ่งเป็นปีที่กำลังการผลิตที่มีอยู่ในปัจจุบันไม่เพียงพอกับปริมาณน้ำประปาที่ต้องผลิต ดังนั้นจึงต้องเลือกการลงทุนระหว่างการซ่อมระบบประปาเพื่อควบคุมระดับความสูญเสีย หรือการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำเพื่อชดเชยความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น

5.4.1. สมมติฐานที่ใช้ในการกำหนดปัจจัยเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย

สมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดปัจจัยเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย ในที่นี้จะกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับเงินลงทุนคือ ค่าใช้จ่ายการผลิตน้ำประปา เงินลงทุนในการปรับปรุงระบบประปา เงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำ และเงินลงทุนในการบำรุงรักษาระบบประปา โดยสมมติฐานที่ใช้ในการศึกษาโครงการมีดังนี้

- การขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำ ในที่นี้จะทำการศึกษากรณีการขยายกำลังการผลิตที่โรงงานผลิตน้ำบางเขน โดยการขยายกำลังการผลิตนี้จะเพิ่มกำลังการผลิตหน่วยละ 400,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (146 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี) ให้เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี ราคาค่าขยายกำลังการผลิตเท่ากับหน่วยละ 1,461.5 ล้านบาท
- การเปลี่ยนท่อหมดอายุการใช้งานเพื่อปรับปรุงระบบประปาในงานลดน้ำสูญเสีย จากภาพที่ 4.6 แสดงอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพในการส่งจ่ายน้ำของท่อประปาตามอายุการใช้งาน สรุปได้ว่า ท่อประปามีอายุการใช้งาน 25 ปี โดยเฉลี่ยจะต้องทำการเปลี่ยนท่อประปาหมดอายุการใช้งานเฉลี่ยปีละ 4%ของความยาวท่อทั้งหมด เพื่อรักษาระดับความสามารถ

ในการควบคุมอัตราน้ำสูญเสียของระบบประปาให้คงที่ และจากข้อมูลในภาคผนวก ค. การประเมินอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปี พบว่าอายุเฉลี่ยของท่อจ่ายน้ำและอุปกรณ์ ณ ปี 2543 มีอายุประมาณ 12 ปี เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.6 ท่อประปาที่มีอายุการใช้งานในช่วง 12-13 ปี จะมีอัตราการเสื่อมของระบบจ่ายน้ำประปาในช่วง 24-28% ของปริมาณน้ำจ่าย สำหรับกรณีการเปลี่ยนท่อ ณ ปี 2547 เป็นความยาวทั้งสิ้น 16%ของความยาวท่อประปา จะสามารถปรับปรุงระบบประปาให้มีประสิทธิภาพของการจ่ายน้ำประปาเหมือนกับประสิทธิภาพ ณ ปี 2543 นั่นคือ สามารถที่จะควบคุมอัตราน้ำสูญเสียให้อยู่ในช่วงอัตราการสูญเสียต่ำกว่า ร้อยละ 35 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- อัตราน้ำสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละปีจะไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 4.0 หากไม่ทำกิจกรรมใด ๆ เพื่อป้องกันและแก้ไขการสูญเสีย (ที่มา : ภาคผนวก ค. การประเมินอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปี)
- การปรับปรุงระบบประปานอกจากการเปลี่ยนท่อประปาที่หมดอายุการใช้งานเพื่อลดน้ำสูญเสียในระดับที่ต้องการแล้ว ในงานวิจัยนี้จะเพิ่มกิจกรรมในการสำรวจท่อรั่วและการซ่อมท่อรั่วเข้าไปในปีฐานการวิเคราะห์โครงการด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความมั่นใจในการส่งจ่ายน้ำให้สามารถควบคุมอัตราน้ำสูญเสียให้อยู่ในช่วงการสูญเสียที่ต้องการได้
- ต้นทุนการผลิตน้ำประปาสำหรับกรณีการผลิตน้ำด้วยกำลังการผลิตน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบัน 4.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน การผลิตน้ำประปาจะเสียค่าใช้จ่ายในการผลิต 1.02 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำผลิต
- ต้นทุนการผลิตน้ำประปาสำหรับกรณีการผลิตน้ำด้วยกำลังการผลิตน้ำที่ขยายขึ้นที่โรงงานผลิตน้ำบางเขน การผลิตน้ำประปาจะเสียค่าใช้จ่ายในการผลิต 0.77 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำผลิต
- ปริมาณน้ำผลิตในที่นี้ได้จากการคำนวณโดยนำปริมาณความต้องการใช้น้ำที่ได้จากแผนการให้บริการระยะยาวของการประปานครหลวงหารด้วยอัตราน้ำสูญเสีย
- ความยาวของระบบท่อประปาในปี 2543 เท่ากับ 18,000 กิโลเมตร (ที่มา : การประปานครหลวง)
- ความยาวท่อของระบบประปามีการขยายตัวในอัตรา ร้อยละ 5 ต่อปี (ที่มา : การประปานครหลวง)
- ค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อแตกรั่วเฉลี่ย 1,000 บาทต่อจุด (ที่มา : การประปานครหลวง)
- ค่าใช้จ่ายในการสำรวจหาท่อแตกรั่วใต้ดินเฉลี่ย 2,000 บาทต่อกิโลเมตร (ที่มา : การประปานครหลวง)

- ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อหมดอายุการใช้งานเฉลี่ย 1.5 ล้านบาทต่อกิโลเมตร (ที่มา : การประปานครหลวง)
- สำหรับทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมลดน้ำสูญเสียในช่วงระดับต่ำกว่า ร้อยละ 35 เนื่องจากเป็นปรับปรุงระบบประปาโดยการปรับปรุงเทคโนโลยีในระบบการควบคุมการสูบจ่ายน้ำอัตโนมัติ (SCADA) และระบบเฝ้าระวังตรวจสอบน้ำสูญเสีย (DMA) เข้าในระบบประปาซึ่งส่งผลให้สามารถลดปริมาณงานซ่อมท่อแตกรั่วลงเหลือ 5 จุดต่อกิโลเมตรต่อปี ลดเวลาและแรงงานการสำรวจหาท่อรั่วเหลือปีละ 1 รอบ และลดปริมาณการปรับปรุงท่อเหลือเพียงปีละ 2% (ที่มา : การประปานครหลวง)
- สำหรับทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2, 3 และ 4 จะเป็นกิจกรรมการรักษาระดับน้ำสูญเสียให้คงที่ในช่วงระดับต่าง ๆ โดยการเปลี่ยนท่อประปาที่หมดอายุการใช้งานออกจากระบบ โดยมีอัตราการแตกรั่ว 15, 18 และ 20 จุดต่อกิโลเมตรต่อปีตามลำดับ อัตราการเพิ่มของการแตกรั่วมีอัตรา ร้อยละ 11, 12, และ 13 ต่อปีตามลำดับ สำรวจหาท่อแตกรั่วซึมใต้ดินปีละ 3 รอบ และเปลี่ยนท่อหมดอายุการใช้งานปีละ 4% (ที่มา : ภาคผนวก ค. การประเมินอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปี)
- กำลังการผลิตในปีงบประมาณ 2543 เท่ากับ 4.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน (1,752 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี) (ที่มา : การประปานครหลวง)
- โรงานการผลิตน้ำประปามีอายุการใช้งาน 25 ปี (ที่มา : การประปานครหลวง)
- ท่อและอุปกรณ์ประปามีอายุการใช้งาน 25 ปี (ที่มา : การประปานครหลวง)
- เทคโนโลยีที่ใช้ในการปรับปรุงระบบประปาในทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 มีอายุการใช้งาน 15 ปี (ที่มา : การประปานครหลวง)
- อัตราส่วนลดทางการเงิน (Discount Rate) ในงานวิจัยนี้กำหนดให้เท่ากับ ร้อยละ 10
- ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ 15 ปี ตั้งแต่ ปีงบประมาณ 2547 ถึง ปีงบประมาณ 2562

5.4.2. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35

การศึกษาการวิเคราะห์โครงการในการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียในช่วงระดับความสูญเสียต่ำกว่า ร้อยละ 35 ในกรณีนี้จะยกตัวอย่าง อัตราน้ำสูญเสียที่ระดับ ร้อยละ 30 เป็นตัวอย่างของทางเลือก โดยจะมีการเริ่มต้นโครงการในปีงบประมาณ 2547 และทำการศึกษาโครงการเป็นระยะเวลา 15 ปี นั่นคือจะสิ้นสุดในปีงบประมาณ 2562 จากแผนการให้บริการระยะยาวของการประปา

นครหลวงซึ่งจะทำการคาดคะเนการใช้น้ำจนถึงปีงบประมาณ 2560 นั้นมีข้อมูลไม่เพียงพอ ในงานวิจัยฉบับนี้จึงต้องทำการคาดคะเนการใช้น้ำต่อไป โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ในการคาดคะเนปริมาณน้ำขาย และปริมาณน้ำอื่น เพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณน้ำจำหน่าย ดังต่อไปนี้

- <u>ปริมาณน้ำขาย</u>

ในการหาสมการ การถดถอยเชิงเส้น ในที่นี้จะเริ่มใช้ข้อมูลปริมาณน้ำขายตั้งแต่ปีงบประมาณ 2547 เป็นปีแรกจนถึงปีงบประมาณ 2560 เป็นปีสุดท้าย เพื่อที่จะคาดคะเนปริมาณน้ำขายในปี 2561 (ปีที่ 15) และ 2562 (ปีที่ 16) ต่อไป

กำหนดให้; X เป็น ปีที่ต้องการคำนวณ

Y เป็น ปริมาณน้ำขาย (ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Y	933.6	963.6	1001.8	1045.8	1098.2	1150.1	1210.4	1276.1	1350.6	1423.0	1504.2	1590.5	1686.4	1778.0

สมการการถดถอยเป็นดังนี้ $Y = 65.33X + 796.60$ ด้วยสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) $R = 0.99$

ถ้า $X = 15$, $Y = 1776.59$

ถ้า $X = 16$, $Y = 1841.88$

- <u>ปริมาณน้ำอื่น</u>

กำหนดให้; X เป็น ปีที่ต้องการคำนวณ

Y เป็น ปริมาณน้ำอื่น (ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Y	7.4	7.7	8.0	8.3	8.7	9.1	9.6	10.1	10.7	11.3	11.9	12.6	13.3	14

สมการการถดถอยเป็นดังนี้ $Y = 0.51X + 6.36$ ด้วยสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) $R = 0.99$

ถ้า $X = 15$, $Y = 14.01$

ถ้า $X = 16$, $Y = 14.52$

- <u>ปริมาณน้ำจำหน่าย</u> คือปริมาณน้ำรวมของปริมาณน้ำขายและปริมาณน้ำอื่น โดยปริมาณน้ำจำหน่ายในปีงบประมาณ 2561 และ 2562 จะเป็น 1,790.60 และ 1,856.40 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีตามลำดับ
- <u>เงินลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปา</u>

การลงทุนเพื่อลดน้ำสูญเสียในกิจการของการประปานครหลวง ส่วนหนึ่งต้องใช้เพื่อปรับปรุงและบำรุงรักษาระบบจ่ายน้ำเพื่อควบคุมอัตราการสูญเสียที่เกิดตามสภาพการใช้งานให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสากล รวมทั้งไม่เป็นอุปสรรคต่อการส่งจ่ายน้ำที่มีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สำหรับระบบของการประปานครหลวงตั้งเป้าหมายที่ลดการสูญเสียและรักษาให้อยู่ที่ระดับร้อยละ 30 อย่างมีเสถียรภาพและยั่งยืน โดยดำเนิน 3 กิจกรรมไปด้วยกัน เพื่อให้เกิดผลอย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม โดยกิจกรรมทั้ง 3 กิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

- งานกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเพื่อควบคุมอัตราน้ำสูญเสียและบำรุงรักษาระบบประปาประจำปี ซึ่งประกอบด้วย
  - การทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรับ (Passive Leakage Control) หมายถึง งานซ่อมท่อแตกรั่วที่เกิดขึ้นตามสภาพ (ท่อรั่วบนดิน) งานเปลี่ยนมาตรชำรุด การแก้ปัญหาน้ำไม่ไหล ฯลฯ ซึ่งรับแจ้งผ่านบริการ 1125 หรือสำนักงานประปาสาขา แต่ถ้าไม่มีการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรุกเสริม กรณีนี้จะทำให้อัตราน้ำสูญเสียในระบบเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในอัตราก้าวหน้าเนื่องจากปริมาณท่อแตกรั่วซึมใต้ดิน (Underground Leakage) สะสมมากขึ้นตามสภาพของท่อและอายุการใช้งาน
  - การทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรุก (Active Leakage Control) หมายถึง การสำรวจและซ่อมท่อแตกรั่วซึมใต้ดิน การปรับปรุงท่อจ่ายน้ำและบริการที่หมดอายุการใช้งาน การเปลี่ยนมาตรครบวาระ ฯลฯ ทั้งนี้เพื่อการบำรุงรักษาระบบประปาและควบคุมระดับอัตราน้ำสูญเสียไม่ให้สูงมากขึ้นกว่าเดิมและสามารถบริการผู้ใช้น้ำในพื้นที่รับผิดชอบได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีเสถียรภาพ โดยมีอัตราน้ำสูญเสียในเกณฑ์ที่เหมาะสม
- งานจ้างเหมาเอกชนลดน้ำสูญเสียแบบเบ็ดเสร็จ (Management Contract) ในสามสำนักงานประปาสาขาที่มีอัตราน้ำสูญเสียสูง คือ ภาษีเจริญ นนทบุรี และสุขุมวิท โดยกำหนดเงื่อนไขให้ลดการสูญเสียและควบคุมให้อยู่ที่ระดับร้อยละ 30 ภายในเวลา 4 ปี
- จัดทำโครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียเพื่อพัฒนาศักยภาพของระบบสูบจ่ายน้ำ ระบบควบคุมการสูบจ่ายน้ำ (Distribution Control) และระบบควบคุมน้ำ

สูญเสีย (Leakage Control) ให้มีขีดความสามารถสูงขึ้นโดยนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยบริหารงานกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรุกให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดและประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่าย

การจัดทำโครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสีย จำเป็นต้องลงทุนเพื่อพัฒนาระบบประปาหลัก 2 ส่วน ให้มีขีดความสามารถสูงขึ้นโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) <u>ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบสูบจ่าย</u> ประกอบด้วยงานดังนี้

- *ปรับปรุงสถานีสูบจ่ายน้ำ* โดยติดตั้ง ปรับปรุง หรือเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำ ปรับปรุง Sub Station และอุปกรณ์ภายในสถานีสูบจ่ายน้ำให้มีสมรรถนะสูงขึ้น
- *เพิ่มจุดจ่ายน้ำ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะและความเชื่อมั่นระบบสูบจ่ายน้ำ* โดยเสริมจุดจ่ายน้ำ (Take Off) จากอุโมงค์ส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำ ณ ตำแหน่ง Valve Chamber เข้าระบบท่อประธานโดยตรงนอกเหนือจากการจ่ายน้ำจากสถานีสูบจ่ายน้ำตามปกติ ทั้งนี้ เพื่อให้เป็นทางเลือกเสริมกำลังน้ำในกรณีต่าง ๆ เช่น การเพิ่มแรงดันน้ำพื้นที่มีแรงดันน้ำต่ำในชั่วโมงที่มีการใช้น้ำเร่งด่วน หรือการจ่ายน้ำทดแทนสถานีสูบจ่ายน้ำในชั่วโมงการใช้น้ำต่ำสุดช่วงเวลากลางคืนเพื่อลดค่าใช้จ่าย หรือการจ่ายน้ำทดแทนกรณีต้องหยุดซ่อมบำรุงสถานีสูบจ่ายน้ำฉุกเฉินหรือตามวาระปกติ รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมประตูน้ำทางไกลอัตโนมัติที่สถานีสูบจ่ายน้ำและท่อประธานบางตำแหน่งเพื่อควบคุมการผันน้ำ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่บริการ
- *ปรับปรุงท่อประธาน* เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการส่งจ่ายน้ำ เนื่องจากท่อประธานที่ใช้งานปัจจุบันบางส่วนมีข้อจำกัดต่อการสูบน้ำ สภาพท่อชำรุดหมดอายุการใช้งานสามารถรับปริมาณและแรงดันน้ำที่สูบจ่ายน้ำได้จำกัด เกิดปัญหาการแตกรั่วบ่อย บางเส้นมีขนาดเล็ก ทำให้เกิดสภาพคอขวด เป็นอุปสรรคต่อการส่งจ่ายน้ำไปยังพื้นที่ปลายทาง มีความจำเป็นต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการส่งจ่ายน้ำให้สอดคล้องกับสมรรถระของสถานีสูบจ่ายน้ำทั้งระบบ นอกจากนี้ บางพื้นที่ที่มีจำนวนผู้ใช้น้ำหนาแน่น แต่ระบบโครงข่ายท่อประธานเดิมไม่เหมาะสม จำเป็นต้องวางท่อประธานใหม่เสริมเพื่อประโยชน์ในการผันน้ำหรือปรับสภาพแรงดันน้ำในพื้นที่ให้เหมาะสมสอดคล้องกัน
- *ติดตั้งประตูน้ำลดแรงดัน (Pressure Reducing Valve: PRV)* เพื่อใช้เป็นเครื่องมือปรับลดแรงดันของท่อประปาบริเวณใกล้เคียงสถานีสูบจ่ายน้ำให้เหมาะสม ไม่สูงเกินกว่าขีดความสามารถของสภาพท่อจะรับได้

การปรับปรุงดังกล่าวจะทำให้ขีดความสามารถของระบบสูบจ่ายน้ำขั้นพื้นฐานทั้งระบบมีศักยภาพสูงขึ้น สามารถกระจายปริมาณและแรงดันน้ำที่ปลายท่อประธานให้สูงขึ้นถึงเป้าหมายของการประปานครหลวงที่ตั้งไว้ในระดับ 6 เมตร ได้อย่างทั่วถึงและเป็นรูปธรรม

2) <u>งานปรับปรุงเทคโนโลยี</u> ประกอบด้วยงานพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมการสูบจ่ายน้ำและการลดน้ำสูญเสียให้มาตรฐานสูงขึ้น 2 ระบบ ดังนี้

- *ระบบควบคุมการสูบจ่ายน้ำอัตโนมัติ (SCADA)*

เนื่องจากการวางแผนการสูบจ่ายน้ำประปาเพื่อให้บริการผู้ใช้น้ำของการประปานครหลวงเป็นระบบ Conventional ปัจจุบันยังต้องส่งเจ้าหน้าที่ออกสนามเพื่อเก็บรวบรวมสถิติข้อมูลอัตราการไหลและแรงดันน้ำจากเส้นท่อประธาน ณ จุดที่สำคัญ ๆ เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์ความต้องการน้ำในแต่ละช่วงเวลาของวัน เดือน ฤดูกาล เป็นหลัก ดังนั้น การบริหารงานสูบจ่ายน้ำจึงอาจมีความคลาดเคลื่อนไม่สอดคล้องกับปริมาณความต้องการใช้น้ำของประชาชนในแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่อย่างแท้จริง มีผลให้มีท่อประปาและอุปกรณ์แตกรั่วและมีปริมาณน้ำสูญเสียในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก ในขณะที่บางพื้นที่น้ำประปาอาจไม่ไหลหรือไหลอ่อน

การใช้อุปกรณ์ควบคุมระยะไกลอัตโนมัติในการเก็บข้อมูลและควบคุมการสูบจ่ายน้ำ (SCADA) ทั้งระบบ เป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้การสูบจ่ายน้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้นทันต่อเหตุการณ์ สามารถลดอัตราน้ำสูญเสียจากท่อแตกรั่วอย่างได้ผลและเป็นรูปธรรม เนื่องจากศูนย์ควบคุมระบบส่งและสูบจ่ายน้ำสามารถรับทราบหรือติดตามเฝ้าระวังความต้องการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ในทุกช่วงเวลาได้อย่างแม่นยำจากเครื่องวัดปริมาณและแรงดันน้ำที่ติดตั้งกระจายอยู่ในระบบเส้นท่อและสถานีสูบจ่ายน้ำต่าง ๆ ที่ส่งสัญญาณเข้ามายังศูนย์เพื่อประมวลผลอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง (Real Time) และสามารถสั่งงานให้สถานีสูบจ่ายน้ำและโรงงานผลิตน้ำต่าง ๆ สูบจ่ายน้ำเข้าระบบได้ตามความต้องการของผู้ใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ตามช่วงเวลาที่เหมาะสม ทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ปัจจุบันการประปานครหลวงได้จัดทำโครงการนำร่อง (Pilot Project) โดยนำระบบ SCADA มาติดตั้งเพื่อทดลองควบคุมการสูบจ่ายน้ำในพื้นที่จ่ายน้ำฝั่งตะวันตก คิดเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่บริการซึ่งผลการปฏิบัติการได้ผลดี ดังนั้น เมื่อการติดตั้งระบบ SCADA ครบพื้นที่ จะทำให้ประสิทธิภาพการควบคุมปริมาณและแรงดันน้ำในระบบจ่ายน้ำสูงขึ้น ผู้ใช้น้ำพึงพอใจและเชื่อมั่นในการให้

บริการมากขึ้น ในขณะเดียวกันจะสามารถลดแตกรั่ว การร้องเรียนเรื่องน้ำไม่ไหลตลอดจนช่วยสนับสนุนการลดน้ำสูญเสียให้เป็นไปตามเป็นหมายในที่สุด

- *ระบบเฝ้าระวังตรวจสอบน้ำสูญเสีย (District Metering Area—DMA)*

เนื่องจากประสิทธิภาพการควบคุมน้ำสูญเสียของระบบ Block System ใช้งานเดิมมีข้อจำกัดและค่าใช้จ่ายในการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากขึ้นตามลำดับ รวมทั้งไม่มีอุปกรณ์ที่ใช้เป็นเครื่องมือเฝ้าระวังตรวจสอบเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำสูญเสียที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีหลักประกันว่าจะสามารถควบคุมน้ำสูญเสียให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การลงทุนติดตั้งระบบควบคุมน้ำสูญเสียชนิด District Metering Area—DMA เพื่อใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานบริหารงานกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรุก (Active Leakage Control) รายปีตามหลักสากลนิยม โดยการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดน้ำเข้า น้ำออก รวมทั้งแรงดันน้ำในพื้นที่ซึ่งแบ่งออกเป็นส่วนย่อยเปรียบเทียบกับการใช้น้ำเพื่อหาอัตราการสูญเสียในแต่ละพื้นที่ เพื่อจัดลำดับความสำคัญในการที่จะต้องเข้าไปทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียจะทำให้ขีดความสามารถควบคุมน้ำสูญเสียของระบบประปาลดลงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้อย่างมีเสถียรภาพ เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด สามารถประหยัดปริมาณน้ำสูญเสียและค่าใช้จ่ายงบประมาณการทำกิจกรรมในแต่ละปีได้มาก เนื่องจากการค้นหาและซ่อมท่อแตกรั่วซึมใต้ดินหรือการพิจารณาเลือกเส้นทางการปรับปรุงท่อที่เป็นต้นเหตุของน้ำสูญเสียที่แท้จริงของแต่ละพื้นที่ย่อยสามารถทำได้รวดเร็วตามลำดับความสำคัญก่อนหลังและความรุนแรงของปัญหา ดังนั้น ระบบดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมกับการลงทุนเพื่อควบคุมน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงในปัจจุบันเป็นอย่างยิ่ง

<u>ขอบเขตของงานในกรณีที่ต้องการลดน้ำสูญเสียให้อยู่ในระดับร้อยละ 30</u>

1. งานกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเพื่อควบคุมอัตราน้ำสูญเสียและบำรุงรักษาระบบประปาประจำปี ซึ่งประกอบได้ด้วย กิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรับ (Passive Leakage Control) และกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรุก (Active Leakage Control)
2. งานจ้างเหมาเอกชนลดน้ำสูญเสียแบบเบ็ดเสร็จ (Management Contract) ในสำนักงานประปา 3 สาขา คือ ภาษีเจริญ นนทบุรี และสุขุมวิท โดยจะต้องลดระดับความสูญเสียและควบคุมให้อยู่ในระดับร้อยละ 30 ภายใน 4 ปี

3. งานปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบสูบจ่ายน้ำ

3.1. งานปรับปรุงสถานีสูบจ่ายน้ำ ประกอบด้วย

3.1.1. งานติดตั้ง/ปรับปรุง/เปลี่ยนเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์

ประกอบด้วยงานติดตั้งเครื่องสูบน้ำพร้อมมอเตอร์ชนิด High Flow Head เปลี่ยนเครื่องสูบน้ำเพื่อทดแทนของเดิมที่ชำรุด/หมดอายุการใช้งาน รวมถึงงานเปลี่ยน Variable Speed Drive และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.1.2. งานปรับปรุงอุปกรณ์ในสถานีสูบจ่ายน้ำ

ประกอบด้วยงานปรับปรุงอุปกรณ์ในสถานีสูบจ่ายน้ำสำโรง ลาดพร้าว คลองเตย ลาดกระบัง ราษฎ์บูรณะ เพชรเกษม และบางเขน

3.1.3. งานปรับปรุงสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อย

ประกอบด้วยงานติดตั้ง Sub Station ขนาด 5-7.5 MVA. ที่สถานีสูบจ่ายน้ำลุมพินี

3.2. งานปรับปรุงท่อประธานและเสริมจุดจ่ายน้ำเพิ่มเติม

ประกอบด้วยงานเปลี่ยนและปรับปรุงเส้นท่อประธานที่ชำรุดหมดอายุการใช้งานหรือมีขนาดไม่สอดคล้องกับระบบจ่ายน้ำในปัจจุบัน รวมถึงการปรับปรุงจุดจ่ายน้ำเสริมจากระบบส่งน้ำเพื่อให้มีทางเลือกจ่ายน้ำเข้าระบบท่อประธาน (Take Off) ณ ตำแหน่ง Chamber Valve ได้โดยตรง โดยติดตั้ง Control Valve, Electronic Flow Meter เพื่อควบคุมการจ่ายน้ำระยะไกลอัตโนมัติ

3.3. งานติดตั้งประตูน้ำลดแรงดัน (Pressure Reducing Valve)

ประกอบด้วยงานจัดซื้อติดตั้งประตูน้ำลดแรงดันเพื่อใช้เป็นเครื่องมือควบคุมน้ำสูญเสีย (Pressure Control)

4. งานปรับปรุงเทคโนโลยี

4.1. งานติดตั้งระบบควบคุมการสูบจ่ายอัตโนมัติ (Automatic Distribution Control) ชนิด SCADA ประกอบด้วยงาน

4.1.1. ปรับปรุงเครื่องวัดระบบ Master Meter

โดยเปลี่ยนเครื่องวัดอัตราการไหลระบบ Master Meter ที่สถานีสูบจ่ายน้ำและจุดแบ่งพื้นที่สาขาชนิด Ultrasonic Flow Meter เป็นระบบ Electronic Flow Meter

4.1.2. ติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัดและระบบรับส่งข้อมูลแบบ Real Time

ประกอบด้วยงานติดตั้งอุปกรณ์ Pressure Transmitter รับส่งข้อมูลแบบ Real Time (วิทยุ และ Leased Line) รวมทั้งการติดตั้งเครื่องวัดความขุ่น (Turbidity Meter) และเครื่องวัดปริมาณคลอรีนคงเหลือ (Residual Chorine)

4.1.3. ติดตั้งเครื่องวัดและอุปกรณ์ส่งข้อมูลระบบ Zone Meter

ประกอบด้วยงานติดตั้ง Electronic Flow Meter, Pressure Transmitter, Data Logger คู่สายโทรศัพท์หรือระบบสื่อสารสำหรับเชื่อมสัญญาณระบบรับส่งข้อมูลแบบ Period (โทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM และ TOT) ตามจุดแบ่งพื้นที่ Zone ของแต่ละสาขาเพื่อตรวจสอบวิเคราะห์อัตราน้ำสูญเสียที่สามารถส่งผ่านข้อมูลเข้า Computer เพื่อติดตามและประเมินผลอัตโนมัติ

4.1.4. ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมประตูน้ำระยะไกล (Remote Valve Control)

ประกอบด้วยงานติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมประตูน้ำระยะไกลที่โรงงานผลิตน้ำและสถานีสูบจ่ายน้ำ และระบบท่อ ประมาณ 22 ชุด

4.1.5. ปรับปรุงศูนย์ควบคุมการสูบจ่ายน้ำ

ประกอบด้วยงานติดตั้งระบบ Computer, Software พร้อมอุปกรณ์สื่อสารงานปรับปรุงห้องควบคุม, งานตกแต่ง Console, งาน Video และ Audio, งานไฟวิ่ง, Training Program, งานติดตั้ง Optic Fiber Link ระหว่างสำนักงานใหญ่ โรงกรองบางเขน และโรงกรองสามเสนพร้อมอุปกรณ์ต่อเชื่อม, งานติดตั้งระบบ On-line Water Quality Monitoring Float Station on the River

4.2. ติดตั้งระบบเฝ้าระวังตรวจสอบน้ำสูญเสีย (DMA)

ประกอบด้วยงานสำรวจออกแบบและติดตั้งระบบเฝ้าระวังตรวจสอบน้ำสูญเสีย (Leakage Control) ระบบ District Metering Area (DMA) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรุก

ตารางกระแสเงินสดที่แสดงอยู่หน้าถัดไปจะคลอบคลุมเงินลงทุนที่ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบสูบจ่ายน้ำ งานปรับปรุงเทคโนโลยีและงานจ้างเหมาเอกชนลดน้ำสูญเสียแบบเบ็ดเสร็จเท่านั้น การลงทุนเพื่อลดอัตราน้ำสูญเสียให้อยู่ในระดับร้อยละ 30 จะต้องใช้เวลาในการลงทุนโดยกระแสเงินสดของการลงทุนที่แสดงอยู่ด้านล่างนี้ กระแสเงินสดดังกล่าวจะถูกคำนวณให้เป็นมูลค่าเงินเทียบเท่าที่ปีที่ 0 นั่นคือเมื่อสิ้นสุดปีที่ 0 ระบบจะมีอัตราการสูญเสียอยู่ในระดับร้อยละ 30 หรือที่จุดเริ่มต้นของปีที่ 1 ระดับน้ำสูญเสียของระบบจะลดลงอยู่ในระดับร้อยละ 30 เรียบร้อยแล้ว ในงานวิจัยฉบับนี้จะใช้อัตราดอกเบี้ยในการวิเคราะห์โครงการที่อัตราร้อยละ 10

ปีที่	กระแสเงินสด (ล้านบาท)	FV_0	NFV
-4	-429.00	-628.10	
-3	-1,056.80	-1,406.60	
-2	-2,709.80	-3,278.86	
-1	-2,780.90	-3,058.99	
0	-1,746.20	-1,746.20	-10,118.75

โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$FW\ (i) = \sum_{t=0}^{n} F_t\ (1+i)^{n-t}$$

ในการปรับปรุงระบบประปาจากโครงการลดน้ำสูญเสียที่ระดับ ร้อยละ 30 ของการประปานครหลวงจะใช้ระยะเวลานาน 4 ปี โดยกระแสเงินสดที่กำหนดไว้ด้านบนนั้นไม่มีเงินลงทุนที่ใช้ในการเปลี่ยนท่อที่หมดอายุออกจากระบบประปา ในที่นี้งานวิจัยจึงเพิ่มค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อประปาที่หมดอายุออกจากระบบร้อยละ 16 ของความยาวท่อประปาทั้งหมด เพื่อรักษาประสิทธิภาพการสูบจ่ายน้ำในแง่ของอายุการใช้งานเฉลี่ยของท่อให้สอดคล้องกับสภาพที่เป็นอยู่ในปี 2543 ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะรักษาระดับน้ำสูญเสียให้อยู่ในช่วงความสูญเสียที่ต่ำกว่า ร้อยละ 35 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การสำรวจและซ่อมท่อประปาแตกรั่วใต้ดินยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มการลงทุนเพื่อเพิ่มความมั่นใจในประสิทธิภาพการควบคุมการสูญเสียของระบบประปาอีกด้วย เงินลงทุนในการเปลี่ยนท่อประปาหมดอายุ การสำรวจและซ่อมท่อประปาแตกรั่วเป็นดังนี้

- การเปลี่ยนท่อประปา โดยจะทำการเปลี่ยนท่อประปาร้อยละ 16 ของความยาวท่อประปา เนื่องจากไม่มีการบำรุงรักษาระบบประปาเป็นเวลา 4 ปี โดยการเปลี่ยนท่อนี้จะเป็นการเปลี่ยนท่อเพื่อให้มี ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับปีงบประมาณ 2543 โดยในปีงบประมาณ 2547 ท่อยาว 20,837.25 กิโลเมตร โดยค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อประปา 1.5 ล้านบาทต่อกิโลเมตร

  เงินลงทุนในการเปลี่ยนท่อประปา = 20837.25*0.16*1.5 = 5000.94 ล้านบาท

- การซ่อมท่อแตกรั่วทั้งบนดินและใต้ดิน ที่อัตราการสูญเสีย ร้อยละ 30.00 จะมีอัตราการแตกรั่วของท่อ 5 จุดต่อ กม. ต่อปี

  ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแตกรั่วทั้งบนดินและใต้ดิน = 20837.25*5*0.001 = 104.19 ล้านบาท

- การสำรวจหาท่อแตกรั่วโดยสำรวจ 1 รอบของระบบท่อประปา

  ค่าใช้จ่ายในการสำรวจท่อแตกรั่ว = 20837.25*0.002 = 41.67 ล้านบาท

- โครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียให้อยู่ที่ระดับ ร้อยละ 30 ต้องใช้เงินลงทุน 10,118.75ล้านบาท
- รวมเป็นเงินลงทุนในการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียให้อยู่ที่ระดับร้อยละ 30 เท่ากับ 15,5625.55 ล้านบาท

- <u>การบำรุงรักษาระบบประปาให้ระดับความสูญเสียให้คงที่อยู่ในช่วงระดับต่ำกว่า ร้อยละ 35</u>

ในกรณีนี้สมมติฐานที่ใช้ในการคำนวณหาเงินลงทุนในการบำรุงรักษาระบบประปาเป็นข้อมูลที่ได้จากโครงการลดน้ำสูญเสียที่ระดับ ร้อยละ 30 ของการประปานครหลวง โดยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาเงินลงทุนในการบำรุงรักษาระบบประปามีดังนี้

- ความยาวท่อประปา ณ ต้นปีที่ 1 ยาว 21,879.11 กิโลเมตร
- ความยาวท่อของระบบประปามีการขยายตัวในอัตราร้อยละ 5 ต่อปี
- อัตราการแตกรั่วของท่อ 5 จุดต่อกิโลเมตรต่อปี
- ค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อแตกรั่วเฉลี่ย 1,000 บาทต่อจุด
- สำรวจและซ่อมท่อแตกรั่วใต้ดินระบบพื้นที่ (Routine Sounding) ปีละ 1 รอบของระบบท่อประปา
- ค่าใช้จ่ายในการสำรวจหาท่อแตกรั่วซึมใต้ดินเฉลี่ย 2,000 บาทต่อกิโลเมตร
- ปรับปรุงท่อหมดอายุการใช้งานปีละ 2%
- ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อหมดอายุใช้งานเฉลี่ย 1.5 ล้านบาทต่อกิโลเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิต

ตารางที่ 5.16 แสดงปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิตของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35

ปีงบประมาณ	ปีที่	ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	% น้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	กำลังการผลิตสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)	หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	ปริมาณน้ำจำหน่าย (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำอื่น (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำขาย (ล้าน ลบ.ม.)
2547	0	941.00	44.81%	1,705.02			941.00	7.40	933.60
2548	1	971.30	30.00%	1,387.57	1,752.00		971.30	7.70	963.60
2549	2	1,009.80	30.00%	1,442.57	1,752.00		1,009.80	8.00	1,001.80
2550	3	1,054.10	30.00%	1,505.86	1,752.00		1,054.10	8.30	1,045.80
2551	4	1,106.90	30.00%	1,581.29	1,752.00		1,106.90	8.70	1,098.20
2552	5	1,159.20	30.00%	1,656.00	1,752.00		1,159.20	9.10	1,150.10
2553	6	1,220.00	30.00%	1,742.86	1,752.00	1 unit	1,220.00	9.60	1,210.40
2554	7	1,286.20	30.00%	1,837.43	1,898.00	1 unit	1,286.20	10.10	1,276.10
2555	8	1,361.30	30.00%	1,944.71	2,044.00	1 unit	1,361.30	10.70	1,350.60
2556	9	1,434.30	30.00%	2,049.00	2,190.00		1,434.30	11.30	1,423.00
2557	10	1,516.10	30.00%	2,165.86	2,190.00	1 unit	1,516.10	11.90	1,504.20
2558	11	1,603.10	30.00%	2,290.14	2,336.00	1 unit	1,603.10	12.60	1,590.50
2559	12	1,699.70	30.00%	2,428.14	2,482.00	1 unit	1,699.70	13.30	1,686.40
2560	13	1,792.00	30.00%	2,560.00	2,628.00		1,792.00	14.00	1,778.00
2561	14	1,790.60	30.00%	2,558.00	2,628.00	1 unit	1,790.60	14.01	1,776.59
2562	15	1,856.40	30.00%	2,652.00	2,774.00		1,856.40	14.52	1,841.88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ต้นทุนในการผลิตน้ำประปา

ตารางที่ 5.17 แสดงต้นทุนในการผลิตน้ำประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35

ปีที่	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำผลิตปัจจุบัน (ล้าน ลบ.ม.)	ต้นทุนในการผลิตน้ำปัจจุบัน (ล้านบาท)	ปริมาณน้ำผลิตขยายกำลังการผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	ต้นทุนในการผลิตน้ำจากกำลังการผลิตที่ขยาย (ล้านบาท)	ต้นทุนในการผลิตน้ำรวม (ล้านบาท)
0	1,705.02					
1	1,387.57	1,387.57	1,415.32	0.00	0.00	1,415.32
2	1,442.57	1,442.57	1,471.42	0.00	0.00	1,471.42
3	1,505.86	1,505.86	1,535.97	0.00	0.00	1,535.97
4	1,581.29	1,581.29	1,612.91	0.00	0.00	1,612.91
5	1,656.00	1,656.00	1,689.12	0.00	0.00	1,689.12
6	1,742.86	1,742.86	1,777.71	0.00	0.00	1,777.71
7	1,837.43	1,752.00	1,787.04	85.43	65.72	1,852.76
8	1,944.71	1,752.00	1,787.04	192.71	148.26	1,935.30
9	2,049.00	1,752.00	1,787.04	297.00	228.48	2,015.52
10	2,165.86	1,752.00	1,787.04	413.86	318.38	2,105.42
11	2,290.14	1,752.00	1,787.04	538.14	414.00	2,201.04
12	2,428.14	1,752.00	1,787.04	676.14	520.16	2,307.20
13	2,560.00	1,752.00	1,787.04	808.00	621.60	2,408.64
14	2,558.00	1,752.00	1,787.04	806.00	620.06	2,407.10
15	2,652.00	1,752.00	1,787.04	900.00	692.37	2,479.41

ปริมาณน้ำผลิตปัจจุบัน หมายถึง ปริมาณน้ำที่ต้องผลิตจากโรงงานผลิตน้ำทั้ง 5 โรงงาน ซึ่งมีกำลังการผลิตรวมเท่ากับ 4.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ 1,752 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยปริมาณน้ำที่ผลิตด้วยกำลังการผลิตที่ต่ำกว่า 1,752 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีจะมีต้นทุนในการผลิตน้ำ 1.02 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำผลิต ส่วนปริมาณน้ำผลิตขยายกำลังการผลิต หมายถึง ปริมาณน้ำที่ต้องผลิตจากการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำบางเขน นั่นคือปริมาณน้ำผลิตตั้งแต่ลูกบาศก์เมตรที่ 1,752 ล้านลูกบาศก์เมตรเป็นต้นไป ปริมาณน้ำที่ผลิตจากโรงงานผลิตน้ำใหม่จะมีต้นทุนในการผลิตน้ำ 0.77 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำผลิต และต้นทุนในการผลิตน้ำประปารวมสามารถคิดได้จากผลรวมของต้นทุนในการผลิตน้ำด้วยกำลังการผลิตปัจจุบัน และต้นทุนในการผลิตน้ำขยายกำลังการผลิต

- เงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชี

ตารางที่ 5.18 แสดงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35

ปีที่	**หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)**	**เงินลงทุนสร้างโรงงานผลิตน้ำ (ล้านบาท)**	**มูลค่าคงเหลือทางบัญชี ณ ปีที่ 15 (ล้านบาท)**
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6	1 unit	1461.5	935.36
7	1 unit	1461.5	993.82
8	1 unit	1461.5	1052.28
9			
10	1 unit	1461.5	1169.2
11	1 unit	1461.5	1227.66
12	1 unit	1461.5	1286.12
13			
14	1 unit	1461.5	1403.04
15			

จากการคำนวณมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของโรงงานผลิตน้ำทั้งหมดที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า ณ ปีที่ 15 จะมีมูลค่าคงเหลือของโรงงานผลิตน้ำที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งหมด 8,067.48 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% เท่ากับ 1,931.29 ล้านบาท

- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาเพื่อควบคุมและรักษาระดับความสูญเสีย

ตารางที่ 5.19 แสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35

ปีที่	ความยาวท่อ (กม.)	อัตราการแตกรั่ว (จุดต่อ กม. ต่อปี)	ค่าซ่อมท่อแตกรั่ว (ล้านบาท)	สำรวจหาท่อแตกรั่วใต้ดิน (ครั้งต่อปี)	ค่าสำรวจท่อแตกรั่วใต้ดิน (ล้านบาท)	ค่าสำรวจ และซ่อมท่อ (ล้านบาท)	เปลี่ยนท่อหมดอายุ (ล้านบาท)
1	21,879.11	109,395.55	109.40	1	43.76	153.15	656.37
2	22,973.07	114,865.33	114.87	1	45.95	160.81	689.19
3	24,121.72	120,608.59	120.61	1	48.24	168.85	723.65
4	25,327.80	126,639.02	126.64	1	50.66	177.29	759.83
5	26,594.19	132,970.97	132.97	1	53.19	186.16	797.83
6	27,923.90	139,619.52	139.62	1	55.85	195.47	837.72
7	29,320.10	146,600.50	146.60	1	58.64	205.24	879.60
8	30,786.10	153,930.52	153.93	1	61.57	215.50	923.58
9	32,325.41	161,627.05	161.63	1	64.65	226.28	969.76
10	33,941.68	169,708.40	169.71	1	67.88	237.59	1,018.25
11	35,638.76	178,193.82	178.19	1	71.28	249.47	1,069.16
12	37,420.70	187,103.51	187.10	1	74.84	261.94	1,122.62
13	39,291.74	196,458.69	196.46	1	78.58	275.04	1,178.75
14	41,256.33	206,281.63	206.28	1	82.51	288.79	1,237.69
15	43,319.14	216,595.71	216.60	1	86.64	303.23	1,299.57

มูลค่าคงเหลือของการเปลี่ยนท่อหมดอายุตลอดอายุโครงการ ณ ปีที่ 15 รวมทั้งท่อที่เปลี่ยนเพื่อการปรับปรุงระบบประปาเท่ากับ 10,709.20 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10 % เท่ากับ 2,563.70 ล้านบาท และมูลค่าคงเหลือของเงินลงทุนเปลี่ยนท่อที่ปีที่ 0 เป็นเงิน 2,000.38 ล้านบาท รวมเป็นค่าเสื่อมราคาท่อทั้งหมด 4,564.07 ล้านบาท

ผลการวิเคราะห์

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของกระแสเงินสดจ่ายออกของโครงการเท่ากับ 41,343.86 ล้านบาท
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของโรงงานผลิตน้ำที่สร้างเพื่อขยายกำลังการผลิตเท่ากับ 1,931.29 ล้านบาท
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของท่อประปาที่ต้องเปลี่ยนเพื่อแทนที่ท่อเก่าที่หมดอายุและการเปลี่ยนท่อที่ปีที่ 0 เท่ากับ 4,564.07 ล้านบาท
- กระแสเงินสดจ่ายออกสุทธิของทางเลือกเท่ากับ 34,844.49 ล้านบาท

ตารางที่ 5.20 แสดงผลการวิเคราะห์รายจ่ายออกทั้งหมดของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35

ปีที่	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	เงินลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปา (ล้านบาท)	ค่าสำรวจ และซ่อมท่อ (ล้านบาท)	เปลี่ยนท่อหมดอายุ (ล้านบาท)	เงินลงทุนขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออก (ล้านบาท)	มูลค่าคงเหลือทางบัญชี (ล้านบาท)
0	1,705.02	-15,265.55	0.00	0.00		0.00	-15,265.55	4,564.07
1	1,387.57		-153.15	-656.37		-1,415.32	-2,224.85	
2	1,442.57		-160.81	-689.19		-1,471.42	-2,321.43	
3	1,505.86		-168.85	-723.65		-1,535.97	-2,428.48	
4	1,581.29		-177.29	-759.83		-1,612.91	-2,550.04	
5	1,656.00		-186.16	-797.83		-1,689.12	-2,673.11	
6	1,742.86		-195.47	-837.72	-1,461.50	-1,777.71	-4,272.40	
7	1,837.43		-205.24	-879.60	-1,461.50	-1,852.76	-4,399.10	
8	1,944.71		-215.50	-923.58	-1,461.50	-1,935.30	-4,535.88	
9	2,049.00		-226.28	-969.76		-2,015.52	-3,211.56	
10	2,165.86		-237.59	-1,018.25	-1,461.50	-2,105.42	-4,822.76	
11	2,290.14		-249.47	-1,069.16	-1,461.50	-2,201.04	-4,981.17	
12	2,428.14		-261.94	-1,122.62	-1,461.50	-2,307.20	-5,153.27	
13	2,560.00		-275.04	-1,178.75		-2,408.64	-3,862.43	
14	2,558.00		-288.79	-1,237.69	-1,461.50	-2,407.10	-5,395.08	
15	2,652.00		-303.23	-1,299.57		-2,479.41	-4,082.22	

NPV (10%)	-41,343.86	-34,848.49

5.4.3. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40

ในการปรับปรุงระบบประปาเพื่อรักษาระดับน้ำสูญเสียให้อยู่ในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 ในงานวิจัยฉบับนี้จะใช้การเปลี่ยนท่อประปาที่หมดอายุการใช้งานและทำการสำรวจและซ่อมท่อรั่วของระบบประปาทั้งบนดินและใต้ดินเพื่อทำการลดระดับความสูญเสียและควบคุมระดับความสูญเสียให้คงที่ตลอดอายุการวิเคราะห์โครงการ โดยในที่นี้จะใช้ตัวอย่างในการรักษาระดับน้ำสูญเสียให้คงที่อยู่ที่ระดับ ร้อยละ 38.30 เป็นตัวอย่างในการศึกษาทางเลือก

- <u>เงินลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปา</u>

ในการปรับปรุงในกรณีนี้จะเป็นการเปลี่ยนท่อที่หมดอายุการใช้งานเพื่อรักษาประสิทธิภาพการทำงานในการควบคุมการจ่ายน้ำให้อยู่ในช่วงระดับที่ต้องการ นั่นคือให้มีประสิทธิภาพการควบคุมการจ่ายน้ำให้เหมือนกับปี 2543 โดยให้ระบบมีอายุการใช้งานเฉลี่ยของท่อประปาเหมือนเดิม

- เงินลงทุนเปลี่ยนท่อประปา โดยจะเปลี่ยนท่อร้อยละ 16 ของความยาวระบบท่อประปา นั่นคือเปลี่ยนทดแทนระยะเวลา 4 ปีที่ไม่มีกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย

  เงินลงทุนในการเปลี่ยนท่อประปา = 20837.25*0.16*1.5 = 5000.94 ล้านบาท

- การซ่อมท่อแตกรั่วทั้งบนดินและใต้ดิน ที่อัตราการสูญเสีย ร้อยละ 38.30 จะมีอัตราการแตกรั่วของท่อ 15 จุดต่อ กม. ต่อปี

  ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแตกรั่วทั้งบนดินและใต้ดิน = 20837.25*15*0.001 = 312.56 ล้านบาท

- การสำรวจหาท่อแตกรั่วโดยสำรวจ 1 รอบของระบบท่อประปา

  ค่าใช้จ่ายในการสำรวจท่อแตกรั่ว = 20837.25*0.002 = 41.67 ล้านบาท

- รวมเป็นเงินลงทุนในการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียให้อยู่ที่ระดับร้อยละ 38.30 เท่ากับ 5,355.17 ล้านบาท

- <u>การบำรุงรักษาระบบประปาให้ระดับความสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40</u>

  โดยสมมติฐานที่ใช้ในการคำนวณหาเงินลงทุนในการบำรุงรักษาระบบประปามีดังนี้

  - ความยาวท่อประปา ณ ต้นปีที่ 1 ยาว 21,879.11 กิโลเมตร
  - ความยาวท่อของระบบประปามีการขยายตัวในอัตราร้อยละ 5 ต่อปี

- อัตราการแตกรั่วของท่อ 15 จุดต่อกิโลเมตรต่อปี
- อัตราการเพิ่มของแตกรั่วมีอัตรา ร้อยละ 11 ต่อปี
- ค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อแตกรั่วเฉลี่ย 1,000 บาทต่อจุด
- สำรวจและซ่อมท่อแตกรั่วใต้ดินระบบพื้นที่ (Routine Sounding) ปีละ 3 รอบของระบบท่อประปา
- ค่าใช้จ่ายในการสำรวจหาท่อแตกรั่วซึมใต้ดินเฉลี่ย 2,000 บาทต่อกิโลเมตร
- ปรับปรุงท่อหมดอายุการใช้งานปีละ 4%
- ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อหมดอายุใช้งานเฉลี่ย 1.5 ล้านบาทต่อกิโลเมตร

- ปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิต

ตารางที่ 5.21 แสดงปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิตของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40

ปีงบประมาณ	ปีที่	ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	% น้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	กำลังการผลิตสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)	หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	ปริมาณน้ำจำหน่าย (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำอื่น (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำขาย (ล้าน ลบ.ม.)
2547	0	941.00	44.81%	1,705.02			941.00	7.40	933.60
2548	1	971.30	38.30%	1,574.23	1,752.00		971.30	7.70	963.60
2549	2	1,009.80	38.30%	1,636.63	1,752.00		1,009.80	8.00	1,001.80
2550	3	1,054.10	38.30%	1,708.43	1,752.00	1 unit	1,054.10	8.30	1,045.80
2551	4	1,106.90	38.30%	1,794.00	1,898.00		1,106.90	8.70	1,098.20
2552	5	1,159.20	38.30%	1,878.77	1,898.00	1 unit	1,159.20	9.10	1,150.10
2553	6	1,220.00	38.30%	1,977.31	2,044.00	1 unit	1,220.00	9.60	1,210.40
2554	7	1,286.20	38.30%	2,084.60	2,190.00	1 unit	1,286.20	10.10	1,276.10
2555	8	1,361.30	38.30%	2,206.32	2,336.00		1,361.30	10.70	1,350.60
2556	9	1,434.30	38.30%	2,324.64	2,336.00	1 unit	1,434.30	11.30	1,423.00
2557	10	1,516.10	38.30%	2,457.21	2,482.00	1 unit	1,516.10	11.90	1,504.20
2558	11	1,603.10	38.30%	2,598.22	2,628.00	1 unit	1,603.10	12.60	1,590.50
2559	12	1,699.70	38.30%	2,754.78	2,774.00	1 unit	1,699.70	13.30	1,686.40
2560	13	1,792.00	38.30%	2,904.38	2,920.00		1,792.00	14.00	1,778.00
2561	14	1,790.60	38.30%	2,902.11	2,920.00	1 unit	1,790.60	14.01	1,776.59
2562	15	1,856.40	38.30%	3,008.75	3,066.00		1,856.40	14.52	1,841.88

- ต้นทุนในการผลิตน้ำ

ตารางที่ 5.22 แสดงต้นทุนในการผลิตน้ำของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40

ปีที่	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำผลิตปัจจุบัน (ล้าน ลบ.ม.)	ต้นทุนน้ำผลิตปัจจุบัน (ล้านบาท)	ปริมาณน้ำผลิตขยายกำลังการผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	ต้นทุนน้ำผลิตการขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ต้นทุนในการผลิตน้ำรวม (ล้านบาท)
0	1,705.02					
1	1,574.23	1,574.23	1,605.71	0.00	0.00	1,605.71
2	1,636.63	1,636.63	1,669.36	0.00	0.00	1,669.36
3	1,708.43	1,708.43	1,742.60	0.00	0.00	1,742.60
4	1,794.00	1,752.00	1,787.04	42.00	32.31	1,819.35
5	1,878.77	1,752.00	1,787.04	126.77	97.52	1,884.56
6	1,977.31	1,752.00	1,787.04	225.31	173.33	1,960.37
7	2,084.60	1,752.00	1,787.04	332.60	255.87	2,042.91
8	2,206.32	1,752.00	1,787.04	454.32	349.51	2,136.55
9	2,324.64	1,752.00	1,787.04	572.64	440.53	2,227.57
10	2,457.21	1,752.00	1,787.04	705.21	542.52	2,329.56
11	2,598.22	1,752.00	1,787.04	846.22	651.00	2,438.04
12	2,754.78	1,752.00	1,787.04	1,002.78	771.45	2,558.49
13	2,904.38	1,752.00	1,787.04	1,152.38	886.53	2,673.57
14	2,902.11	1,752.00	1,787.04	1,150.11	884.78	2,671.82
15	3,008.75	1,752.00	1,787.04	1,256.75	966.83	2,753.87

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- เงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชี

ตารางที่ 5.23 แสดงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสีย ในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40

ปีที่	หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	เงินลงทุนสร้างโรงงานผลิตน้ำ (ล้านบาท)	มูลค่าคงเหลือทางบัญชี ณ ปีที่ 15 (ล้านบาท)
0			
1			
2			
3	1 unit	1461.5	759.98
4			
5	1 unit	1461.5	876.9
6	1 unit	1461.5	935.36
7	1 unit	1461.5	993.82
8			
9	1 unit	1461.5	1110.74
10	1 unit	1461.5	1169.2
11	1 unit	1461.5	1227.66
12	1 unit	1461.5	1286.12
13			
14	1 unit	1461.5	1403.04
15			

จากการคำนวณมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของโรงงานผลิตน้ำทั้งหมดที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า ณ ปีที่ 15 จะมีมูลค่าคงเหลือของโรงงานผลิตน้ำที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งหมด 9,762.82 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% เท่ากับ 2,337.14 ล้านบาท

- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาเพื่อควบคุมและรักษาระดับความสูญเสีย

ตารางที่ 5.24 แสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40

ปีที่	ความยาวท่อ (กม.)	อัตราการแตกรั่ว (จุดต่อ กม.ต่อปี)	ค่าซ่อมท่อแตกรั่ว (ล้านบาท)	สำรวจหาท่อแตกรั่วใต้ดิน (ครั้งต่อปี)	ค่าสำรวจท่อแตกรั่วใต้ดิน (ล้านบาท)	ค่าสำรวจ และซ่อมท่อ (ล้านบาท)	เปลี่ยนท่อหมดอายุ (ล้านบาท)
1	21,879.11	328,186.65	328.19	3	131.27	459.46	1,312.75
2	22,973.07	382,501.54	382.50	3	137.84	520.34	1,378.38
3	24,121.72	401,626.62	401.63	3	144.73	546.36	1,447.30
4	25,327.80	421,707.95	421.71	3	151.97	573.67	1,519.67
5	26,594.19	442,793.35	442.79	3	159.57	602.36	1,595.65
6	27,923.90	464,933.01	464.93	3	167.54	632.48	1,675.43
7	29,320.10	488,179.66	488.18	3	175.92	664.10	1,759.21
8	30,786.10	512,588.65	512.59	3	184.72	697.31	1,847.17
9	32,325.41	538,218.08	538.22	3	193.95	732.17	1,939.52
10	33,941.68	565,128.98	565.13	3	203.65	768.78	2,036.50
11	35,638.76	593,385.43	593.39	3	213.83	807.22	2,138.33
12	37,420.70	623,054.70	623.05	3	224.52	847.58	2,245.24
13	39,291.74	654,207.44	654.21	3	235.75	889.96	2,357.50
14	41,256.33	686,917.81	686.92	3	247.54	934.46	2,475.38
15	43,319.14	721,263.70	721.26	3	259.91	981.18	2,599.15

มูลค่าคงเหลือของการเปลี่ยนท่อหมดอายุตลอดอายุโครงการ ณ ปีที่ 15 เท่ากับ 21,418.40 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10 % เท่ากับ 5,127.39 ล้านบาท และมูลค่าคงเหลือของเงินลงทุนเปลี่ยนท่อที่ปีที่ 0 เป็นเงิน 2,000.38 ล้านบาท รวมเป็นค่าเสื่อมราคาท่อทั้งหมด 7,127.77 ล้านบาท

ผลการวิเคราะห์

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของกระแสเงินสดจ่ายออกของโครงการเท่ากับ 43,408.53 ล้านบาท
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของโรงงานผลิตน้ำที่สร้างเพื่อขยายกำลังการผลิตเท่ากับ 2,337.14 ล้านบาท
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของท่อประปาที่ต้องเปลี่ยนเพื่อแทนที่ท่อเก่าที่หมดอายุและการเปลี่ยนท่อที่ปีที่ 0 เท่ากับ 7,127.77 ล้านบาท
- กระแสเงินสดจ่ายออกสุทธิของทางเลือกเท่ากับ 33,943.62 ล้านบาท

ตารางที่ 5.25 แสดงผลการวิเคราะห์รายจ่ายออกทั้งหมดของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40

ปีที่	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	เงินลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปา (ล้านบาท)	ค่าสำรวจ และซ่อมท่อ (ล้านบาท)	เปลี่ยนท่อหมดอายุ (ล้านบาท)	เงินลงทุนขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออก (ล้านบาท)	มูลค่าคงเหลือทางบัญชี (ล้านบาท)
0	1,705.02	-5,355.17	0.00	0.00			-5,355.17	9,464.91
1	1,574.23		-459.46	-1,312.75		-1,605.71	-3,377.92	
2	1,636.63		-520.34	-1,378.38		-1,669.36	-3,568.09	
3	1,708.43		-546.36	-1,447.30	-1,461.50	-1,742.60	-5,197.76	
4	1,794.00		-573.67	-1,519.67		-1,819.35	-3,912.70	
5	1,878.77		-602.36	-1,595.65	-1,461.50	-1,884.56	-5,544.07	
6	1,977.31		-632.48	-1,675.43	-1,461.50	-1,960.37	-5,729.78	
7	2,084.60		-664.10	-1,759.21	-1,461.50	-2,042.91	-5,927.72	
8	2,206.32		-697.31	-1,847.17		-2,136.55	-4,681.02	
9	2,324.64		-732.17	-1,939.52	-1,461.50	-2,227.57	-6,360.77	
10	2,457.21		-768.78	2,036.50	-1,461.50	-2,329.56	-2,523.34	
11	2,598.22		-807.22	-2,138.33	-1,461.50	-2,438.04	-6,845.08	
12	2,754.78		-847.58	-2,245.24	-1,461.50	-2,558.49	-7,112.81	
13	2,904.38		-889.96	-2,357.50		-2,673.57	-5,921.03	
14	2,902.11		-934.46	-2,475.38	-1461.5	-2,671.82	-7,543.16	
15	3,008.75		-981.18	-2,599.15		-2,753.87	-6,334.19	

NPV (10%)	-43,408.53	-33,943.62

5.4.4. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45

ทางเลือกนี้จะเป็นการรักษาระดับน้ำสูญเสียให้คงที่ในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 ตลอดระยะเวลาการวิเคราะห์โครงการ เนื่องจากในปีงบประมาณ 2547 ระบบประปาจะมีระดับน้ำสูญเสียอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 44.81 จึงทำการรักษาระบบให้มีระดับความสูญเสียคงที่ตลอดการวิเคราะห์โครงการ ในที่นี้จึงนำกรณีดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาทางเลือก ดังนั้นในกรณีนี้จึงไม่ต้องใช้เงินในการลงทุนปรับปรุงระบบประปา แต่ต้องมีการควบคุมและบำรุงรักษาระบบประปาเพื่อให้ระดับน้ำสูญเสียคงที่ตลอดอายุโครงการ

- <u>การบำรุงรักษาระบบประปาให้ระดับความสูญเสียให้คงที่ในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45</u>

  โดยสมมติฐานที่ใช้ในการคำนวณหาเงินลงทุนในการบำรุงรักษาระบบประปามีดังนี้

  - ความยาวท่อประปา ณ ต้นปีที่ 1 ยาว 21,879.11 กิโลเมตร
  - ความยาวท่อของระบบประปามีการขยายตัวในอัตราร้อยละ 5 ต่อปี
  - อัตราการแตกรั่วของท่อ 18 จุดต่อกิโลเมตรต่อปี
  - อัตราการเพิ่มของแตกรั่วมีอัตรา ร้อยละ 12 ต่อปี
  - ค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อแตกรั่วเฉลี่ย 1,000 บาทต่อจุด
  - สำรวจและซ่อมท่อแตกรั่วใต้ดินระบบพื้นที่ (Routine Sounding) ปีละ 3 รอบของระบบท่อประปา
  - ค่าใช้จ่ายในการสำรวจหาท่อแตกรั่วซึมใต้ดินเฉลี่ย 2,000 บาทต่อกิโลเมตร
  - ปรับปรุงท่อหมดอายุการใช้งานปีละ 4%
  - ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อหมดอายุใช้งานเฉลี่ย 1.5 ล้านบาทต่อกิโลเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิต

ตารางที่ 5.26 แสดงปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิตของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45

ปีงบประมาณ	ปีที่	ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	% น้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	กำลังการผลิตสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)	หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	ปริมาณน้ำจำหน่าย (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำอื่น (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำขาย (ล้าน ลบ.ม.)
2547	0	941.00	44.81%	1,705.02	1,752.00	1 unit	941.00	7.40	933.60
2548	1	971.30	44.81%	1,759.92	1,898.00		971.30	7.70	963.60
2549	2	1,009.80	44.81%	1,829.68	1,898.00	1 unit	1,009.80	8.00	1,001.80
2550	3	1,054.10	44.81%	1,909.95	2,044.00		1,054.10	8.30	1,045.80
2551	4	1,106.90	44.81%	2,005.62	2,044.00	1 unit	1,106.90	8.70	1,098.20
2552	5	1,159.20	44.81%	2,100.38	2,190.00	1 unit	1,159.20	9.10	1,150.10
2553	6	1,220.00	44.81%	2,210.55	2,336.00		1,220.00	9.60	1,210.40
2554	7	1,286.20	44.81%	2,330.49	2,336.00	1 unit	1,286.20	10.10	1,276.10
2555	8	1,361.30	44.81%	2,466.57	2,482.00	1 unit	1,361.30	10.70	1,350.60
2556	9	1,434.30	44.81%	2,598.84	2,628.00	1 unit	1,434.30	11.30	1,423.00
2557	10	1,516.10	44.81%	2,747.06	2,774.00	1 unit	1,516.10	11.90	1,504.20
2558	11	1,603.10	44.81%	2,904.69	2,920.00	2 units	1,603.10	12.60	1,590.50
2559	12	1,699.70	44.81%	3,079.72	3,212.00	1 unit	1,699.70	13.30	1,686.40
2560	13	1,792.00	44.81%	3,246.97	3,358.00		1,792.00	14.00	1,778.00
2561	14	1,790.60	44.81%	3,244.43	3,358.00	1 unit	1,790.60	14.01	1,776.59
2562	15	1,856.40	44.81%	3,363.65	3,504.00		1,856.40	14.52	1,841.88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ต้นทุนในการผลิตน้ำประปา

ตารางที่ 5.27 แสดงต้นทุนในการผลิตน้ำประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45

ปีที่	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำผลิตปัจจุบัน (ล้าน ลบ.ม.)	ต้นทุนน้ำผลิตปัจจุบัน (ล้านบาท)	ปริมาณน้ำผลิตขยายกำลังการผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	ต้นทุนน้ำผลิตขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ต้นทุนในการผลิตน้ำรวม (ล้านบาท)
0	1,705.02					
1	1,759.92	1,752.00	1,787.04	7.92	6.09	1,793.13
2	1,829.68	1,752.00	1,787.04	77.68	59.76	1,846.80
3	1,909.95	1,752.00	1,787.04	157.95	121.51	1,908.55
4	2,005.62	1,752.00	1,787.04	253.62	195.11	1,982.15
5	2,100.38	1,752.00	1,787.04	348.38	268.01	2,055.05
6	2,210.55	1,752.00	1,787.04	458.55	352.76	2,139.80
7	2,330.49	1,752.00	1,787.04	578.49	445.04	2,232.08
8	2,466.57	1,752.00	1,787.04	714.57	549.72	2,336.76
9	2,598.84	1,752.00	1,787.04	846.84	651.48	2,438.52
10	2,747.06	1,752.00	1,787.04	995.06	765.50	2,552.54
11	2,904.69	1,752.00	1,787.04	1,152.69	886.77	2,673.81
12	3,079.72	1,752.00	1,787.04	1,327.72	1,021.43	2,808.47
13	3,246.97	1,752.00	1,787.04	1,494.97	1,150.08	2,937.12
14	3,244.43	1,752.00	1,787.04	1,492.43	1,148.13	2,935.17
15	3,363.65	1,752.00	1,787.04	1,611.65	1,239.85	3,026.89

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- เงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชี

ตารางที่ 5.28 แสดงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสีย ในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45

ปีที่	หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	เงินลงทุนสร้างโรงงานผลิตน้ำ (ล้านบาท)	มูลค่าคงเหลือทางบัญชี ณ ปีที่ 15 (ล้านบาท)
0	1 unit	1461.5	584.60
1			
2	1 unit	1461.5	701.52
3			
4	1 unit	1461.5	818.44
5	1 unit	1461.5	876.90
6			
7	1 unit	1461.5	993.82
8	1 unit	1461.5	1052.28
9	1 unit	1461.5	1110.74
10	1 unit	1461.5	1169.20
11	2 units	2923.0	2455.32
12	1 unit	1461.5	1286.12
13			
14	1 unit	1461.5	1403.04
15			

จากการคำนวณมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของโรงงานผลิตน้ำทั้งหมดที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า ณ ปีที่ 15 จะมีมูลค่าคงเหลือของโรงงานผลิตน้ำที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งหมด 12,451.98 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% เท่ากับ 4,010.16 ล้านบาท

- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาเพื่อควบคุมและรักษาระดับความสูญเสีย

ตารางที่ 5.29 แสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45

ปีที่	ความยาวท่อ (กม.)	อัตราการแตกรั่ว (จุดต่อ กม.ต่อปี)	ค่าซ่อมท่อแตกรั่ว (ล้านบาท)	สำรวจหาท่อแตกรั่วใต้ดิน (ครั้งต่อปี)	ค่าสำรวจท่อแตกรั่วใต้ดิน (ล้านบาท)	ค่าสำรวจ และซ่อมท่อ (ล้านบาท)	เปลี่ยนท่อหมดอายุ (ล้านบาท)
1	21,879.11	393,823.98	393.82	3	131.27	525.10	1,312.75
2	22,973.07	463,137.00	463.14	3	137.84	600.98	1,378.38
3	24,121.72	486,293.85	486.29	3	144.73	631.02	1,447.30
4	25,327.80	510,608.54	510.61	3	151.97	662.58	1,519.67
5	26,594.19	536,138.97	536.14	3	159.57	695.70	1,595.65
6	27,923.90	562,945.92	562.95	3	167.54	730.49	1,675.43
7	29,320.10	591,093.21	591.09	3	175.92	767.01	1,759.21
8	30,786.10	620,647.88	620.65	3	184.72	805.36	1,847.17
9	32,325.41	651,680.27	651.68	3	193.95	845.63	1,939.52
10	33,941.68	684,264.28	684.26	3	203.65	887.91	2,036.50
11	35,638.76	718,477.50	718.48	3	213.83	932.31	2,138.33
12	37,420.70	754,401.37	754.40	3	224.52	978.93	2,245.24
13	39,291.74	792,121.44	792.12	3	235.75	1,027.87	2,357.50
14	41,256.33	831,727.51	831.73	3	247.54	1,079.27	2,475.38
15	43,319.14	873,313.89	873.31	3	259.91	1,133.23	2,599.15

มูลค่าคงเหลือของการเปลี่ยนท่อหมดอายุตลอดอายุโครงการ ณ ปีที่ 15 เท่ากับ 21,418.40 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10 % เท่ากับ 5,127.39 ล้านบาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของกระแสเงินสดจ่ายออกของโครงการเท่ากับ 44,822.94 ล้านบาท
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของโรงงานผลิตน้ำที่สร้างเพื่อขยายกำลังการผลิตเท่ากับ 4,010.16 ล้านบาท
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของท่อประปาที่ต้องเปลี่ยนเพื่อแทนที่ท่อเก่าที่หมดอายุ เท่ากับ 5,127.39 ล้านบาท
- กระแสเงินสดจ่ายออกสุทธิของทางเลือกเท่ากับ 36,269.99 ล้านบาท

ตารางที่ 5.30 แสดงการวิเคราะห์รายจ่ายออกทั้งหมดของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45

ปีที่	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	เงินลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปา (ล้านบาท)	ค่าสำรวจ และซ่อมท่อ (ล้านบาท)	เปลี่ยนท่อหมดอายุ (ล้านบาท)	เงินลงทุนขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออก (ล้านบาท)	มูลค่าคงเหลือทางบัญชี (ล้านบาท)
0	1,705.02	0.00	0.00	0.00	-1,461.50		-1,461.50	9,137.55
1	1,759.92	0.00	-525.10	-1,312.75		-1,793.13	-3,630.98	
2	1,829.68	0.00	-600.98	-1,378.38	-1,461.50	-1,846.80	-5,287.66	
3	1,909.95	0.00	-631.02	-1,447.30		-1,908.55	-3,986.88	
4	2,005.62	0.00	-662.58	-1,519.67	-1,461.50	-1,982.15	-5,625.89	
5	2,100.38	0.00	-695.70	-1,595.65	-1,461.50	-2,055.05	-5,807.91	
6	2,210.55	0.00	-730.49	-1,675.43		-2,139.80	-4,545.73	
7	2,330.49	0.00	-767.01	-1,759.21	-1,461.50	-2,232.08	-6,219.80	
8	2,466.57	0.00	-805.36	-1,847.17	-1,461.50	-2,336.76	-6,450.79	
9	2,598.84	0.00	-845.63	-1,939.52	-1,461.50	-2,438.52	-6,685.18	
10	2,747.06	0.00	-887.91	-2,036.50	-1,461.50	-2,552.54	-6,938.46	
11	2,904.69	0.00	-932.31	-2,138.33	-2,923.00	-2,673.81	-8,667.45	
12	3,079.72	0.00	-978.93	-2,245.24	-1,461.50	-2,808.47	-7,494.13	
13	3,246.97	0.00	-1,027.87	-2,357.50		-2,937.12	-6,322.50	
14	3,244.43	0.00	-1,079.27	-2,475.38	-1,461.50	-2,935.17	-7,951.32	
15	3,363.65	0.00	-1,133.23	-2,599.15		-3,026.89	-6,759.27	

NPV (10%)	-44,822.94	-35,685.39

5.4.5. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป

เนื่องจากในปีงบประมาณ 2547 ระบบประปาจะมีระดับน้ำสูญเสียอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 44.81 ถ้าไม่มีกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเลยเป็นระยะเวลา 4 ปีระบบประปาจะมีระดับน้ำสูญเสียอยู่ในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป โดยในที่นี้จะทำการศึกษาระดับน้ำสูญเสียอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 50 โดยประมาณ ดังนั้นตั้งแต่ปีที่ 5 เป็นต้นมาจะต้องทำการควบคุม บำรุงรักษาระดับความสูญเสียให้คงที่ตลอดอายุการวิเคราะห์โครงการ ในทางเลือกนี้จะไม่มีเงินลงทุนในการปรับปรุงระบบประปา และการบำรุงรักษาระบบประปาในช่วง 4 ปีแรก และเมื่อเริ่มต้นปีที่ 5 ก็จะทำการควบคุมและบำรุงรักษาระบบเพื่อควบคุมระดับน้ำสูญเสียให้คงที่ตลอดอายุโครงการ

- <u>การบำรุงรักษาระบบประปาให้ระดับความสูญเสียให้คงที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป</u>

โดยสมมติฐานที่ใช้ในการคำนวณหาเงินลงทุนในการบำรุงรักษาระบบประปามีดังนี้

- ความยาวท่อประปา ณ ต้นปีที่ 1 ยาว 21,879.11 กิโลเมตร
- ความยาวท่อของระบบประปามีการขยายตัวในอัตราร้อยละ 5 ต่อปี
- อัตราการแตกรั่วของท่อ 20 จุดต่อกิโลเมตรต่อปี
- อัตราการเพิ่มของแตกรั่วมีอัตรา ร้อยละ 13 ต่อปี
- ค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อแตกรั่วเฉลี่ย 1,000 บาทต่อจุด
- สำรวจและซ่อมท่อแตกรั่วใต้ดินระบบพื้นที่ (Routine Sounding) ปีละ 3 รอบของระบบท่อประปา
- ค่าใช้จ่ายในการสำรวจหาท่อแตกรั่วซึมใต้ดินเฉลี่ย 2,000 บาทต่อกิโลเมตร
- ปรับปรุงท่อหมดอายุการใช้งานปีละ 4%
- ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อหมดอายุใช้งานเฉลี่ย 1.5 ล้านบาทต่อกิโลเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิต

ตารางที่ 5.31 แสดงปริมาณน้ำผลิตและกำลังการผลิตของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป

ปีงบประมาณ	ปีที่	ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	% น้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	กำลังการผลิตสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)	หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	ปริมาณน้ำจำหน่าย (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำอื่น (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำขาย (ล้าน ลบ.ม.)
2547	0	941.00	44.81%	1,705.02	1,752.00	1 unit	941.00	7.40	933.60
2548	1	971.30	46.60%	1,819.00	1,898.00	1 unit	971.30	7.70	963.60
2549	2	1,009.80	48.47%	1,959.50	2,044.00	1 unit	1,009.80	8.00	1,001.80
2550	3	1,054.10	50.40%	2,125.40	2,190.00	1 unit	1,054.10	8.30	1,045.80
2551	4	1,106.90	50.40%	2,231.86	2,336.00	1 unit	1,106.90	8.70	1,098.20
2552	5	1,159.20	50.40%	2,337.31	2,482.00	1 unit	1,159.20	9.10	1,150.10
2553	6	1,220.00	50.40%	2,459.90	2,482.00	1 unit	1,220.00	9.60	1,210.40
2554	7	1,286.20	50.40%	2,593.38	2,628.00	1 unit	1,286.20	10.10	1,276.10
2555	8	1,361.30	50.40%	2,744.81	2,774.00	1 unit	1,361.30	10.70	1,350.60
2556	9	1,434.30	50.40%	2,892.00	2,920.00	1 unit	1,434.30	11.30	1,423.00
2557	10	1,516.10	50.40%	3,056.93	3,066.00	2 units	1,516.10	11.90	1,504.20
2558	11	1,603.10	50.40%	3,232.35	3,358.00	1 unit	1,603.10	12.60	1,590.50
2559	12	1,699.70	50.40%	3,427.13	3,504.00	1 unit	1,699.70	13.30	1,686.40
2560	13	1,792.00	50.40%	3,613.23	3,650.00	1 unit	1,792.00	14.00	1,778.00
2561	14	1,790.60	50.40%	3,610.41	3,650.00		1,790.60	14.01	1,776.59
2562	15	1,856.40	50.40%	3,743.08	3,796.00		1,856.40	14.52	1,841.88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ต้นทุนในการผลิตน้ำ

ตารางที่ 5.32 แสดงต้นทุนในการผลิตน้ำประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป

ปีที่	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำผลิตกำลังการผลิตปัจจุบัน (ล้าน ลบ.ม.)	ต้นทุนในการผลิตน้ำกำลังการผลิตปัจจุบัน (ล้านบาท)	ปริมาณน้ำผลิตขยายกำลังการผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	ต้นทุนในการผลิตน้ำขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ต้นทุนในการผลิตน้ำรวม (ล้านบาท)
0	1,705.02					
1	1,819.00	1,752.00	1,787.04	67.00	51.54	1,838.58
2	1,959.50	1,752.00	1,787.04	207.50	159.63	1,946.67
3	2,125.40	1,752.00	1,787.04	373.40	287.25	2,074.29
4	2,231.86	1,752.00	1,787.04	479.86	369.16	2,156.20
5	2,337.31	1,752.00	1,787.04	585.31	450.28	2,237.32
6	2,459.90	1,752.00	1,787.04	707.90	544.59	2,331.63
7	2,593.38	1,752.00	1,787.04	841.38	647.28	2,434.32
8	2,744.81	1,752.00	1,787.04	992.81	763.77	2,550.81
9	2,892.00	1,752.00	1,787.04	1,140.00	877.01	2,664.05
10	3,056.93	1,752.00	1,787.04	1,304.93	1,003.89	2,790.93
11	3,232.35	1,752.00	1,787.04	1,480.35	1,138.84	2,925.88
12	3,427.13	1,752.00	1,787.04	1,675.13	1,288.68	3,075.72
13	3,613.23	1,752.00	1,787.04	1,861.23	1,431.86	3,218.90
14	3,610.41	1,752.00	1,787.04	1,858.41	1,429.68	3,216.72
15	3,743.08	1,752.00	1,787.04	1,991.08	1,531.75	3,318.79

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- เงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชี

ตารางที่ 5.33 แสดงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป

ปีที่	หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	เงินลงทุนสร้างโรงงานผลิตน้ำ (ล้านบาท)	มูลค่าคงเหลือทางบัญชี ณ ปีที่ 15 (ล้านบาท)
0	1 unit	1461.5	584.60
1	1 unit	1461.5	643.06
2	1 unit	1461.5	701.52
3	1 unit	1461.5	759.98
4	1 unit	1461.5	818.44
5	1 unit	1461.5	876.90
6	1 unit	1461.5	935.36
7	1 unit	1461.5	993.82
8	1 unit	1461.5	1052.28
9	1 unit	1461.5	1110.74
10	2 units	2923.0	2338.40
11	1 unit	1461.5	1227.66
12	1 unit	1461.5	1286.12
13	1 unit	1461.5	1344.58
14			
15			

จากการคำนวณมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของโรงงานผลิตน้ำทั้งหมดที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า ณ ปีที่ 15 จะมีมูลค่าคงเหลือของโรงงานผลิตน้ำที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งหมด 14,673.46 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% เท่ากับ 3,957.36 ล้านบาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาเพื่อควบคุมและรักษาระดับความสูญเสีย

ตารางที่ 5.34 แสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป

ปีที่	ความยาวท่อ (กม.)	อัตราการแตกรั่ว (จุดต่อ กม.ต่อปี)	ค่าซ่อมท่อแตกรั่ว (ล้านบาท)	สำรวจหาท่อแตกรั่วใต้ดิน (ครั้งต่อปี)	ค่าสำรวจท่อแตกรั่วใต้ดิน (ล้านบาท)	ค่าสำรวจ และซ่อมท่อ (ล้านบาท)	เปลี่ยนท่อหมดอายุ (ล้านบาท)
1	21,879.11	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
2	22,973.07	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
3	24,121.72	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
4	25,327.80	572,408.39	572.41	3	151.97	724.38	1,519.67
5	26,594.19	601,028.81	601.03	3	159.57	760.59	1,595.65
6	27,923.90	631,080.25	631.08	3	167.54	798.62	1,675.43
7	29,320.10	662,634.26	662.63	3	175.92	838.55	1,759.21
8	30,786.10	695,765.97	695.77	3	184.72	880.48	1,847.17
9	32,325.41	730,554.27	730.55	3	193.95	924.51	1,939.52
10	33,941.68	767,081.98	767.08	3	203.65	970.73	2,036.50
11	35,638.76	805,436.08	805.44	3	213.83	1,019.27	2,138.33
12	37,420.70	845,707.89	845.71	3	224.52	1,070.23	2,245.24
13	39,291.74	887,993.28	887.99	3	235.75	1,123.74	2,357.50
14	41,256.33	932,392.95	932.39	3	247.54	1,179.93	2,475.38
15	43,319.14	979,012.59	979.01	3	259.91	1,238.93	2,599.15

มูลค่าคงเหลือของการเปลี่ยนท่อหมดอายุตลอดอายุโครงการ ณ ปีที่ 15 เท่ากับ 19,426.57 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10 % เท่ากับ 4,650.57 ล้านบาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของกระแสเงินสดจ่ายออกของโครงการเท่ากับ 45,072.53 ล้านบาท
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของโรงงานผลิตน้ำที่สร้างเพื่อขยายกำลังการผลิตเท่ากับ 3,957.36 ล้านบาท
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของท่อประปาที่ต้องเปลี่ยนเพื่อแทนที่ท่อเก่าที่หมดอายุเท่ากับ 4,650.57 ล้านบาท
- กระแสเงินสดจ่ายออกสุทธิของทางเลือกเท่ากับ 36,464.61 ล้านบาท

ตารางที่ 5.35 แสดงผลการวิเคราะห์รายจ่ายออกทั้งหมดของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป

ปีที่	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	เงินลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปา (ล้านบาท)	ค่าสำรวจ และซ่อมท่อ (ล้านบาท)	เปลี่ยนท่อหมดอายุ (ล้านบาท)	เงินลงทุนขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออก (ล้านบาท)	มูลค่าคงเหลือทางบัญชี (ล้านบาท)
0	1,705.02	0.00	0.00	0.00	-1,461.50		-1,461.50	8,607.93
1	1,819.00	0.00	0.00	0.00	-1,461.50	-1,838.58	-3,300.08	
2	1,959.50	0.00	0.00	0.00	-1,461.50	-1,946.67	-3,408.17	
3	2,125.40	0.00	0.00	0.00	-1,461.50	-2,074.29	-3,535.79	
4	2,231.86	0.00	-724.38	-1,519.67	-1,461.50	-2,156.20	-5,861.74	
5	2,337.31	0.00	-760.59	-1,595.65	-1,461.50	-2,237.32	-6,055.07	
6	2,459.90	0.00	-798.62	-1,675.43	-1,461.50	-2,331.63	-6,267.19	
7	2,593.38	0.00	-838.55	-1,759.21	-1,461.50	-2,434.32	-6,493.58	
8	2,744.81	0.00	-880.48	-1,847.17	-1,461.50	-2,550.81	-6,739.96	
9	2,892.00	0.00	-924.51	-1,939.52	-1,461.50	-2,664.05	-6,989.58	
10	3,056.93	0.00	-970.73	-2,036.50	-2,923.00	-2,790.93	-8,721.16	
11	3,232.35	0.00	-1,019.27	-2,138.33	-1,461.50	-2,925.88	-7,544.98	
12	3,427.13	0.00	-1,070.23	-2,245.24	-1,461.50	-3,075.72	-7,852.70	
13	3,613.23	0.00	-1,123.74	-2,357.50	-1,461.50	-3,218.90	-8,161.64	
14	3,610.41	0.00	-1,179.93	-2,475.38		-3,216.72	-6,872.03	
15	3,743.08	0.00	-1,238.93	-2,599.15		-3,318.79	-7,156.87	

NPV (10%)	-45,072.53	-36,464.61

5.4.6. ทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำเพื่อชดเชยปริมาณน้ำสูญเสีย

ในทางเลือกนี้จะทำการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำบางเขนจนมีกำลังการผลิตเพียงพอต่อความต้องการการใช้น้ำและปริมาณน้ำสูญเสียที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยไม่มีกิจกรรมการลดน้ำสูญเสีย หรือ การบำรุงรักษาระบบประปาเลย โดยเงินลงทุนในทางเลือกนี้จะมีแต่เพียงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำ และค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปาเท่านั้น

- ปริมาณน้ำผลิตและหน่วยการขยายกำลังการผลิต

ตารางที่ 5.36 แสดงปริมาณน้ำผลิตและหน่วยการขยายกำลังการผลิตของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิตน้ำ

ปีงบประมาณ	ปีที่	ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	% น้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	กำลังการผลิตสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)	หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	ปริมาณน้ำจำหน่าย (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำอื่น (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำขาย (ล้าน ลบ.ม.)
2547	0	941.00	44.81%	1,705.02	1,752.00	1 unit	941.00	7.40	933.60
2548	1	971.30	46.60%	1,819.00	1,898.00	1 unit	971.30	7.70	963.60
2549	2	1,009.80	48.47%	1,959.50	2,044.00	1 unit	1,009.80	8.00	1,001.80
2550	3	1,054.10	50.41%	2,125.42	2,190.00	1 unit	1,054.10	8.30	1,045.80
2551	4	1,106.90	52.42%	2,326.46	2,336.00	2 units	1,106.90	8.70	1,098.20
2552	5	1,159.20	54.52%	2,548.71	2,628.00	2 units	1,159.20	9.10	1,150.10
2553	6	1,220.00	56.70%	2,817.48	2,920.00	2 units	1,220.00	9.60	1,210.40
2554	7	1,286.20	58.97%	3,134.54	3,212.00	3 units	1,286.20	10.10	1,276.10
2555	8	1,361.30	61.33%	3,519.90	3,650.00	3 units	1,361.30	10.70	1,350.60
2556	9	1,434.30	63.78%	3,959.81	4,088.00	3 units	1,434.30	11.30	1,423.00
2557	10	1,516.10	66.33%	4,502.79	4,526.00	5 units	1,516.10	11.90	1,504.20
2558	11	1,603.10	68.98%	5,168.45	5,256.00	6 units	1,603.10	12.60	1,590.50
2559	12	1,699.70	71.74%	6,014.99	6,132.00	7 units	1,699.70	13.30	1,686.40
2560	13	1,792.00	74.61%	7,058.44	7,154.00	6 units	1,792.00	14.00	1,778.00
2561	14	1,790.60	77.60%	7,992.47	8,030.00	11 units	1,790.60	14.01	1,776.59
2562	15	1,856.40	80.70%	9,618.79	9,636.00		1,856.40	14.52	1,841.88

- ต้นทุนในการผลิตน้ำประปา

ตารางที่ 5.37 แสดงต้นทุนในการผลิตน้ำประปาของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิตน้ำ

ปีที่	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำผลิตปัจจุบัน (ล้าน ลบ.ม.)	ต้นทุนในการผลิตน้ำปัจจุบัน (ล้านบาท)	ปริมาณน้ำผลิตขยายกำลังการผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	ต้นทุนน้ำผลิตขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ต้นทุนในการผลิตน้ำรวม (ล้านบาท)
0	1,705.02					
1	1,819.00	1,752.00	1,787.04	67.00	51.54	1,838.58
2	1,959.50	1,752.00	1,787.04	207.50	159.63	1,946.67
3	2,125.42	1,752.00	1,787.04	373.42	287.28	2,074.32
4	2,326.46	1,752.00	1,787.04	574.46	441.94	2,228.98
5	2,548.71	1,752.00	1,787.04	796.71	612.92	2,399.96
6	2,817.48	1,752.00	1,787.04	1,065.48	819.68	2,606.72
7	3,134.54	1,752.00	1,787.04	1,382.54	1,063.60	2,850.64
8	3,519.90	1,752.00	1,787.04	1,767.90	1,360.05	3,147.09
9	3,959.81	1,752.00	1,787.04	2,207.81	1,698.48	3,485.52
10	4,502.79	1,752.00	1,787.04	2,750.79	2,116.20	3,903.24
11	5,168.45	1,752.00	1,787.04	3,416.45	2,628.29	4,415.33
12	6,014.99	1,752.00	1,787.04	4,262.99	3,279.54	5,066.58
13	7,058.44	1,752.00	1,787.04	5,306.44	4,082.27	5,869.31
14	7,992.47	1,752.00	1,787.04	6,240.47	4,800.83	6,587.87
15	9,618.79	1,752.00	1,787.04	7,866.79	6,051.97	7,839.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- เงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชี

ตารางที่ 5.38 แสดงเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำและมูลค่าคงเหลือทางบัญชี ของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิตน้ำ

ปีที่	หน่วยการขยายกำลังการผลิต (1 หน่วย : 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน)	เงินลงทุนสร้างโรงงานผลิตน้ำ (ล้านบาท)	มูลค่าคงเหลือทางบัญชี ณ ปีที่ 15 (ล้านบาท)
0	1 unit	1,461.50	584.60
1	1 unit	1,461.50	643.06
2	1 unit	1,461.50	701.52
3	1 unit	1,461.50	759.98
4	2 units	2,923.00	1,636.88
5	2 units	2,923.00	1,753.80
6	2 units	2,923.00	1,870.72
7	3 units	4,384.50	2,981.46
8	3 units	4,384.50	3,156.84
9	3 units	4,384.50	3,332.22
10	5 units	7,307.50	5,846.00
11	6 units	8,769.00	7,365.96
12	7 units	10,230.50	9,002.84
13	6 units	8,769.00	8,067.48
14	11 units	16,076.50	15,433.44
15			

จากการคำนวณมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของโรงงานผลิตน้ำทั้งหมดที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า ณ ปีที่ 15 จะมีมูลค่าคงเหลือของโรงงานผลิตน้ำที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งหมด 63,136.80 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% เท่ากับ 15,559.10 ล้านบาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของกระแสเงินสดจ่ายออกของโครงการเท่ากับ 56,346.52 ล้านบาท
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ณ อัตราดอกเบี้ย 10% ของมูลค่าคงเหลือทางบัญชีของโรงงานผลิตน้ำที่สร้างเพื่อขยายกำลังการผลิตเท่ากับ 15,559.10 ล้านบาท
- กระแสเงินสดจ่ายออกสุทธิของทางเลือกเท่ากับ 40,787.42 ล้านบาท

ตารางที่ 5.39 แสดงผลการวิเคราะห์รายจ่ายออกทั้งหมดของทางเลือกที่ 2
การขยายกำลังการผลิตน้ำ

ปีที่	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	เงินลงทุนขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออก (ล้านบาท)	มูลค่าคงเหลือทางบัญชี (ล้านบาท)
0	1,705.02	-1,461.50		-1,461.50	15,559.10
1	1,819.00	-1,461.50	-1,838.58	-3,300.08	
2	1,959.50	-1,461.50	-1,946.67	-3,408.17	
3	2,125.42	-1,461.50	-2,074.32	-3,535.82	
4	2,326.46	-2,923.00	-2,228.98	-5,151.98	
5	2,548.71	-2,923.00	-2,399.96	-5,322.96	
6	2,817.48	-2,923.00	-2,606.72	-5,529.72	
7	3,134.54	-4,384.50	-2,850.64	-7,235.14	
8	3,519.90	-4,384.50	-3,147.09	-7,531.59	
9	3,959.81	-4,384.50	-3,485.52	-7,870.02	
10	4,502.79	-7,307.50	-3,903.24	-11,210.74	
11	5,168.45	-8,769.00	-4,415.33	-13,184.33	
12	6,014.99	-10,230.50	-5,066.58	-15,297.08	
13	7,058.44	-8,769.00	-5,869.31	-14,638.31	
14	7,992.47	-16,076.50	-6,587.87	-22,664.37	
15	9,618.79		-7,839.01	-7,839.01	

NPV (10%)	-56,346.52	-40,787.42

บทที่ 6

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของทางเลือกที่เหมาะสม สำหรับการประปานครหลวง

6.1. การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกในการซ่อมกับการสร้าง

ในการวิเคราะห์เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสม งานวิจัยฉบับนี้จะใช้วิธีการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกในการซ่อมให้ระดับสูญเสียอยู่ที่ระดับต่าง ๆ กับทางเลือกในการสร้างหรือการขยายกำลังการผลิตเพื่อชดเชยความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม (Incremental Cost) เพื่อพิจารณาว่าต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการขยายกำลังการผลิตในการปรับปรุงระบบประปาจะได้ผลประโยชน์คุ้มกับจำนวนเงินที่เป็นต้นทุนส่วนเพิ่มหรือไม่ จากการวิเคราะห์การลงทุนของแต่ละทางเลือกที่ได้ศึกษามาแล้วในบทที่แล้ว การเปรียบเทียบระหว่างการซ่อมกับการสร้างมี 4 กรณีดังนี้

1) ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 กับ ทางเลือกที่ 2 การสร้างหรือขยายกำลังการผลิตชดเชยความสูญเสีย
2) ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 กับ ทางเลือกที่ 2 การสร้างหรือขยายกำลังการผลิตชดเชยความสูญเสีย
3) ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 กับ ทางเลือกที่ 2 การสร้างหรือขยายกำลังการผลิตชดเชยความสูญเสีย
4) ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป กับ ทางเลือกที่ 2 การสร้างหรือขยายกำลังการผลิตชดเชยความสูญเสีย

โดยในแต่ละกรณีจะใช้การเปรียบเทียบโดยการตรวจสอบอัตราผลตอบแทนภายในของต้นทุนส่วนเพิ่ม (Incremental IRR) ระหว่างทางเลือกทั้งสอง โดยอัตราดอกเบี้ยในวิเคราะห์โครงการเท่ากับที่อัตราร้อยละ 10 ถ้าอัตราผลตอบแทนของต้นทุนส่วนเพิ่มสูงกว่าที่อัตราร้อยละ 10 แสดงว่าจำนวนเงินที่ลงทุนเพิ่มขึ้นเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า

6.1.1. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กับ ทางเลือกที่ 2 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่าร้อยละ 35 กับ การขยายกำลังการผลิต)

การลงทุนในทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 เพื่อปรับปรุงระบบประปาให้สามารถรักษาระดับการสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 ซึ่งต้องใช้เงินลงทุน 15, 25.55 ล้านบาท ส่วนทางเลือกที่ 2 จะเป็นการลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำขึ้นอีก 1 หน่วยเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการการใช้น้ำมีเงินลงทุน 1,461.50 ล้านบาท ดังนั้นในการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มจะเป็นต้นทุนส่วนเพิ่มของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 จากทางเลือกที่ 2 โดยการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนของต้นทุนส่วนเพิ่มเป็นดังตารางที่แสดงอยู่หน้าถัดไป

จากการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่ม จำนวนเงินที่ต้องลงทุนเพิ่มขึ้นในทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 เปรียบเทียบกับทางเลือกที่ 2 จะมีค่าปัจจุบันสุทธิของส่วนเพิ่มเท่ากับ 4,862.08 ล้านบาท และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของต้นทุนส่วนเพิ่มเท่ากับร้อยละ 15.11 ซึ่งให้อัตราผลตอบแทนสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยในการวิเคราะห์โครงการ ดังนั้นการลงทุนในทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 จะให้ผลตอบแทนของโครงการที่ดีกว่าทางเลือกที่ 2 การสร้างหรือการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำเพื่อชดเชยความสูญเสีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1กับ ทางเลือกที่ 2

ปีที่	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 ระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่าร้อยละ 35 (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ต้นทุนส่วนเพิ่มของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1กับ ทางเลือกที่ 2 (ล้านบาท)
0	-15,265.55	-1,461.50	-13,804.05
1	-2,224.85	-3,300.08	1,075.23
2	-2,321.43	-3,408.17	1,086.75
3	-2,428.48	-3,535.82	1,107.34
4	-2,550.04	-5,151.98	2,601.94
5	-2,673.11	-5,322.96	2,649.85
6	-4,272.40	-5,529.72	1,257.32
7	-4,399.10	-7,235.14	2,836.03
8	-4,535.88	-7,531.59	2,995.71
9	-3,211.56	-7,870.02	4,658.46
10	-4,822.76	-11,210.74	6,387.97
11	-4,981.17	-13,184.33	8,203.16
12	-5,153.27	-15,297.08	10,143.81
13	-3,862.43	-14,638.31	10,775.88
14	-5,395.08	-22,664.37	17,269.29
15	16,694.83	55,297.79	-38,602.96

NPV (I=10%)	4,862.08
IRR	15.11%
ผลลัพธ์	ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.2 ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับ ทางเลือกที่ 2 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 กับ การขยายกำลังการผลิต)

จากการวิเคราะห์ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 เงินลงทุนที่ใช้ในการปรับปรุงระบบประปาในการรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 ต้องใช้เงินลงทุน 5,355.17 ล้านบาท ทางเลือกที่ 2 การสร้างหรือขยายกำลังการผลิตน้ำเพื่อชดเชยความสูญเสียใช้เงินลงทุน 1,461.50 ล้านบาท การหาทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุนจะทำการเปรียบเทียบการลงทุนส่วนเพิ่มของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 จากการลงทุนของทางเลือกที่ 2 โดยการวิเคราะห์ส่วนเพิ่มเป็นดังนี้

ตารางที่ 6.2 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับ ทางเลือกที่ 2

ปีที่	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ต้นทุนส่วนเพิ่มของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับ ทางเลือกที่ 2 (ล้านบาท)
0	-5,355.17	-1,461.50	-3,893.67
1	-3,377.92	-3,300.08	-77.84
2	-3,568.09	-3,408.17	-159.91
3	-5,197.76	-3,535.82	-1,661.94
4	-3,912.70	-5,151.98	1,239.28
5	-5,544.07	-5,322.96	-221.12
6	-5,729.78	-5,529.72	-200.06
7	-5,927.72	-7,235.14	1,307.42
8	-4,681.02	-7,531.59	2,850.57
9	-6,360.77	-7,870.02	1,509.26
10	-2,523.34	-11,210.74	8,687.39
11	-6,845.08	-13,184.33	6,339.25
12	-7,112.81	-15,297.08	8,184.27
13	-5,921.03	-14,638.31	8,717.28
14	-7,543.16	-22,664.37	15,121.21
15	26,847.40	55,297.79	-28,450.39

NPV (I=10%)	5,766.95
IRR	20.14%
ผลลัพธ์	ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2

จากการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับ ทางเลือกที่ 2 สามารถสรุปได้ว่าการลงทุนเพิ่มในกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุนในการสร้างหรือการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำจะเป็นการลงทุนเพิ่มที่คุ้มค่า เนื่องจากค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของการลงทุนส่วนเพิ่มเท่ากับ 5,766.95 ล้านบาท และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของการลงทุนส่วนเพิ่มเท่ากับอัตราร้อยละ 20.14 ซึ่งมีค่าสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ดังนั้นการลงทุนในกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมและคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่าการขยายกำลังการผลิต

6.1.3. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กับ ทางเลือกที่ 2 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 กับ การขยายกำลังการผลิต)

การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กิจกรรมการรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 กับทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิตเพื่อชดเชยความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น จะมีเงินลงทุนในปีที่ 0 เท่ากัน นั่นคือจะต้องใช้เงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำขึ้นอีก 1 หน่วย เนื่องจากในปีที่ 1 ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 จะต้องทำการรักษาระดับความสูญเสียไว้ที่ระดับ ร้อยละ 44.81 แต่ที่ระดับความสูญเสียนี้กำลังการผลิตที่มีอยู่ยังมีไม่พอที่จะผลิตน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการการใช้น้ำและปริมาณที่ต้องชดเชยความสูญเสีย ส่วนทางเลือกที่ 2 ก็เช่นเดียวกัน ในปีที่ 1 ระดับการสูญเสียของระบบประปาอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 46.60 ซึ่งก็มีกำลังการผลิตที่ไม่เพียงพอเช่นเดียวกันจึงต้องขยายกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความสูญเสียที่สูงขึ้น กระแสเงินสดออกของทั้งสองทางเลือกได้แสดงอยู่ด้านล่างนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 กับ ทางเลือกที่ 2

ปีที่	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)
0	-1,461.50	-1,461.50
1	-3,630.98	-3,300.08
2	-5,287.66	-3,408.17
3	-3,986.88	-3,535.82
4	-5,625.89	-5,151.98
5	-5,807.91	-5,322.96
6	-4,545.73	-5,529.72
7	-6,219.80	-7,235.14
8	-6,450.79	-7,531.59
9	-6,685.18	-7,870.02
10	-6,938.46	-11,210.74
11	-8,667.45	-13,184.33
12	-7,494.13	-15,297.08
13	-6,322.50	-14,638.31
14	-7,951.32	-22,664.37
15	27,111.11	55,297.79

การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มจึงไม่สามารถเปรียบเทียบความคุ้มทุนระหว่างโครงการทั้งสองได้ ดังนั้นในการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกทั้งสองนี้จะใช้การเปรียบเทียบโดยใช้ค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของกระแสเงินสดจ่ายออกของแต่ละทางเลือกในการเปรียบเทียบแทน เนื่องจากทางเลือกทั้งสองจะมีปริมาณน้ำจำหน่ายเป็นฐานการคำนวณการผลิตน้ำเหมือนกัน ดังนั้นจึงสามารถนำค่า NPV มาเปรียบเทียบกันได้โดยทางเลือกที่มีค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายต่ำกว่าจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า

ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 NPV (I=10%) = -35,685.39 ล้านบาท

ทางเลือกที่ 2 NPV (I=10%) = -40,787.42 ล้านบาท

ดังนั้นทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 จึงเป็นทางเลือกที่คุ้มค่ามากกว่าทางเลือกที่ 2 การสร้างหรือขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำ

6.1.4. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กับ ทางเลือกที่ 2 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 45 ขึ้นไป กับ การขยายกำลังการผลิต)

ในการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กับทางเลือกที่ 2 นี้ การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มไม่สามารถเปรียบเทียบนำมาใช้ได้เนื่องจากทั้งสองทางเลือกมีเงินลงทุนที่เท่ากันในช่วงเริ่มต้นของการวิเคราะห์โครงการ นั่นคือทั้งสองทางเลือกจะต้องขยายกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการการใช้น้ำและชดเชยความสูญเสียที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้การเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่าง 2 โครงการต้องใช้การเปรียบเทียบค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินจ่ายออก โดยทางเลือกที่มีค่าปัจจุบันสุทธิน้อยกว่าจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า กระแสเงินจ่ายออกของทั้งสองทางเลือกเป็นดังนี้

ตารางที่ 6.4 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 กับ ทางเลือกที่ 2

ปีที่	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 2 การขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)
0	-1,461.50	-1,461.50
1	-3,300.08	-3,300.08
2	-3,408.17	-3,408.17
3	-3,535.79	-3,535.82
4	-5,861.74	-5,151.98
5	-6,055.07	-5,322.96
6	-6,267.19	-5,529.72
7	-6,493.58	-7,235.14
8	-6,739.96	-7,531.59
9	-6,989.58	-7,870.02
10	-8,721.16	-11,210.74
11	-7,544.98	-13,184.33
12	-7,852.70	-15,297.08
13	-8,161.64	-14,638.31
14	-6,872.03	-22,664.37
15	26,943.16	55,297.79

ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 NPV (I=10%) = -36,464.61 ล้านบาท

ทางเลือกที่ 2 NPV (I=10%) = -40,787.42 ล้านบาท

ดังนั้นทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป จึงเป็นการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนสูงกว่าการลงทุนในทางเลือกที่ 2 การสร้างหรือขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำ เนื่องจากทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 จะมีค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินจ่ายออกของโครงการที่ต่ำกว่าทางเลือกที่ 2 ในขณะที่ทั้งสองโครงการจะมีรายได้จากการขายน้ำประปาที่เท่ากัน

6.2. การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกในการซ่อมที่ระดับความสูญเสียต่าง ๆ

จากการศึกษาความเหมาะสมซึ่งเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกในการซ่อมด้วยกิจกรรมการลดน้ำสูญเสียและการควบคุมรักษาระดับความสูญเสียให้คงที่ที่ระดับต่าง ๆ กับการสร้างหรือการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำจะพบว่า ทางเลือกในการซ่อมจะให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าในทุก ๆ ทางเลือกเมื่อเปรียบเทียบกับการซ่อม ดังนั้นต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกในการซ่อมเพื่อให้ระดับน้ำสูญเสียอยู่ที่ระดับต่าง ๆ ว่า ระดับใดจะเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด

6.2.1 ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กับ ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 กับ การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40)

ทางเลือกระหว่างการซ่อมในที่นี้จะวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 กับทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 เนื่องจากเงินลงทุนในทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 จะสูงกว่าทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 ดังนั้นการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มเป็นดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.5 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที 1 กรณีที่ 1 กับ กรณีที่ 2

ปีที่	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 ระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 (ล้านบาท)	ต้นทุนส่วนเพิ่มของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กับ กรณีที่ 2 (ล้านบาท)
0	-15,265.55	-5,355.17	-9,910.38
1	-2,224.85	-3,377.92	1,153.07
2	-2,321.43	-3,568.09	1,246.66
3	-2,428.48	-5,197.76	2,769.28
4	-2,550.04	-3,912.70	1,362.66
5	-2,673.11	-5,544.07	2,870.97
6	-4,272.40	-5,729.78	1,457.38
7	-4,399.10	-5,927.72	1,528.62
8	-4,535.88	-4,681.02	145.14
9	-3,211.56	-6,360.77	3,149.20
10	-4,822.76	-2,523.34	-2,299.42
11	-4,981.17	-6,845.08	1,863.91
12	-5,153.27	-7,112.81	1,959.54
13	-3,862.43	-5,921.03	2,058.60
14	-5,395.08	-7,543.16	2,148.07
15	16,694.83	26,847.40	-10,152.57

NPV (I=10%)	-904.87
IRR	6.70%
ผลลัพธ์	ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2

จากการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 กับ กรณีที่ 2 สามารถสรุปได้ว่า การ ลงทุนเพิ่มในกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35 เมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุนในกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 จะเป็นการลงทุนเพิ่มไม่ที่คุ้มค่า เนื่องจากค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของการลงทุนส่วนเพิ่มเท่ากับ –904.87 ล้านบาท และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของการลงทุนส่วนเพิ่มเท่ากับอัตราร้อยละ 6.70 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ดังนั้นการลงทุนในกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมมากกว่าการลงทุนเพิ่มในการทำกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 30.00

6.2.2. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับ กรณีที่ 3 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 กับ ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45)

เนื่องจากกรณีที่ 2 เป็นทางเลือกที่คุ้มค่ากว่ากรณีที่ 1 ดังนั้นในกรณีนี้จะเป็นการเปรียบเทียบการลงทุนเพิ่มในกรณีที่ 2 จากการลงทุนในกรณีที่ 3 โดยการลงทุนในปีเริ่มต้นของกรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 จะใช้เงินลงทุนสูงกว่าเงินลงทุนในกรณีที่ 3 ของกิจกรรมการรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 โดยการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มเป็นดังนี้

ตารางที่ 6.6 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับ กรณีที่ 3

ปีที่	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3 ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 (ล้านบาท)	ต้นทุนส่วนเพิ่มของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับ กรณีที่ 3 (ล้านบาท)
0	-5,355.17	-1,461.50	-3,893.67
1	-3,377.92	-3,630.98	253.06
2	-3,568.09	-5,287.66	1,719.57
3	-5,197.76	-3,986.88	-1,210.88
4	-3,912.70	-5,625.89	1,713.20
5	-5,544.07	-5,807.91	263.83
6	-5,729.78	-4,545.73	-1,184.06
7	-5,927.72	-6,219.80	292.08
8	-4,681.02	-6,450.79	1,769.77
9	-6,360.77	-6,685.18	324.41
10	-2,523.34	-6,938.46	4,415.12
11	-6,845.08	-8,667.45	1,822.37
12	-7,112.81	-7,494.13	381.33
13	-5,921.03	-6,322.50	401.47
14	-7,543.16	-7,951.32	408.16
15	26,847.40	27,111.11	-263.71

NPV (I=10%)	1,249.51
IRR	14.36%
ผลลัพธ์	ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2

จากการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างกรณี 2 กับ กรณีที่ 3 สามารถสรุปได้ว่าการลงทุนเพิ่มในกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุนในกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45 จะเป็นการลงทุนเพิ่มที่คุ้มค่า เนื่องจากค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของการลงทุนส่วนเพิ่มเท่ากับ 1,249.51 ล้านบาท และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของการลงทุนส่วนเพิ่มเท่ากับอัตราร้อยละ 14.36 ซึ่งมีค่าสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ดังนั้นการลงทุนในกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมมากกว่าการลงทุนเพิ่มในการทำกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45

6.2.3. ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับ กรณีที่ 4 (การรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 กับการรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป)

จากการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่ 1 กับ กรณีที่ 2 และกรณีที่ 2 กับ กรณีที่ 3 จะพบว่ากรณี 2 จะเป็นทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุด ดังนั้นสำหรับกรณีนี้จะทำการเปรียบเทียบระหว่างการลงทุนเพิ่มในกรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 กับกรณีที่ 4 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป โดยการเปรียบเทียบแสดงอยู่ด้านล่างนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.7 แสดงเงินลงทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กับ กรณี 4

ปีที่	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 ระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 (ล้านบาท)	กระแสเงินสดออกของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 4 ระดับน้ำสูญเสียในช่วง ตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป (ล้านบาท)	ต้นทุนส่วนเพิ่มของกรณีที่ 2 กับ กรณีที่ 4 (ล้านบาท)
0	-5,355.17	-1,461.50	-3,893.67
1	-3,377.92	-3,300.08	-77.84
2	-3,568.09	-3,408.17	-159.91
3	-5,197.76	-3,535.79	-1,661.96
4	-3,912.70	-5,861.74	1,949.04
5	-5,544.07	-6,055.07	510.99
6	-5,729.78	-6,267.19	537.41
7	-5,927.72	-6,493.58	565.86
8	-4,681.02	-6,739.96	2,058.94
9	-6,360.77	-6,989.58	628.81
10	-2,523.34	-8,721.16	6,197.82
11	-6,845.08	-7,544.98	699.89
12	-7,112.81	-7,852.70	739.89
13	-5,921.03	-8,161.64	2,240.61
14	-7,543.16	-6,872.03	-671.12
15	26,847.40	26,943.16	-95.76

NPV (I=10%)	1,444.13
IRR	13.63%
ผลลัพธ์	ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2

จากการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างกรณีที่ 2 กับ กรณีที่ 4 สามารถสรุปได้ว่าการ ลงทุนเพิ่มในกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุนในกิจกรรมการรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป จะเป็นการลงทุนเพิ่มที่คุ้มค่า เนื่องจากค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของการลงทุนส่วนเพิ่มเท่ากับ 1,444.13ล้านบาท และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของการ ลงทุนส่วนเพิ่มเท่ากับอัตราร้อยละ 13.63 ซึ่งมีค่าสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ดังนั้นการลงทุนในกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมมากกว่าการลงทุนเพิ่มในการทำกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป

จากการศึกษาเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมของกิจกรรมลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง ในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบทางเลือกระหว่างการซ่อมระบบประปาเพื่อควบคุมน้ำสูญเสียที่ระดับการสูญเสียต่างๆ กับทางเลือกในการสร้างหรือขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำเพื่อชดเชยระดับน้ำสูญเสียที่เพิ่มสูงขึ้น ปรากฏว่าการซ่อมจะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่าการขยายกำลังการผลิตในแง่ของความคุ้มทุนในการลงทุนสร้างเพื่อการซ่อมบำรุงและควบคุมระบบประปา

การเปรียบเทียบทางเลือกระหว่างการซ่อม จากการเปรียบเทียบต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างทางเลือกในกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเพื่อซ่อมบำรุงและควบคุมระดับน้ำสูญเสียที่ระดับต่าง ๆ พบว่าทางเลือกของกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 เป็นทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุดระหว่างทางเลือกอื่น ๆ ทุกทางเลือก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ของกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 จะทำการวิเคราะห์โครงการโดยการนำ เงินลงทุน และค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในการทำโครงการ และรายได้ที่เกิดขึ้น มาทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการ ดังที่จะกล่าวต่อไป

6.3. การศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปากิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนจะนำเอาข้อมูลจากการวิเคราะห์การลงทุน ค่าใช้จ่ายและรายได้ที่เกิดขึ้นของทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 มาใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ นอกจากเงินลงทุนในการปรับปรุงระบบประปา ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ เงินลงทุนขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปา แล้วในที่นี้ยังมีค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนคงที่ ซึ่งเป็นต้นทุนในการบริการและจำหน่าย และการบริหารและดำเนินการ มาใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ ส่วนรายได้ในที่นี้จะใช้รายได้จากการขายน้ำเท่านั้นเป็นการได้มาซึ่งรายได้ของโครงการ

<u>รายได้ของการประปานครหลวง</u>

รายได้ของการประปานครหลวงมาจาก 2 แหล่ง คือ รายได้จากการดำเนินงาน และรายได้ที่ไม่เกี่ยวกับการดำเนินงาน โดยรายได้จากการดำเนินงานประกอบด้วย รายได้ค่าน้ำและค่าบริการอุปกรณ์ประปา รายได้จากการติดตั้งประปาใหม่ และรายได้อื่นจากการดำเนินงาน ในงานวิจัยฉบับนี้จะใช้รายได้จากการขายน้ำประปาเท่านั้นในการวิเคราะห์โครงการ และรายได้ค่าน้ำประปานี้จะเท่ากันในทุก ๆ ทางเลือกที่กำหนดไว้ เนื่องจากการคำนวณปริมาณน้ำผลิตจะใช้ปริมาณน้ำจำหน่ายที่การประปานครหลวงคาดการณ์เอาไว้ในอนาคตจนถึงปี 2560 เป็นฐานใน

การคำนวณ อัตราค่าน้ำประปาจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่พักอาศัยและประเภทธุรกิจ ราชการ รัฐวิสาหกิจ อุตสาหกรรม และอื่น ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.8 แสดงราคาน้ำขายของการประปานครหลวง

ประเภทที่ 1		**ประเภทที่ 2**	
ที่พักอาศัย		**ธุรกิจ ราชการ รัฐวิสาหกิจ อุตสาหกรรม และอื่น ๆ**	
ปริมาณน้ำใช้	**ราคาค่าน้ำ**	**ปริมาณน้ำใช้**	**ราคาค่าน้ำ**
(ลูกบาศก์เมตร)	**(บาท/ลูกบาศก์เมตร)**	**(ลูกบาศก์เมตร)**	**(บาท/ลูกบาศก์เมตร)**
0-30	8.50 แต่ไม่ต่ำกว่า 45.00 บาท	0-10	9.50 แต่ไม่ต่ำกว่า 90.00 บาท
31-40	10.03	11-20	10.70
41-50	10.35	21-30	10.95
51-60	10.68	31-40	13.21
61-70	11.00	41-50	13.54
71-80	11.33	51-60	13.86
81-90	12.50	61-80	14.19
91-100	12.82	81-100	14.51
101-120	13.15	101-120	14.84
121-160	13.47	121-160	15.16
161-200	13.80	161-200	15.49
มากกว่า 200	14.45	มากกว่า 200	15.81

(ที่มา: รายงานประจำปีงบประมาณ 2543)

หมายเหตุ: 1. อัตราค่าน้ำประปาไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

2. สำหรับการขายน้ำแบบขายเหมา (BULK SALE) มีราคาขายน้ำเฉลี่ยดังนี้

- ประเภทที่พักอาศัย ราคา 10.50 บาท/ลบ.ม.
- ประเภทอื่น ๆ ราคา 13.00 บาท/ลบ.ม.

3. ประเภทที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อยตั้งแต่ 30 ครัวเรือนขึ้นไป และใช้น้ำไม่เกิน 30 ลบ.ม. ต่อหลังคาเรือน ราคา 8.50 บาท/ลบ.ม.

เพื่อความสะดวกในการคำนวณ งานวิจัยฉบับนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยของราคาน้ำประปาที่ปรากฏอยู่ในรายงานประจำปี 2543 ซึ่งเท่ากับ 11.70 บาท/ลูกบาศก์เมตรเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการคิดรายได้จากการขายน้ำประปา

อายุของการศึกษาโครงการเท่ากับ 15 ปี และอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ ร้อยละ 10 โดยมีผลการศึกษาผลตอบแทนของโครงการเป็นดังนี้

- ผลตอบแทนของโครงการ (IRR) เท่ากับ ร้อยละ 113.16
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV ณ อัตราดอกเบี้ยที่อัตรา ร้อยละ 10) เท่ากับ 62,769.57 ล้านบาท

จากผลการตอบแทนสามารถสรุปได้ว่า การลงทุนในการทำโครงการตลอดระยะเวลาการวิเคราะห์โครงการจะเป็นการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนที่สูงมาก และเป็นทางเลือกเหมาะสมที่สุดในแง่ความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลงทุน ตารางแสดงผลตอบแทนของโครงการได้แสดงอยู่หน้าถัดไป

<u>ต้นทุนน้ำประปาขาย</u>

ต้นทุนการผลิตน้ำในที่นี้จะคิดเป็นต้นทุนน้ำต่อหน่วยปริมาณน้ำขาย ซึ่งหมายถึงต้นทุนในการขายน้ำประปาซึ่งรวมปริมาณน้ำสูญเสียเอาไว้ด้วย โดยการคิดต้นทุนน้ำต่อหน่วยปริมาณน้ำขายในที่นี้จะแบ่งการคิดต้นทุนเป็นต้นทุนแปรผัน ซึ่งคือต้นทุนที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาจากของฝ่ายผลิตและส่งน้ำที่แสดงอยู่ในตาราง 5.8 ส่วนต้นทุนคงที่ในที่นี้จะนำข้อมูลจากตาราง 5.14 นั่นคือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในส่วนของฝ่ายบริการและจำหน่าย และฝ่ายบริหารและดำเนินการ ซึ่งในที่นี้ได้รวม ค่าเสื่อมราคา รายจ่ายตัดจ่าย หนี้สงสัยจะสูญ และ ดอกเบี้ยจ่ายและค่าธรรมเนียมผูกพันเงินกู้เอาไว้ด้วย นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าเสื่อมราคา และดอกเบี้ยจ่ายและค่าธรรมเนียมผูกพันเงินกู้ของฝ่ายผลิตและส่งน้ำเอาไว้ในส่วนของต้นทุนคงที่นี้ด้วย ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเป็นดังนี้

- $Q_{น้ำผลิต}$ ในปีงบประมาณ 2548 = 1574.23 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- $Q_{น้ำขาย}$ ในปีงบประมาณ 2548 = 963.60 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- เงินลงทุนในการปรับปรุงระบบประปาให้มีความสูญเสียอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 38.30 เท่ากับ 5355.17 ล้านบาท ดังนี้
  - เงินลงทุนในการเปลี่ยนท่อประปา 5,000.94 ล้านบาท
  - ค่าใช้จ่ายในการสำรวจหาท่อรั่ว 41.67 ล้านบาท
  - ค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อแตกรั่ว 312.56 ล้านบาท
- ต้นทุนแปรผันเท่ากับ 1.02 บาทต่อหน่วยปริมาณน้ำผลิต

- ต้นทุนคงที่เท่ากับ 6,583.2 ล้านบาทต่อปี (จากตาราง 5.14)
- อัตราส่วนลดทางการเงินเท่ากับ ร้อยละ 10

ในที่นี้จะคิดต้นทุนการผลิตน้ำเพียงต้นทุนของปีงบประมาณ 2548 เพียงปีเดียวเท่านั้น โดยการคิดต้นทุนน้ำประปาในทางเลือกนี้จะต้องมีค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงระบบ และค่าดอกเบี้ยเงินกู้ที่ต้องชำระเนื่องจากการใช้เงินในการปรับปรุงระบบด้วยทำให้ต้นทุนคงที่เพิ่มขึ้นจากเดิมดังข้อมูลที่แสดงอยู่ในตารางที่ 5.14

- ค่าเสื่อมราคาของท่อประปาที่เปลี่ยนเพื่อปรับปรุงระบบประปา

5000.94/25 = 200.04 ล้านบาทต่อปี

- อัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นในการทำโครงการ

5355.17*0.1 = 535.5 ล้านบาทต่อปี

- สมการต้นทุนการผลิตน้ำประปา

Y = 1.02Q+7318.74

Y = (1.02*1574.23) + 7318.74

= 8924.45 ล้านบาท

ถ้า $Q_{น้ำขาย}$ = 963.60 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

∴ ต้นทุนน้ำประปา = 9.26 บาทต่อหน่วยลูกบาศก์เมตรน้ำขาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.9 แสดงการวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการลงทุนกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40

	ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	เงินลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปา (ล้านบาท)	ค่าสำรวจ และซ่อมท่อ (ล้านบาท)	เปลี่ยนท่อหมดอายุ (ล้านบาท)	เงินลงทุนขยายกำลังการผลิต (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายในส่วนต้นทุนคงที่ (ล้านบาท)	กระแสเงินสดจ่ายออก (ล้านบาท)	ปริมาณน้ำขาย (ล้าน ลบ.ม.)	รายได้จากการขายน้ำ (ล้านบาท)	มูลค่าคงเหลือทางบัญชีรวม (ล้านบาท)	กระแสเงินสด (ล้านบาท)
0	1,705.02	-5,355.17	0.00	0.00				-5,355.17				-5,355.17
1	1,574.23		-459.46	-1,312.75		-1,605.71	-1,888.80	-5,266.72	963.60	11,274.12		6,007.40
2	1,636.63		-520.34	-1,378.38		-1,669.36	-1,888.80	-5,456.89	1,001.80	11,721.06		6,264.17
3	1,708.43		-546.36	-1,447.30	-1,461.50	-1,742.60	-1,888.80	-7,086.56	1,045.80	12,235.86		5,149.30
4	1,794.00		-573.67	-1,519.67		-1,819.35	-1,888.80	-5,801.50	1,098.20	12,848.94		7,047.44
5	1,878.77		-602.36	-1,595.65	-1,461.50	-1,884.56	-1,888.80	-7,432.87	1,150.10	13,456.17		6,023.30
6	1,977.31		-632.48	-1,675.43	-1,461.50	-1,960.37	-1,888.80	-7,618.58	1,210.40	14,161.68		6,543.10
7	2,084.60		-664.10	-1,759.21	-1,461.50	-2,042.91	-1,888.80	-7,816.52	1,276.10	14,930.37		7,113.85
8	2,206.32		-697.31	-1,847.17		-2,136.55	-1,888.80	-6,569.82	1,350.60	15,802.02		9,232.20
9	2,324.64		-732.17	-1,939.52	-1,461.50	-2,227.57	-1,888.80	-8,249.57	1,423.00	16,649.10		8,399.53
10	2,457.21		-768.78	2,036.50	-1,461.50	-2,329.56	-1,888.80	-4,412.14	1,504.20	17,599.14		13,187.00
11	2,598.22		-807.22	-2,138.33	-1,461.50	-2,438.04	-1,888.80	-8,733.88	1,590.50	18,608.85		9,874.97
12	2,754.78		-847.58	-2,245.24	-1,461.50	-2,558.49	-1,888.80	-9,001.61	1,686.40	19,730.88		10,729.27
13	2,904.38		-889.96	-2,357.50		-2,673.57	-1,888.80	-7,809.83	1,778.00	20,802.60		12,992.77
14	2,902.11		-934.46	-2,475.38	-1461.5	-2,671.82	-1,888.80	-9,431.96	1,776.59	20,786.10		11,354.14
15	3,008.75		-981.18	-2,599.15		-2,753.87	-1,888.80	-8,222.99	1,841.88	21,550.00	33,181.59	46,508.60

NPV (I=10%)	62,769.57
IRR	113.16%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.4. อัตราน้ำสูญเสียที่ยอมรับได้

จากการศึกษาความเป็นไปได้ของทางเลือกต่าง ๆ จะพบว่าการลงทุนในกิจกรรมการรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 เป็นทางเลือกที่ให้ผลตอบแทนในทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมที่สูงที่สุด แต่ที่ระดับความสูญเสียนี้ไม่ได้หมายความว่าจะเป็นระดับที่สามารถยอมรับได้ การได้มาซึ่งระดับน้ำสูญเสียที่ยอมรับได้นั้นสามารถทำได้โดยการเทียบเคียงผลการดำเนินงาน (Benchmarking) ในด้านของอัตราน้ำสูญเสียกับการประปาที่อื่น โดยในงานวิจัยฉบับนี้ทำการเทียบเคียงกับประปาในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิค เนื่องจากประเทศในภูมิภาคนี้เป็นประเทศกำลังพัฒนาเป็นส่วนใหญ่ คือมีการลงทุนในด้านสาธารณูปโภคในระดับไม่สูงนักเนื่องจากมีปัจจัยอย่างอื่นที่สำคัญกว่าในด้านการพัฒนาประเทศที่ต้องให้ความสำคัญมากกว่า ดังนั้นการประปาของประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิคจึงเป็นคู่เทียบที่เหมาะสมที่สุดกับการประปาของประเทศไทย

การเทียบเคียงในด้านน้ำสูญเสียนี้จะเป็นการเทียบเคียงแบบเปรียบเทียบเฉพาะกิจกรรม (Functional Benchmarking) ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบแนวปฏิบัติที่เหมือนกันในส่วนที่เป็นการปฏิบัติงานเดียวกัน ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลอัตราน้ำสูญเสียมีหลายประเภท แต่ในที่นี้จะทำการเทียบเคียงโดยใช้ขนาดของการให้บริการเป็นหลัก เนื่องจากสาเหตุหลักของน้ำสูญเสียมาจากการรั่วของท่อประปา ดังนั้นประเทศคู่เทียบเคียงก็ควรที่จะมีลักษณะการใช้น้ำ ปริมาณน้ำผลิตจ่าย จำนวนผู้ใช้น้ำ พื้นที่การให้บริการ ที่ใกล้เคียงกับประเทศไทย เพื่อให้มีศักยภาพในการเปรียบเทียบที่ใกล้เคียงกัน และได้ผลจากการเทียบเคียงที่เป็นประโยชน์

จากการศึกษาการประปาของประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิค ขนาดของงานประปามีตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดเล็ก ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการพิจารณาจะแบ่งงานประปาของประเทศต่าง ๆ ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ประเทศที่มีผู้ใช้น้ำน้อยกว่า 150,000 ราย และ ประเทศที่มีผู้ใช้น้ำมากกว่า 150,000 ราย โดยการประปานครหลวงของประเทศไทยจัดได้ว่าเป็นประเภทที่มีผู้ใช้น้ำมากกว่า 150,000 ราย และในงานประปาประเภทเดียวกันนี้มีข้อมูลเพื่อใช้ในการเทียบเคียงของการประปาประเทศต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 6.10 แสดงหน่วยงานประปาของประเทศต่าง ๆ ที่ใช้ในการเทียบเคียง

ประเทศ	ปริมาณน้ำผลิต (ลบ.ม.ต่อวัน)	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ราย)	พื้นที่ให้บริการ (ตร.กม.)	ชั่วโมงการให้บริการ (ชม.ต่อวัน)	อัตราน้ำสูญเสีย (%)
Seoul Metropolitan Government (Office of Waterworks) ประเทศเกาหลี	4,959,000	1,873,186	606	24	34
Shanghai Municipal Waterworks Company ประเทศจีน	4,728,000	1,827,717	506	24	14
Metropolitan Waterworks Authority (MWA) ประเทศไทย	3,849,863	1,241,386	893	24	38
Metropolitan Waterworks and Sewerage System กรุงมานิลา ประเทศฟิลิปินส์	2,800,000	779,380	1,274	17	58
Taipei Water Department ประเทศไต้หวัน	2,740,000	1,289,180	190	24	26
Delhi Water Supply and Sewage Disposal Undertaking ประเทศอินเดีย	2,610,000	1,169,495	1,397	3.5	26
Brihanmumbai Municipal Corporation (Hydraulic Engineer's Department) ประเทศอินเดีย	2,601,506	271,530	438	5.5	18
Water Supplies Department ประเทศฮ่องกง	2,518,000	2,099,820	1,092	24	36
Beijing Municipal Waterworks Company ประเทศจีน	1,851,640	222,108	550	24	8
Karachi Water and Sewerage Board ประเทศปากีสถาน	1,270,820	371,693	165	17	40
Public Utilities Board (Water Department) ประเทศสิงคโปร์	1,375,156	910,691	640	24	6

จากตารางที่แสดงอยู่ด้านบน การประปาของประเทศฟิลิปินส์ และปากีสถาน จะมีระดับน้ำสูญเสียสูงกว่าระดับการสูญเสียของการประปานครหลวง ส่วนการประปาของประเทศอินเดียทั้งที่กรุงเดลลีและมุมไบจะไม่สามารถบริการน้ำให้ประชาชนได้ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งชั่วโมงการจ่าย

น้ำที่ลดลงจะทำให้ปริมาณน้ำสูญเสียลดลงด้วย ดังนั้นเมืองเหล่านี้จึงไม่สามารถนำมาเป็นคู่เทียบในการเปรียบเทียบการดำเนินงานได้

งานประปาของเซี่ยงไฮ้ และปักกิ่ง จะมีระดับน้ำสูญเสียอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 14 และ 8 ตามลำดับ จากการศึกษาของธนาคารพัฒนาแห่งเอเชียพบว่า ทั้งเซี่ยงไฮ้และปักกิ่งน่าจะมีระดับการสูญเสียที่สูงกว่านี้โดยวิเคราะห์จากข้อมูลอัตราราคาน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) เปรียบเทียบโครงสร้างของอัตราราคาน้ำ (Tariff Structure) และเซี่ยงไฮ้ อัตราน้ำสูญเสียลดลงจากระดับร้อยละ 25 มาอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 14 ส่วนที่ปักกิ่งลดลงจากระดับร้อยละ 28 มาอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 8 ภายในระยะเวลา 4-5 ปี ซึ่งอ้างอิงอยู่ใน Water Utilities Data Book. 1st Edition . 1993 เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวไม่สามารถเชื่อถือได้ ดังนั้นการเทียบเคียงการดำเนินงานในงานวิจัยนี้จึงไม่สามารถนำมาเป็นคู่เทียบที่เหมาะสมได้

นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้ว งานประปาของ กรุงโซล ประเทศเกาหลี, กรุงไทเป ประเทศไต้หวัน, ฮ่องกง และสิงคโปร์ จัดได้ว่าเป็นงานประปาที่มีประสิทธิภาพค่อนข้างดี งานประปาของประเทศสิงคโปร์เป็นระบบงานที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิค เนื่องจากประเทศสิงคโปร์เป็นประเทศที่มีงานในระบบสาธารณูปโภคที่ดีกว่าเนื่องจากสภาพทางเศรษฐกิจที่เอื้ออำนวยในการลงทุน ดังนั้นคุณภาพของท่อประปาและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบประปาจึงสามารถใช้ของที่มีคุณภาพดีกว่า ประกอบกับสิงคโปร์ต้องซื้อน้ำดิบมาจากมาเลเซีย จึงส่งผลให้ต้องมีการควบคุมระดับน้ำสูญเสียและใช้อุปกรณ์ประปาที่มีคุณภาพสูงเพื่อให้ระดับน้ำสูญเสียมีระดับที่ต่ำ ในขณะที่ระบบประปาของการประปานครหลวงท่อและอุปกรณ์ประปาที่ใช้จัดได้ว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เรียกว่าพอใช้ได้ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านการลงทุน ดังนั้นการนำงานประปาของประเทศสิงคโปร์มาใช้เป็นคู่เทียบนั้นอาจจะไม่เหมาะสมเท่าที่ควรเนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว ณ สภาพการณ์ในปัจจุบันของประปานครหลวงจึงเป็นไปไม่ได้ที่จะลดอัตราน้ำสูญเสียให้เท่ากับประเทศสิงคโปร์ได้

จากบทวิเคราะห์วิจารณ์ของหนังสือ SECOND UTILITIES DATA BOOK ของ ธนาคารพัฒนาแห่งเอเชียสรุปได้ว่ากรุงโซล ประเทศเกาหลีเป็นประเทศที่จัดได้ว่ามีงานประปาอยู่ในระดับที่ดีทั้งทางด้านความพึงพอใจของผู้ใช้น้ำ การบริหารงานในด้านการบริหารบุคลากร ด้านการใช้ทรัพยากรน้ำ และในด้านการเงิน การลงทุน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะขอเลือกงานประปาของกรุงโซล ประเทศเกาหลี เป็นคู่เทียบในการเทียบเคียงการดำเนินงานทางด้านการลดน้ำสูญเสีย นอกจากนี้จากข้อมูลในตารางด้านบนกรุงโซลยังเป็นประเทศที่มีสภาพทางกายภาพที่ส่งผลต่อการดำเนินงานในด้านการลดน้ำสูญเสียที่ใกล้เคียงกับการประปานครหลวงมากที่สุดอีกด้วย

SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT (Office of Waterworks)

หน่วยงานประปาเป็นหน่วยงานที่ขึ้นตรงกับหน่วยงานรัฐบาลของกรุงโซล (Seoul Metropolitan Government) ก่อตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1908 มีหน้าที่ในการให้บริการน้ำประปาแก่ประชาชนในกรุงโซล ในการผลิตน้ำประปางานประปาต้องทำการซื้อน้ำดิบจาก KOWACO มาใช้ในการผลิตน้ำประปาและขายน้ำประปาให้กับผู้ใช้น้ำในกรุงโซลและเมืองใกล้เคียงด้วย การบริหารงานมีการจ้างเหมาบริษัทเอกชนในงานการอ่านมิตเตอร์ของผู้ใช้น้ำ ส่วนรัฐบาลมีหน้าที่ในการควบคุมดูแลการบริหารงานบุคคล การกำหนดอัตราราคาน้ำประปา และการกำหนดงบลงทุนที่ใช้ในการดำเนินงานและการพัฒนากิจการประปา โดยมีเป้าหมาย (Mission Statement) คือ *"Supply of safe, clean and plentiful water to the citizen"*

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1995)

- ประชากร (Population) : 10,595,943
- ผู้ใช้น้ำ (Connection) : 1,873,186
- พนักงาน (Staff) : 4,332
- ค่าใช้จ่ายการดำเนินงานและการบำรุงรักษาประจำปี (Annual O&M Cost) : US$ 280,500,342
- งานออกบิลประจำปี (Annual Billings) : US$ 324,577,270
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) : US$ 334,935,666
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) : 75.1% แหล่งเงินได้ภายในองค์กร; 14.4% เงินกู้จากภาครัฐบาล; 10.5% เงินกู้จากภาคเอกชน

ข้อมูลด้านการผลิตและจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- เฉลี่ยปริมาณน้ำผลิตต่อวัน (Average Daily Production) 4,959,000 m^3/day
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) ไม่มี
- น้ำบนดิน (Surface Water) 100%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity) 6,190,000 m^3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- พื้นที่ให้บริการ (Service Area) 606 sq. km.

ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 6.5 คนต่อครอบครัว 1,628,956
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) ไม่มี
- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) 210,292
- ประเภทหน่วยงานราชการ (Institutional) 5,838
- ประเภทอื่น (Other) ไม่มี

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 100%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 24 ชั่วโมง/วัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 209l/c/d
- อัตราราคาน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$ 0.281/m^3
- น้ำดื่ม (Drinking Water) ต้มน้ำเพื่อใช้ในการดื่ม

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 34%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-revenue Water) 35%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$ 0.155/m^3
- Account Receivable 1.5 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 Connections) 2.3

จากข้อมูลงานประปาของประปากรุงโซล การเทียบเคียงการดำเนินงานในด้านการลดน้ำสูญเสียสามารถสรุปได้ว่า จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงในทางเลือกต่าง ๆ นั้น ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2 กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วง35 ถึง ร้อยละ 40 จะเป็นระดับที่ให้ความคุ้มค่าในการลงทุนสูงสุดในแง่ของเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราน้ำสูญเสียของประเทศคู่เทียบแล้ว การประปากรุงโซลมีอัตราน้ำสูญเสียอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 34 จะเห็นได้ว่าความแตกต่างมีไม่มากนัก ทั้ง ๆ ที่ กรุงโซลจัดได้ว่าเป็นเมืองที่มีความ ก้าวหน้าทั้งทางด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยีที่สูงกว่าประเทศไทย ประกอบกับความแตกต่างทางกายภาพของเมืองโดยรวมความต่างดังกล่าวก็น่าจะเป็นที่ยอมรับได้ แต่เนื่องจากข้อมูลที่ใช้เป็น ข้อมูลในปี ค.ศ. 1995 และจากอดีตงานประปากรุงโซลไม่ค่อยให้ความสนใจกับกิจกรรมลดน้ำ สูญเสียเท่าที่ควร กิจกรรมที่ทำส่วนใหญ่จะเป็นการรักษาระดับความสูญเสียให้คงที่

หรือมีการเพิ่มขึ้นไม่สูงนักในช่วงระยะเวลาประมาณ 5 ปีที่ผ่านมาโดยเปรียบเทียบจาก WATER UTILITIES DATA BOOK. 1ST EDITION ดังนั้นถ้าการประปากรุงโซลยังคงให้ความสำคัญกับระดับน้ำสูญเสียเหมือนเดิมอยู่คือพยายามที่จะรักษาระดับความสูญเสียของน้ำประปาเอาไว้ให้คงที่ ดังนั้นระดับน้ำสูญเสียของประปากรุงโซลในปัจจุบันก็คงจะอยู่ที่ระดับที่ไม่แตกต่างกันมากเท่าไรนัก

ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าการประปานครหลวงสมควรที่จะลงทุนในกิจกรรมการรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 เนื่องจากเป็นระดับความสูญเสียที่การลงทุนคุ้มค่าที่สุดจากการวิเคราะห์ในแง่ของเศรษฐศาสตร์ และยังเป็นระดับความสูญเสียที่ยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับงานประปาอื่น ๆ ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิคจากการเทียบเคียงการดำเนินงานในด้านของอัตราน้ำสูญเสียกับการประปาของกรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการทำวิจัย ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัย ปัญหาที่พบระหว่างการทำวิจัย และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยฉบับนี้

7.1. การสรุปผลการวิจัย

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด ในกิจการของการประปานครหลวงนั้นต้องใช้น้ำดิบเป็นวัตถุดิบหลักในขบวนการผลิตน้ำประปา ถ้าการใช้น้ำเป็นไปอย่างสิ้นเปลืองอนาคตการประปานครหลวงอาจจะต้องทำการซื้อน้ำดิบมาใช้ในการผลิตน้ำประปา ซึ่งจะส่งผลให้ราคาค่าน้ำประปาจะต้องเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากต้นทุนที่เพิ่มขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวการประปานครหลวงได้ให้ความสนใจในกิจกรรมการลดน้ำสูญเสียมากขึ้น เนื่องมาจากในปีงบประมาณ 2540 ระดับน้ำสูญเสียได้สูงถึงระดับ ร้อยละ 42.10 ซึ่งเป็นระดับที่นับได้ว่าสูงมาก การประปานครหลวงจึงเพิ่มงบประมาณลงไปในด้านการลดน้ำสูญเสียเพื่อจุดประสงค์ที่จะลดระดับน้ำสูญเสียให้อยู่ที่ระดับร้อยละ 30 ภายในปีงบประมาณ 2549 และรักษาระดับน้ำสูญเสียให้คงที่ตลอดระยะเวลา และประกอบกับกระทรวงมหาดไทยได้มีการประเมินผลการดำเนินการของการประปานครหลวงเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งในการประเมินผลการดำเนินงานนี้ กิจกรรมการลดน้ำสูญเสียก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการประเมินผล และมีน้ำหนักที่ค่อนข้างสูงในการประเมินผลงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำหัวข้อในการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียมาเป็นหัวข้อในการทำวิทยานิพนธ์

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาทางเลือกสำหรับการทำกิจกรรมการลดน้ำสูญเสีย โดยการประปานครหลวงได้มีโครงการที่จะลดน้ำสูญเสียให้มีระดับอยู่ที่ ร้อยละ 30 โดยอาศัยข้อมูลของธนาคารแห่งการพัฒนาเอเชีย (ADB) ซึ่งได้เคยทำการวิจัยเอาไว้ว่าที่ระดับการสูญเสีย ร้อยละ 30 จะเป็นระดับน้ำสูญเสียที่เหมาะสมสำหรับการประปานครหลง งานวิจัยฉบับนี้จึงการศึกษาถึงระดับน้ำสูญเสียที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับได้ของการประปานครหลงโดยทำการศึกษาจากสถานะการณ์ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของการประปานครหลวงเอง โดยการศึกษาจะเริ่มต้นจากการศึกษาทางเลือกต่างในการลดน้ำสูญเสียให้มีระดับความสูญเสียอยู่ที่ระดับการสูญเสียต่าง ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกรณีการสร้างหรือการขยายกำลังการผลิตเพื่อชดเชยอัตราน้ำสูญเสียที่เพิ่มสูงขึ้นตลอดเวลา ในการเปรียบเทียบนี้จะทำให้ได้ทางเลือกที่คุ้มค่าต่อการลงทุนที่สุดในแง่ของเศรษฐศาสตร์ นอกจากนี้ยังได้การการเทียบเคียงการดำเนินงาน (Benchmarking) ในด้านระดับ

น้ำสูญเสียกับงานประปาในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิค เพื่อให้ได้มาซึ่งระดับน้ำสูญเสียที่สามารถยอมรับได้ของการประปานครหลวง โดยขั้นตอนในการทำวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทางเลือกของกิจกรรมการลดน้ำสูญเสียที่ระดับการสูญเสียต่าง ๆ กัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบทางเลือกระหว่างการทำกิจกรรมการรักษาระดับน้ำสูญเสียกับทางเลือกในการสร้างหรือขยายกำลังการผลิตโรงงานผลินน้ำเพื่อชดเชยความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น โดยทางเลือกที่ใช้ในการซ่อมมีดังนี้
    - กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงต่ำกว่า ร้อยละ 35
    - กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40
    - กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 40 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 45
    - กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 45 ขึ้นไป
2. ศึกษาการลงทุนในทางเลือกต่าง ๆ ที่กำหนดไว้โดยแต่ละทางเลือกจะมีเงินลงทุนของกิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในการปรับปรุงระบบประปา และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบประปาที่ต่างกัน ส่วนค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำจะแปรผันตามปริมาณน้ำที่ผลิตของแต่ละทางเลือก โดยในที่นี้จะยึดเอาปริมาณน้ำจำหน่ายที่การประปานครหลวงคาดคะเนเอาไว้ในแผนการให้บริการระยะยาว ที่แสดงอยู่ในบทที่ 5 มาใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำผลิต และเงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำจะเท่ากับในทุกช่วงเวลาของทุก ๆ ทางเลือก ดังนั้นทุกทางเลือกที่ทำการศึกษาจะมีรายได้จากการขายน้ำที่เท่ากันในทุกทางเลือก เพื่อความสะดวกจึงสนใจเพียงแต่เงินลงทุนรวมของทางเลือกเท่านั้นที่นำมาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ
3. เปรียบเทียบทางเลือกระหว่างการซ่อมกับการสร้าง โดยนำเอาเทคนิคของต้นทุนส่วนเพิ่ม (Incremental Cost) มาใช้ในการเปรียบเทียบ ในงานวิจัยนี้การลงทุนส่วนเพิ่มในงานซ่อมสำหรับทุกทางเลือกจะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่าการสร้างโรงงานผลิตน้ำเพื่อชดเชยความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น
4. ในระหว่างงานซ่อมที่ระดับน้ำสูญเสียต่าง ๆ จะต้องทำการเปรียบเทียบเพื่อหาระดับน้ำสูญเสียที่เหมาะสมที่สุดในแง่ของการลงทุน โดยใช้การวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มเพื่อให้ได้มาซึ่งทางเลือกที่คุ้มค่าในการลงทุนระหว่างทางเลือกต่าง ๆ ในการซ่อม
5. เมื่อได้ทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุดในแง่ของการลงทุนแล้ว ที่การสูญเสียระดับดังกล่าวอาจจะยังไม่เป็นที่น่ายอมรับได้สำหรับหน่วยงานภายนอก ในงานวิจัยฉบับนี้จึงทำการเทียบเคียงผลการดำเนินงาน (Benchmarking) ในด้านระดับน้ำสูญเสียกับงานประปาของ

หน่วยงานคู่เทียบเคียง โดยในที่นี้จะใช้หน่วยงานการประปาของประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิคมาใช้ในการเทียบเคียงเนื่องจากเป็นมีสภาพหลายด้านที่คล้ายคลึงกันโดยเฉพาะเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาเหมือนกัน

6. การประปาของกรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ จึงถูกเลือกเป็นคู่เทียบในการทำ BM เนื่องจากเป็นหน่วยงานที่มีลักษณะการให้บริการที่คล้ายคลึงกัน คือ มีปริมาณการผลิตน้ำต่อวัน พื้นที่การให้บริการ จำนวนผู้ใช้น้ำ จำนวนชั่วโมงในการให้บริการ ใกล้เคียงกันซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนแต่มีผลต่ออัตราน้ำสูญเสียด้วยกันทั้งสิ้น และกรุงโซลยังเป็นเมืองที่มีความเจริญทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และเทคโนโลยีที่สูงกว่าประเทศไทย ดังนั้นการประปากรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้จึงเป็นคู่เทียบที่เหมาะสมด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว
7. จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ และการเปรียบเทียบด้วย BM สามารถสรุปได้ว่าที่กิจกรรมรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 เป็นกิจกรรมที่เป็นการลงทุนที่คุ้มค่าที่สุดในการลงทุนและเป็นระดับที่สามารถยอมรับได้ และเหมาะสมที่สุดในการลงทุนปรับปรุงระบบประปาของการประปานครหลวงภายใต้กฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในงานวิจัยฉบับนี้

จากการศึกษาตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วด้านบนนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบความเป็นไปได้ของทางเลือกในการลดน้ำสูญเสีย และได้มาซึ่งปริมาณน้ำสูญเสียที่เหมาะสมหรือยอมรับได้ภายใต้สภาพแวดล้อมปัจจุบันของการประปานครหลวง

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยมีดังนี้

1. ทำให้ทราบถึงกิจกรรมลดน้ำสูญเสียที่มีระดับที่เป็นการลงทุนที่คุ้มค่าที่สุด ในด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยการลงทุนมีเงินลงทุนในการปรับปรุงระบบประปา เงินลงทุนในการขยายกำลังการผลิต ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปา ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบ ค่าใช้จ่ายในการบริการและจำหน่าย บริหารและการดำเนินการ ส่วน รายได้ที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการเกิดจากการขายน้ำเพียงอย่างเดียว
2. ได้ทราบถึงลักษณะของกิจกรรมการลดน้ำสูญเสียว่าเกิดมาจากสิ่งใด มีปัจจัยอะไรบ้างที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราน้ำสูญเสีย ขั้นตอนในการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเป็นอย่างไร ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของอัตราน้ำสูญเสียซึ่งส่งผลกระทบมากมายต่อทั้งในแง่ของเงินลงทุน ค่าใช้จ่ายที่ต้องเพิ่มขึ้น มุมมองในทางลบที่อาจเกิดขึ้นต่อองค์กรหรือบุคคลภายนอก

3. ทำให้ได้ทราบถึงการคิดต้นทุนของน้ำประปาว่ามีวิธีการคิดอย่างไร สิ่งใดจะส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของต้นทุนค่าน้ำได้บ้าง
4. การเทียบเคียงการดำเนินการนั้นทำให้ได้ทราบถึงการทำงานของหน่วยงานอื่น เพื่อนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของตนเอง โดยในที่นี้ได้นำเอาการเทียบเคียงด้านน้ำสูญเสียมาใช้เพียงแค่นำเอาอัตราน้ำสูญเสียเพียงตัวเดียวเท่านั้นมาใช้เพื่อเปรียบเทียบระดับความสูญเสียที่เป็นที่ยอมรับได้เท่านั้นโดยไม่ได้นำเทคนิคในการทำงานมาเปรียบเทียบด้วย

จากขั้นตอนและการศึกษาทางเลือกที่แสดงอยู่ในงานวิจัยฉบับนี้ สามารถสรุปได้ว่าทางเลือกในการรักษาระดับน้ำสูญเสียในช่วงตั้งแต่ ร้อยละ 35 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 40 จะเป็นทางเลือกที่ให้ผลตอบแทนสูงสุดในทางเลือกทั้งหมดที่ทำการเปรียบเทียบ และยังเป็นระดับที่สามารถยอมรับได้นั่นคืออยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างไปจากหน่วยงานประปาต่างประเทศในที่นี้ทำการเปรียบเทียบกับการประปาของกรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ มากนัก และจัดได้ว่าเป็นระดับที่เหมาะสมเนื่องจากการประเทศเกาหลีใต้มีความก้าวหน้าในทางเศรษฐกิจ วัฒนธรรม และเทคโนโลยีสูงกว่าประเทศไทย และผลลัพธ์ที่ปรากฏอยู่ในงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นทางเลือกที่ถูกต้องก็ต่อเมื่อมีสถานการณ์ที่เป็นไปตามสมมติฐานในการวิเคราะห์โครงการที่ได้กำหนดเอาไว้ แต่อย่างไรก็ตามในกรณีที่สถานะการณ์มีการเปลี่ยนแปลงไปซึ่งไม่ตรงกับสมมติฐานที่ได้ตั้งเอาไว้ งานวิจัยฉบับนี้ก็จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นแนวทางในการหาช่วงระดับน้ำสูญเสียที่เหมาะสมใหม่สำหรับกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงสมมติฐานเกิดขึ้น

7.2. ปัญหาที่พบในการทำวิจัย

จากขั้นตอนในการทำวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น ปัญหาที่พบในการทำวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาที่เกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูล และการหาข้อมูลเพื่อทำการเทียบเคียงการดำเนินงาน (Benchmarking) โดยปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นสามารถสรุปได้ดังนี้

- การประปานครหลวงได้ให้ความสนใจที่จะลดระดับน้ำสูญเสียให้อยู่ที่ระดับร้อยละ 30 เพียงระดับเดียว โดยยึดเอาข้อมูลจากการศึกษาของธนาคารแห่งการพัฒนาของเอเชีย (ADB) และข้อมูลเดิมที่ประปาสามารถลดน้ำสูญเสียได้ต่ำที่สุดในปี 2534 เป็นข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการทำโครงการ แต่จากการพูดคุยกับวิศวกรที่มีประสบการณ์และคุ้นเคยอยู่กับงานลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง สามารถสรุปได้ว่าอัตราการสูญเสียที่ระดับร้อยละ 30 อาจจะไม่ใช่ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด แต่ถ้าจะลดน้ำสูญเสียให้ต่ำกว่าที่ระดับต่ำกว่า ร้อยละ 30 แน่นอนต้องใช้เงินลงทุนที่สูงกว่ามาก เนื่องจากที่การ

สูญเสียที่ระดับร้อยละ 30 เป็นการปรับปรุงระบบประปาโดยการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยลดน้ำสูญเสียที่เกิดจากท่อแตกรั่ว โดยนำเอาระบบ SCADA มาช่วยในการปรับแรงดันในการจ่ายน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการใช้น้ำของผู้ใช้ในช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งเป็นการลดปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดจากสูบจ่ายน้ำที่แรงดันไม่เหมาะสม และนำเอาระบบ DMA มาใช้เพื่อให้สามารถพบจุดแตกรั่วได้อย่างรวดเร็วไม่ต้องไปสุ่มหา นั่นก็เป็นการลดปริมาณน้ำสูญเสียได้อีกเช่นกันในแง่ของการลดระยะเวลาในการหาท่อแตกรั่ว ประกอบกับการเปลี่ยนท่อที่หมดอายุการใช้งานตลอดทุกปีเพื่อรักษาระดับน้ำสูญเสียไว้ให้คงที่

จากการวิเคราะห์ทางเลือกด้วยต้นทุนส่วนเพิ่มปรากฏว่า กิจกรรมลดน้ำสูญเสียที่ระดับ ร้อยละ 30 มิได้เป็นทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุด และถ้าต้องการลดระดับน้ำสูญเสียให้มีระดับที่ต่ำกว่า ร้อยละ 30 กิจกรรมที่ต้องลงทุนเพิ่มจากเดิมก็คือการเปลี่ยนท่อและอุปกรณ์ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น เพื่อลดระดับน้ำสูญเสียที่จำเป็นต้องเกิดขึ้นและไม่สามารถลดปริมาณน้ำสูญเสียนี้ได้ไม่ว่าจะทำกิจกรรมใด ๆ กับท่อประปา ซึ่งการลงทุนในการปรับปรุงเปลี่ยนท่อให้มีคุณภาพสูงขึ้นจะต้องใช้เงินลงทุนที่สูงมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่นำกิจกรรมการลดน้ำสูญเสียให้มีระดับต่ำกว่า ร้อยละ 30 มาเป็นทางเลือกในการวิจัย

ส่วนทางเลือกอื่น ๆ ที่ได้กล่าวถึงในงานวิจัยนี้ การประปานครหลวงไม่เคยได้ทำการศึกษาไว้เลย ดังนั้นจึงเป็นปัญหาสำหรับผู้วิจัยในการวิเคราะห์เงินลงทุนที่ใช้ในการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดระดับน้ำสูญเสียให้อยู่ในระดับต่าง ๆ จากการพูดคุยกับวิศวกรที่เกี่ยวข้องกับงานลดน้ำสูญเสียและเป็นผู้จัดทำแผนการประเมินโครงการลดน้ำสูญเสียให้กับการประปานครหลวงเพื่อขออนุมัติงบลงทุนที่ต้องใช้ในกิจกรรมจากกระทรวงการคลัง วิศวกรของการประปานครหลวงได้ให้แนวทางในการทำกิจกรรมการลดน้ำสูญเสียและการประมาณการเงินลงทุนไว้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินสำหรับทางเลือกอื่น ๆ และผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เงินลงทุนของทางเลือกดังกล่าวเองจากข้อมูลที่ได้รับมาเป็นดังที่ได้แสดงไว้ในทางเลือกต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไว้แล้วด้านหน้า

- ข้อมูลที่ใช้ในการทำ BM เป็นข้อมูลที่ทำการสำรวจไว้ตั้งแต่ปี 1997 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่เป็นปัจจุบัน เนื่องจากข้อมูลของน้ำสูญเสียไม่ได้เป็นผลในแง่ดีของหน่วยงานประปาในประเทศต่าง ๆ ดังนั้นการได้มาของข้อมูลน้ำสูญเสียของหน่วยงานประปาของแต่ละประเทศจึงทำได้ค่อนข้างยาก การค้นหาข้อมูลทางอินเตอร์เนตจึงเป็นอีกทางที่พอจะเป็นประโยชน์ได้บ้าง แต่เนื่องจากเว็บไซต์ของหน่วยงานประปาบางแห่งเป็นภาษาท้องถิ่น ที่ไม่สามารถเข้าใจได้ และบางแห่งได้มีการแปลเป็นภาษาอังกฤษบ้าง แต่ก็ไม่มี

ข้อมูลดังกล่าวในหน้าภาษาอังกฤษที่หน่วยงานประปาบางแห่งทำเอาไว้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ยังได้ส่งจดหมายทางอิเลคโทนิค (E-mail) เพื่อสอบถามข้อมูลที่ต้องการ แต่ก็ไม่ได้รับการตอบกลับจากหน่วยงานใด ๆ เลย ดังนั้นการทำการเทียบเคียงการดำเนินงานในที่นี้จึงต้องอาศัยข้อมูลจากหนังสือ SECOND WATER UTILITIES DATA BOOK (Asian and Pacific Region) 1997 ของธนาคารแห่งการพัฒนาของเอเชีย (ADB) ที่ได้ทำการสำรวจหน่วยงานประปาของประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิคเอาไว้เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานในประเทศอื่น ๆ ได้ทราบถึงกิจกรรมและความก้าวหน้าของหน่วยงานประปาในภูมิภาคนี้

นอกจากนี้การได้มาซึ่งข้อมูลทางด้านน้ำสูญเสียจากหนังสือ SECOND WATER UTILITIES DATA BOOK (Asian and Pacific Region) 1997 เพียงอย่างเดียวอาจจะยังไม่เพียงพอ เพราะไม่สามารถทราบได้ถึงความให้ความใส่ใจในด้านน้ำสูญเสียได้ ในงานวิจัยนี้จึงใช้หนังสือ WATER UTILITIES DATA BOOK (Asian and Pacific Region) 1993 เป็นตัวอ้างอิงในการตรวจสอบลักษณะของการทำกิจกรรมการลดน้ำสูญเสียอีกด้วย ซึ่งจากการดูแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงของน้ำสูญเสียพบว่า งานประปาของกรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ ไม่ค่อยให้ความสำคัญกับกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเท่าไรนัก เนื่องจากระดับความสูญเสียเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นั่นคืองานประปาของกรุงโซลได้ให้ความสนใจกับการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเพียงแค่ที่จะรักษาระดับความสูญเสียเอาไว้ให้คงที่เท่านั้น ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการลดระดับน้ำสูญเสียเท่าไรนัก และเมื่อเทียบกับระดับน้ำสูญเสียของประเทศอื่น ๆ งานประปาของกรุงโซลก็จัดได้ว่ามีความสูญเสียไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นในงานวิจัยจึงถือเอาอัตราน้ำสูญเสียดังกล่าวมาใช้ในการเทียบเคียง

7.3. **ข้อเสนอแนะ**

ในการทำวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้พบกับปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมากมาย ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสรุปข้อเสนอแนะไว้เพื่อให้ผู้ที่สนใจในการศึกษาที่เกี่ยวกับการลดน้ำสูญเสียไว้ดังนี้

- การทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเป็นกิจกรรมที่คุ้มค่าต่อการลงทุน แต่การที่จะลงทุนในลักษณะใดนั้น การประปานครหลวงควรที่จะทำการศึกษาโดยการทำการเทียบเคียงการดำเนินงาน (Benchmarking) กับงานประปาของที่อื่น ๆ เสียก่อนโดยอาจจะไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิค อาจจะเป็นประเทศใดที่การประปาเห็นว่าจะเป็นแบบอย่างได้อย่างเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีลักษณะการให้

บริการทั้งทางด้านกายภาพ ภูมิประเทศ และลักษณะของการทำงานของระบบสูบจ่ายน้ำที่ใกล้เคียงกับการประปานครหลวงเพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการทำกิจกรรมการลดน้ำสูญเสียและยังเป็นแบบอย่างในการเทียบเคียงในด้านอื่น ๆ อีกด้วย

- เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินในการเลือกลงทุนในกิจกรรมการลดน้ำสูญเสีย ซึ่งการลงทุนอาจจะไม่จำเป็นต้องเลือกในโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุนที่มากที่สุดมาใช้เป็นแนวทางในการเลือกลงทุน แต่อาจจะใช้แนวทางที่เห็นว่ามีความเหมาะสมมากกว่าเมื่อการพิจารณาในด้านอื่น ๆ ประกอบด้วย ในที่นี้กิจกรรมลดน้ำสูญเสียให้อยู่ที่ร้อยละ 30 อาจจะเป็นแนวทางที่มีความเหมาะสมมากกว่าทางเลือกที่ได้จากการทำวิจัยก็มีความเป็นไปได้ ถ้าแนวทางในการวิเคราะห์โครงการเปลี่ยนไป
- การทำกิจกรรมเทียบเคียงการดำเนินงานเป็นแนวทางในการวิเคราะห์โครงการที่มีประโยชน์มาก เนื่องจากในงานวิจัยฉบับนี้ได้พิจารณาในปัจจัยเดียวเท่านั้นคืออัตราน้ำสูญเสียของหน่วงงานประปาอื่น ที่มีลักษณะการให้บริการที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งในที่นี้ถ้ามีการพิจารณาลึกลงไปกว่านี้ถึงลักษณะการทำงาน หรือระบบของงานประปาก็อาจจะทำให้ได้การเทียบเคียงประสิทธิภาพมากกว่านี้ และเนื่องจากการได้มาของข้อมูลในระบบงานประปาของประเทศอื่นมีความยากลำบากมาก และเป็นปัญหาหลักของการเทียบเคียง การประปานครหลวงควรที่จะทำการเทียบเคียบงการดำเนินงานโดยรวมของการประปานครหลวงเองกับประเทศหรือหน่วยงานที่เห็นว่ามีลักษณะการดำเนินงานที่ใกล้เคียงกันเอาไว้เพื่อประโยชน์แก่องค์กรของตัวเอง และเป็นหลักฐานเพื่อยืนยันถึงประสิทธิภาพในการทำงานภายในองค์กรของตัวเอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การประปานครหลวง. แผนวิสาหกิจ ฉบับที่ 3 ปีงบประมาณ 2540-2544. กรุงเทพมหานคร : การประปานครหลวง, 2539.

การประปานครหลวง. แผนวิสาหกิจ ฉบับที่ 4 ปีงบประมาณ 2545-2549. กรุงเทพมหานคร : การประปานครหลวง, 2544

การประปานครหลวง. ระบบการประเมินผลการดำเนินงานรัฐวิสาหกิจ การประปานครหลวง. กรุงเทพมหานคร : การประปานครหลวง, 2541

การประปานครหลวง. รายงานประจำปี ปีงบประมาณ 2543. กรุงเทพมหานคร : การประปานครหลวง, 2544.

การประปานครหลวง. ฝ่ายพัฒนาบุคลากรและสำนักงานโครงการลดน้ำสูญเสีย. เอกสารการฝึกอบรม หลักสูตร “การลดน้ำสูญเสีย” รุ่นที่ 2/2544 หัวข้อ “การดำเนินงานเพื่อลดน้ำสูญเสียและการสำรวจระบบท่อและตำแหน่งท่อรั่ว. กรุงเทพมหานคร : การประปานครหลวง, 2544.

การประปานครหลวง. ฝ่ายวางแผนและงบประมาณ. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนโครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียและการจ้างเหมาเอกชนลดน้ำสูญเสียแบบเบ็ดเสร็จ. กรุงเทพมหานคร : การประปานครหลวง, 2543.

การประปานครหลวง. ฝ่ายวางแผนและงบประมาณ. โครงการปรับปรุงกิจการประปา แผนหลักครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : การประปานครหลวง, 2543.

การประปานครหลวง. ฝ่ายวางแผนและงบประมาณ. โครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสีย ปีงบประมาณ 2545-2548. กรุงเทพมหานคร : การประปานครหลวง, 2544.

การประปานครหลวง. ฝ่ายวางแผนและงบประมาณ. เอกสารประกอบแผนวิสาหกิจ ฉบับที่ 4 ปีงบประมาณ 2544-2549. กรุงเทพมหานคร : การประปานครหลวง, 2544.

การประปานครหลวง. สำนักงานโครงการลดน้ำสูญเสีย. น้ำสูญเสียของการประปานครหลวง. กรุงเทพมหานคร : การประปานครหลวง, 2541.

มิ่งขวัญ เหรียญประยูร. ความน่าจะเป็นและสถิติ. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2537.

โรแบร์, พอลล์ เจมส์. หลักการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความสามารถอย่างเป็นระบบ สำหรับผู้ดำเนินระบบมาตรฐานคุณภาพและสิ่งแวดล้อม ISO 9000:2000 QS 9000 ISO/TS 16949 ISO 14000. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2543.

วันชัย ริจิรวนิช และ ชอุ่ม พลอยมีค่า. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

วันชัย ริจิรวนิช, และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. การวิเคราะห์ต้นทุนอุตสาหกรรม และงบประมาณ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. สำนักวิเคราะห์และประสางานแผนโครงสร้างพื้นฐาน. รายงานการวิเคราะห์โครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2544.

ภาษาอังกฤษ

Arthur C. McIntosh, Cesar E. Yniguez. SECOND WATER UTILITIES DATA BOOK ASIAN AND PACIFIC REGION. Philipines : Asian Development Bank, 1990.

Bjorn Andersen, Per-Gaute Pettersen. BENCHMARKING HANDBOOK STEP-BY-STEP INSTRUCTION. London : CHAPMAN&HALL, 1966.

Chan S. Park, AUBURN UNIVERSITY. CONTEMPORARY ENGINEERING ECONOMICS. 2nd Edition. California : ADDISON-WESLEY publishing Company Inc, 1997.

G.J. Thuesen, W.J. Fabrycky. ENGINEERING ECONOMY. 8TH Edition. New Jersey : PRENTICE HALL INTERNATIONAL INC, 1993.

THAI DCI CO., LTD. INASSOCIATION WITH SOUTHEAST ASIA TECHNOLOGY CO., LTD., TEAM CONSULTING ENGINEERS CO., LTD., AND, SAFFGE CONSULTING ENGINEER. MASTER PLAN FOR WATER SUPPLY AND DISTRIBUTION (TECHNICAL REPORT). 2 Vols. Bangkok : MINISTRY OF INTERIOR, METROPOLITAN WATERWORKS AUTHORITY, 1997.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. เอกสารแสดงข้อมูลการประปานครหลวง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประปานครหลวง

ประวัติการก่อตั้ง

พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ประกาศพระบรมราชโองการทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้กรมศุขาภิบาลจัดการที่จะนำน้ำมาใช้ในพระนครตามแบบอย่างที่สมควรแก่ภูมิประเทศการที่จะต้องจัดทำนั้นคือ

1) ให้ตั้งทำที่ขังที่คลองเชียงราก แขวงเมืองปทุมธานี อันเป็นที่พ้นเขตน้ำเค็มขึ้นถึงทุกฤดู
2) ให้ขุดคลองแยกจากที่ยังน้ำนั้นเป็นทางลงมาถึงคลองสามเสนฝั่งเหนือตามแนวทางรถไฟ
3) ตั้งโรงสูบขึ้น ณ ที่ตำบลนั้น สูบน้ำขึ้นยังที่เกรอะกรองตามวิธีให้น้ำสะอาดบริสุทธิ์ปราศจากสิ่งซึ่งจะเป็นเชื้อโรคแล้วจำหน่ายน้ำไปในที่ต่าง ๆ ตามควรแก่ท้องที่ของเขตพระนคร

กิจการอย่างนี้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ ให้เรียกตามภาษาสันสกฤต เพื่อจะให้เป็นคำสั้นว่า “การประปา”

เมื่อ 14 พฤศจิกายน 2457 โดยพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัวเสด็จทรงเปิดกิจการโดยมีชื่อเรียกในครั้งนั้นว่า การประปากรุเทพฯ มีกรมสุขาภิบาล กระทรวงนครบาลเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินงาน กิจการประปาได้ก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ จากที่เคยจำหน่ายเฉพาะในเขตพระนครได้ขยายการจำหน่ายไปยังฝั่งธนบุรี โดยวางท่อตามแนวสะพานพุทธยอดฟ้าไปยังถนนประชาธิปกและสมเด็จเจ้าพระยา ต่อมาระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 สะพานพุทธยอดฟ้าถูกระเบิดทำลายเป็นเหตุให้ท่อประปาที่วางไว้เกิดชำรุดเสียหายไปด้วย ทำให้การจ่ายน้ำย่านฝั่งธนต้องหยุดชะงัก เทศบาลนครธนบุรีจึงได้เริ่มกิจการประปาของตนเอง โดยขุดเจาะบ่อบาดาลให้บริการน้ำ

หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 สิ้นสุดลงเมื่อปี 2489 โรงงานผลิตน้ำสามเสนเป็นโรงกรองน้ำแห่งเดียวในขณะนั้น ผลิตน้ำได้น้อย ไม่เพียงแต่การบริการน้ำประปาที่เกิดสภาพน้ำไหลอ่อนและไม่ไหลเป็นบริเวณกว้าง ไฟฟ้าก็เช่นกันมีสภาพดับ ๆ เปิด ๆ รัฐบาลจึงตั้งคณะกรรมการพัฒนาปรับปรุงกิจการไฟฟ้าและประปาขึ้น โดยมีหลวงบุรกรรมโกวิท อธิบดีการโยธาสมัยนั้นเป็นประธาน และเพื่อแก้ปัญหาน้ำไฟไม่พอใช้ จึงได้มีนโยบายให้ระงับการขอติดตั้งไฟฟ้าและประปาเป็นการชั่วคราวจนกว่าจะมีการปรับปรุงกิจการทั้ง 2 ชนิดให้เพียงพอ

ต่อมาได้มีการรวมและโอนกิจการประปาไฟฟ้าให้เป็นรัฐวิสาหกิจโดยรัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติการประปานครหลวงให้โอนกิจการประปากรุงเทพ กรมโยธาเทศบาล การประปานนทบุรี การประปาเทศบาลธนบุรี และประปาเทศบาลสมุทรปราการ รวมเป็นกิจการเดียวกันเรียกว่า **การประปานครหลวง เมื่อวันที่ 16 สิงหาคม 2510 ประธานกรรมการการประปา**

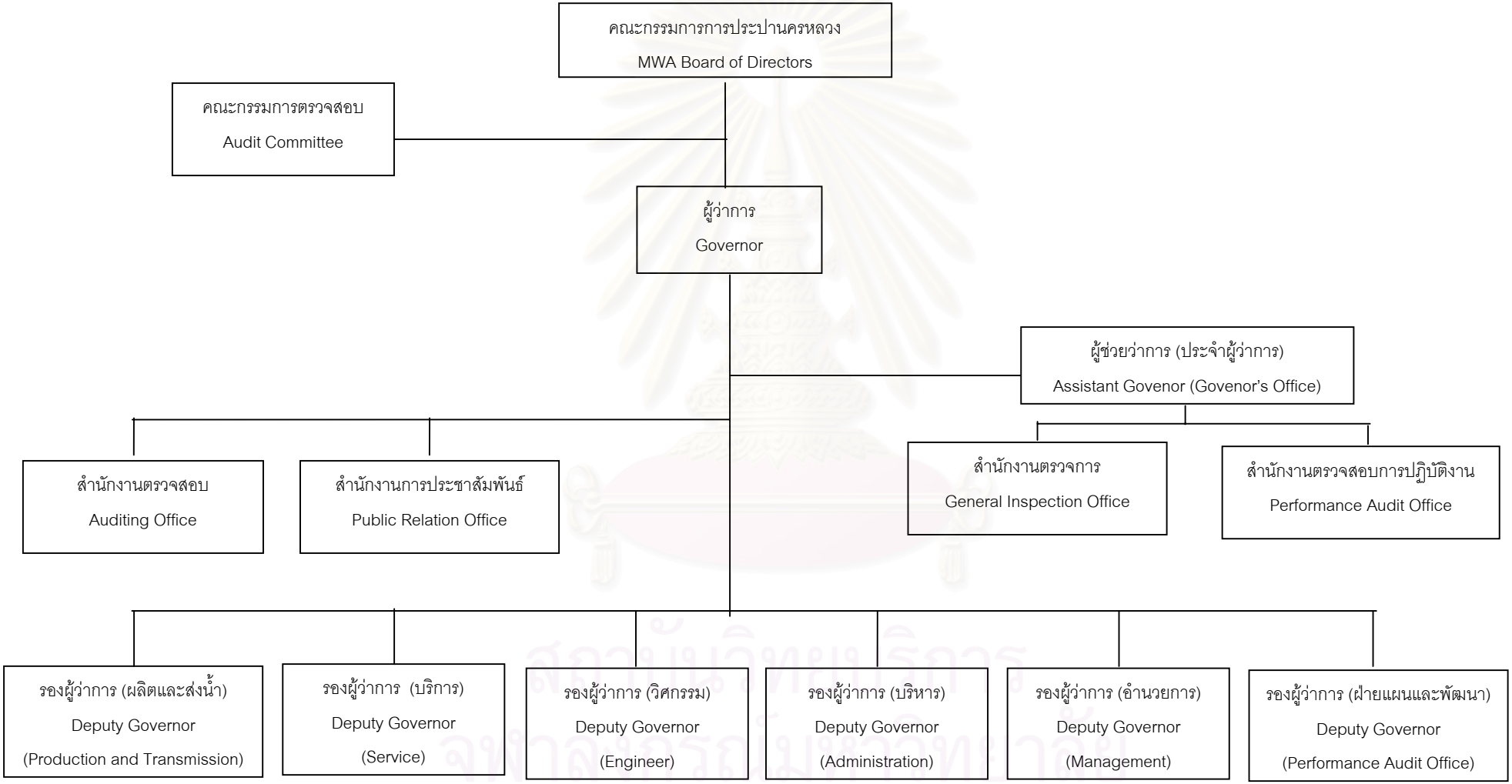
นครหลวงท่านแรกคือ พล.อ. ประภาศ จารุเสถียร และแต่งตั้ง อธิบดีกรมโยธาเทศบาล นายดำรงค์ ชลวิจารณ์ เป็นผู้ว่าการประปานครหลวง

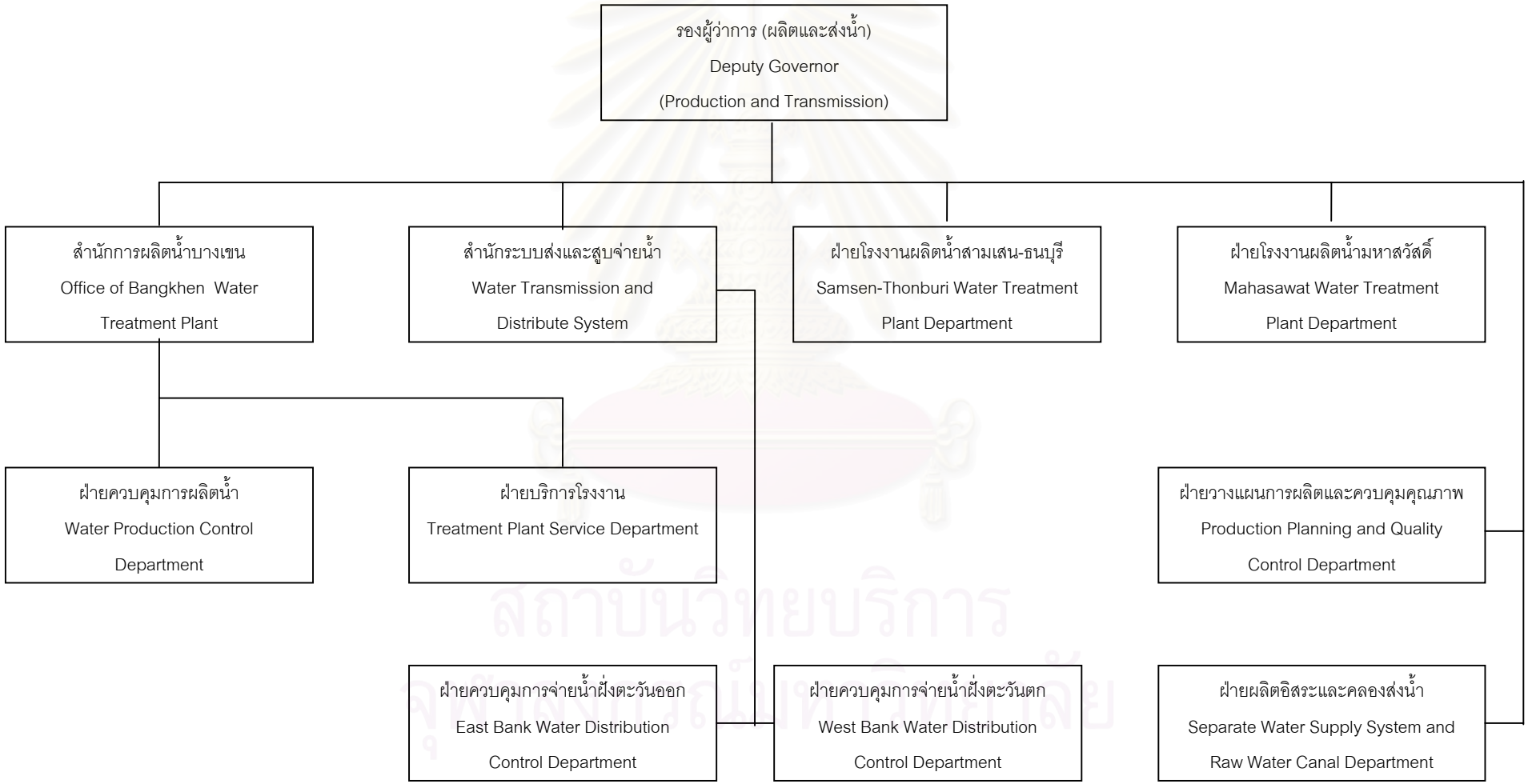
โครงสร้างการบริหารงาน

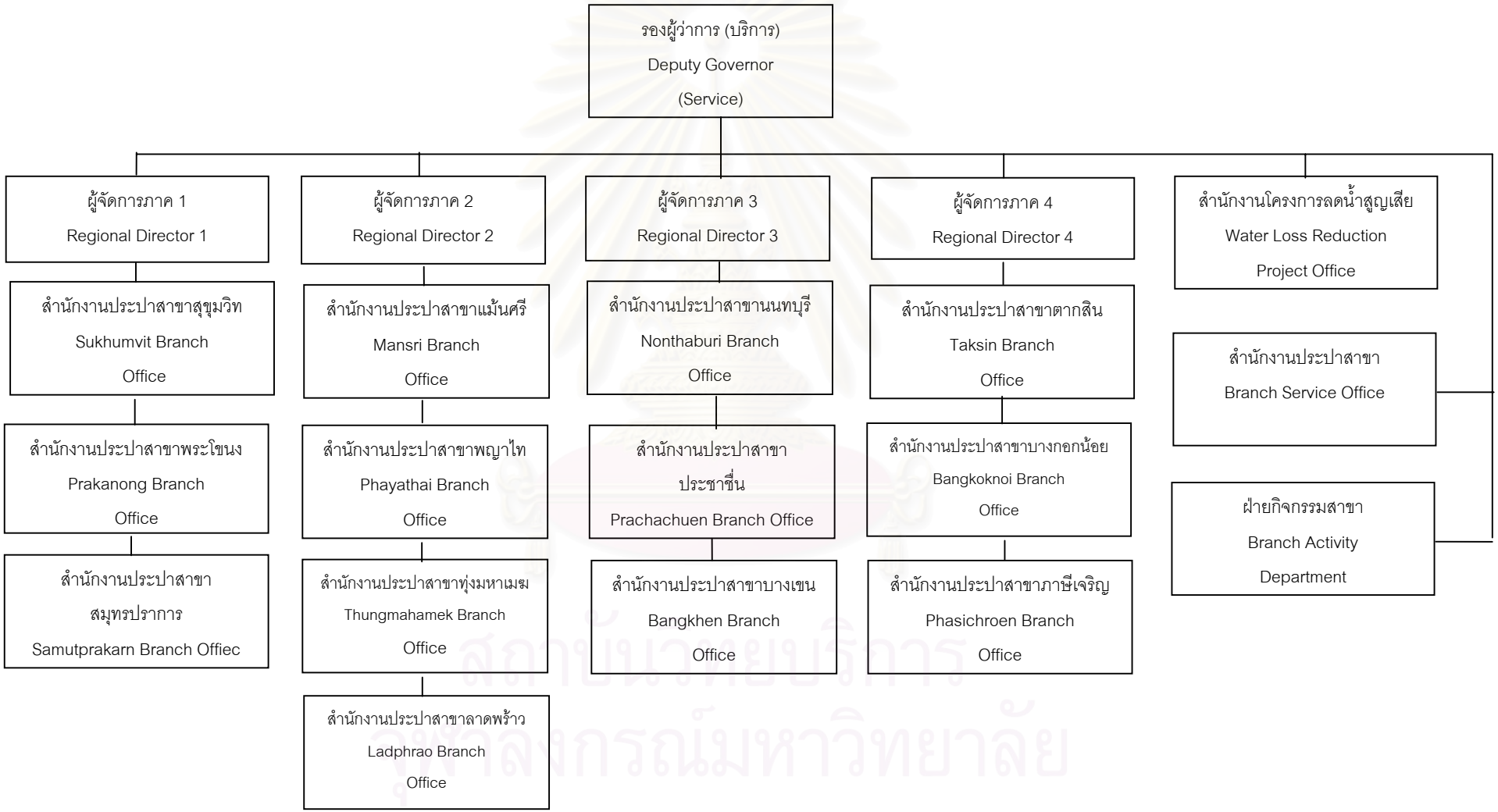
การประปานครหลวงเป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจในสังกัดกระทรวงมหาดไทย จัดตั้งขึ้นโดยพระราชบัญญัติการประปานครหลวง พ.ศ. 2510 โดยมีหน้าที่ความรับผิดชอบในการสำรวจจัดหาแหล่งน้ำดิบเพื่อใช้ในการผลิต จัดส่ง และจำหน่ายน้ำประปาในเขตท้องที่กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดสมุทรปาการ ตลอดจนการดำเนินธุรกิจอื่นที่เกี่ยวเนื่องหรือเป็นประโยชน์แก่การประปา นโยบายหลักของการประปานครหลวงเป็นการจัดจ่ายน้ำประปาให้กับประชาชนอย่างเพียงและให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมกันนั้นจะต้องหารายได้เพิ่มและลดรายจ่ายเพื่อให้สามารถลงทุนขยายงานต่อไปได้โดยมิต้องเป็นภาระแก่รัฐบาล ภายใต้วิสัยทัศน์ (VISION) และ ค่านิยม (VALUES) ดังนี้

วิสัยทัศน์ (VISION)
“เป็นเลิศในการให้บริการงานประปาแก่สังคมไทย
ด้วยบุคลากรที่มีคุณภาพและเทคโนโลยีที่ทันสมัย”
ค่านิยม (VALUES)
“พัฒนาตน พัฒนางาน บริการสังคม”

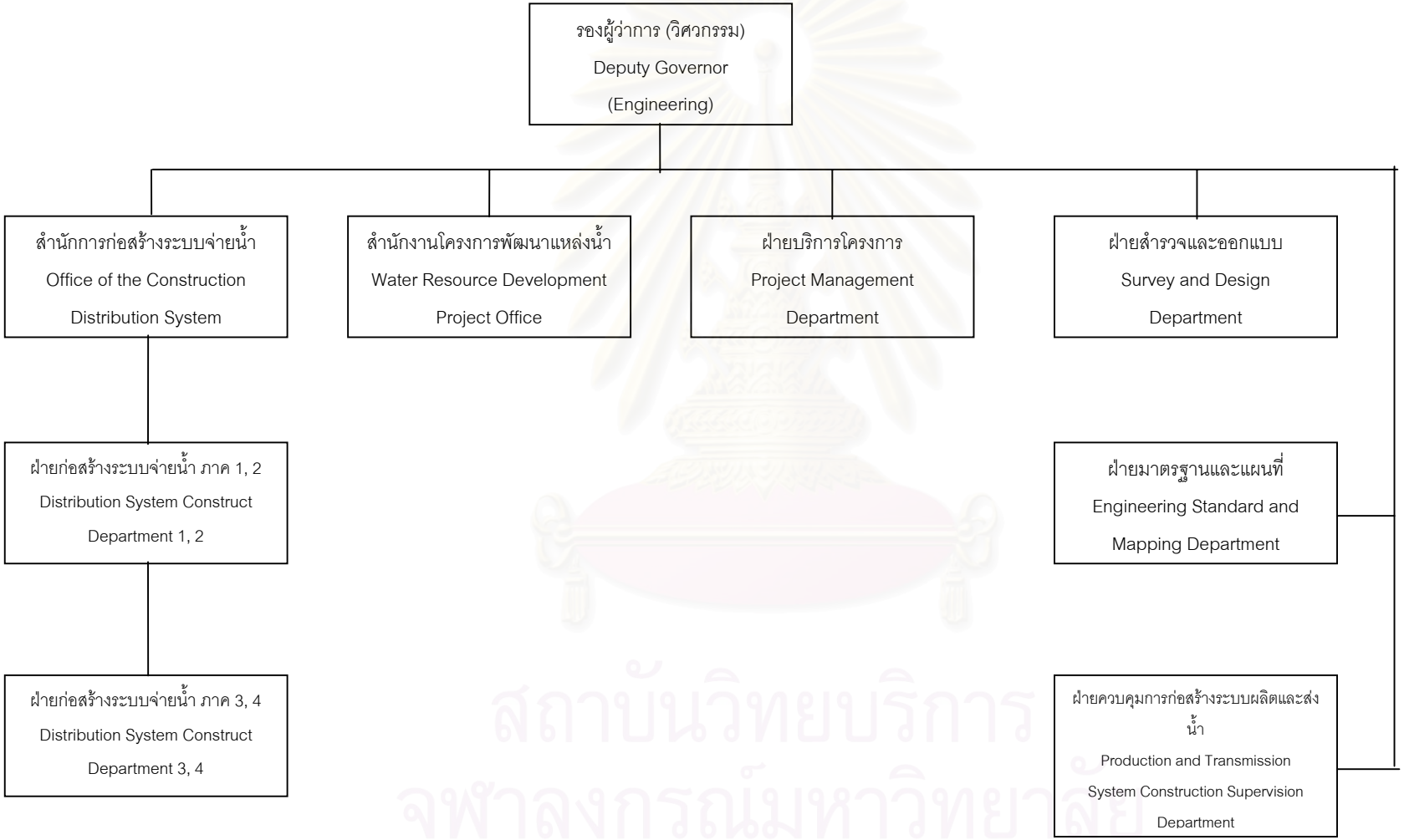
โครงสร้างการบริหารงานของการประปานครหลวง ประกอบด้วย คณะกรรมการซึ่งได้รับการแต่งตั้งจากคณะรัฐมนตรีภายใต้วาระการดำรงตำแหน่งครั้งละ 4 ปี คณะกรรมการประกอบด้วย ประธานกรรมการและกรรมการอื่นอีกไม่น้อยกว่าเก้าคนแต่ไม่เกินสิบสามคน และผู้ว่าการเป็นการกรรมการ การประปานครหลวงแบ่งงานบริหารเป็น 7 สายงานหลักคือ สายงานผู้ว่าการและสายงานรองผู้ว่าการอีก 6 สาย : บริหาร การอำนวยการ บริการ วิศวกรรม ผลิตและส่งน้ำ และฝ่ายแผนและพัฒนา ซึ่งแผนผังบริหารงานการประปานครหลวงได้แสดงอยู่ในหน้าถัดไป


คณะกรรมการการประปานครหลวง
MWA Board of Directors
คณะกรรมการตรวจสอบ
Audit Committee
ผู้ว่าการ
Governor
ผู้ช่วยว่าการ (ประจำผู้ว่าการ)
Assistant Govenor (Govenor's Office)
สำนักงานตรวจสอบ
Auditing Office
สำนักงานการประชาสัมพันธ์
Public Relation Office
สำนักงานตรวจการ
General Inspection Office
สำนักงานตรวจสอบการปฏิบัติงาน
Performance Audit Office
รองผู้ว่าการ (ผลิตและส่งน้ำ)
Deputy Governor
(Production and Transmission)
รองผู้ว่าการ (บริการ)
Deputy Governor
(Service)
รองผู้ว่าการ (วิศกรรม)
Deputy Governor
(Engineer)
รองผู้ว่าการ (บริหาร)
Deputy Governor
(Administration)
รองผู้ว่าการ (อำนวยการ)
Deputy Governor
(Management)
รองผู้ว่าการ (ฝ่ายแผนและพัฒนา)
Deputy Governor
(Performance Audit Office)

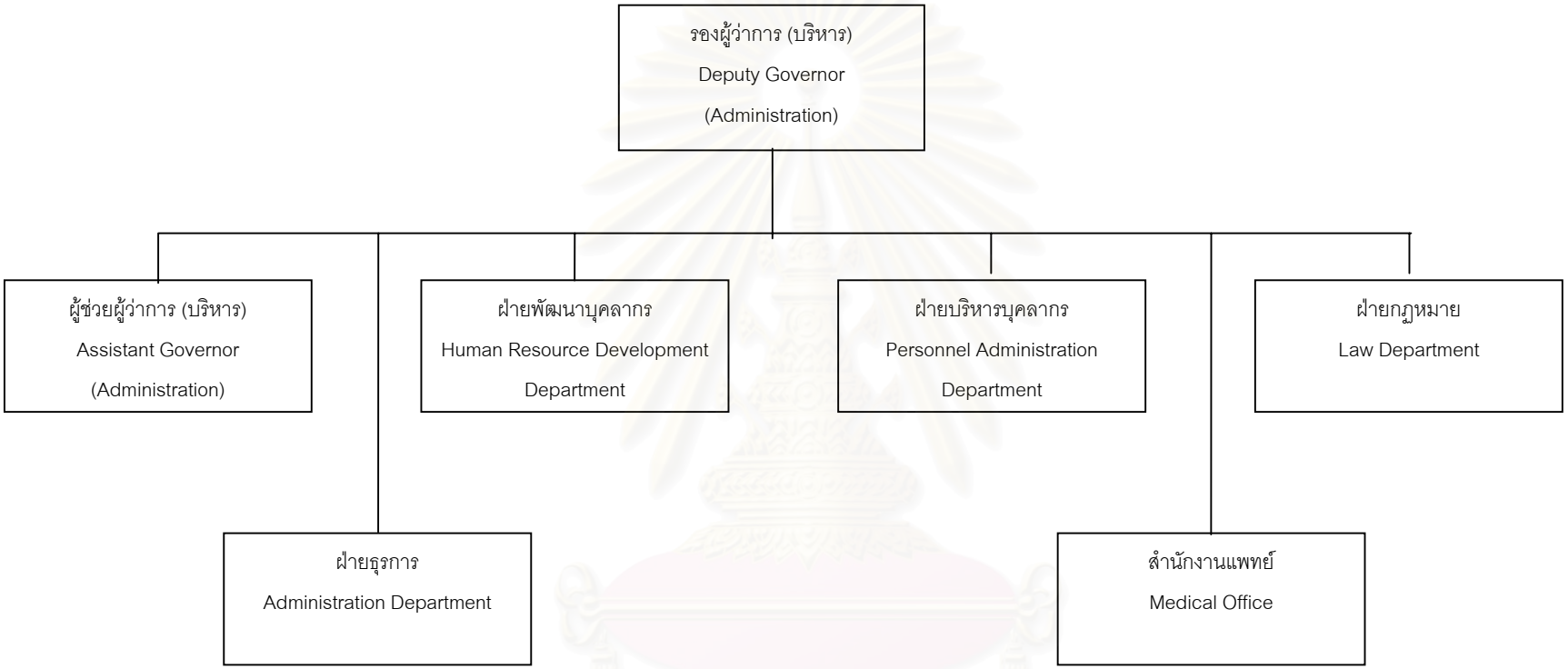

รองผู้ว่าการ (ผลิตและส่งน้ำ)
Deputy Governor
(Production and Transmission)
สำนักการผลิตน้ำบางเขน
Office of Bangkhen Water
Treatment Plant
สำนักระบบส่งและสูบจ่ายน้ำ
Water Transmission and
Distribute System
ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำสามเสน-ธนบุรี
Samsen-Thonburi Water Treatment
Plant Department
ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์
Mahasawat Water Treatment
Plant Department
ฝ่ายควบคุมการผลิตน้ำ
Water Production Control
Department
ฝ่ายบริการโรงงาน
Treatment Plant Service Department
ฝ่ายวางแผนการผลิตและควบคุมคุณภาพ
Production Planning and Quality
Control Department
ฝ่ายควบคุมการจ่ายน้ำฝั่งตะวันออก
East Bank Water Distribution
Control Department
ฝ่ายควบคุมการจ่ายน้ำฝั่งตะวันตก
West Bank Water Distribution
Control Department
ฝ่ายผลิตอิสระและคลองส่งน้ำ
Separate Water Supply System and
Raw Water Canal Department



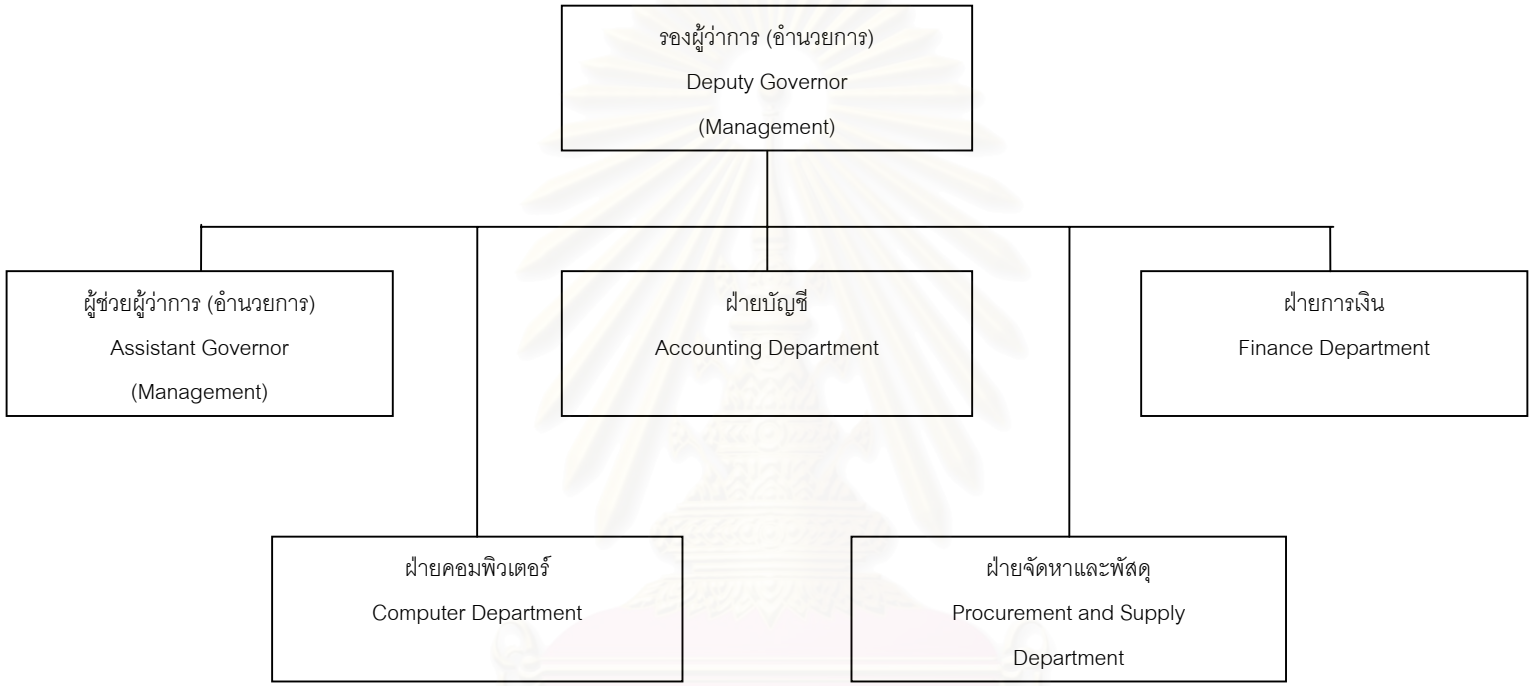
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



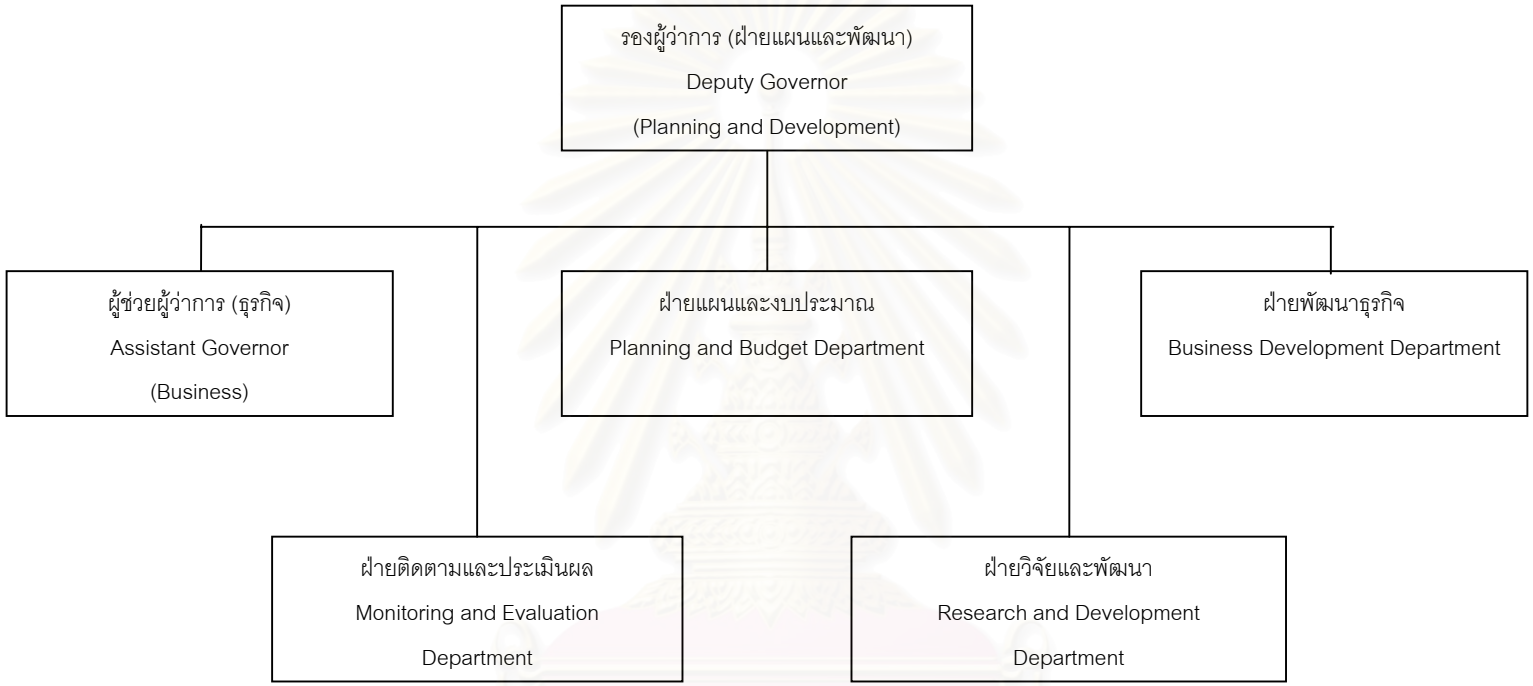
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรมวิธีการผลิตน้ำประปา

จากแผนภาพขั้นตอนการผลิตน้ำประปา กระบวนการผลิตเริ่มต้นจากการที่การประปานครหลวงได้รับการจัดสรรน้ำจากเขื่อนชลประทานต่าง ๆ ผ่านลงมาตามแม่น้ำเจ้าพระยา การผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง จึงใช้น้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นส่วนใหญ่ โดยมีสถานีสูบน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ตำบลสำแล จังหวัดปทุมธานี และขุดคลองเปิดลำเลียงน้ำเข้าสู่โรงงานผลิตน้ำที่บางเขน สามเสน และธนบุรี ในอัตราการใช้น้ำดิบประมาณวันละ 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตร

- การสูบน้ำดิบ: การนำน้ำเข้าสู่ขบวนการผลิต จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำตามกำลังผลิตของแต่ละโรงงานผลิตน้ำ และจะแยกวัสดุที่ปนมากับน้ำโดยผ่านตะแกรงเหล็กอย่างหยาบและละเอียดเพื่อแยกวัสดุที่ไม่ต้องการขั้นต้นออกจากขบวนการผลิต
- การตกตะกอน: การประปานครหลวงมีชนิดของถังตกตะกอนหลายชนิด ทั้งชนิดเก่ารูปสี่เหลี่ยมและแบบทันสมัยและขนาดใหญ่ที่สุดในเอเชีย ที่โรงงานผลิตน้ำบางเขน ทุกชนิดของถังตกตะกอนมีจุดประสงค์ในการทำงานอย่างเดียวกันคือ เป็นการผสมสารเคมีกับน้ำดิบ และจับตะกอนให้ตกลงและระบายแยกตะกอนออกจากน้ำ ทำให้น้ำสะอาดใสขึ้นระดับหนึ่ง ปัจจุบันความขุ่นของน้ำดิบมีความแปรเปลี่ยนสูงมากระหว่าง 50-200 NTU (หน่วยวัดความขุ่น) หลังจากน้ำผ่านกรรมวิธีการตกตะกอนแล้วจะได้น้ำที่มีความในประมาณ 4-5 NTU.
- การกรอง: น้ำที่ผ่านการตกตะกอนแล้วจะไหลเข้าสู่บ่อกรอง หรือบางโรงงานก็อาจใช้เครื่องสูบน้ำยกระดับช่วยอีกครั้งหนึ่ง เพื่อสามารถควบคุมระดับน้ำในการกรองได้ดีขึ้น ในบ่อกรองจะประกอบด้วยประตูระบายน้ำเข้าออก และระบบล้างบ่อกรอง หัวกรอง และสารกรอง ซึ่งประกอบด้วย หินหยาบ ทรายละเอียด และแอนทราไซท์ (ถ่านหินชนิดหนึ่ง) ความละเอียดและการเรียงตัวที่ดีของสารกรอง จะสามารถกรองน้ำได้ดีจากถังตกตะกอนให้ความขุ่นที่หลงเหลืออยู่หมดไปหรือสะอาดได้มาตรฐานตามกำหนดไม่เกิน 2 NTU. (ความขุ่นของน้ำดื่ม) การประปานครหลวงใช้สารเคมีหลักในการผลิตน้ำประปาอยู่ 4 ชนิด คือ

1) สารส้ม (Alum) ใช้เติมในถังตกตะกอน เพื่อให้น้ำตกตะกอนและแยกตะกอนออก
2) ปูนขาว (Lime) ใช้ปรับปรุงคุณภาพความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ให้อยู่ในสถานะเป็นกลางที่มีความเป็นกรดด่าง (pH) ประมาณ 7
3) คลอรีน (Chlorine) เป็นสารที่เติมในน้ำดิบและน้ำบริสุทธิ์ที่ผ่านการกรองแล้ว เพื่อฆ่าเชื้อโรคและสิ่งเจือปนในน้ำ ทำให้น้ำบริสุทธิ์สะอาด ปลอดภัยในการบริโภค
4) สารช่วยตกตะกอน (Polymer) ใช้เติมในน้ำดิบร่วมกับสารส้ม เพื่อช่วยในการตกตะกอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

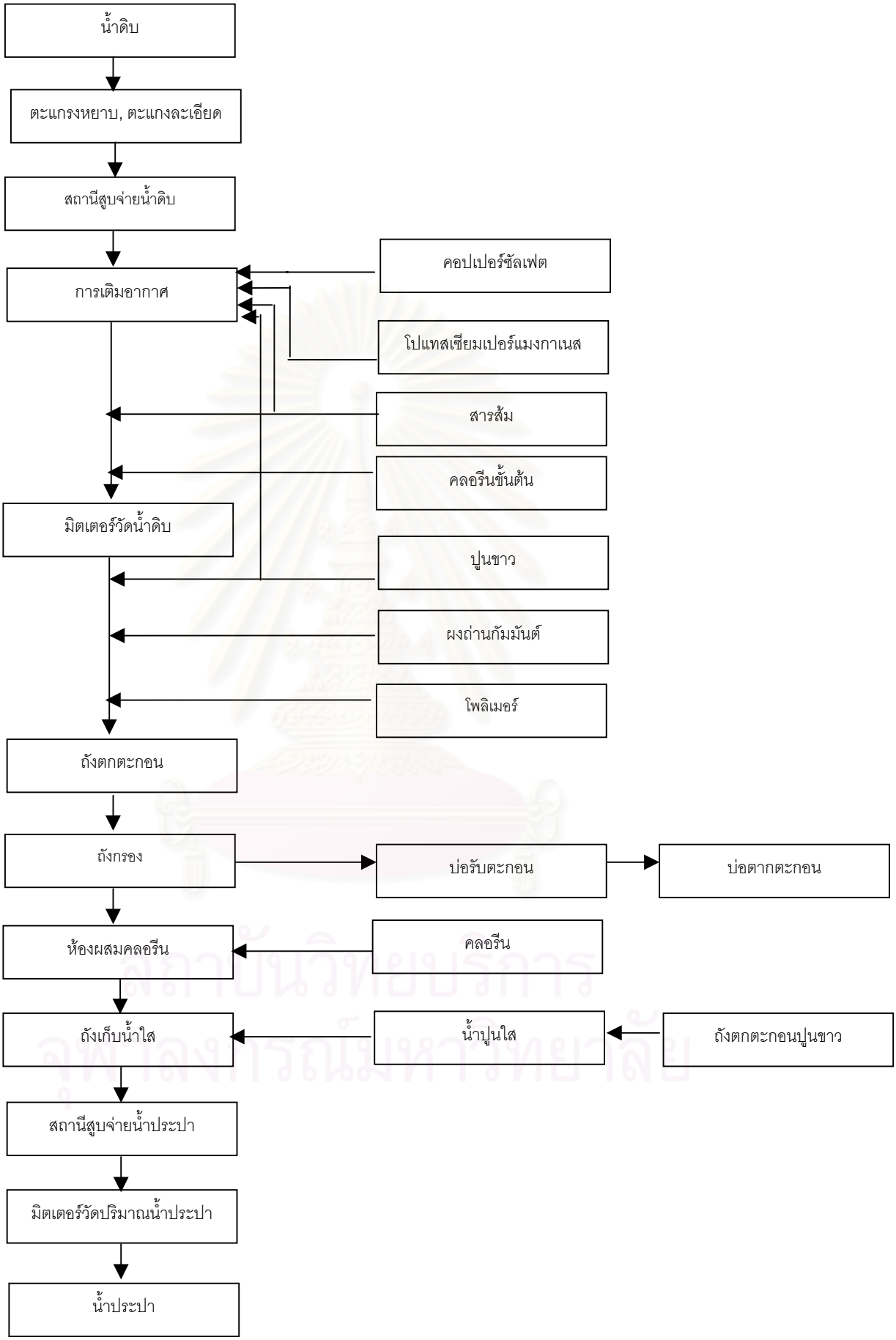
การใช้สารเคมีเหล่านี้จะได้รับการตรวจสอบคุณภาพและกำหนดมาตรฐานในการใช้โดยนักวิทยาศาสตร์ และวิศวกรควบคุมการใช้อย่างใกล้ชิด และต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อให้การผลิตน้ำประปาได้มาตรฐานที่สุด

น้ำที่ผ่านขบวนการกรองเรียบร้อยแล้วจะถูกนำไปเก็บเข้าสู่ถังเก็บน้ำใส แล้วส่งต่อไปที่โรงสูบน้ำเข้าสู่อุโมงค์ส่งน้ำ ส่งต่อไปยังหอปรับแรงดันน้ำ เพื่อเตรียมที่จะส่งน้ำประปาให้ประชาชนอุปโภคบริโภค โดยผ่านโรงสูบน้ำจ่ายเข้าสู่ระบบท่อจ่ายน้ำต่อไป นอกจากขบวนการผลิตน้ำประปาแล้วการประปายังได้ให้ความสำคัญกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำตลอดทุกขั้นตอนของการผลิต เพื่อรักษาระดับของคุณภาพน้ำประปาให้ประชาชนได้มีน้ำประปาที่สะอาดไว้ใช้ในการอุปโภคบริโภค โดยมีการควบคุมคุณภาพดังนี้

- งานควบคุมคุณภาพน้ำ การตรวจสอบคุณภาพน้ำถือว่าเป็นงานที่สำคัญอย่างยิ่ง การประปานครหลวงจึงได้วางแผนในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในทุกขั้นตอน ตั้งแต่คุณภาพน้ำในระบบน้ำดิบ โดยทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตั้งแต่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาลงมาถึงกรุงเทพมหานครและในคลองประปาเป็นประจำ เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ สำรวจสภาพแวดล้อมและหาแนวทางในการป้องกันและแก้ไขโดยประสานงานกับหน่วยงานของรัฐและเอกชน เพื่อติดตามมิให้น้ำมีคุณภาพลดลง
- งานตรวจคุณภาพน้ำ ในระบบผลิตมีการตรวจสอบการใช้สารเคมีอย่างเหมาะสมและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก 4 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำประปามีคุณภาพได้มาตรฐานน้ำดื่มตลอดเวลา ในระบบจ่ายน้ำมีการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ตามเกณฑ์กำหนดขององค์การอนามัยโลก (WHO) โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากทุกโรงงานผลิตน้ำประปา และสถานีสูบจ่ายน้ำเป็นประจำทุกวัน มีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ้านผู้ใช้น้ำโดยการสุ่มตัวอย่างจากจำนวนประชากร พบว่าได้มาตรฐานน้ำดื่มทางแบคทีเรียร้อยละ 98.7 ของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์สูงเกินกำหนดขององค์กรอนามัยโลก ซึ่งกำหนดคุณภาพทางแบคทีเรียในรอบ 1 ปี ต้องได้มาตรฐานไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์
- งานวิจัยและพัฒนาคุณภาพน้ำประปา ทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาระบบผลิตน้ำโดยใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อให้น้ำประปามีคุณภาพที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด โดยเฉพาะโรงงานผลิตน้ำเสริมของการประปานครหลวงรอบนอก เช่น โรงงานผลิตน้ำเสริมหนองจอก ได้ศึกษาวิจัยกำจัดแมงกานีสที่ละลายในน้ำ โดยใช้ด่างทับทิมในอัตราที่เหมาะสมและใช้ในปัจจุบัน โรงงานผลิตน้ำเสริมคลองทวีวัฒนา จัดทำ Pilot Scale กำจัดกลิ่น สี ซึ่งเกิดจากคุณภาพน้ำดิบไม่เหมาะสม โดยใช้ Granular Activated Carbon Column จากการทดลองปรากฏว่าได้ผลเป็นอย่างดี ซึ่งสามารถจะนำไปใช้กับโรงงานผลิตน้ำขนาดใหญ่ ๆ ต่อไปได้

นอกจากนี้การประปานครหลวงได้ให้บริการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำให้กับหน่วยงานของรัฐและเอกชนทั่วไปอีกด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


น้ำดิบ
ตะแกรงหยาบ, ตะแกงละเอียด
สถานีสูบจ่ายน้ำดิบ
การเติมอากาศ
คอปเปอร์ซัลเฟต
โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนส
สารส้ม
คลอรีนขั้นต้น
มิตเตอร์วัดน้ำดิบ
ปูนขาว
ผงถ่านกัมมันต์
โพลิเมอร์
ถังตกตะกอน
ถังกรอง
บ่อรับตะกอน
บ่อตากตะกอน
ห้องผสมคลอรีน
คลอรีน
ถังเก็บน้ำใส
น้ำปูนใส
ถังตกตะกอนปูนขาว
สถานีสูบจ่ายน้ำประปา
มิตเตอร์วัดปริมาณน้ำประปา
น้ำประปา

โรงงานผลิตน้ำของการประปานครหลวง

การผลิตน้ำของการประปานครหลวงมาจากโรงงานผลิตน้ำหลัก 4 แห่ง คือ บางเขน สามเสน ธนบุรี และมหาสวัสดิ์ โดยแต่ละโรงงานมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. โรงงานผลิตน้ำสามเสน

สถานที่ตั้ง: โรงงานผลิตน้ำสามเสนเป็นโรงงานผลิตน้ำแห่งแรกของการประปานครหลวง จัดตั้งขึ้นในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ซึ่งปัจจุบันคือ บริเวณริมถนนพระรามที่ 6 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพ

กำลังการผลิต: สามารถผลิตจ่ายน้ำได้วันละประมาณ 678,000 ลูกบาศก์เมตร

แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิต: ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา ผ่านคลองประปาจนถึงโรงงานผลิตน้ำเป็นความยาวประมาณ 31 กิโลเมตร

เปิดดำเนินการเมื่อ: เปิดดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2457

เขตพื้นที่จ่ายน้ำ: ให้บริการในพื้นที่ เขตพญาไท ดุสิต พระนคร และราชเทวี

2. โรงงานผลิตน้ำธนบุรี

สถานที่ตั้ง: โรงงานผลิตน้ำธนบุรีเป็นโรงงานผลิตน้ำแห่งที่ 2 ของการประปานครหลวง ตั้งอยู่บริเวณถนนจรัลสนิทวงศ์ แขวงบ้านช่างหล่อ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพ

กำลังการผลิต: เนื่องจากเป็นโรงงานขนาดเล็ก จึงสามารถผลิตจ่ายน้ำได้วันละประมาณ 161,000 ลูกบาศก์เมตร

แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิต: ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยผ่านคลองประปาจนถึงโรงงานผลิตน้ำเป็นความยาวประมาณ 28 กิโลเมตร และผ่านเส้นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 900 มิลลิเมตร ความยาว 10 กิโลเมตร เข้าสู่โรงงานผลิตน้ำ

เปิดดำเนินการเมื่อ: เปิดดำเนินงานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2507

เขตพื้นที่จ่ายน้ำ: สามารถให้บริการในพื้นที่ เขตบางกอกน้อย ตลิ่งชัน และบางพลัด

3. โรงงานผลิตน้ำบางเขน

สถานที่ตั้ง: โรงงานผลิตน้ำบางเขนเป็นโรงงานผลิตน้ำแห่งที่ 3 ของการประปานครหลวง ตั้งอยู่ริมถนนประชาชื่น แขวงทุ่งสองห้อง เขตดอนเมือง กรุงเทพ

กำลังการผลิต: โรงงานผลิตน้ำบางเขนเป็นโรงงานผลิตน้ำขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตสูงจึงสามารถผลิตจ่ายน้ำได้ประมาณวันละ 3,200,000 ลูกบาศก์เมตร

แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิต: ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยผ่านคลองประปาจนถึงโรงงานผลิตน้ำเป็นความยาวประมาณ 18.5 กิโลเมตร

เปิดดำเนินงานเมื่อ: เปิดดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522

เขตพื้นที่จ่ายน้ำ: เนื่องจากเป็นโรงงานผลิตน้ำขนาดใหญ่ มีกำลังการผลิตสูง จึงสามารถให้บริการในพื้นที่ส่วนใหญ่ของกรุงเทพ คือตั้งแต่เขตดอนเมือง บางเขน นนทบุรี ปากเกร็ด บางซื่อ จตุจักร พญาไท ดินแดง ห้วยขวาง พระนคร ป้อมปราบศัตรูพ่าย สัมพันธวงศ์ บางรัก ปทุมวัน สาทร บางคอแหลม ยานนาวา คลองเตย สวนหลวง ลาดพร้าว บางกะปิ บึงกุ่ม พระโขนง พระประแดง สมุทรปราการ ภาษีเจริญ บางกอกใหญ่ หนองแขม ราษฎร์บูรณะ จอมเทียน และบางขุนเทียน

4. โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์

สถานที่ตั้ง: โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์เป็นโรงงานผลิตน้ำประปาแห่งที่ 4 ตั้งอยู่ริมถนนวงแหวนรอบนอก ติดคลองมหาสวัสดิ์ บริเวณตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี มีเนื้อที่ประมาณ 550 กว่าไร่ ใช้วงเงินก่อสร้าง 2,200 ล้านบาท โดยสมเด็จพระบรมโอรสาธิราช สยามกุฎราชกุมาร ได้เสด็จเป็นองค์ประธานประกอบพิธีวางศิลาฤกษ์ เมื่อวันที่ 26 มกราคม 2537

กำลังการผลิต: ในช่วงแรกจะผลิตน้ำประปาได้ 400,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งหากเสร็จสิ้นโครงการจะสามารถผลิตน้ำได้ถึง 3.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน

แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิต: ในระยะแรกมีการใช้น้ำดิบจากคลองประปาขุดใหม่ ที่ขุดจากแม่น้ำท่าจีนมายังโรงงานผลิตน้ำ และในระยะที่ 2 จะใช้น้ำดิบจากแม่น้ำแม่กลอง และเขื่อนวชิราลงกรณ์เมื่อเสร็จสิ้นโครงการ

เปิดดำเนินงานเมื่อ: ได้เริ่มทำการทดลองเปิดจำหน่ายน้ำเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2539 หลังจากที่การดำเนินงานชะงักไปช่วงระยะหนึ่งเนื่องจากสภาวะน้ำท่วมขัง ทำให้ไม่สามารถดำเนินการทดสอบระบบซึ่งต้องมีการปล่อยน้ำประมาณ 200,000 ลูกบาศก์เมตร ลงสู่คลองสาธารณะได้ และไม่สามารถดำเนินการวางท่อจ่ายน้ำเชื่อมเข้ารับระบบการผลิต

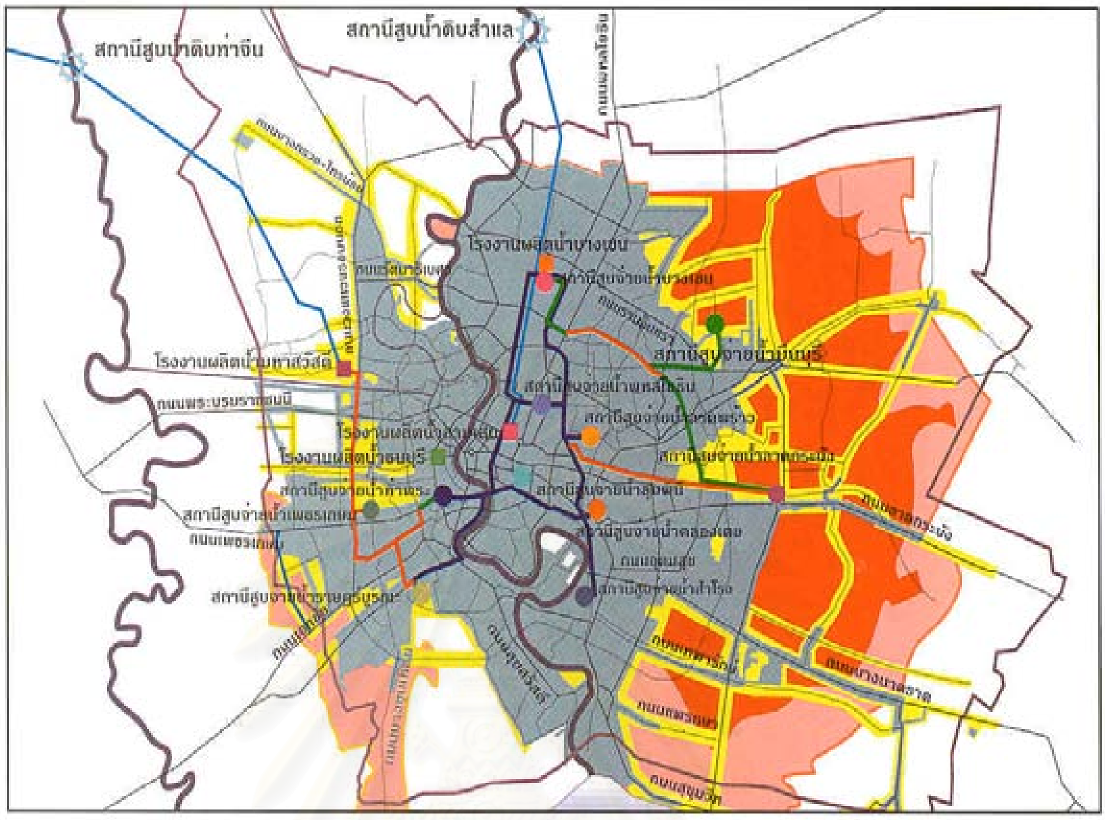
เขตพื้นที่จ่ายน้ำ: สามารถให้บริการน้ำให้แก่พื้นที่หลักได้แก่ ถนนวงแหวนรอบนอกตั้งแต่อำเภอบางบัวทองจรดเขตบางขุนเทียน ถนนรัตนาธิเบศร์ ถนนบางกรวย-ไทรน้อย ถนนพระราชชนนี ถนนเพชรเกษม ถนนเอกชัย ถนนบางขุนเทียน และถนนพรานนกตัดใหม่ ซึ่งเดิมประสบปัญหาขาดแคลนน้ำจะมีน้ำประปาใช้อย่างเพียงพอ โดยสามารถให้บริการผู้ใช้น้ำได้ 600,000 คน

สถานีสูบจ่ายน้ำของการประปานครหลวง

การประปานครหลวงผลิตและสูบจ่ายน้ำสู่ประชาชนประมาณวันละ 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งแยกตามสถานที่ผลิตและสูบจ่ายดังนี้

1) สถานีสูบจ่ายน้ำบางเขน ตั้งอยู่ในโรงงานผลิตน้ำบางเขน รับน้ำที่ผลิตขึ้นในโรงงานผลิตน้ำบางเขน สูบจ่ายในอัตราวันละประมาณ 500,000 ลูกบาศก์เมตร
2) สถานีสูบจ่ายน้ำพหลโยธิน ตั้งอยู่ที่ถนนสุทธิสาร รับน้ำจากระบบอุโมงค์ส่งน้ำ มีอัตราการสูบจ่ายน้ำประมาณวันละ 200,000 ลูกบาศก์เมตร
3) สถานีสูบจ่ายน้ำลุมพินี ตั้งอยู่ที่ถนนราชดำริ รับน้ำจากระบบอุโมงค์ส่งน้ำ มีอัตราการสูบจ่ายประมาณวันละ 310,000 ลูกบาศก์เมตร
4) สถานีสูบจ่ายน้ำท่าพระ ตั้งอยู่ที่สามแยกท่าพระ รับน้ำจากระบบอุโมงค์ส่งน้ำ มีอัตราการสูบจ่ายประมาณวันละ 460,000 ลูกบาศก์เมตร
5) สถานีสูบจ่ายน้ำคลองเตย ตั้งอยู่ที่ซอยบ้านกล้วยใต้ รับน้ำจากระบบอุโมงค์ส่งน้ำ มีอัตราการสูบจ่ายประมาณวันละ 260,000 ลูกบาศก์เมตร
6) สถานีสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว ตั้งอยู่ที่ซอยลาดพร้าว 86 รับน้ำจากระบบอุโมงค์ส่งน้ำ มีอัตราการสูบจ่ายประมาณวันละ 270,000 ลูกบาศก์เมตร
7) สถานีสูบจ่ายน้ำสำโรง ตั้งอยู่ที่ถนนรถไฟสายปากน้ำ รับน้ำจากระบบอุโมงค์ส่งน้ำ มีอัตราการสูบจ่ายประมาณวันละ 270,000 ลูกบาศก์เมตร
8) สถานีสูบจ่ายน้ำราษฎร์บูรณะ ตั้งอยู่ที่ถนนพระรามที่ 2 รับน้ำจากระบบอุโมงค์ส่งน้ำ มีอัตราการสูบจ่ายประมาณวันละ 130,000 ลูกบาศก์เมตร
9) สถานีสูบจ่ายน้ำบริเวณโรงงานผลิตน้ำสามเสน เป็นโรงสูบน้ำขนาดเล็กหลายโรงประกอบกัน โดยได้รับน้ำจากโรงงานผลิตน้ำสามเสนและสูบจ่ายออกรอบบริเวณโรงงานผลิตสามเสนรวมกัน ในอัตราสูบจ่ายประมาณวันละ 700,000 ลูกบาศก์เมตร
10) สถานีสูบจ่ายน้ำธนบุรี ตั้งอยู่ในโรงงานผลิตน้ำธนบุรี ถนนจรัญสนิทวงศ์ รับน้ำจากโรงงานผลิตน้ำได้ประมาณวันละ 200,000 ลูกบาศก์เมตร

รูปภาพระบบการผลิต-ส่งและสูบจ่ายน้ำ และพื้นที่การให้บริการน้ำประปาในหน้าที่และความรับผิดชอบของการประปานครหลวงแสดงอยู่ในหน้าถัดไป



รูปแสดงที่ตั้งโรงงานผลิตน้ำ และสถานีสูบจ่ายน้ำของการประปานครหลวง

การบริการงานประปา

การประปานครหลวงแบ่งพื้นที่การให้บริการออกเป็นสำนักงานประปาสาขา 13 แห่ง ซึ่งแต่ละแห่งล้วนมีภาระหน้าที่หลักคือ

1. ดำเนินการติดตั้งประปาใหม่
2. ดูแลบำรุงรักษาท่อจ่ายน้ำ สำรวจหาท่อรั่ว ซ่อมท่อแตกรั่ว เปลี่ยนท่อใหม่ทดแทนท่อเก่า และดูแลรักษามาตรวัดน้ำ
3. สำรวจ ออกแบบ และก่อสร้างท่อจ่ายน้ำในเขตพื้นที่ที่มีท่อส่งน้ำอยู่แล้ว หรือขยายเขตตามความต้องการของชุมชน
4. จำหน่ายน้ำ รวมถึงการอ่านมาตรวัดน้ำ และเก็บเงินค่าน้ำ
5. แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ของประชาชนเกี่ยวกับการใช้น้ำ เช่น น้ำไม่ไหล น้ำขุ่น มาตรไม่เดิน มาตรหาย เป็นต้น และให้บริการเพื่อสาธารณประโยชน์อื่น ๆ

โดยแต่ละแห่งจะมีพื้นที่ความรับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงขอบเขตการให้บริการของสำนักงานประปาสาขา

สำนักงาน	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก
1. ประปาสาขาสุขุมวิท	จรดคลองสามเสน คลองแสนแสบ	จรดคลองพระโขนง	จรดคลองลาดบัวขาว	จรดทางรถไฟช่องนนทรี
2. ประปาสาขาพระโขนง	จรดคลองพระโขนง	จรดคลองสำโรง	จรดคลองศีรษะจระข้ใหญ่	จรดแม่น้ำเจ้าพระยา
3. ประปาสาขาสมุทรปราการ	จรดคลองสำโรง	จรดอ่าวไทย	สุดเขตจังหวัดสมุทรปราการ	จรดแม่น้ำเจ้าพระยา
4. ประปาสาขาแม้นศรี	จรดคลองบางซื่อ คลองประปา	จรดคลองผดุงกรุงเกษม ถนนพระราม 4	จรดทางรถไฟสายเหนือ คลองสามเสน ทางรถไฟสายช่องนนทรี	จรดแม่น้ำเจ้าพระยา
5. ประปาสาขาพญาไท	จรดคลองบางเขน คลองบางบัว	จรดคลองสามเสน	จรดคลองลาดพร้าว คลองวังหิน	จรดทางรถไฟสายเหนือ
6. ประปาสาขาทุ่งมหาเมฆ	จรดคลองผดุงกรุงเกษม ถนนพระราม 4	จรดแม่น้ำเจ้าพระยา	จรดแม่น้ำเจ้าพระยา ทางรถไฟสายช่องนนทรี	จรดแม่น้ำเจ้าพระยา
7. ประปาสาขาลาดพร้าว	จรดคลองลาดปลาเค้า	จรดคลองแสนแสบ	จรดคลองบางชัน	จรดคลองลาดพร้าว
8. ประปาสาขานนทบุรี กองประปาบางบัวทอง	จรดคลองบ้านใหม่ แม่น้ำเจ้าพระยา คลองเจ็ก	จรดคลองบางเขน คลองมหาสวัสดิ์	จรดคลองประปา	จรดถนนไทรน้อย-วัดต้นเชือก
9. ประปาสาขาประชาชื่น	จรดคลองบ้านใหม่	จรดคลองบางซื่อ	จรดทางรถไฟสายเหนือ	จรดคลองประปาและคลองบางเขน
10. ประปาสาขาบางเขน กองประปามีนบุรี	สุดเขตดอนเมือง เขตสายไหม และเขตมีนบุรี	จรดคลองหลุมไผ่ คลองบางขวด	สุดเขตมีนบุรีและเขตหนองจอก	จรดทางรถไฟสายเหนือ
11. ประปาสาขาบางกอกน้อย	จรดทางรถไฟสายใต้ คลองมหาสวัสดิ์	จรดคลองมอญ คลองบางเชือกหนัง	จรดแม่น้ำเจ้าพระยา	สุดเขตทวีวัฒนา
12. ประปาสาขาตากสิน	จรดคลองภาษีเจริญ คลองบางกอกใหญ่ แม่น้ำเจ้าพระยา	จรดอ่าวไทย	จรดแม่น้ำเจ้าพระยา	จรดจังหวัดสมุทรสาคร ทางรถไฟสายมหาชัย-วงเวียนใหญ่ คลองพระยาราชมนตรี
13. ประปาสาขาภาษีเจริญ	จรดคลองมอญ คลองบางเชือกหนัง	จรดทางรถไฟสายมหาชัย คลองพระยาราชมนตรี คลองภาษีเจริญ	จรดคลองบางใหญ่ แม่น้ำเจ้าพระยา	สุดเขตหนองแขม

ผลการดำเนินงานโดยทั่วไปของการประปานครหลวง ปีงบประมาณ 2543

รายละเอียดดังที่แสดงอยู่ในตารางด้านล่างนี้เป็นผลการดำเนินงานของการประปานครหลวงประจำปีงบประมาณ 2543 ซึ่งแสดงข้อมูลโดยทั่ว ๆ ไป ภายในระยะเวลา 1 รอบปีงบประมาณ (ตุลาคม 2542 – กันยายน 2543)

ตารางแสดงข้อมูลการดำเนินงานทั่วไปของการประปานครหลวง ปีงบประมาณ 2543

ข้อมูลทั่วไป	หน่วย	จำนวน
ปริมาณน้ำจ่ายทั้งหมด	ล้าน ลบ.ม.	1,438.5
• โรงงานผลิตน้ำบางเขน	ล้าน ลบ.ม.	1,042.2
• โรงงานผลิตน้ำสามเสน	ล้าน ลบ.ม.	166.6
• โรงงานผลิตน้ำธนบุรี	ล้าน ลบ.ม.	51.3
• โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์	ล้าน ลบ.ม.	163.8
• โรงงานผลิตน้ำเสริม	ล้าน ลบ.ม.	4.5
• บ่อบาดาลส่วนกลาง	ล้าน ลบ.ม.	6.0
• ระบบประปาอิสระ	ล้าน ลบ.ม.	4.2
ปริมาณน้ำจำหน่ายทั้งหมด	ล้าน ลบ.ม.	880.3
• ที่อยู่อาศัย	ล้าน ลบ.ม.	438.8
• ธุรกิจ รัฐวิสาหกิจ ราชการและอุตสาหกรรม	ล้าน ลบ.ม.	435.6
• น้ำสาธารณะและอื่น ๆ	ล้าน ลบ.ม.	5.9
เปอร์เซ็นต์น้ำจำหน่าย	ร้อยละ	61.2
จำนวนผู้ใช้น้ำสิ้นปี	ราย	1,410,101
จำนวนพนักงานสิ้นปี	คน	5,281
อัตราส่วนผู้ใช้น้ำต่อพนักงาน 1 คน	ราย	267
พื้นที่ให้บริการสิ้นปี	ตร.กม.	1,242.7

(ที่มา : รายงานประจำปีงบประมาณ 2543 การประปานครหลวง)

ภาคผนวก ข. การศึกษาโครงการปรับปรุงลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง

กรณีที่ 1 การวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการ (กิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรุกแบบเดิม (Conventional) เทียบกับการทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ)

มีสมมติฐานในการทำการวิจัยดังนี้

- Inflation Rate 3.5% ต่อปี
- Discount Rate 11.1% ต่อปี
- การขยายตัวของระบบท่อประปาที่จะต้องบำรุงรักษา 5.0% ต่อปี
- อัตราการเพิ่มต้นทุนค่าน้ำเฉลี่ยต่อปี 3.5% ต่อปี
- ค่าขยายกำลังการผลิต 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน 1,035 ล้านบาท
- ต้นทุนแปรผันของการผลิตน้ำ 1.05 บาทต่อลบ.ม.
- อัตราการเพิ่มของน้ำสูญเสียกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ 8.18% ต่อปี
- อัตราการเพิ่มของน้ำสูญเสียกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรุกแบบเดิม 0.0% ต่อปี
- ความยาวท่อในปัจจุบัน 18,000 กิโลเมตร
- อัตราการแตกรั่วต่อความยาวท่อ 15 จุดต่อกิโลเมตรต่อปี
- อัตราการเพิ่มของการแตกรั่ว 11.0% ต่อปี
- สำรวจหาท่อแตกรั่วใต้ดิน 1-5 ปีแรก 2 ครั้งต่อปี
- สำรวจหาท่อแตกรั่วใต้ดินตั้งแต่ปีที่ 6 3 ครั้งต่อปี
- ค่าใช้จ่ายในการสำรวจท่อแตกรั่ว 0.002 ล้านบาทต่อกิโลเมตร
- ค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อแตกรั่ว 0.001 ล้านบาทต่อจุด
- การเปลี่ยนท่อหมดอายุการใช้งาน 4% ต่อปี
- ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อ 1.5 ล้านบาทต่อกิโลเมตร

ผลการวิเคราะห์โครงการเป็นดังนี้

- อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 48.6%
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 65,646 ล้านบาท
- Benefit to Cost Ratio 4

ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการ (กรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรุกแบบเดิม (Conventional) เทียบกับกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ)

ปีงบประมาณ	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	NPV
1. การลงทุนปรับปรุงระบบประปา (ล้านบาท)	429.00	952.00	1,135.00	1,216.00	775.00								3,241.07
งานจ้างเหมา บริหารจัดการ ปรับปรุงระบบที่ได้ดำเนินการแล้ว	429.00	952.00	1,135.00	1,216.00	775.00								
2. ค่าใช้จ่ายที่ต้องดำเนินงานประจำเพื่อควบคุมน้ำสูญเสีย	1,422.00	1,576.80	1,751.40	1,948.90	2,172.60	2,481.30	2,775.50	3,111.10	3,495.10	3,935.40	4,441.50	5,025.00	15,930.56
ค่าเปลี่ยท่อรายปี (ล้านบาท)	1,080.00	1,173.90	1,275.90	1,386.90	1,507.50	1,638.50	1,781.00	1,935.80	2,104.10	2,287.00	2,485.80	2,701.90	
ค่าสำรวจและซ่อมท่อรายปี (ล้านบาท)	342.00	402.90	475.50	562.00	665.10	842.80	994.50	1,175.30	1,391.00	1,648.40	1,955.70	2,323.10	
A รวมการลงทุน (1+2) (ล้านบาท)	1,851.00	2,528.80	2,886.40	3,164.90	2,947.60	2,481.30	2,775.50	3,111.10	3,495.10	3,935.40	4,441.50	5,025.00	19,171.63
3. ประโยชน์ที่ได้จากการเลื่อนการขยายการลงทุน (ล้านบาท)	0.00	1,071.20	0.00	2,295.00	1,187.70	2,458.50	3,816.80	5,267.20	8,177.40	15,516.60	35,039.30	134,485.10	66,101.86
เงินลงทุนขยายกำลังการผลิตกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ	0.00	1,071.20	1,108.70	2,295.00	2,375.40	2,458.50	3,816.80	6,584.00	8,177.40	16,927.20	35,039.30	135,996.20	
เงินลงทุนขยายกำลังการผลิตกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรุกแบบเดิม	0.00	0.00	1,108.70	0.00	1,187.70	0.00	0.00	1,316.80	0.00	1,410.60	0.00	1,511.10	
4. มูลค่าน้ำที่ประหยัดได้จากการลดน้ำสูญเสีย (ล้านบาท)	0.00	92.77	221.65	401.59	650.04	1,003.78	1,529.81	2,317.13	3,592.14	5,870.85	11,004.42	30,886.72	18,781.56
น้ำสูญเสียกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ (%)	38.30	41.60	45.10	49.00	53.10	57.70	62.60	67.90	73.70	80.00	86.80	94.20	
ปริมาณน้ำผลิตจ่ายกรณีทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรับ (ล้าน ลบ.ม.)	1,470.00	1,623.50	1,793.70	2,004.50	2,253.80	2,580.10	3,014.60	3,630.70	4,537.40	6,120.50	9,524.10	22,283.70	
น้ำสูญเสียกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรุกแบบเดิม (%)	38.30	38.30	38.30	38.30	38.30	38.30	38.30	38.30	38.30	38.30	38.30	38.30	
ปริมาณน้ำผลิตจ่ายกรณีทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรุกแบบเดิม (ล้าน ลบ.ม.)	1,470.00	1,537.60	1,595.80	1,658.30	1,712.10	1,770.60	1,828.70	1,888.50	1,934.40	1,986.10	2,038.10	2,096.30	
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ (ล้าน ลบ.ม.)	0.00	85.90	197.90	346.20	541.70	809.50	1,185.90	1,742.20	2,603.00	4,134.40	7,486.00	20,187.40	
ต้นทุนค่าน้ำผลิตเฉลี่ย (บาท/ลบ.ม.)	1.05	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.29	1.33	1.38	1.42	1.47	1.53	
B. รวมผลประโยชน์ที่ได้รับจาก 3+4 (ล้านบาท)	0.00	1,163.97	221.65	2,696.59	1,837.74	3,462.28	5,346.61	7,584.33	11,769.54	21,387.45	46,043.72	165,371.82	84,883.42
กระแสเงินสด B-A (ล้านบาท)	-1,851.00	-1,364.83	-2,664.75	-468.31	-1,109.86	980.98	2,571.11	4,473.23	8,274.44	17,452.05	41,602.22	160,346.82	65,711.79

(ที่มา : ฝ่ายวางแผนและงบประมาณ การประปานครหลวง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีที่ 2 การวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการ (กิจกรรมเพิ่มการลงทุนทำโครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสีย เทียบกับการทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ)

มีสมมติฐานในการทำการวิจัยดังนี้

- Inflation Rate 3.5% ต่อปี
- Discount Rate 11.1% ต่อปี
- การขยายตัวของระบบท่อประปาที่จะต้องบำรุงรักษา 5.0% ต่อปี
- ค่าขยายกำลังการผลิต 0.4 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน 1,035 ล้านบาท
- อัตราการเพิ่มต้นทุนค่าน้ำเฉลี่ยต่อปี 3.5% ต่อปี
- ต้นทุนแปรผันของการผลิตน้ำ 1.05 บาทต่อลบ.ม.
- อัตราการเพิ่มของน้ำสูญเสียกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ 8.18% ต่อปี
- ความยาวท่อในปัจจุบัน 18,000 กิโลเมตร
- อัตราการแตกรั่วต่อความยาวท่อ 5 จุดต่อกิโลเมตรต่อปี
- สำรวจหาท่อแตกรั่วใต้ดินหลังมีโครงการ 1 ครั้งต่อปี
- ค่าใช้จ่ายในการสำรวจท่อแตกรั่ว 0.002 ล้านบาทต่อกิโลเมตร
- ค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อแตกรั่ว 0.001 ล้านบาทต่อจุด
- การเปลี่ยนท่อหมดอายุการใช้งาน 2% ต่อปี
- ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อ 1.5 ล้านบาทต่อกิโลเมตร

ผลการวิเคราะห์โครงการเป็นดังนี้

- อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 57.9%
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 74,207 ล้านบาท
- Benefit to Cost Ratio 7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการ (กรณีเพิ่มการลงทุนทำโครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสีย เทียบกับกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ)
(ที่มา : ฝ่ายวางแผนและงบประมาณ การประปานครหลวง)

ปีงบประมาณ	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	NPV
1. การลงทุนปรับปรุงระบบประปา (ล้านบาท)	429.00	1,056.80	2,709.80	2,780.90	1,746.20								6,075.26
โครงการปรับปรุงระบบประปาเพื่อลดน้ำสูญเสีย		104.80	1,574.80	1,564.90	971.20								
งานจ้างเหมา บริหารจัดการ ปรับปรุงระบบที่ได้ดำเนินการแล้ว	429.00	952.00	1,135.00	1,216.00	775.00								
2. ค่าใช้จ่ายที่ต้องดำเนินงานประจำเพื่อควบคุมน้ำสูญเสีย	970.00	880.00	995.90	1,067.70	900.50	1,133.40	1,098.30	1,193.70	1,297.50	1,410.30	1,532.90	1,666.20	7,135.78
ค่าเปลี่ยท่อรายปี (ล้านบาท)	794.00	694.00	800.00	905.90	753.70	819.30	890.50	967.90	1,052.00	1,143.50	1,242.90	1,351.00	
ค่าสำรวจและซ่อมท่อรายปี (ล้านบาท)	176.00	186.00	195.90	161.80	146.80	314.10	207.80	225.80	245.50	266.80	290.00	315.20	
A รวมการลงทุน (1+2) (ล้านบาท)	1,399.00	1,936.80	3,705.70	3,848.60	2,646.70	1,133.40	1,098.30	1,193.70	1,297.50	1,410.30	1,532.90	1,666.20	13,211.04
3. ประโยชน์ที่ได้จากการเลื่อนการขยายการลงทุน (ล้านบาท)	0.00	1,071.20	1,108.70	2,295.00	2,375.40	2,458.50	2,544.50	6,584.00	6,814.50	16,927.20	35,039.30	134,485.10	67,534.20
เงินลงทุนขยายกำลังการผลิตกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ	0.00	1,071.20	1,108.70	2,295.00	2,375.40	2,458.50	3,816.80	6,584.00	8,177.40	16,927.20	35,039.30	135,996.20	
เงินลงทุนขยายกำลังการผลิตกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรุกแบบเดิม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,272.30	0.00	1,362.90	0.00	0.00	1,511.10	
4. มูลค่าน้ำที่ประหยัดได้จากการลดน้ำสูญเสีย (ล้านบาท)	0.00	136.30	313.04	545.32	849.72	1,264.18	1,809.74	2,615.18	3,908.85	6,205.54	11,359.87	31,267.23	19,955.51
น้ำสูญเสียกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรับ (%)	38.30	41.60	45.10	49.00	53.10	57.70	62.60	67.90	73.70	80.00	86.80	94.20	
ปริมาณน้ำผลิตจ่ายกรณีทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียเชิงรับ (ล้าน ลบ.ม.)	1,470.00	1,623.50	1,793.70	2,004.50	2,253.80	2,580.10	3,014.60	3,630.70	4,537.40	6,120.50	9,524.10	22,283.70	
น้ำสูญเสียกรณีทำกิจกรรมเพื่อลดน้ำสูญเสียเชิงรุกแบบเดิม (%)	38.30	36.60	35.00	33.30	31.70	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	
ปริมาณน้ำผลิตจ่ายกรณีทำโครงการ (ล้าน ลบ.ม.)	1,470.00	1,497.30	1,514.20	1,534.40	1,545.70	1,560.60	1,611.70	1,664.40	1,704.90	1,750.40	1,796.30	1,847.60	
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ (ล้าน ลบ.ม.)	0.00	126.20	279.50	470.10	708.10	1,019.50	1,402.90	1,966.30	2,832.50	4,370.10	7,727.80	20,436.10	
ต้นทุนค่าน้ำผลิตเฉลี่ย (บาท/ลบ.ม.)	1.05	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.29	1.33	1.38	1.42	1.47	1.53	
B. รวมผลประโยชน์ที่ได้รับจาก 3+4 (ล้านบาท)	0.00	1,207.50	1,421.74	2,840.32	3,225.12	3,722.68	4,354.24	9,199.18	10,723.35	23,132.74	46,399.17	165,752.33	87,489.71
กระแสเงินสด B-A (ล้านบาท)	-1,399.00	-729.30	-2,283.96	-1,008.28	578.42	2,589.28	3,255.94	8,005.48	9,425.85	21,722.44	44,866.27	164,086.13	74,278.67

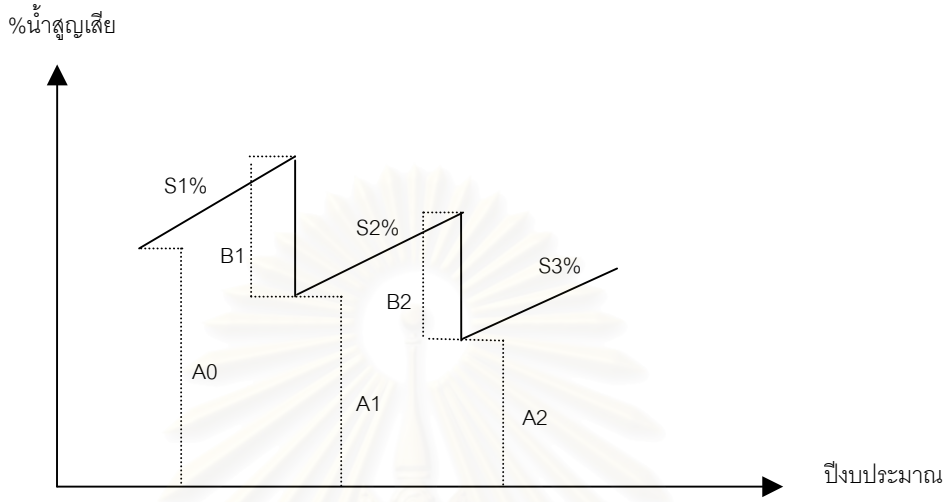
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค. การประเมินอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินหาอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

1. **การลดน้ำสูญเสียในระบบจ่ายน้ำ ตามหลักการของ** “Restoration of Leakage”



จากรูป

S1, S2, S3 = อัตราการเพิ่มของน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นใหม่ในแต่ละปี

B1, B2 = อัตราน้ำสูญเสียที่สามารถลดลงได้จากการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสีย

A0, A1, A2 = อัตราน้ำสูญเสียที่คงเหลือในระบบจ่ายน้ำ

2. **ปัจจัยที่ทำให้อัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น**

ระบบจ่ายน้ำประปาโดยทั่วไป หากไม่มีแผนงานหรือมาตราการในการดำเนินงานควบคุมหรือลดอัตราน้ำสูญเสียที่เหมาะสม อัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปี (S1, S2, S3) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าปีที่ผ่านมาเสมอ ทั้งนี้ เนื่องจากท่อประปาและอุปกรณ์ที่ใช้งานมีอายุมากขึ้นจึงเสื่อมสมรรถนะลงตามลำดับ ประกอบกับอิทธิพลของปริมาณและแรงดันน้ำที่ต้องสูบจ่ายเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี เพื่อให้สอดกับปริมาณความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการขยายตัวของชุมชนและการเติบโตทางเศรษฐกิจ ดังนั้น จึงทำให้ท่อประปาและอุปกรณ์ชำรุดแตกรั่วมากขึ้น และอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากขึ้นตามลำดับ โดยอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะมีค่ามากหรือน้อยกว่าปีที่ผ่านมาขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

2.1 คุณภาพของท่อและอุปกรณ์ประปา

สมาคม Water Research Center (WRC) แห่งประเทศอังกฤษ ได้กำหนดมาตรฐานอัตราการรั่วซึมที่ยอมรับได้ของระบบท่อเมนจ่ายน้ำ และท่อแยกเข้ามาตรตามคุณภาพของวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้เป็น 3 ระดับ ดังนี้

อัตราการรั่วซึมที่ยอมรับได้ (ณ แรงดันน้ำ 50 เมตร)

คุณภาพท่อและอุปกรณ์	**ระบบท่อเมนจ่ายน้ำ (ลิตร/กม./ชม.)**	**ระบบท่อแยกเข้ามาตร (ลิตร/มาตร/ชม.)**
ดีมาก (GOOD)	20	2
ปานกลาง (AVERAGE)	40	4
พอใช้ (FAIR)	60	6

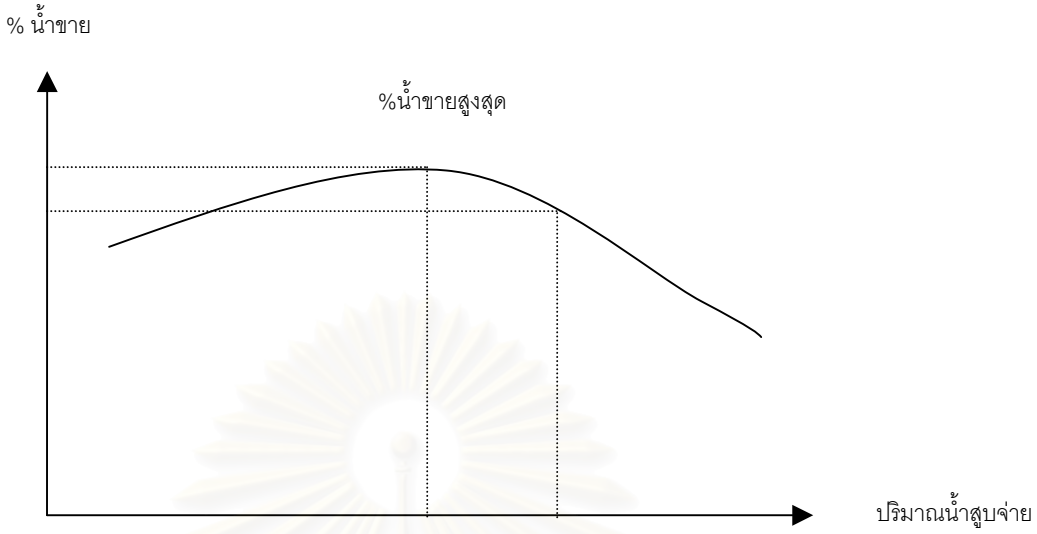
จากมาตรฐานการรั่วไหลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า อัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นและมาตรฐานหรือขีดจำกัดความสามารถในการลดอัตราน้ำสูญเสียของวัสดุท่อประปาแต่ละชนิดย่อมต่างกัน

2.2 อายุการใช้งานของท่อประปาและอุปกรณ์

ท่อประปาและอุปกรณ์เมื่อมีอายุการใช้งานมากขึ้น ประสิทธิภาพในการทำหน้าที่ในการส่งจ่ายน้ำย่อมลดลง มีอัตราการชำรุดแตกรั่วและอัตราการสูญเสียเพิ่มมากขึ้นตามลำดับจนกระทั่งไม่สามารถทำหน้าที่ส่งจ่ายน้ำได้เมื่อท่อหมดอายุการใช้งาน โดยอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปีจะเพิ่มขึ้นตามลำดับจากน้อยไปหามากสอดคล้องกับการเสื่อมประสิทธิภาพของท่อประปาและอุปกรณ์ (Physical Depreciation) ที่คำนวณจากวิธีผลบวกตัวเลข (Sum of the Year Digits) ตามตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ถ้าอายุการใช้งานเฉลี่ยสูงสุดของท่อประปาและอุปกรณ์เท่ากับ 25 ปี เมื่อท่อแลอุปกรณ์มีอายุระหว่าง 12-13 ปี ประสิทธิภาพของการใช้งานจะลดลงประมาณร้อยละ 30 โดยมีอัตราการเสื่อมถดถอยของประสิทธิภาพ ณ ปีดังกล่าวประมาณ 3.7% และ 4.0% ตามลำดับ

ผลจากการประเมินหาอายุเฉลี่ยของท่อประปา (ท่อจ่ายน้ำ) ที่ใช้งานปัจจุบันด้วยวิธี Simplification ตามรายละเอียดใน ตารางที่ 2, 3, 4 และ 5 พบว่าท่อจ่ายน้ำที่ใช้งานปัจจุบันมีอายุเฉลี่ยประมาณ 12 ปี ซึ่งมีศักยภาพเพียงพอที่จะควบคุมรักษาระดับอัตราน้ำสูญเสียให้อยู่ที่ร้อยละ 30 ตามเป้าหมายของโครงการได้สอดคล้องกับประสิทธิภาพของท่อที่ลดลงตามอายุได้

2.3 อิทธิพลของปริมาณน้ำสูบจ่าย



จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำสูบจ่ายกับอัตราน้ำขายดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำสูบจ่ายเพิ่มขึ้นในช่วงแรก ๆ ที่มีความต้องการใช้น้ำสูง จะมีผลทำให้อัตราน้ำขายสูงเพิ่มขึ้น (หรืออัตราน้ำสูญเสียลดลง) ตามลำดับจนกระทั่งอัตราน้ำสูบจ่ายที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวสูงเกินขีดจำกัดความสามารถการส่งจ่ายน้ำของท่อประปา อัตราน้ำขายจะเริ่มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากท่อประปาและอุปกรณ์บางส่วนที่มีอายุการใช้งานสูงจะเริ่มชำรุดแตกรั่วเพิ่มขึ้น น้ำสูญเสียจะสูงขึ้นตาม ในทำนองเดียวกันหากสูบจ่ายน้ำด้วยปริมาณที่ต่ำเกินไป ไม่สอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำ จะมีผลทำให้ยอดน้ำขายลดลงและอัตราการสูญเสียมากขึ้นเนื่องจากเมื่อแรงดันน้ำต่ำจะไม่สามารถสำรวจท่อแตกรั่วใต้ดินพบและซ่อมได้ทั่วถึง การรั่วไหลจะสะสมมากขึ้น จะเห็นว่าปริมาณน้ำที่สูบจ่ายที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละช่วงเวลาของวันและฤดูกาล มีอิทธิพลต่ออัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยตรง

3. การประเมินหาอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานลดน้ำสูญเสียในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา

ผลการประเมินหาอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นและอัตราน้ำสูญเสียที่สามารถประหยัดได้จากการกิจกรรมลดน้ำสูญเสียแต่ละปีในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา ตามตารางที่ 7 โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำสูบจ่าย ปริมาณน้ำขาย จำนวนผู้ใช้น้ำ ความยาวท่อประปาที่วาง ตลอดจนข้อมูลผลการดำเนินกิจกรรมลดน้ำสูญเสียในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา ตามตารางที่ 6 เป็นฐานข้อมูลการประเมินพบว่า อัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละปีจะมีค่าระหว่าง 2.2% ถึง 11.5% โดยอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะมากหรือน้อยเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำสูบจ่าย ปริมาณน้ำขาย และผลการปรับปรุงท่อหมดอายุการใช้งาน

4. การพิจารณาเลือกใช้อัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์โครงการ

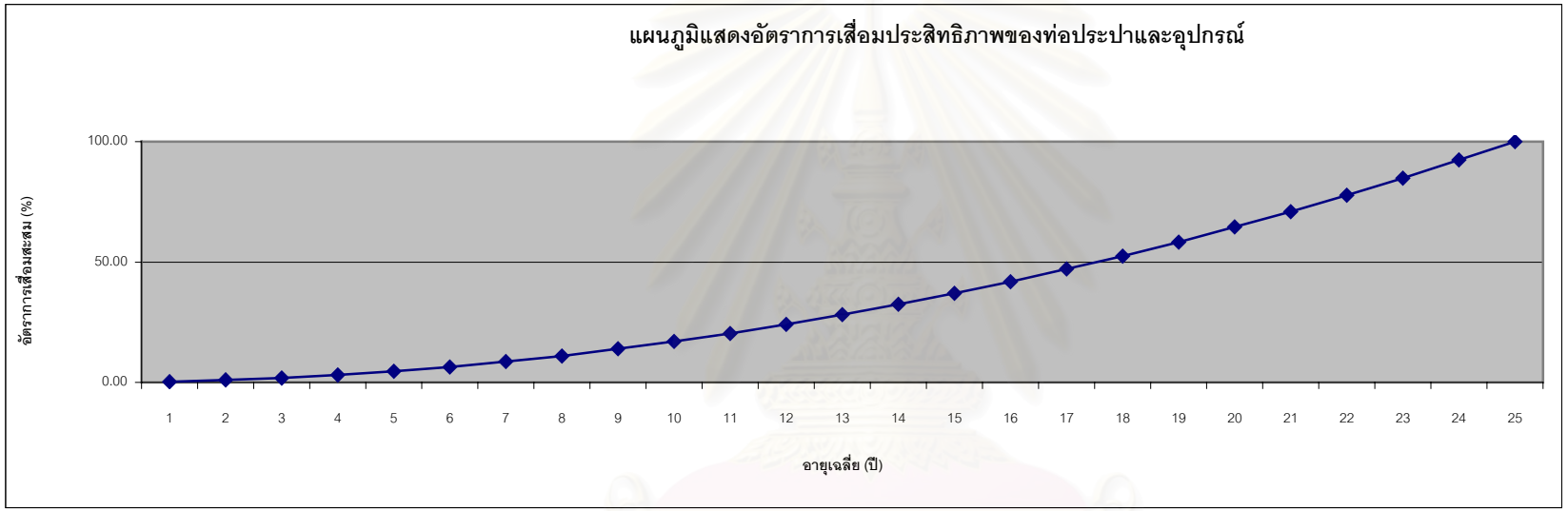
จากข้อมูลอายุเฉลี่ยของท่อประปาและอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพตามข้อ 2.2 และผลการประเมินหาอัตราน้ำสูญเสียที่เกิดแต่ละปีตามข้อ 3 พอที่จะประมาณ อัตราน้ำสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละปีจะไม่ต่ำกว่า 4.0% หากไม่ทำกิจกรรมใด ๆ เพื่อป้องกันและแก้ไขการสูญเสีย และนำไปใช้เป็นฐานในการประเมินหาผลตอบแทนของโครงการได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 แสดงอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพในการส่งจ่ายน้ำของท่อประปา ตามอายุการใช้งาน (Sum of the Year Digits)

(ที่มา : สำนักงานลดน้ำสูญเสีย การประปานครหลวง)

อายุการใช้งาน (ปี)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
% การเสื่อม ณ ปีนั้น	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4	4.3	4.6	4.9	5.2	5.5	5.8	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4	7.4
% การเสื่อมสะสม	0.3	0.9	1.8	3.0	4.5	6.3	8.5	11.0	13.8	16.9	20.3	24.0	28.0	32.3	36.9	41.8	47.0	52.5	58.3	64.5	71.0	77.8	84.9	92.3	100



หมายเหตุ 1 อายุการใช้งานของท่อจ่ายน้ำและอุปกรณ์ (Year of Life) เท่ากับ 25 ปี

2 การคำนวณอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพในการส่งจ่ายน้ำหรือรั่วไหลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ใช้หลักเกณฑ์การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร-อุปกรณ์ (Physical Depreciation) วิธีผลบวกตัวเลข (Sum of the Year Digits)

เมื่อ S = Sum of the Year Digits

S = N (N+1) / 2 = 325

N = 25 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 ประเมินความยาวท่อประปาที่วางเพื่อขยายเขตจำหน่ายน้ำของการประปานครหลวง

(ที่มา : สำนักงานลดน้ำสูญเสีย การประปานครหลวง)

วันที่	โครงการ	ความยาวท่อที่วางงบโครงการ & ประจำปี (กม.)					เฉพาะท่อจ่ายน้ำ (กม.)	
		ท่อประธาน	ท่อจ่ายน้ำ	รวมโครงการ	วางงบประจำปี	รวมทั้งหมด	โครงการ&ประจำปี	สะสม
ก่อนปี 2510	ก่อตั้งการประปานครหลวง	170	1000	1170	0	1170	1000	1000
2511-17	ปรับปรุงและขยายระบบท่อประปา	65	595	660	373	1033	968	1968
2517-22	ปรับปรุงกิจการประปาแผนหลัก ครั้งที่ 1	60	555	615	347	962	902	2870
2523-29	ปรับปรุงกิจการประปาแผนหลัก ครั้งที่ 2	157	1443	1600	904	2504	2347	5218
2528-32	ปรับปรุงกิจการประปาแผนหลัก ครั้งที่ 3	167	1533	1700	961	2661	2494	7712
2534-39	ปรับปรุงกิจการประปาแผนหลัก ครั้งที่ 4	118	1082	1200	678	1878	1760	9472
2535-40	ปรับปรุงกิจการประปาแผนหลัก ครั้งที่ 5	118	1082	1200	678	1878	1760	11232
2537-41	พัฒนาระบบโครงข่ายท่อประปา	49	451	500	283	783	734	11966
2538-42	ปรับปรุงกิจการประปาแผนหลัก ครั้งที่ 7	54	496	550	311	861	807	12773
รวม		**956**				**13729**	**12773**	

หมายเหตุ

1. ปี พศ. 2510 มีท่อประปารวม 1,170 กม. ประกอบด้วยท่อประธาน 170 กม. ท่อจ่ายน้ำ 1,000 กม.
2. ประเมินความยาวท่อจ่ายน้ำที่วางงบประมาณประจำปีเท่ากับ 56.5 % ของความยาวท่องบโครงการ
3. ความยาวท่อจ่ายน้ำและท่อประธานตามรายงานประจำปี 2542 เท่ากับ 13,723 กม. แยกเป็นท่อประธาน 949 กม. ท่อจ่ายน้ำ 12,774 กม.
4. ประเมินความยาวท่อประธานและท่อจ่ายน้ำที่วางในงานโครงการเท่ากับ 9.8% และ 90.2%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ประเมินความยาวท่อจ่ายน้ำที่วางในแต่ละปีงบประมาณ

(ที่มา : สำนักงานลดน้ำสูญเสีย การประปานครหลวง)

โครงการ	กม.																																	
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
ก่อตั้ง กปน		1000																																
ปรับปรุงและขยายท่อประปา	595		100	100	100	100	100	95																										
วางงบประจำปี	373		62	62	62	62	62	63																										
โครงการแผนหลักครั้งที่1	555								112	111	83	83	83	83																				
วางงบประจำปี	347								58	58	58	58	58	58																				
โครงการแผนหลักครั้งที่2	1443														260	260	260	260	260	80	63													
วางงบประจำปี	904														129	129	129	129	129	129	129													
โครงการแผนหลักครั้งที่3	1533																			308	307	306	306	306										
วางงบประจำปี	961																			160	160	160	160	160	161									
โครงการแผนหลักครั้งที่4	1082																									218	216	216	216	162	54			
วางงบประจำปี	678																									113	113	113	113	113	113			
โครงการแผนหลักครั้งที่5	1082																										217	216	216	216	162	54		
วางงบประจำปี	678																										113	113	113	113	113	113		
พัฒนาระบบโครงข่าย	451																												113	112	113	90	23	
วางงบประจำปี	283																												57	57	57	56	56	
โครงการแผนหลักครั้งที่6	496																													124	124	124	25	99
วางงบประจำปี	311																													63	62	62	62	63
รวมที่วางงบโครงการ	7836	600	100	100	100	100	100	95	112	111	83	83	83	83	260	260	260	260	260	388	370	306	306	306	0	218	433	432	545	614	453	268	48	99
รวมท่อวางงบประจำปี	4936	400	62	62	62	62	62	63	58	58	58	58	58	58	129	129	129	129	129	289	289	160	160	160	161	113	226	226	283	346	345	231	118	63
รวมท่อที่วางทั้งสิ้น	12772	1000	162	162	162	162	162	158	170	169	141	141	141	141	389	389	389	389	389	677	659	466	466	466	161	331	659	658	828	960	798	499	166	162

หมายเหตุ

1. ท่อที่วางก่อนปี 2510 เป็นท่อขนาด 100-150 มม. และ 200-300 มม. ความยาวประมาณ 400 และ 600 กม. ตามลำดับ
2. ท่อที่วางในโครงการต่าง ๆ เป็นท่อเมนจ่ายน้ำขนาด 200-300 มม. ส่วนท่อที่วางโดยใช้งบประจำปีของแต่ละสำนักประปาสาขาเป็นท่อขนาด 100-150 มม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 แสดงสถิติการเปลี่ยนท่อชำรุดหมดอายุการใช้งานและค่าใช้จ่าย

(ที่มา : สำนักงานลดน้ำสูญเสีย การประปานครหลวง)

โครงการ	ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)	ความยาว (กม.)	ความยาวท่อที่ปรับปรุงแต่ละปี (กม.)																				
			2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528	2529	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542
ปรับปรุงท่อประธาน	783.0	900	9	241	385	225	35	5															
แผนหลักครั้งที่ 3	1456.9	1000								30	103	215	250	200	190	10	2						
แผนหลักครั้งที่ 4	426.7	270															3	29	68	71	73	13	2
งบลดน้ำสูญเสีย	1875.9	1382																101	52	199	207	353	414
รวมท่อที่ปรับปรุง	4542.5	3552	9	241	385	225	35	5	0	30	103	215	250	200	190	10	5	130	120	270	280	366	416

หมายเหตุ

1. โครงการปรับปรุงท่อประปา (2521-2525) ยกเลิกท่อเมนบริการระบบเดิมที่หมดอายุการใช้งาน (ท่อเหล็กอาบสังกะสี)เป็นท่อจ่ายน้ำชนิดซีเมนต์ใยหิน
2. โครงการแผนหลักครั้งที่ 3 (2529-2535) เปลี่ยนท่อเมนจ่ายน้ำทุกขนาด ชนิดที่ชำรุดหมดอายุการใช้งาน และเริ่มใช้ท่อ PB เป็นท่อบริการและท่อแยกเข้ามาตร
3. โครงการแผนหลักครั้งที่ 4 (2526-2540) เปลี่ยนท่อเมนจ่ายน้ำที่ชำรุดหมดอายุการใช้งาน เหมือนโครงการ 3 แต่เปลี่ยนน้อยกว่ามาก
4. งบลงทุนด้านลดน้ำสูญเสีย (2537-2542) เปลี่ยนท่อเมนจ่ายน้ำเหมือนโครงการ 3,4 แต่เน้นเปลี่ยนท่อซีเมนต์ใยหินขนาด 100-150 มม ที่มีสถิติการแตกรั่วสูงมาก เป็นท่อชนิด พีวีซี ดำเนินงานโดยใช้งบประมาณประจำปี
5. ท่อจ่ายน้ำชนิดซีเมนต์ใยหินขนาด 200-300 มม. มีอายุการใช้งานประมาณ 25 ปี ส่วนขนาด 100-150 มีอายุการใช้งานประมาณ 15 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ประเมินอายุเฉลี่ยของท่อจ่ายน้ำและอุปกรณ์ ณ ปี 2543

(ที่มา : สำนักงานลดน้ำสูญเสีย การประปานครหลวง)

ปีที่วาง	อายุใช้งาน (ปี)	ท่อเดิม (กม.)			ยกเลิก (กม.)			คงเหลือ (กม.)	วางทดแทน (กม.)	รวมความยาวปัจจุบัน (กม.)	ผลคูณความยาวกับอายุการใช้งาน
		โครงการ	ประจะปี	รวม	โครงการ	ประจำปี	รวม				
		200-300	100-150	100-300	200-300	100-150	100-300				
2510	33	600	400	1000	100	400	500	500	0	500	16500
2511	32	100	62	162	0	62	562	100	0	100	3200
2512	31	100	62	162	0	62	624	100	0	100	3100
2513	30	100	62	162	0	62	686	100	0	100	3000
2514	29	100	62	162	0	62	748	100	0	100	2900
2515	28	100	62	162	0	62	810	100	0	100	2800
2516	27	95	63	158	0	63	873	95	0	95	2565
2517	26	112	58	170	0	58	931	112	0	112	2912
2518	25	111	58	169	0	58	989	111	0	111	2775
2519	24	83	58	141	0	58	1047	83	0	83	1992
2520	23	83	58	141	0	58	1105	83	0	83	1909
2521	22	83	58	141	0	58	1163	83	0	83	1826
2522	21	83	58	141	0	58	1221	83	9	92	1932
2523	20	260	129	389	0	129	1350	260	241	501	10020
2524	19	260	129	389	0	129	1479	260	385	645	12255
2525	18	260	129	389	0	129	1608	260	225	485	8730
2526	17	260	129	389	0	129	1737	260	35	295	5010
2527	16	260	129	389	0	129	1866	260	5	265	4240
2528	15	388	289	677	0	289	2155	388	0	388	5820
2529	14	370	289	659	0	289	2444	370	30	400	5600
2530	13	306	160	466	0	160	2604	325	103	428	5564
2531	12	306	160	466	0	0		466	215	681	8172
2532	11	306	160	466	0	0		466	250	716	7876
2533	10	0	161	161	0	0		161	200	361	3610
2534	9	218	113	331	0	0		331	190	521	4689
2535	8	433	226	659	0	0		659	10	669	5352
2536	7	432	226	658	0	0		658	5	663	4641
2537	6	545	283	828	0	0		828	130	958	5748
2538	5	614	346	960	0	0		960	120	1080	5400
2539	4	453	345	798	0	0		798	270	1068	4272
2540	3	268	231	499	0	0		499	280	779	2337
2541	2	48	118	166	0	0		166	366	532	1064
2542	1	99	63	162	0	0		162	416	578	578
รวม		7836	4936	12772	100			10187	3485	13672	158394

อายุเฉลี่ยท่อ = 158394/13672 = 12 ปี

ตารางที่ 6 สถิติ ผลการดำเนินงานด้านลดน้ำสูญเสียที่สำคัญของการประปานครหลวงในรอบ 10 ปี

(ที่มา : สำนักงานลดน้ำสูญเสีย การประปานครหลวง)

รายการ	หน่วย	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542
1. ปริมาณน้ำผลิตจ่าย	ล้าน ลบ.ม.	859.6	934.3	1049.3	1109.2	1175.5	1224.9	1234.3	1405.2	1549.4	1632.8	1555.2	1415.2
เพิ่ม (ลด) จากปีที่ผ่านมา	%		8.7	12.3	5.7	6.0	4.2	0.8	13.8	10.3	5.4	-4.8	-9.0
2. ปริมาณน้ำขาย	ล้าน ลบ.ม.	570.4	628.2	718.7	781.3	823.4	836.1	816.1	870.3	911.2	944.8	914.8	857.2
เพิ่ม (ลด) จากปีที่ผ่านมา	%		10.1	14.4	8.7	5.4	1.5	-2.4	6.6	4.7	3.7	-3.2	-6.3
3. ปริมาณน้ำสูญเสีย	ล้าน ลบ.ม.	289.2	306.1	330.6	327.9	352.1	388.8	418.2	534.9	638.2	688	640.4	558
เพิ่ม (ลด) จากปีที่ผ่านมา	%		5.8	8.0	-0.8	7.4	10.4	7.6	27.9	19.3	7.8	-6.9	-12.9
4. อัตราน้ำสูญเสีย	%	33.6	32.8	31.5	29.6	30.0	31.7	33.9	38.1	41.2	42.1	41.2	39.4
เพิ่ม (ลด) จากที่ผ่านมา	%		-0.9	-1.3	-1.9	0.4	1.8	2.1	4.2	3.1	0.9	-1.0	-1.7
5. ซ่อมท่อบนดิน	จุด		87914	98316	97580	78195	92350	106200	116000	217300	217133	197604	179986
เฉลี่ยต่อความยาวท่อ	จุด/กม/ปี		7.5	8.0	7.5	5.8	6.6	7.4	7.8	14.2	13.7	11.1	9.9
เพิ่ม (ลด) จากปีที่ผ่านมา	%			5.6	-6.1	-22.5	13.7	12.8	5.4	81.0	-3.4	-19.2	-10.1
6. สำรวจ ซ่อมท่อรั่วบนดิน	จุด		5139	5065	5215	3778	4450	3150	4700	10100	23800	21958	26825
% ของท่อรั่วบนดิน	%		5.8	5.2	5.3	4.8	4.8	3.0	4.1	4.6	11.0	11.1	14.9
7. เปลี่ยนท่อหมดอายุใช้งาน	กม.	215	250	200	190	10	5	130	120	270	280	366	416
% ของความยาวท่อ	%	2.0	2.1	1.6	1.5	0.1	0.0	0.9	0.8	1.8	1.8	2.0	2.3
8. เปลี่ยนมาตรวัดน้ำ	เครื่อง		53893	57244	82144	58097	65214	105279	147071	121082	151965	168910	189409
% ของจำนวนผู้ใช้น้ำ	%		6.2	6.0	8.0	5.3	5.7	8.8	11.8	9.4	11.3	12.3	13.7
9. จำนวนผู้ใช้น้ำ	ราย	790160	866673	949411	1027623	1090995	1139299	1194161	12241380	1289168	1341838	1369728	1384958
เพิ่มขึ้น (ลดลง)	ราย		76513	82738	78212	63372	48304	54862	47219	47788	52670	27890	15230
เพิ่ม (ลด) จากปีที่ผ่านมา	%		9.7	9.5	8.2	6.2	4.4	4.8	4.0	3.8	4.1	2.1	1.1
10. ความยาวท่อจ่ายน้ำ บริการ	กม.	10610	11655	12344	13046	13495	14019	14293	14806	15327	15858	17855	18094
เพิ่ม (ลด) จากปีที่ผ่านมา	กม.		1045	689	702	449	524	274	513	521	531	1997	239
เพิ่ม (ลด) จากปีที่ผ่านมา	%		9.8	5.9	5.7	3.4	3.9	2.0	3.6	3.5	3.5	12.6	1.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7/1 ประเมิน อัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นและประหยัดได้ จากผลการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา

(ที่มา : สำนักงานลดน้ำสูญเสีย การประปานครหลวง)

	หน่วย	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542
ปริมาณน้ำสูบจ่าย	ล้าน ลบ.ม.	859.6	934.4	1049.3	1109.2	1175.5	1224.9	1234.3	1405.2	1549.4	1632.8	1555.2	1415.2
ปริมาณน้ำขาย	ล้าน ลบ.ม.	570.4	628.2	718.7	781.3	823.4	836.1	816.1	870.3	911.2	944.8	914.8	857.2
ปริมาณน้ำสูญเสีย	ล้าน ลบ.ม.	289.2	306.2	330.6	327.9	352.1	388.8	418.2	534.9	638.2	688.0	640.4	558.0
อัตราน้ำขาย	%	66.4	67.2	68.5	70.4	70.0	68.3	66.1	61.9	58.8	57.9	58.8	60.6
อัตราน้ำสูญเสีย	%	33.6	32.8	31.5	29.6	30.0	31.7	33.9	38.1	41.2	42.1	41.2	39.4
1. ประเมินน้ำสูญเสียที่เพิ่มขึ้น (ลดลง) จากปริมาณน้ำขายที่เพิ่ม (ลด) จากปีที่ผ่านมา													
ปริมาณน้ำขายเพิ่มจากปีที่ผ่านมา	ล้าน ลบ.ม.		57.8	90.5	62.6	42.1	12.7	-20.0	54.2	40.9	33.6	-30.0	-57.6
เพิ่ม (ลด) จากปีที่ผ่านมา	%		10.1	14.4	8.7	5.4	1.5	-2.4	6.6	4.7	3.7	-3.2	-6.3
ต้องสูบจ่ายเพิ่ม	ล้าน ลบ.ม.		87.1	134.6	91.4	59.8	18.1	-29.3	82.0	66.0	57.1	-51.8	-97.9
รวมเป็นปริมาณน้ำสูบจ่าย	ล้าน ลบ.ม.		956.7	1069.0	1140.7	1169.0	1193.6	1195.6	1316.3	1471.2	1606.5	1581.0	1457.3
ปริมาณน้ำสูบจ่าย (1)	ล้าน ลบ.ม.		318.5	350.3	359.4	345.6	357.5	379.5	446.0	560.0	661.7	666.2	600.1
2. ประเมินน้ำสูญเสียจากท่อประปาและอุปกรณ์เดิมชำรุด/แตกรั่วเพิ่มขึ้น (ลดลง)													
อัตราการรั่วไหลเพิ่ม (ลด) จากปีที่ผ่านมา	%		4.3	2.5	-1.0	8.5	13.0	13.0	25.1	21.5	19.1	10.3	12.2
ปริมาณน้ำสูญเสีย (2)	ล้าน ลบ.ม.		13.7	8.8	-3.6	29.4	46.5	49.3	111.9	120.4	126.4	68.6	73.2
รวมเป็นปริมาณน้ำสูบจ่าย	ล้าน ลบ.ม.		960.4	1077.8	1137.1	1198.3	1240.0	1244.9	1428.2	1591.6	1732.9	1649.6	1530.5
รวมเป็นปริมาณน้ำสูญเสีย (1+2)	ล้าน ลบ.ม.		332.2	359.1	355.8	374.9	404.0	428.8	557.9	680.4	788.1	734.8	673.3
3. ปริมาณน้ำสูญเสียที่รั่วซึมจากท่อเมน และท่อแยกเข้ามาตรที่วางใหม่													
ท่อจ่ายน้ำ ท่อบริการที่วางใหม่	กม.		1045	689	702	449	524	274	513	521	531	1997	239

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7/2 ประเมิน อัตราน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นและประหยัดได้ จากผลการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา

	หน่วย	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542
ปริมาณน้ำรั่วซึมที่ยอมรับได้	ล้าน ลบ.ม.		0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.9	0.1
จำนวนผู้ใช้น้ำเพิ่มขึ้น	ราย		76513	82738	78212	63372	48304	54862	47219	47788	52670	27890	15230
ปริมาณน้ำรั่วซึมที่ยอมรับได้	ล้าน ลบ.ม.		3.4	3.6	3.4	2.8	2.1	2.4	2.1	2.1	2.3	1.2	0.7
รวมปริมาณน้ำสูญเสีย (3)	ล้าน ลบ.ม.		3.8	3.9	3.7	3.0	2.3	2.5	2.3	2.3	2.5	2.1	0.8
4. รวมน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นจริง (1+2+3)	ล้าน ลบ.ม.		336.0	363.0	359.5	377.9	406.4	431.4	560.2	682.8	790.7	736.9	674.1
เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา	ล้าน ลบ.ม.		46.8	56.8	28.9	50.0	54.3	42.6	142.0	147.9	152.5	48.9	33.7
อัตราน้ำสูญเสียที่เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา	%		5.4	6.1	2.8	4.5	4.6	3.5	11.5	10.5	9.8	3.0	2.2
5. น้ำสูญเสียประหยัดได้ ณ ปีนั้น	ล้าน ลบ.ม.		29.8	32.4	31.6	25.8	17.6	13.2	25.3	44.6	102.7	96.5	116.1
6. ตรวจสอบ น้ำสูญเสียที่ประหยัดได้ โดยเปรียบเทียบจาก ผลการทำกิจกรรมลดน้ำสูญเสียในปีนั้น													
6.1 สำรวจและซ่อมท่อรั่วใต้ดิน	จุด		5139	5065	5215	3778	4450	3150	4700	10100	23800	21958	26825
ประหยัดน้ำสูญเสียได้	ล้าน ลบ.ม.		18.8	18.5	19.0	13.8	16.2	11.5	17.2	36.9	86.9	80.1	97.9
6.2 เปลี่ยนท่อหมดอายุการใช้งาน	กม.	215	250	200	190	10	5	130	120	270	280	366	416
ประหยัดน้ำสูญเสียได้	ล้าน ลบ.ม.		10.0	13.1	11.1	11.2	0.4	0.2	5.5	5.6	13.2	13.1	15.5
6.3 เปลี่ยนมาตรวัดน้ำ	%		6.2	6.0	8.0	5.3	5.7	8.8	11.8	9.4	11.3	12.3	13.7
ประหยัดน้ำสูญเสียได้	ล้าน ลบ.ม.		0.9	0.9	1.3	0.9	1.0	1.6	2.5	2.2	2.8	2.9	2.9
รวมประหยัดน้ำสูญเสียได้ทั้งสิ้น	ล้าน ลบ.ม.		29.7	32.5	31.5	25.9	17.7	13.3	25.1	44.6	102.9	96.1	116.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง. ข้อมูลหน่วยงานประปาของประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Beijing Municipal Waterworks Company

ที่ตั้ง 19 Yangrou Hutong, Xicheng District, Beijing 100034, China

Tel. (86-10) 6616 7744

Fax. (86-10) 6616 8028

Head Xu Yang, ผู้จัดการทั่วไป

ประชากร 5,486,000 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1995)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 222,108
- พนักงาน (Staff) 6,031
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$41,136,454
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$31,377,447
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$298.00 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 60.93%government loan; 25.64% externally-funded government grant; 10% construction fund in tariff; 3.43% internally generated reserves

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 1,851,640 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) 54%
- น้ำบนดิน (Surface Water) 46%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity)2,269,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 520,000 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 550 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 35 คนต่อมาตรวัดน้ำ 176,282
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) 115 คนต่อก๊อกน้ำ 26
- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) 3,558
- ประเภทการพาณิชย์ (Commercial) 11,499
- ประเภทสถาบัน หรือองค์กร (Institutional) 9,564
- อื่น ๆ (Other) 21,179

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 100%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 24 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 96 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.051 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำต้ม

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 8%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) 8%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.061 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 1.3
- Accounts Receivable 0.08 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 27.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Shanghai Municipal Waterworks Company

ที่ตั้ง 484 Jiangxi Road (Central) Shanghai,200002, China

Tel. (86-21) 6321 5577

Fax. (86-21) 6323 1346

Head Xu Guoxiang, ผู้จัดการทั่วไป

ประชากร 8,197,000 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1995)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 1,827,717
- พนักงาน (Staff) 11,060
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$117,284,895
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$105,811,451
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$38.40 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 51.79% national government grant; 48.21% local government grant

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 4,728,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) ไม่มี
- น้ำบนดิน (Surface Water) 100%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity)5,600,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 549,000 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 506 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 3.2 คนต่อมาตรวัดน้ำ 1,753,190
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) 80 คนต่อก๊อกน้ำ 516

- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) 10,684
- ประเภทการพาณิชย์ (Commercial) 13,400
- ประเภทสถาบัน หรืองค์กร (Institutional) 7,509
- อื่น ๆ (Other) 42,418

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 100%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 24 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 143 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.066 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำต้ม

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 14%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) 14%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.068 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 1.19
- Accounts Receivable 11.1 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 6.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Water Supplies Department (Hong Kong, China)

ที่ตั้ง 48/F Immigration Tower, 7 Gloucester Road, Wanchai, Hong Kong, China

Tel. (852) 2829 4500

Fax. (852) 2824 0578

Head Mr. Man Shiu Hu, Director of Water Supplies

ประชากร 6,270,000 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1995)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 2,099,820
- พนักงาน (Staff) 5,830
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$532,749,006
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$327,798,962
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$94.94 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 100% national government grant

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 2,518,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) ไม่มี
- น้ำบนดิน (Surface Water) 100%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity)3,200,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 3,200,000 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 1,092 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 3.36 คนต่อมาตรวัดน้ำ 1,858,278
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) 80 คนต่อก๊อกน้ำ 191
- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) 79,779
- ประเภทการพาณิชย์ (Commercial) 119,151

- ประเภทสถาบัน หรือองค์กร (Institutional) 2,956
- อื่น ๆ (Other) 39,465

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 100%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 24 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 112 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.555 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำต้ม

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 36%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) 36%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.580 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 1.63
- Accounts Receivable 4.0 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 2.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Delhi Water Supply and Sewage Disposal Undertaking

ที่ตั้ง Varunalaya, Phase II, Jhandewalan, New Delhi-110005, India

Tel. (91-11) 753 5944

Fax. (91-11) 753 5939

Head Rakesh Mohan, Additional Commissioner

ประชากร 10,840,000 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1996)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 1,169,495
- พนักงาน (Staff) 25,057
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$75,605,870
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$23,653,389
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$30.03 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 97.0% government loan; 0.6% commercial loan; 2.6% national government grant

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 2,610,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) 11%
- น้ำบนดิน (Surface Water) 89%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional/Slow Sand Filter
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity)2,590,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 1,260,000 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 1,397 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 6.5 คนต่อมาตรวัดน้ำ 1,096,916
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) 80 คนต่อก๊อกน้ำ ไม่มี

- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) 15,000
- ประเภทการพาณิชย์ และสถาบันหรือองค์กร (Commercial and Institution) 57,579
- อื่น ๆ (Other) ไม่มี

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 86%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 3.5 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 209 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.034 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำก๊อก

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 26%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) 44%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.037 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 1.48
- Accounts Receivable 4.5 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 21.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Brihanmumbai Municipal Corporation (Hydraulic Engineer's Department)

ที่ตั้ง Municipal Corporation Offices, Ground Floor, Annex Building, Mahapalika, Mumbai-400001, India

Tel. (91-22) 262 0025

Fax. (91-22) 262 6437

Head Mr. S.N. Turkar, Hydraulic Engineering

ประชากร 10,350,000 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1996)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 271,530
- พนักงาน (Staff) 9,041
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$51,516,422
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$75,002,096
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$78.90 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 40% internally generated reserves; 60% government loan

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 2,601,506 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) ไม่มี
- น้ำบนดิน (Surface Water) 100%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity)2,451,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 1,191,000 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 438 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 43.5 คนต่อมาตรวัดน้ำ 237,624
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) 80 คนต่อก๊อกน้ำ ไม่มี

- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) 4,741
- ประเภทการพาณิชย์ (Commercial) 29,165
- และสถาบันหรือองค์กร (Institution) -
- อื่น ๆ (Other) ไม่มี

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 100%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 5 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 178 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.058 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำก๊อก

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 18%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) ไม่ได้ประเมิน
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.052 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 1.08
- Accounts Receivable 19.7 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 33.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Seoul Metropolitan Government (Office of Waterworks)

ที่ตั้ง 27-1 Hap-Dong, Seodaemun-Ku, Seoul, Republic of Korea

Tel. (82-2) 390 7332

Fax. (91-2) 362 3653

Head Jang-Ho Son, Assistant Mayor

ประชากร 10,595,943 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1995)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 1,873,186
- พนักงาน (Staff) 4,332
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$280,500,342
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$334,935,666
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$154.52 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 75.1% internally generated reserves; 14.4% government loan; 10.5% commercial loan

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 4,959,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) ไม่มี
- น้ำบนดิน (Surface Water) 100%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity)6,190,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 1,120,000 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 606 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 6.5 คนต่อมาตรวัดน้ำ 1,628,956
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) 80 คนต่อก๊อกน้ำ ไม่มี

- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) 23
- ประเภทการพาณิชย์ (Commercial) 210,292
- และสถาบันหรือองค์กร (Institution) 5,838
- อื่น ๆ (Other) ไม่มี

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 100%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 24 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 209 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.281 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำก๊อก

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 34%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) 35%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.155 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 0.84
- Accounts Receivable 1.5 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 2.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Karachi Water and Sewerage Board

ที่ตั้ง Annex Building, KDA Civic Center, Gulshan e Iqbal, Karachi, Pakistan

Tel. (91-21) 494 7507

Fax. (91-21) 454 6020

Head Brigadier Mansoor Ahmed, Managing Director

ประชากร 11,648,820 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1996)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 1,032,374
- พนักงาน (Staff) 8,679
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$28,335,608
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$72,805,350
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$51.71 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 74% externally-funded government; 25% national government grant; 1% internally generated reserves

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 1,648,820 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) 2%
- น้ำบนดิน (Surface Water) 98%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity) 945,660 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 481,876 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 500 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 7 คนต่อมาตรวัดน้ำ 830,366
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) 100 คนต่อก๊อกน้ำ 9,950
- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) 5,364
- ประเภทการพาณิชย์ (Commercial) 179,542
- และสถาบันหรือองค์กร (Institution) 2,085
- อื่น ๆ (Other) 5,067

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 70%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 1-4 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 157 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.09 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำต้ม

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 30%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) 40%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.042 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 0.77
- Accounts Receivable 16.8 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 8.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Metropolitan Waterworks and Sewerage System

ที่ตั้ง Katipunan Road, Balara, Quezon City, Metro Manila, Philippines

Tel. (63 2) 920 5521

Fax. (63 2) 921 2887

Head Reynaldo B. Vea, Administration

ประชากร 10,610,000 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1996)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 779,380
- พนักงาน (Staff) 7,628
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$64,351,880
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$143,550,466
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$61.22 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 34% commercial loan; 25% internally generated reserves; 18% local bonds; 19% national government grant/equity; 4% external grant/loans

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 2,800,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) 3 %
- น้ำบนดิน (Surface Water) 97%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity)4,000,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 352,000 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 1,274 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 5.6 คนต่อมาตรวัดน้ำ 719,878
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) 357 คนต่อก๊อกน้ำ 1,698
- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) 7,976
- ประเภทการพาณิชย์ (Commercial) 47,864
- และสถาบันหรือองค์กร (Institution) 1,956
- อื่น ๆ (Other) 8

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 67%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 17 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 202 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.232 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำก๊อก

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 44%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) 58%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.063 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 0.65
- Accounts Receivable 6 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 9.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Public Utilities Board (Water Department)

ที่ตั้ง 111 Somerset Road #15-10 Singapore 238164, Republish of Singapore

Tel. (65) 731-3500

Fax. (65) 235-9550

Head Chan Yoon Kum, Director, Water Department

ประชากร 3,000,000 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1995)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 910,691
- พนักงาน (Staff) 1,865
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$155,331,654
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$259,305,905
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$58.70 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 100% internally generated reserves

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 1,375,156 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) ไม่ระบุ
- น้ำบนดิน (Surface Water) 100%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity)2,143,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 1,240,000 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 640 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 3.9 คนต่อมาตรวัดน้ำ 835,208
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) ไม่ระบุ

- ประเภทอุตสาหกรรม และการพาณิชย์ (Industrial and Commercial) 72,132
- และสถาบันหรือองค์กร (Institution) 3,295
- อื่น ๆ (Other) 56

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 100%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 24 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 183 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.553 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำต้ม

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 6%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) 7%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.309 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 0.6
- Accounts Receivable 1.1 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 2.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Taipei Water Department

ที่ตั้ง 131 Changxing Street, Taipei, China

Tel. (886-2) 735 2141

Fax. (886-2) 735 3185

Head Lin, Wen-Yuan, Commissioner

ประชากร 3,801,153 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1995)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 1,289,180
- พนักงาน (Staff) 1,465
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$146,989,156
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$211,660,508
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$61.67 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 71.0% commercial loan; 18.2% internally generated reserves; 10.8% government loan

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 2,740,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) ไม่ระบุ
- น้ำบนดิน (Surface Water) 100%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity)3,000,000 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 210,000 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 190 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 3.28 คนต่อมาตรวัดน้ำ -
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) -

- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) -
- ประเภทการพาณิชย์ (Commercial) -
- และสถาบันหรือองค์กร (Institution) -
- อื่น ๆ (Other) -
- รวมทั้งสิ้น 1,171,343

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 99%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 24 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 262 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.388 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำต้ม

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 26%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) 37%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.201 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 0.69
- Accounts Receivable 1.7 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 1.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Metropolitan Waterworks Authority

ที่ตั้ง 18/137 Prachachuen Road, Don Muang District, Bangkok 10120, Thailand

Tel. (66 2) 504 0123

Fax. (66 2) 503 9493

Head Ms. Chuanpit Dhammasiri, Governor

ประชากร 7,300,000 คน

ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน (1995)

- ผู้ใช้น้ำ (Connection) 1,241,380
- พนักงาน (Staff) 5,736
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual O&M Cost) US$243,019,661
- การออกบิลประจำปี (Annual Billing) US$274,702,637
- ค่าใช้จ่ายทั่วไปเฉลี่ยประจำปี (Annual Capital Expenditure) US$326.80 ต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย
- แหล่งเงินลงทุน (Source of Investment Funds) 70% internally generated reserves; 30% Commercial loan

ระบบการผลิตน้ำและระบบสูบจ่ายน้ำ (Production/Distribution)

- ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Production) 3,849,863 ลบ.ม. ต่อวัน
- น้ำใต้ดิน (Groundwater) 5 %
- น้ำบนดิน (Surface Water) 95%
- วิธีการผลิตน้ำ (Treatment Type) Conventional
- กำลังการผลิต (Treatment Capacity)3,662,657 ลบ.ม. ต่อวัน
- ความจุ (Storage) 510,000 ลบ.ม.
- พื้นที่การให้บริการ (Service Area) 893 ตร.กม.

การบริการผู้ใช้น้ำ (Service Connection)

- ประเภทที่พักอาศัย (House) 5 คนต่อมาตรวัดน้ำ 917,527
- น้ำใช้สาธารณะ (Public Tap) ไม่ระบุ
- ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial) 157

- ประเภทการพาณิชย์ (Commercial) 315,078
- และสถาบันหรือองค์กร (Institution) 7,579
- อื่น ๆ (Other) 1,039

ตัวบ่งชี้ด้านการบริการ (Service Indicator)

- ระดับการให้บริการ (Service Coverage) 82%
- การมีน้ำใช้ประโยชน์ (Water Availability) 24 ชม.ต่อวัน
- ปริมาณการบริโภคน้ำ (Per Capita Consumption) 265 l/c/d
- อัตราราคาค่าน้ำโดยเฉลี่ย (Average Tariff) US$0.313 ต่อ ลบ.ม.
- น้ำดื่ม (Drinking Water) น้ำต้ม/น้ำกรอง

ตัวบ่งชี้ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Indicator)

- อัตราน้ำสูญเสีย (Unaccounted Water) 38%
- อัตราน้ำที่ไม่เกิดรายได้ (Non-Revenue Water) 38%
- ราคาน้ำผลิตต่อหน่วย (Unit Production Cost) US$0.173 ต่อ ลบ.ม.
- Operating Ratio 0.89
- Accounts Receivable 2 เดือน
- จำนวนพนักงาน/ผู้ใช้น้ำ 1,000 ราย (Staff/1,000 connection) 4.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว อรนุช ธนารัตน์สุทธิกุล เกิดวันที่ 8 สิงหาคม 2520 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตที่สถาบันเทคโนโลยี นานาชาติสิรินธร (Sirindhron International Institute of Technology) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สาขาวิศวอุตสาหการ เมื่อปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิตที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ในปีการศึกษา 2543

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง วิศวกร 3 ที่ การประปานครหลวง ฝ่ายมาตรฐานและแผนที่ กองมาตรฐานวิศวกรรม ส่วนกำหนดมาตรฐาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 จนถึงปัจจุบัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย