สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมา

กิจการประปาในเขตกรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดสมุทรปราการเป็นพื้นที่ความรับผิดชอบของการประปานครหลวง มีพื้นที่อยู่ประมาณ 3080 ตารางกิโลเมตร ได้วางท่อเขตบริการน้ำประปาอยู่ 475 ตารางกิโลเมตร โดยมีภาระหน้าที่

- สำรวจ จัดหาแหล่งน้ำดิบ และจัดให้ได้มาซึ่งน้ำดิบเพื่อใช้ในการประปา
- ผลิต จัดส่ง และจำหน่ายน้ำประปาในเขตท้องที่กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี และ จังหวัดสมุทรปราการ และควบคุมมาตรฐานเกี่ยวกับระบบประปาเอกชนในเขตท้องที่ดังกล่าว
- ดำเนินธุรกิจอื่นที่เกี่ยวเนื่องกันหรือเป็นประโยชน์แก่การประปา

ในปี พ.ศ.2529 การประปานครหลวงสามารถผลิตและส่งน้ำได้ประมาณวันละ 2.49 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยใช้น้ำจาก 2 แหล่ง คือน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล ส่วนใหญ่ใช้น้ำจากผิวดิน ได้ลดการใช้น้ำบาดาลลงจากที่เคยสูบวันละ 4 แสนลูกบาศก์เมตร เหลือวันละ 1 แสนลูกบาศก์เมตร หรือเพียงร้อยละ 7 ของน้ำที่สูบจ่าย ทั้งนี้เพื่อแก้ไขปัญหาวิกฤตการณ์แผ่นดินทรุด โดยผลิตน้ำจากโรงกรองน้ำเพิ่มมากขึ้น โดยที่ต้นทุนการผลิตน้ำประปาจากโรงกรองน้ำสูงกว่าต้นทุนการผลิตน้ำบาดาลกว่าร้อยละ 80

น้ำประปาที่ผลิตจากโรงกรองน้ำในระบบส่วนกลางมี 3 แห่ง คือโรงกรองน้ำบางเขน กำลังผลิตวันละ 1 ล้าน 6 แสนลูกบาศก์เมตร โรงกรองน้ำสามเสน กำลังผลิตน้ำวันละ 6 แสนลูกบาศก์เมตร และโรงกรองน้ำธนบุรี กำลังผลิตน้ำวันละ 1 แสน 9 หมื่นลูกบาศก์เมตร และ จากท่อประธาน ท่อจ่ายน้ำ และท่อบริการ ไปยังบ้านเรือนของผู้ใช้น้ำ โดยมีความยาวท่อในระบบทั้งหมดประมาณ 10409 กิโลเมตร

ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวมทั้งปีประมาณ 800 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี พ.ศ. 2529 คิดเป็นต้นทุนการผลิต 5.631 บาทต่อลูกบาศก์เมตร แต่ปริมาณน้ำขายได้ประมาณ 472 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นน้ำสูญเสียอยู่ประมาณ 328 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดราคาค่าขายน้ำโดยเฉลี่ยลูกบาศก์เมตรละ 6.2 บาท

เนื่องจากมีการขยายระบบการผลิตและจ่ายน้ำในเขตนครหลวงให้ประชาชนได้รับบริการเพิ่มขึ้นอย่างทั่วถึงด้วยแรงดันน้ำที่เหมาะสม รวมทั้งการจัดหาน้ำประปาเพื่อการอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในเวลาที่ใกล้นี้ น้ำสูญเสียในระบบเป็นงานส่วนหนึ่งที่จำเป็นต้องดำเนินการควบคู่ไปด้วย

จากสาเหตุใหญ่ปริมาณการสูญเสียของน้ำประปา คือการสูญเสียจากการรั่วไหลของ

น้ำในระบบท่อประปาที่มีอยู่ 30 % ของการผลิตทั้งหมด ซึ่งนำมาพิจารณาเนื่องจากมีเปอร์เซนต์การสูญเสียของน้ำประปามาก หากดำเนินงานต่างๆทั้งในด้านบำรุงรักษา ปรับปรุง และป้องกันต่างๆแล้วในสถานะการณ์ที่มีงบประมาณจำกัด จะสามารถลดปริมาณการสูญเสียของน้ำประปาได้ผลดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการดำเนินการลดการสูญเสียส่วนอื่นๆ

หากได้จำแนกน้ำประปาที่สูญเสียจากสาเหตุการรั่วไหลของน้ำในระบบท่อประปาตามขนาดของวัสดุ และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำท่อ พบว่าท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized Iron) เป็นท่อที่ติดตั้งใช้งานมาเป็นเวลานานนับหลายสิบปีตั้งแต่สมัยเริ่มก่อตั้งประปาใหม่ๆ มีน้ำรั่วไหลมาก

ถ้าทำการเปลี่ยนท่อเหล็กอาบสังกะสีทั้งหมดจะสามารถลดการรั่วไหลของน้ำจากสาเหตุการรั่วไหลของน้ำในระบบท่อประปาได้ประมาณ 100 กว่าล้านลูกบาศก์เมตรซึ่งเป็นผลประโยชน์กลับคืน สามารถนำน้ำไปขายคืนกลับเป็นรายได้ต่อไป แต่เนื่องจากการเปลี่ยนท่อเหล็กอาบสังกะสีทั้งหมดมีค่าใช้จ่ายสูงจึงเห็นสมควรให้จัดทำแผนงานในการลดน้ำสูญเสียของน้ำประปาจากการรั่วไหลของน้ำในระบบท่อประปาที่เหมาะสม เพื่อประกอบการพิจารณาว่าควรทำการออกแบบอย่างไรจึงจะมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงหรือเปลี่ยนท่อประปาสามารถลดน้ำสูญเสียได้อย่างเป็นระบบและมีต้นทุนในการดำเนินการต่ำที่สุด

1.2 <u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

1. เพื่อศึกษาและวิจัยทำแผนดำเนินงานเป็นแนวทางลดการรั่วไหลของน้ำประปาในเขตความรับผิดชอบของการประปานครหลวง โดยศึกษาถึงการกำหนดรายการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบท่อประปา
2. เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวางแผนในการบำรุงรักษา ปรับปรุง และป้องกัน ต่อไป

1.3 <u>ขอบเขตการวิจัย</u>

1. ทำการวิเคราะห์ระบบท่อจ่ายน้ำตั้งแต่ท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 15-300 มม.
2. ทำการวิเคราะห์การเลือกใช้วัสดุอื่นที่เหมาะสมนำมาใช้ทดแทนท่อเหล็กอาบสังกะสี
3. ทำแผนดำเนินงานของการเปลี่ยนทดแทนท่อเหล็กอาบสังกะสีในพื้นที่ย่อยในแต่ละสาขารวม 10 สาขา

1.4 <u>ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย</u>

1. เป็นประโยชน์ต่อกิจการประปา และเป็นแนวทางที่จะนำไปปรับปรุงระบบท่อประปาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. เป็นประโยชน์ต่อสาธารณะชนในแง่ของการไหลของน้ำมากขึ้นพอแก่ความต้องการที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และความดันที่เหมาะสม
3. ใช้เป็นแนวทางลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนระบบท่อประปาให้ต่ำลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. จะได้รายละเอียดระบบงานของระบบท่อประปาอันจะเป็นประโยชน์ต่อการบริหารโครงการของฝ่ายจัดการทางด้านนี้ต่อไป
5. จะได้แนวทางและวิธีการ ควบคุมโครงการ งบประมาณ ตลอดจนทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์และเสร็จตามวัตถุประสงค์ โดยให้สอดคล้องกับเป้าหมายงานที่วางไว้
6. เป็นการเสนอวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการ Benefit/Cost Analysis ให้รู้จักแพร่หลายมากยิ่งขึ้น

1.5 การสำรวจการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT NATIONAL WATER COUNCIL ได้ทำรายงานเกี่ยวกับนโยบายและการปฏิบัติงานของการควบคุมการรั่วไหลของระบบท่อประปา กล่าวถึงการหานโยบายและการควบคุมการรั่วไหลและหลักการหาแผนการในการดำเนินการแต่ละนโยบาย การคำนวณหาค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่จำเป็นและให้คำแนะนำการผลลัพธ์พร้อมทั้งการดำเนินงานในด้านของสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ในด้านทฤษฎีของการควบคุมการรั่วไหลของระบบท่อประปามีทฤษฎีการควบคุมการรั่วไหลและเทคนิคการป้องกันการรั่วไหลที่ใช้ในประเทศยุโรป คือ

1. การลดการรั่วไหลโดยการควบคุมความดัน
2. การป้องกันการรั่วไหล โดยวิธี
   - Passive leakage control
   - Regular sounding
   - District metering
   - Waste metering
   - Combined district and waste metering
3. การหาตำแหน่งของการรั่วไหล โดยวิธี
   - Valve and hydrant sounding
   - Stop cock sounding
   - Step tests combined with sounding

FUJI TECHNICAL TRAINING CENTER รายงานผลการดำเนินงานในด้านการควบคุมและการสำรวจการรั่วไหลของระบบท่อประปาในประเทศญี่ปุ่น ได้แยกวิธีการสำรวจออกเป็น 3 วิธีการคือ

- Acoustic method
- Measurement method
- Special method (leak noise correlation)

FRANK C.PENTECOST ได้รวบรวมรายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบระบบจ่ายน้ำ กฎเกณฑ์แนวทางต่างๆเกี่ยวกับ

- ขอบเขตการออกแบบระบบการจ่ายน้ำ

- มาตราฐานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ของระบบท่อประปา
- รายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการวางท่อประปา เช่น ขนาดท่อต่างๆ วิธีการต่อท่อ ประตูน้ำขนาดต่างๆ รวมทั้งวิธีการวางตำแหน่งที่ตั้งประตูน้ำ ฯลฯ

MWA STUDIES การประปานครหลวงได้ทำรายงานสาเหตุการเสียหายของท่อ PVC และการศึกษาและกำหนดมาตรฐานการคิดปริมาณน้ำเนื่องจากท่อแตกท่อรั่วโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การคำนวณหาอัตราความเร็วของน้ำที่ควรใช้สำหรับชนิด ขนาดของท่อประปาและแรงดันน้ำที่มีค่าต่างๆกัน ในกรณีที่ท่อขาด รวมทั้งการคำนวณหาอัตราน้ำสูญเสีย ในกรณีที่ท่อขาดน้ำไหลจากปลายท่อข้างเดียว และทั้งสองข้าง ใช้สูตร Hazen & Williams ตามสูตร

$$V = 0.35464\ C.D^{0.63}.I^{0.54}$$

$$Q = V.A$$

เมื่อ V คือ อัตราความเร็วของน้ำ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

C มีค่าดังนี้ ;- ท่อใหม่มาก C = 140
ท่อใหม่ C = 130
ท่อกลางเก่ากลางใหม่ C = 120
ท่อเก่า C = 100
ท่อเก่ามาก C = 80

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อประปา มีหน่วยเป็น เมตร

I คือ ค่าการสูญเสียแรงดันน้ำ มีหน่วยเป็น เมตรต่อกิโลเมตร

โดยจะได้ผลการคำนวณหาอัตราความเร็วของน้ำในขนาดท่อ ตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 มม.(1/2 นิ้ว) ถึง 4000 มม.

2. พิจารณาหาค่า Cd (ค่าสัมประสิทธิของการไหล)ที่ควรใช้สำหรับแรงดันน้ำต่างๆกันในกรณีที่ท่อทะลุ

3. คำนวณหาอัตราน้ำสูญเสียในกรณีท่อรั่วที่ข้อต่อหรือหักโดยรอบท่อ

4. คำนวณหาอัตราน้ำสูญเสียในกรณีท่อรั่วใต้เหล็กรัดท่อ

5. พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างสูตรต่างๆเพื่อให้ได้ผลการคำนวณที่ใกล้เคียงข้อเท็จจริง

6. คำนวณหา head loss ต่อความยาวท่อ 1 กิโลเมตรของท่อชนิดและขนาดต่างๆ โดยสมมุติว่าท่อวางเห็นแนวเส้นตรงและไม่มีจุดตัดบรรจบทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการวางท่อ การควบคุมแรงดันน้ำ และการสำรวจหาท่อรั่ว

LINAWEAVER & CLARK ได้วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของต้นทุนของท่อจากการใช้งานต่างๆกัน เช่น ท่อน้ำมัน ท่อแก๊ส และท่อน้ำ สามารถรายงานออกเป็นค่าใช้จ่ายต่อความยาวเป็นฟุตได้ดังนี้

$$C_{pipe} = 0.358\ d^{1.29}$$

โดยที่ $C_{pipe}$ คือ ต้นทุนของท่อที่มีขนาด d ต่อความยาว 1 ฟุต

d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (นิ้ว)

ต้นทุนของท่อแสดงได้จากสมการนี้ ซึ่งสามารถแสดงเป็นจำนวนเงินจะมีต้นทุนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของท่อและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

THOMAS M. WALSKI AND ANTHONY PELLICCIA จัดทำทฤษฎีง่ายๆสำหรับการหาท่อประปาที่จำเป็นต่อการเปลี่ยนท่อบนพื้นฐานของประวัติการบันทึกการแตกของท่อประปาโดยเตรียมตารางสำหรับคุณลักษณะของระบบ และรายงานผลสรุปของการแตกของท่อประปาที่เกิดขึ้น เช่นการแตกเนื่องจากอากาศเย็นจัดในระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนหรือการแตกเนื่องจากท่ออยู่ในพื้นที่ที่มีการจราจรแออัด ได้ทำการศึกษาระบบจ่ายน้ำของเมือง Binghamton, N.Y., ซึ่งมีอายุมากกว่า 100 ปี และมีประสบการณ์เกี่ยวกับการเสียหายของท่อในแต่ละปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- หาท่อใดควรเปลี่ยนหรือซ่อมแซม
- คาดการณ์ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อ
- คาดการณ์ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม

หากต้องซ่อมแซมท่อประปาจำเป็นต้องปิดระบบบางส่วนและทำการซ่อมแซมดังกล่าว จำนวนเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมจะขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัยรวมทั้งขนาดของท่อด้วย สามารถหาได้จากสูตร

$$Time = 6.5\ Diameter^{.0285}$$

โดย Time มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

diameter มีหน่วยเป็น นิ้ว

ส่วนอัตราการแตกของท่อประปาจะเป็นฟังค์ชั่นของเวลาสามารถอธิบายด้วยสมการเส้นตรงหรือสมการ exponential ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมแต่ละประเทศ คือ

$$N[t] = N[t_o]\ e^{A[t - t_o]}$$

และ

$$N[t] = N[t_o] + A[t - t_o]$$

โดย N เป็น จำนวนของท่อประปาที่แตกในปีที่ t (จำนวนท่อแตก/ความยาว/เวลา)

$t_o$ เป็น ปีที่ทำการติดตั้ง (เวลา)

A เป็น อัตราคงที่ของการแตก (จำนวนท่อแตก/ความยาว/เวลา$^2$)

t เป็น ปีปัจจุบัน (เวลา)

และค่าอายุของท่อที่ทำการเปลี่ยนเหมาะสมที่สุดได้จากสูตร

$$t^* - k = \ln[L.C_p.5280.\ln(1+R)/C_b.a.c_1.c_2]/b$$

โดย a เป็น สัมประสิทธิของการถดถอย (regression coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.02577 สำหรับ

ท่อ pit cast iron, 0.0627 สำหรับ ท่อ sand span cast iron (จำนวนท่อที่แตก/ปี/ไมล์)

b เป็น สัมประสิทธิของการถอดถอย มีค่า 0.0207 สำหรับท่อ pit cast iron, 0.0137 สำหรับ ท่อ sand spun cast iron (ปี/ไมล์)

$c_1$ เป็น ตัวประกอบที่เลือกสำหรับชนิดของการแตก

$c_2$ เป็น ตัวประกอบสำหรับท่อ pit cast iron ใหญ่

$C_b$ เป็น ค่าใช้จ่ายของการแตกของท่อ

$C_r$ เป็น ค่าใช้จ่ายของการเปลี่ยนท่อ

k เป็น ปีของการติดตั้งท่อ

L เป็น อัตราส่วนของท่อที่ทำการเปลี่ยนกับความยาวท่อทั้งหมด

R เป็น interest rate

$t^*$ เป็น ปีที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนท่อ

การตัดสินใจในการเปลี่ยนท่อจะมีผลลัพธ์แตกต่างมากเมื่อค่าของ L และ b ได้เปลี่ยนแปลงไป

ELLEN E.MOYER, JAMES W.MALE, I.CHRISTINA MOORE AND JOHN G.HOCK ได้ศึกษากรณีเกี่ยวกับเศรษฐศาสตร์การป้องกันการรั่วไหล และการซ่อมแซมท่อ (LD & R) ของ Westchester Joint Water Works ใน Mamatoneck, N.Y. ซึ่งจ่ายน้ำให้กับผู้ใช้น้ำ 50000 ราย มีการวางท่อชนิด primarily tar-lined cast iron ที่มีอายุระหว่าง 10 - 80 ปี มีความยาว 348 กิโลเมตร , หัวดับเพลิง 1334 หัว, และสถานีสูบจ่ายน้ำ 2 สถานี สามารถจ่ายน้ำได้วันละ 37.8 ล้านลิตร โดยแหล่งน้ำส่วนใหญ่ได้จากใต้ดินทำให้ค่าใช้จ่ายของปั๊มน้ำ และ การกรองน้ำต่ำ ได้ทำการวิเคราะห์ชนิดของการรั่วไหลของท่อ รวมทั้งการวิธีการของ sonic leak detection สามารถหาขนาดของท่อรั่วและตำแหน่งได้อย่างแม่นยำ

CDM-MEC ได้ศึกษาและสำรวจปริมาณน้ำสูญเสียโดยการสำรวจในสนามเกี่ยวกับ

- แหล่งน้ำดิบที่ได้จากใต้ดิน สถานีสูบจ่าย และโรงกรองน้ำ
- น้ำที่นำมาใช้และสูญเสียจากพื้นที่ย่อย 5 พื้นที่ของระบบการจ่ายน้ำ
- การสูญเสียจากมาตรโดยการสุ่มจากผู้ใช้น้ำ 338 ราย และการลักใช้น้ำจาก 1014 ราย
- การลักใช้น้ำของผู้ใช้น้ำรายใหญ่ 105 ราย จากการสำรวจ 1200 ราย
- การสึกกร่อนของท่อโลหะทั้งภายในและภายนอก
- ธรรมชาติและสาเหตุของการเสียหายของท่อ บนพื้นฐานของรายงานการซ่อมแซมท่อที่รั่ว 168 ครั้ง สำหรับท่อประธานและท่อจ่ายน้ำ และรายงาน

1248 ครั้งสำหรับท่อบริการและท่อเข้าบ้าน

- ผัสดุคงคลังของท่อประปาที่วางไว้บริการสำหรับท่อบริการและท่อเข้าบ้าน ได้จากการคาดการณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ระหว่างการศึกษาการสุ่มผู้ใช้น้ำ

CDM ทำการสำรวจการรั่วไหลของระบบท่อประปาเป็นเวลา 18 เดือน ในระหว่าง พ.ศ. 2511 - 2512 โดยใช้ Pitometer Associats เพื่อที่นำมาใช้กับการศึกษาอัตราการไหลของการรั่วของระบบท่อ โดยคาดการณ์จากการรั่วของท่อบริการ 558 ครั้ง จากท่อจ่าย 360 ครั้ง และการรั่วจากหัวดับเพลิง 23 ครั้ง ซึ่งพบการรั่วระหว่างการสำรวจ

NIHON SUIDO ได้ปรับปรุงแผนงานหลักของปี พ.ศ. 2513 โดยบันทึกความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนท่อรวมทั้งการทดสอบท่อซีเมนต์ใยหินที่ซีเมนต์ได้หลุดออกจากท่อโดยการสึกกร่อนของสภาพ clay soils และโดยน้ำที่มี low-alkalinity

MWA เป็นโครงการเปลี่ยนท่อของการประปานครหลวง ได้ปรับปรุงระบบจ่ายน้ำโดยเน้นหนักระบบท่อที่อยู่ใกล้กับสถานีสูบจ่ายน้ำซึ่งมีความดันสูง และได้ทำ

- การเปลี่ยนท่อข้ามคลอง 20 ท่อ
- ทำการเคลือบท่อด้วย Polyethylene ยาว 8.64 กิโลเมตร สำหรับท่อประธานขนาด 400 - 800 มม.
- การเปลี่ยนท่อบริการและท่อเข้าบ้านยาว 937 กิโลเมตร โดยเน้นการใช้ท่อ PVC ที่มี solvent cement joint
- ปรับปรุงท่อเข้าบ้านของผู้ใช้น้ำ 100000 ราย โดยเน้นที่การย้ายตำแหน่งของมาตรวัดน้ำ
- จัดซื้ออุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการซ่อมท่อ

การประปานครหลวงใช้เงินลงทุนถึง 800 ล้านบาทในการปรับปรุง โครงการนี้ไม่มีรายละเอียดเกี่ยวกับการบันทึกของตำแหน่ง จำนวน และชนิดของท่อที่เปลี่ยนทดแทน อย่างไรก็ตามสามารถนำมาใช้ในการอธิบายถึงพื้นที่ที่มีการซ่อมแซมท่อ PVC มาก

JICA ได้ทำรายงานสรุปการป้องกันการรั่วของท่อพร้อมทั้งชี้แจงจำนวนของการแตกของท่อและชนิดของการซ่อมแซมรอยรั่วของท่อที่ทำในปี พ.ศ. 2528

SHOUVANAVIRAKUU ได้ศึกษาอิทธิพลที่มีต่อการใช้น้ำขึ้นอยู่กับเหตุผลเหล่านี้คือ

- ฤดูกาลของแต่ละปี
- ความสามารถในการจ่ายน้ำส่งไปยังผู้ใช้น้ำ
- การคิดราคาค่าน้ำ

TECHNICAL WORKING GROUP ON WASTE OF WATER ได้เสนอวิธีการคำนวณค่าผัดผ่อนเงินลงทุน หากสามารถลดน้ำสูญเสียมากขึ้นทำให้โครงการต่างๆที่จำเป็นต้องลงทุนปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมในขบวนการผลิตและจ่ายน้ำ สามารถร่นระยะเวลาลงทุนออกไปได้อีก โดยน้ำสูญ

เสียสามารถนำกลับมาให้บริการแก่ผู้ใช้น้ำได้อีกจำนวนหนึ่ง ซึ่งทำให้ไม่จำเป็นต้องขยายกำลังผลิตและจ่ายน้ำในช่วงเวลาขณะนั้นหรือเลื่อนระยะเวลาออกไป ทำให้สามารถคิดคำนวณผลประโยชน์จากการประหยัดน้ำในสภาวะที่ความต้องการน้ำเท่ากับความสามารถในการผลิตน้ำ โดยรวมค่าผัดผ่อนเงินลงทุนกับค่าต้นทุนการผลิตน้ำเท่ากับ 0.54 บาท/ลบ.ม จะได้ดังสมการ

ค่าผัดผ่อนเงินลงทุน/หน่วยปริมาณน้ำ = $TDCC \times r^2 / (1 + r) \times 365 \times d$

โดย TDCC คือ ผลรวมของค่า discounted capital cost

r คือ discount rate

d คือ จำนวนที่เพิ่มของความต้องการใช้น้ำในปีนั้น (ลบ.ม/วัน)

สำหรับการประปานครหลวงใช้ค่าคาดการณ์จากโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักระยะที่ 3(Third Bangkok Water Supply Project) ที่ใช้เงินลงทุนทั้งหมด 8910 ล้านบาท จากตารางการจ่ายเงินลงทุนใช้ในช่วงกลางปีงบประมาณ 2529 และต่อไปอีก 3 ปี และมีค่าใช้จ่ายดำเนินการในปี พ.ศ. 2533

ค่า capital cost จะปรับโดยใช้ค่า "multiplier" ของความต้องการใช้น้ำและความสามารถการผลิตน้ำ โดยค่า demand multiplier มีค่าเท่ากับ 1 หรือน้อยกว่า ถ้าหากลงทุนเต็มโครงการโดยมีความสอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำจะมีค่าเป็น 1 และ capacity multiplier จะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่โครงการสอดคล้องกับการขยายของจำนวนความต้องการใช้น้ำ

จากค่า capacity multiplier หาได้โดยกำหนดค่า discount rate เป็น 10 % โดยกำหนดโครงการจะสอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำสำหรับ 3 ถึง 4 ปี โดยพื้นฐานของการเพิ่มความสามารถการผลิต 500,000 ลบ.ม/วัน เปรียบเทียบกับการเพิ่มความต้องการใช้น้ำต่อปี 150,000 ลบ.ม/วัน

จะได้ค่า

TDCC = 24,603 ล้านบาท

r = 0.1

d = 150,000

ค่าผัดผ่อนเงินลงทุน = $24,603 \times 10^6 \times (0.1)^2 / 1.1 \times 365 \times 150,000$

= 4.06 บาท/ลบ.ม

ดังนั้น ผลประโยชน์ที่ได้เมื่อลดน้ำสูญเสียในสภาวะที่ความต้องการน้ำเท่ากับการผลิตน้ำ

= 4.06 + 0.54

= 4.6 บาท/ลบ.ม

CDM ได้สร้างรูปแบบของ WAT model โดยสมการสำหรับการหาปริมาณน้ำรั่วไหลอยู่ในรูปของค่าความดัน และ flow exponent (b) ดังนี้.-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$L = 2\pi R_o^2 c (H_o^{b+2} / {}^{\circ}H^2) I$$

โดย $I = J - x^{(b+1)} (1/(b+1) - x/(b+2))$

$J = (1/(b+1) - (1/(b+2))$

$x = (H_o - {}^{\circ}H)/H_o$

ค่า $L$ คือ ปริมาณน้ำรั่วไหล

$R_o$ คือ รัศมีของรูรั่ว

$c$ คือ ค่าคงที่สำหรับการรั่วไหล

$b$ คือ flow exponent

$H_o$ คือ ความดันที่ออกจากพื้นที่บล็อก

$^{\circ}H$ คือ ผลต่างระหว่างความดันเข้ากับความดันออกจากพื้นที่วัด

<u>ชเนศ ดาวาสุวรรณ</u> ได้ทำการศึกษาการลงทุนสำหรับการประปาขนาดกลางในประเทศไทย การศึกษานี้มุ่งที่จะสร้างข้อมูลและสาระสำคัญต่างๆเพื่อประโยชน์ในการหาขนาดของการลงทุนน้อยที่สุด และผลตอบแทนสำหรับกิจการประปาในชุมชนต่างจังหวัดและชนบทในประเทศไทย

ขนาดของการลงทุนที่น้อยที่สุด เกิดจากการเลือกกำลังผลิตของโรงงานผลิตน้ำให้มีขนาดพอเหมาะที่สุด ขนาดของกำลังผลิตนั้นสามารถกำหนดได้จากปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมดของประชาชน

ผลตอบแทนของการลงทุนได้จากการสำรวจสร้างตารางกำหนดอัตราค่าน้ำที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่า เพื่อให้เพียงพอแก่รายจ่ายตามมูลฐานอัตถประโยชน์ อัตราค่าน้ำต้องตั้งตามต้นทุนถัวเฉลี่ย ไม่ใช่ตั้งตามต้นทุนส่วนเพิ่มอัตราค่าน้ำสมมุติที่สร้างขึ้น โดยข้อมูลที่เก็บเป็นแบบคงที่และแบบเพิ่มทีละครั้งไว้ในผลของการศึกษานี้ด้วย

<u>คณะกรรมการปฏิบัติการกิจการวิจัยเกี่ยวกับกรุงเทพมหานคร</u> ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปาในเขตกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2526 เพื่อศึกษาความต้องการน้ำประปาของประชาชนในกรุงเทพฯ อีก 20 ปี ข้างหน้า และศึกษาแหล่งน้ำดิบที่จะนำมาใช้ในการทำน้ำประปาในอนาคต

จากผลการศึกษาพบว่า ในอนาคตอีก 20 ปีข้างหน้า กรุงเทพฯต้องการน้ำประปาประมาณ 3.48 ล้าน ลบ.ม/วัน ซึ่งคิดเป็นน้ำดิบประมาณ 3.48 ล้าน ลบ.ม ซึ่งน้ำประปาจำนวนนี้มาจากการประปานครหลวงที่ให้บริการคิดเป็นปริมาณน้ำดิบสำหรับกรุงเทพฯประมาณ 44.40 ลบ.ม/วินาที

ดังนั้นการประปานครหลวงต้องการน้ำดิบเพื่อบริการในเขตรับผิดชอบ 3 จังหวัดประมาณ 55 - 60 ลบ.ม/วินาที อาจถึง 70 ลบ.ม/วินาที ซึ่งปริมาณน้ำจำนวนนี้ได้มาจากแม่น้ำ 2 สาย คือ

- แม่น้ำเจ้าพระยาในอัตรา 30 ลบ.ม/วินาที

- แม่น้ำแม่กลองในอัตรา 76 ลบ.ม/วินาที

ปริมาณน้ำจำนวนนี้คาดว่าเพียงพอแก่ความต้องการของประชาชนในอนาคตอย่างแน่นอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย