

การวิเคราะห์ต้นทุนแฝงของโครงข่ายท่อประปาที่มีแรงดันต่ำ

Evaluating the Hidden Costs in Low-Pressure Water Distribution Networks

พิรพัฒน์ รักเสรี อติชัย พรพรหมินทร์ และ จิรเมธ ช้างคล่อม*

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

*Corresponding author; E-mail address: jiramate.ch@ku.th

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดการแรงดันในระบบโครงข่ายท่อประปาของ กปน. เป็นปัญหาที่มีมานาน โดยผู้ใช้บริการน้ำประปาต้องเผชิญกับแรงดันน้ำต่ำ บางช่วงเวลา ทำให้จำเป็นต้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำด้วยตนเอง ก่อให้เกิดภาระค่าไฟฟ้าและต้นทุนแฝงที่ผลกระทบไปสู่ผู้ใช้บริการโดยตรง อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำประปาอีกด้วย โดยการศึกษาได้บูรณาการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ต้นทุนแฝงจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำของผู้ใช้บริการ พบว่า มีค่าไฟฟ้างรวมประมาณ 2.32 ล้านบาทต่อปี และต้นทุนค่าติดตั้งระบบเครื่องสูบน้ำ ค่าถังเก็บน้ำ และค่าซ่อมบำรุงรักษา มีมูลค่ารวมกันสูงถึง 43.95 ล้านบาท ขณะที่หาก กปน. ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันที่ทางเข้าพื้นที่ศึกษา เพื่อรักษาแรงดันน้ำให้เพียงพอกับความต้องการจะเกิดค่าใช้จ่ายประมาณ 1.80 ล้านบาทต่อปี ซึ่งต่ำกว่าการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ รายครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญ และจากผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าชี้ว่า หาก กปน. ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน จะมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 13.29 และมูลค่าปัจจุบันสุทธิประมาณ 66.04 ล้านบาท โดยไม่เพิ่มภาระค่าไฟฟ้าแก่ผู้ใช้บริการ สะท้อนถึงความคุ้มค่า ทางเศรษฐศาสตร์ในการลดต้นทุนพลังงานและการแก้ไขปัญหาแรงดันน้ำ รวมทั้งช่วยยกระดับคุณภาพน้ำประปา แต่ทั้งนี้การติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันเป็นเพียงการแก้ไขปัญหาที่ปลายเหตุ การปรับปรุงระบบโครงข่ายท่อประปาและเพิ่มแรงดันน้ำให้สูงขึ้นจะเป็นแนวทางที่ยั่งยืนกว่าในการรองรับความต้องการในปัจจุบัน

คำสำคัญ: เครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน, การวิเคราะห์ความคุ้มค่า, แรงดันน้ำต่ำ, ต้นทุนแฝง, โครงข่ายน้ำประปา

Abstract

Water pressure management in the Metropolitan Waterworks Authority (MWA) water distribution networks has long been a persistent issue. Consumers often encounter low water pressure at certain times, necessitating the installation of water pumps and storage tanks at their own expense. This situation not only increases electricity costs and hidden expenses but also shifts the financial burden onto consumers. Moreover, it can adversely

affect the overall quality of the water supply. By integrating geographic information system (GIS) data from multiple agencies, the study analysis of the hidden costs associated with users' installation of pumping systems revealed that the total electricity cost amounts to approximately 2.32 million baht per year, while the combined cost of installing the pumping system, water storage tanks, and maintenance reaches as high as 43.95 million baht. In contrast, if MWA installs a booster pump at the entrance of the service area to maintain an adequate average water pressure, the annual cost is 1.80 million Baht, which is significantly lower than individual household pump installations. A cost-effectiveness analysis further showed that if MWA invests in the booster pump, a benefit-cost ratio of 13.29, while the net present value (NPV) would stand at 66.04 million Baht, without imposing additional electricity costs on consumers. These findings highlight the economic viability of reducing energy costs, addressing low-pressure problems, and improving water quality. Nonetheless, booster pumps address only the symptoms of the underlying issue. Upgrading the water distribution networks and increasing baseline water pressure represent more sustainable long-term strategies to accommodate growing demand.

Keywords: Booster pump, Cost-effectiveness assessment, Insufficient water pressure, Hidden costs, Water Distribution Networks

1. คำนำ

การดำเนินการของการประปานครหลวง (กปน.) ที่ผ่านมามีพบว่าการให้บริการของประปายังคงประสบปัญหาในด้านของปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ ปัญหาด้านคุณภาพของน้ำประปาและความเชื่อมั่นในการบริโภคน้ำประปา ปัญหาน้ำสูญเสียที่ค่อนข้างสูง และปัญหาด้านแรงดันน้ำต่ำที่ปลายเส้นท่อ ทั้งนี้จากปัญหาหลาย ๆ อย่างที่กล่าวมานั้น ปัญหาด้านแรงดันน้ำต่ำเป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำมากที่สุด [1]

การประปานครหลวงได้บริหารจัดการน้ำสูญเสียและแรงดันน้ำโดยใช้การแบ่งพื้นที่ย่อยตามจำนวนผู้ใช้น้ำและสภาพภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่ เรียกว่า District Metering Area หรือเรียกโดยย่อว่า DMA และในแต่ละ DMA

จะติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำเข้า - ออก แรงดันน้ำ ซึ่งจะทำให้ทราบอัตราการไหลตลอดจนแรงดันน้ำในแต่ละพื้นที่ ช่วยให้การสำรวจแรงดันน้ำที่ลดลงผิดปกติและช่วยให้การซ่อมแซมท่อแตกรั่วมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กปน. กำหนดเป้าหมายเพื่อยกระดับระบบการจ่ายน้ำประปาที่มีประสิทธิภาพและกำหนดตัวชี้วัดแรงดันน้ำที่จุดทางเข้า DMA ในปี 2568 เฉลี่ยประมาณ 4.50 เมตร [2] โดยแรงดันน้ำในท่อจ่ายที่จุดทางเข้า DMA ที่เชื่อมต่อกับท่อบริการไปยังที่พักอาศัยหรือจุดผู้ใช้น้ำจะลดลงไปตามระยะทางการไหลของน้ำจากการสูญเสียพลังงานในเส้นท่อ ส่งผลให้เกิดปัญหาแรงดันน้ำต่ำเนื่องจากไม่สามารถให้บริการได้เมื่อต้องใช้งานในที่พักอาศัยที่มีความสูงเกินกว่าแรงดันน้ำที่ กปน. ให้บริการ จึงทำให้ผู้ใช้น้ำได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก ผู้ใช้น้ำส่วนใหญ่จึงนิยมติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อช่วยเพิ่มแรงดันน้ำให้สูงขึ้นให้เพียงพอความต้องการใช้น้ำด้วยตัวเอง ซึ่งการติดตั้งเครื่องสูบน้ำของผู้ใช้น้ำก็เป็นวิธีการแก้ปัญหาวิธีการหนึ่งที่เกิดค่าใช้จ่ายแฝงต่อผู้ใช้น้ำ โดยหากพิจารณามาตรฐานแรงดันน้ำขั้นต่ำในระบบจำหน่ายน้ำประปาในหลาย ๆ ประเทศจากงานวิจัยของ V. Ghorbanian, B.W. Karney and Y. Guo (2558) [3] และ L. Strijdom, V. Speight and H.E. Jacobs (2560) [4] พบว่า ในหลาย ๆ ประเทศ มีแรงดันขั้นต่ำที่สูงกว่า 10 เมตร ซึ่งสูงกว่าตัวชี้วัดแรงดันที่ กปน. กำหนดไว้ ดังนั้น กปน. จึงควรปรับปรุงการให้บริการให้เพียงพอความต้องการของผู้ใช้น้ำ ทั้งนี้การแก้ปัญหาแรงดันน้ำต่ำของผู้ใช้น้ำ โดยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเองก่อให้เกิดภาระค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากค่าไฟฟ้า ค่าเครื่องสูบน้ำ ค่าถังเก็บน้ำ และค่าบำรุงรักษาต่าง ๆ อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่ผู้ใช้น้ำต้องแบกรับเองจากปัญหาแรงดันน้ำอีกด้วย นอกจากนี้การพักน้ำไว้ในถังเก็บน้ำก็ยังมีผลโดยตรงกับอายุของสารละลายคลอรีนในน้ำประปาซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำประปาอีกด้วย จากปัญหาที่กล่าวมานั้นแรงดันน้ำต่ำจึงส่งผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจและสังคมที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่อยู่อาศัยเนื่องจากจำนวนผู้ใช้น้ำมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องในพื้นที่ขยายขอบเขตการให้บริการ และโครงการอสังหาริมทรัพย์ที่เพิ่มขึ้นหลายโครงการทำให้มีประชากรพักอาศัยเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงเสนอให้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันเพื่อเพิ่มแรงดันในพื้นที่แรงดันต่ำและบรรเทาปัญหาในปัจจุบัน

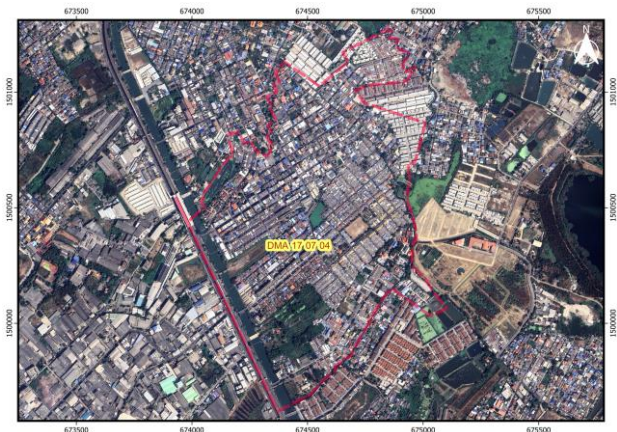
ดังนั้นจึงนำไปสู่การวิเคราะห์ต้นทุนแฝงของโครงข่ายท่อประปาที่มีแรงดันต่ำ โดยการสำรวจข้อมูลการใช้ประปาของผู้ใช้น้ำจริงในพื้นที่ศึกษา เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกรณีปัญหาโดยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันที่ทางเข้าพื้นที่ DMA โดยใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโครงข่ายท่อประปา EPANET และนำมาวิเคราะห์แรงดันในระบบโครงข่ายท่อประปา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ในการลดต้นทุนพลังงานและการแก้ไขปัญหาแรงดันน้ำต่ำ รวมทั้งช่วยยกระดับคุณภาพน้ำประปา และเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนดำเนินงานในระบบจำหน่ายน้ำประปาของ กปน. ต่อไป

2. พื้นที่ศึกษา

จังหวัดสมุทรปราการเป็นจังหวัดที่มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และมีโครงการอสังหาริมทรัพย์ เช่น หมู่บ้านจัดสรร อาคารพาณิชย์ เกิดขึ้นใหม่

จำนวนมาก ดังนั้นควรมีการปรับปรุงระบบสาธารณูปโภคให้รองรับและเพียงพอความต้องการในอนาคต โดยการประสานครหลวง สาขาสมุทรปราการ ให้บริการในพื้นที่แบ่งออกเป็น 11 โซน (Zone) แบ่งพื้นที่ DMA ออกเป็น 70 พื้นที่ ผู้ใช้บริการน้ำประปาของการประปาครหลวง สาขาสมุทรปราการ 205,537 ราย และมีอาคารรวมทั้งหมด 319,897 หลัง

พื้นที่ DMA 170704 เป็น 1 ใน 70 พื้นที่ย่อยและเป็นพื้นที่ที่กำลังเจริญเติบโตรวมถึงมีการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้า คือ สถานีเคหะฯ ที่อาจส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของพื้นที่ทั้งด้านเศรษฐกิจ ด้านประชากร ด้านสังคม และด้านอสังหาริมทรัพย์อย่างมาก ดังนั้นจึงนำพื้นที่ DMA 170704 มาเป็นกรณีศึกษา ซึ่งมีพื้นที่รวมประมาณ 622 ไร่ ผู้ใช้บริการน้ำประปาของการประปาครหลวง สาขาสมุทรปราการ จำนวน 4,604 หลังคาเรือนระบบโครงข่ายท่อประปาในพื้นที่ของท่อประธานมีลักษณะเป็นแนวเส้น (Linear System Pattern) ตามถนนสายหลัก และท่อจ่ายมีลักษณะเป็นตาราง (Grid System Pattern) ตามถนนสายย่อยในพื้นที่ศึกษา ซึ่งส่งผลให้มีการกระจายแรงดันได้ทั่วถึงทั้งพื้นที่ DMA 170704



รูปที่ 1 พื้นที่เฝ้าระวัง (DMA) 170704 ของการประปาครหลวง สมุทรปราการ

3. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวเคราะห์ต้นทุนแฝงของโครงข่ายท่อประปาที่มีแรงดันต่ำแบ่งขั้นตอนและวิธีการศึกษา ดังนี้

3.1 เก็บแบบสอบถามผู้ใช้น้ำประปาในพื้นที่ศึกษา

3.1.1 กำหนดขนาดตัวอย่างที่จะเก็บรวบรวมข้อมูล

จัดทำแบบสอบถามข้อมูลการใช้เครื่องสูบน้ำ โดยการกำหนดตัวอย่างด้วยวิธีการของ Taro Yamane (1973) [5] ดังสมการ (1)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

โดย n คือ จำนวนของขนาดตัวอย่าง, N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด และ e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง

3.1.2 รวบรวมและสรุปข้อมูลจากแบบสอบถาม

สำรวจข้อมูลแบบสอบถามจำนวนผู้ใช้เครื่องสูบน้ำในพื้นที่ศึกษา ร้อยละความพึงพอใจต่อการให้บริการของการประปานครหลวง ร้อยละของการติดตั้งเครื่องสูบน้ำแยกประเภทตามอาคาร และรวบรวมแบบสอบถามความเห็นการปรับปรุงค่าน้ำในกรณีที่หากมีการปรับปรุงระบบประปาให้แรงดันเหมาะสมและการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาสามารถบริโภคได้

3.1.3 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายแฝงที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูลสำรวจ

วิเคราะห์ค่าเครื่องสูบน้ำ ค่าถังเก็บน้ำ ค่าบำรุงรักษา และค่าไฟฟ้า ซึ่งเป็นต้นทุนแฝงที่เกิดขึ้นของโครงข่ายท่อประปาที่มีแรงดันต่ำ จากการสำรวจข้อมูลจากแบบสอบถามประเภทและลักษณะเครื่องสูบน้ำที่ใช้แต่ละบ้าน ขนาดแรงม้าของเครื่องสูบน้ำ ขนาดความจุถังเก็บน้ำ ลักษณะของอาคาร การประกอบกิจการ และปริมาณการใช้น้ำรายเดือนของผู้ใช้น้ำ เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากเครื่องสูบน้ำ ถังเก็บน้ำ ค่าบำรุงรักษา และวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำของแต่ละหลังคาเรือน จากสมการกำลังเครื่องสูบน้ำ (2)

$$P = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{\eta \cdot 1000} \quad (2)$$

โดย P คือ กำลังของเครื่องสูบน้ำ

Q คือ อัตราการไหล

H คือ ระดับความสูงรวมที่เครื่องสูบน้ำต้องส่งน้ำ

γ คือ น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

η คือ ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

และสมมติฐานให้ความสูงอาคารตามค่าความสูงแนะนำของกรมโยธาธิการและผังเมืองของอาคารพักอาศัย เท่ากับ 3.00 เมตรต่อชั้น [6] โดยกำหนดให้ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ เท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ [7] และอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง [8]

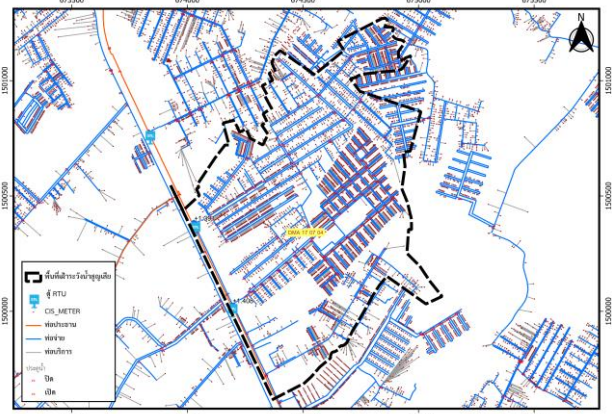
3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ดังนี้

3.2.1 รวบรวมข้อมูลของระบบโครงข่ายท่อประปาในพื้นที่ศึกษา

รวบรวมข้อมูลของผู้ใช้น้ำ ขนาดของเส้นท่อ ความยาวของเส้นท่อ ข้อมูลประเภทของท่อ ชนิดของท่อ ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำรายชั่วโมงที่จุดตรวจวัด ตำแหน่งระดับท่อ ตำแหน่งของวาล์ว ข้อมูลการเปิด - ปิดวาล์ว ข้อมูลการแบ่งพื้นที่ Zone และพื้นที่เผื่อสำรอง (DMA) ดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อนำไปสร้างระบบโครงข่ายท่อประปาในแบบจำลอง EPANET ต่อไป

3.2.2 รวบรวมข้อมูลของอาคารในพื้นที่ศึกษา

รวบรวมข้อมูลของอาคาร ประเภทอาคาร ความสูงอาคาร จำนวนชั้นอาคาร จำนวนผู้พักอาศัย และการใช้ประโยชน์อาคาร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แยกประเภทของผู้ใช้น้ำตามลักษณะการประกอบกิจการของผู้ใช้น้ำ รวมทั้งนำไปแยกประเภทของอาคารตามจำนวนของชั้นอาคาร



รูปที่ 2 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ของระบบโครงข่ายท่อประปาในพื้นที่ DMA 170704

3.3 การจำลองระบบโครงข่ายท่อประปาในพื้นที่ศึกษา

3.3.1 ศึกษาการจำลองระบบโครงข่ายระบบท่อประปาด้วยแบบจำลอง EPANET

การจำลองระบบโครงข่ายท่อประปาในแบบจำลอง EPANET เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ช่วยตัดสินใจการบริหารจัดการระบบโครงข่ายท่อประปา ซึ่งแบบจำลอง EPANET ได้รับการพัฒนาโดย Environmental Protection Agency (EPA) และเป็นแบบจำลองที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย เนื่องจากไม่มีค่าลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์และมีความแม่นยำ [9] ดังนั้นจึงได้นำแบบจำลอง EPANET มาใช้ในจำลองระบบประปาในพื้นที่ศึกษาและการวิเคราะห์หาเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา

3.3.2 จำลองระบบโครงข่ายท่อประปาของพื้นที่ DMA 170704

สร้างจุดผู้ใช้น้ำ (Junction) และกำหนดจุดวัดค่าอัตราการไหลเข้า - ออกของ DMA 170704 พร้อมทั้งกำหนดข้อมูลอัตราการไหล ข้อมูลแรงดันที่ได้จากการตรวจวัด และค่าระดับจุดตรวจวัดแรงดัน

สร้างเส้นท่อ (Pipe) โดยกำหนดค่าขนาดเส้นท่อ ความยาวของเส้นท่อและค่าความขรุขระของผนังท่อ (Roughness) ทั้งนี้งานวิจัยนี้ใช้ค่าความขรุขระของผนังท่อตามทฤษฎีของ Hazen-Williams ซึ่งจะแบ่งตามชนิดของวัสดุท่อและอายุของท่อ โดยค่าความขรุขระของผนังท่อที่สูงหมายถึงผนังท่อที่มีความขรุขระต่ำ ซึ่งความเป็นจริงตามการใช้งานท่อจะเกิดการกัดกร่อนบริเวณผนังภายในท่อส่งผลให้เมื่อท่อมีอายุการใช้งานที่มากขึ้นค่าความขรุขระของผนังท่อจะสูงขึ้นตามไปด้วย [10] ดังสมการที่ (3)

$$r_i = M \cdot (r_{max,l} - Age_l) \quad (3)$$

โดย M คือ ตัวคูณปรับแก้

$r_{max,l}$ คือ ค่าความขรุขระของผนังท่อที่สูงที่สุดของเส้นท่อที่ l

Age_l คือ อายุของเส้นท่อที่ l

3.3.3 สอบเทียบแบบจำลอง

การสอบเทียบแบบจำลองด้วยการปรับแก้ค่ารูปแบบการใช้น้ำ (Demand Pattern) และปรับค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำสูญเสียกับแรงดันที่เกิดขึ้นในระบบ (Emitter) ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$Q_{leak} = CP^N \quad (4)$$

โดย Q_{leak} คือ อัตราการไหลของน้ำสูญเสีย

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำสูญเสียกับแรงดัน (Emitter Coefficient)

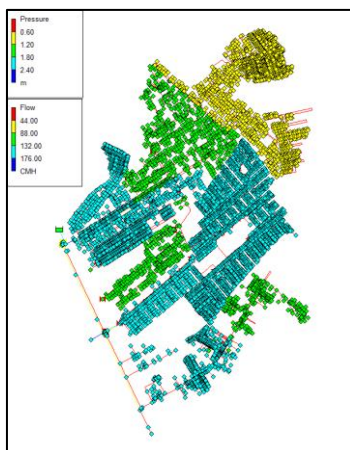
P คือ แรงดันที่จุดต่าง ๆ

N คือ ค่า Emitter Component

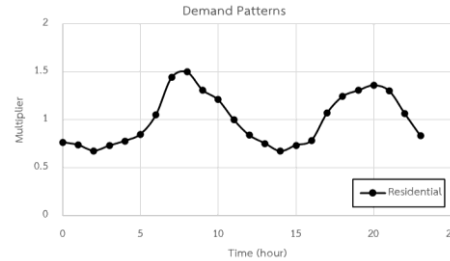
ซึ่งค่า N เป็นค่าคงที่ โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของท่อ งานวิจัยนี้จึงใช้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อปรับค่า C เพียงค่าเดียว และการปรับแก้ค่าให้มีผลลัพธ์จากแบบจำลองใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัดภาคสนามมากที่สุด โดยกำหนดให้มีค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใกล้เคียง 1

สอบเทียบแบบจำลองชลศาสตร์โดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสอบเทียบแบบจำลองชลศาสตร์สำหรับโครงข่ายท่อน้ำประปา : จังหวัดสมุทรปราการ [11] โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้ 1) กำหนดค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ยอมรับได้ (ϵ) 2) หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของสัมประสิทธิ์จำลองการรั่ว 3) หาค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ส่วนอัตราการไหลให้มีค่าน้อยกว่าค่า ϵ ที่กำหนดไว้ และ 4) วิเคราะห์ผลจากแบบจำลอง Epanet ดังในรูปที่ 3

โดยนำค่ารูปแบบการใช้น้ำ (Demand Pattern) ดังแสดงในรูปที่ 4 และค่าความขรุขระของผนังท่อ (Roughness) ของพื้นที่ DMA 170105 [11] มาใช้ในแบบจำลองมาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง เนื่องจากข้อมูลการตรวจวัดแรงดันในพื้นที่ DMA 170704 ไม่เพียงพอ และตำแหน่งของพื้นที่ DMA อยู่ใกล้เคียงกัน ซึ่งลักษณะพื้นที่คล้ายกัน รวมทั้ง กปน. เป็นผู้ให้บริการเหมือนกัน จึงนำมาใช้ในการเทียบเคียงข้อมูลกับ DMA 170704



รูปที่ 3 แบบจำลอง Epanet ในพื้นที่ DMA 170704



รูปที่ 4 ค่ารูปแบบการใช้น้ำ (Demand Pattern) ของพื้นที่ DMA 170105

3.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันในพื้นที่ DMA เปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำของผู้ใช้น้ำทุกหลังคาเรือน

3.4.1 ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันในแบบจำลองระบบโครงข่ายระบบท่อประปาด้วยแบบจำลอง EPANET

นำแบบจำลองระบบโครงข่ายท่อประปาของพื้นที่ DMA 170704 มาติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันที่บริเวณทางเข้า DMA 170704 โดยกำหนดค่ากำลังมอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันหรือกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและอัตราการไหล และตั้งสมมติฐานกำหนดให้แรงดันน้ำต่ำสุดที่ปลายเส้นท่อของผู้ใช้น้ำในพื้นที่ที่มีแรงดันมากกว่า 9.00 เมตรขึ้นไป หรือสามารถให้บริการแรงดันน้ำต่ำสุดถึงอาคาร 3 ชั้น ทุกหลังคาเรือน เพื่อส่งเสริมการให้บริการเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้น้ำ และไม่ก่อให้เกิดภาระแก่ผู้ใช้น้ำ

3.4.2 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน

วิเคราะห์ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน โดยการประมาณคร่าวๆ ใช้วิธีการเข้า รวมค่าซ่อมบำรุง ค่าอุปกรณ์เสริม และค่าดำเนินการแล้ว

นำผลการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน รวมทั้งค่าเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน และค่าซ่อมบำรุงรักษา มาเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงของโครงข่ายท่อประปาที่มีแรงดันต่ำ พร้อมทั้งค่าเครื่องสูบน้ำ ค่าถังเก็บน้ำ และค่าซ่อมบำรุง ของผู้ใช้น้ำที่เกิดขึ้นจริง เพื่อมาประเมินความเหมาะสมของโครงการทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการประเมินโครงการที่ศึกษา 2 หลักเกณฑ์ คือ

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value หรือ NPV) ดังสมการที่ (5)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (5)$$

โดย B_t คือ ผลประโยชน์ในปีที่ t

C_t คือ ต้นทุนในปี t

i คือ อัตราคิดลด

n คือ อายุโครงการ

2) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio หรือ B/C Ratio) ดังสมการที่ (6)

$$\frac{B}{C} \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n \left(\frac{B_t}{(1+i)^t} \right)}{\sum_{t=1}^n \left(\frac{C_t}{(1+i)^t} \right)} \quad (6)$$

โดย B_t คือ ผลประโยชน์ในปีที่ t

C_t คือ ต้นทุนในปี t

i คือ อัตราคิดลด

n คือ อายุโครงการ

เพื่อวิเคราะห์ผลประโยชน์หรือผลตอบแทนจากการดำเนินโครงการ ว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่ โดยตั้งสมมติฐานการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ ดังนี้ 1) ผู้ใช้น้ำประปาของ กปน. ต้องเสียค่าใช้จ่ายจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ถังเก็บน้ำ รวมถึงค่าบำรุงรักษา และค่าไฟฟ้าจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำทุกปี หากการประปานครหลวงติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน จะส่งผลให้ผู้ใช้น้ำประปาไม่ต้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ถังเก็บน้ำ และไม่ต้องเสียค่าซ่อมบำรุงและค่าไฟฟ้าจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำทุกปี 2) กปน. ใช้วิธีการเช่าเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันครบชุด พร้อมค่าบริการซ่อมบำรุงรักษาตลอดอายุของสัญญาเช่า และสัญญาเช่ากำหนดระยะเวลาเช่าเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันทุก ๆ 2 ปี ตามนโยบายของ กปน. 3) กปน. ต้องเสียค่าไฟฟ้าจากเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันทุกเดือน และ 4) กปน. สามารถเก็บค่าน้ำประปาเพิ่มเติมได้จากราคาน้ำประปา จากแบบสอบถามความเห็นของผู้ใช้น้ำเกี่ยวกับค่าน้ำประปา

4. ผลการวิจัยและอภิปราย

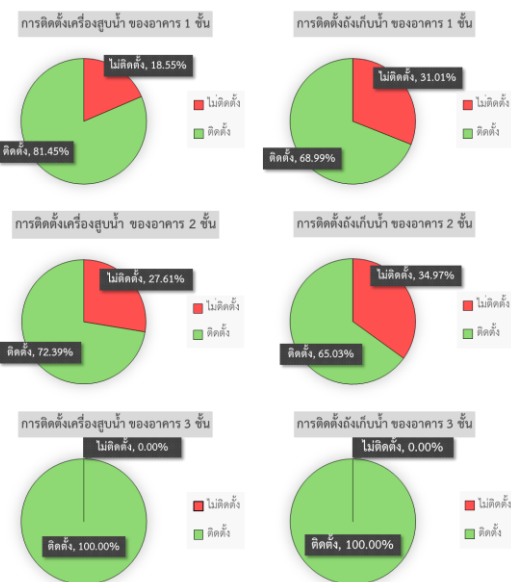
ผลการสำรวจข้อมูลจากแบบสอบถามโดยใช้กลุ่มประชากรตัวอย่างจะเห็นว่า ผู้ใช้น้ำส่วนใหญ่นิยมติดตั้งเครื่องสูบน้ำภายในบริเวณที่พักอาศัย ซึ่งเหตุผลส่วนใหญ่ในการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเป็นผลอันเนื่องมาจากแรงดันในระบบประปาต่ำ ไม่สามารถส่งแรงดันน้ำประปาขึ้นไปยังบริเวณชั้น 2 หรือชั้น 3 ของอาคารได้ และจากกลุ่มประชากรตัวอย่างที่ได้จัดทำแบบสอบถามมาพบว่า หากพิจารณาจากความสูงของอาคารและการประกอบกิจการจะเห็นว่าอาคารที่มีจำนวนชั้นมากกว่า 3 ชั้น ขึ้นไป หรือความสูงมากกว่า 9.00 เมตร ขึ้นไป มีลักษณะเป็นหอพัก โรงแรม หรืออาคารสูง ซึ่งโดยทั่วไปต้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำเพื่อเสริมแรงดันน้ำประปาเพื่อให้เพียงพอความต้องการอยู่แล้ว ดังนั้นในการวิเคราะห์ต้นทุนแฝงของโครงการหอพักที่มีแรงดันต่ำ จึงวิเคราะห์เฉพาะอาคารที่มีจำนวนไม่เกิน 3 ชั้น

การวิเคราะห์หาจำนวนตัวอย่างจากข้อมูลอาคาร 4,604 หลัง โดยแบ่งประเภทของอาคารตามจำนวนชั้นของอาคาร และกำหนดจำนวนของขนาดตัวอย่าง โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ จะต้องเก็บจำนวนของขนาดตัวอย่าง ดังตารางที่ 1 และใช้วิธีการสุ่มทำสอบถามเพื่อให้ได้ข้อมูลแบบสอบถามที่มีการกระจายกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณจำนวนตัวอย่างของอาคารแต่ละประเภท ใน DMA 170704

ลำดับ	ประเภทอาคาร	จำนวนอาคาร (หลัง)	จำนวนตัวอย่าง (หลัง)
1	อาคาร 1 ชั้น	2,496	345
2	อาคาร 2 ชั้น	1,743	326
3	อาคาร 3 ชั้น	287	168
	รวม	4,526	905

จากแบบสอบถามจะเห็นได้ว่าผู้ใช้น้ำส่วนใหญ่นิยมติดตั้งเครื่องสูบน้ำ คิดเป็นร้อยละของผู้ใช้น้ำที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำของอาคารแต่ละประเภท รายละเอียดดังรูปที่ 5 และตารางที่ 2 และนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายแฝงจากต้นทุนของการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ถังเก็บน้ำ และค่าบำรุงรักษาที่เกิดขึ้นจริง ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4



รูปที่ 5 ร้อยละของการติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำแยกตามประเภทของอาคาร

ตารางที่ 2 ร้อยละของผู้ใช้น้ำที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำของอาคาร

ลำดับ	ประเภทอาคาร	ร้อยละของผู้ใช้น้ำที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ	ร้อยละของผู้ใช้น้ำที่ติดตั้งถังเก็บน้ำ
1	อาคาร 1 ชั้น	81.45	68.99
2	อาคาร 2 ชั้น	72.39	65.03
3	อาคาร 3 ชั้น	100.00	100.00

ตารางที่ 3 ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ และถังเก็บน้ำ

ลำดับ	ประเภทอาคาร	การติดตั้งเครื่องสูบน้ำ		การติดตั้งถังเก็บน้ำ	
		ราคาเฉลี่ย (บาท/หลัง)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ราคาเฉลี่ย (บาท/หลัง)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	อาคาร 1 ชั้น	7,593.95	15,438,439.96	1,052.94	1,813,154.60
2	อาคาร 2 ชั้น	8,991.53	11,345,126.44	6,521.70	7,392,168.07
3	อาคาร 3 ชั้น	9,700.00	2,783,900.00	6,816.67	1,956,383.33
	รวม		29,567,466.40	รวม	11,161,706.00

ตารางที่ 4 ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำ

ลำดับ	ประเภทอาคาร	ค่าซ่อมบำรุงรักษาเฉลี่ย (บาท/เดือน)	ค่าใช้จ่ายจากการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำ (บาท/เดือน)
1	อาคาร 1 ชั้น	900.00	1,829,692.80
2	อาคาร 2 ชั้น	900.00	1,135,581.93
3	อาคาร 3 ชั้น	900.00	258,300.00
	รวม		3,223,574.73

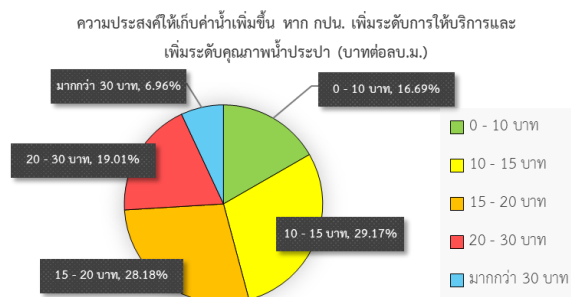
ทั้งนี้จากตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ข้างต้นคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายโดยใช้ราคากลางมาตรฐานเป็นราคาอ้างอิงในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย [12] และตั้งสมมติฐานให้ผู้ใช้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำพร้อมติดตั้งถังเก็บน้ำ โดยไม่มีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบต่อตรง อันเนื่องจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเข้ากับท่อประปาโดยตรง ถือเป็นการละเมิดกฎหมายการใช้น้ำประปา

การคำนวณค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำในพื้นที่ DMA 170704 เฉลี่ยต่อเดือนต่อครัวเรือน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าไฟฟ้าจากการใช้เครื่องสูบน้ำที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ DMA 170704

ลำดับ	ประเภทอาคาร	จำนวนอาคาร (หลัง)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนต่อครัวเรือน (บาท)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี (บาท)
1	อาคาร 1 ชั้น	2,496	13.38	400,851.34
2	อาคาร 2 ชั้น	1,743	61.99	1,296,644.82
3	อาคาร 3 ชั้น	287	182.19	627,462.90
	รวม	4,526		2,324,959.06

ทั้งนี้จากสอบถามผู้ใช้น้ำเกี่ยวกับการให้บริการ กปน. พบว่า หาก กปน. สามารถเพิ่มระดับการให้บริการที่ดีขึ้น และคุณภาพของน้ำประปาดังขึ้น ผู้ใช้น้ำส่วนใหญ่มีความประสงค์ให้เก็บค่าน้ำประปาเพิ่มได้จากลูกบาศก์เมตรละ 10.5 บาท เป็นลูกบาศก์เมตรละ 15 บาท ดังแสดงในรูปที่ 6

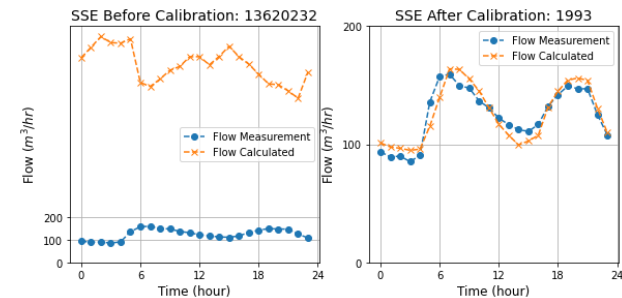


รูปที่ 6 ความประสงค์ให้เก็บค่าน้ำเพิ่มขึ้น หาก กปน. เพิ่มระดับการให้บริการ

การจำลองระบบโครงข่ายท่อประปาของพื้นที่ DMA 170704 รายละเอียดดังตารางที่ 6 โดยเปรียบเทียบแบบจำลองชลศาสตร์เชิงพื้นที่และเปรียบเทียบแบบจำลองรายชั่วโมง เพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพการไหลจริงในระบบน้ำประปาในพื้นที่ DMA 170704 จนได้ผลลัพธ์รายละเอียดดังแสดงในรูป 7

ตารางที่ 6 รายละเอียดของตัวอย่างพื้นที่ศึกษา

รหัสพื้นที่ (DMA)	จุดจ่ายน้ำเข้า	ความยาวของท่อ (กม.)	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ราย)	น้ำสูญเสีย (%)
170704	2	77.23	4,604	17.15



รูปที่ 7 ผลลัพธ์ของแบบจำลองรายชั่วโมง ในพื้นที่ DMA 170704

และได้ค่าพารามิเตอร์เพื่อปรับเทียบอัตราการไหลภายหลังการสอบเทียบแบบจำลอง กรณีอัตราการไหลที่ใกล้เคียงจริง รายละเอียดดังตารางที่ 7

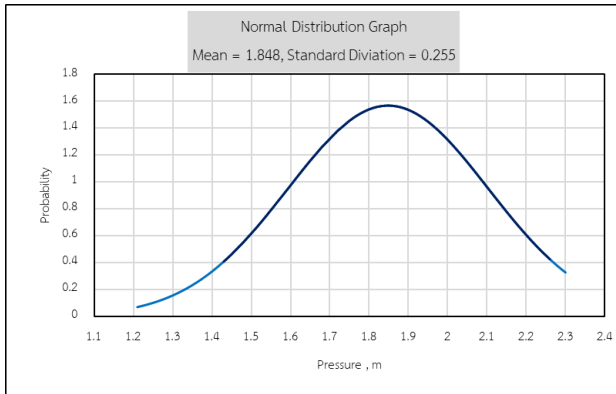
ตารางที่ 7 ค่าพารามิเตอร์เพื่อปรับเทียบอัตราการไหล

Emitter Coefficient			0.002303434		
Demand Pattern					
Time Period	Multiplier	Time Period	Multiplier	Time Period	Multiplier
0	0.5968	8	1.3066	16	0.9517
1	0.5382	9	1.2185	17	1.1084
2	0.5036	10	1.0868	18	1.2312
3	0.4994	11	1.0156	19	1.2776
4	0.6394	12	0.9402	20	1.2545
5	1.2331	13	0.9226	21	1.2337
6	1.4414	14	0.9031	22	1.0057
7	1.4327	15	0.8663	23	0.7930

โดยแบบจำลองในชั่วโมงสูงสุด (Peak hour) ณ ช่วงเวลา 7:00 น. พบว่า แรงดันน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 1.85 เมตร โดยมีแรงดันน้ำต่ำสุด เท่ากับ 1.21 เมตร และแรงดันน้ำสูงสุด เท่ากับ 2.30 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 7 และจากผลของแบบจำลองจะเห็นได้ว่าแรงดันน้ำต่ำสุดไม่เพียงพอที่จะส่งไปยังอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 2 ชั้น ขึ้นไป ซึ่งหากพิจารณาจากข้อมูลแผนปฏิบัติการการประปานครหลวง [1] ซึ่งกำหนดเป้าหมายแรงดันน้ำที่จุดทางเข้า DMA ในปี 2568 เท่ากับ 4.50 เมตร รายละเอียดดังตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าแรงดันน้ำยังไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ของผู้ใช้น้ำที่อยู่ในอาคารตั้งแต่ 2 ชั้น ขึ้นไป

ตารางที่ 8 ค่าเป้าหมายแรงดันน้ำจุดทางเข้า DMA เป้าหมายเฉลี่ย ของ กปน.

ค่าเป้าหมาย					
ตัวชี้วัด	2566	2567	2568	2569	2570
แรงดันน้ำจุดทางเข้า DMA เป้าหมายเฉลี่ย (เมตร)	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00

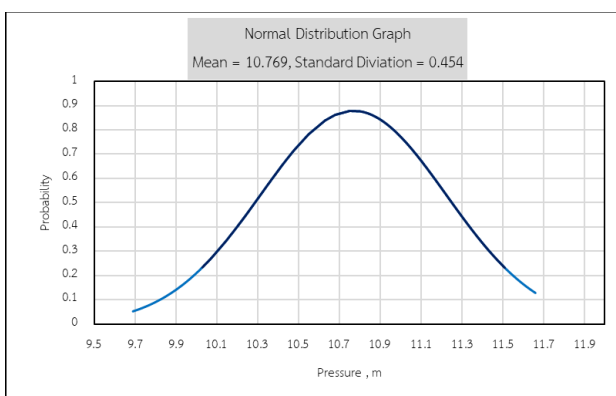


รูปที่ 7 แรงดันน้ำประปาที่ตำแหน่งผู้ใช้น้ำในช่วงโม่งสูงสุด ณ ช่วงเวลา 7:00 น.

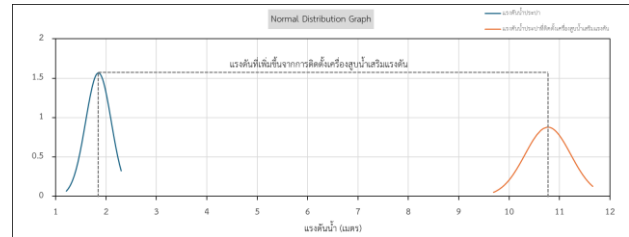
ดังนั้นการวิจัยจึงได้เสนอให้มีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันที่บริเวณทางเข้า DMA 170704 โดยใช้แบบจำลองระบบโครงข่ายระบบท่อประปาช่วยในการจำลองการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันที่บริเวณหน้าทางเข้า DMA 170704 จำนวน 1 เครื่อง โดยตั้งสมมติฐานการจำลองในระบบท่อประปาในช่วงโม่งสูงสุด (Peak hour) ณ ช่วงเวลา 7:00 น. กำหนดให้แรงดันน้ำต่ำสุดมีแรงดันมากกว่า 9.00 เมตร ขึ้นไป เพื่อให้แรงดันน้ำส่งไปถึงอาคาร 3 ชั้น

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบโครงข่ายระบบท่อประปา กรณีที่มีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันที่บริเวณหน้าทางเข้า DMA จำนวน 1 เครื่อง พบว่า ในช่วงโม่งสูงสุด (Peak hour) ณ ช่วงเวลา 7:00 น. จะมีแรงดันน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 10.77 เมตร โดยมีแรงดันน้ำต่ำสุด เท่ากับ 9.69 เมตร และแรงดันน้ำสูงสุด เท่ากับ 11.66 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 8 และเปรียบเทียบโครงข่ายระบบท่อประปา ก่อน - หลัง การติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน ดังแสดงในรูปที่ 9

และจากแบบจำลองระบบโครงข่ายระบบท่อประปา กรณีที่มีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันที่บริเวณหน้าทางเข้า DMA จำนวน 1 เครื่อง จะได้ขนาดเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า 362.09 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง ที่แรงดัน 52.32 เมตร ขนาดท่อดูดและท่อส่ง ไม่น้อยกว่า 300 มม. และประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยมีมอเตอร์กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 12.97 Kwatts มอเตอร์กำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 14.69 Kwatts ดังตารางที่ 9



รูปที่ 8 แรงดันน้ำประปาที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันที่ตำแหน่งผู้ใช้น้ำในช่วงโม่งสูงสุด ณ ช่วงเวลา 7:00 น.



รูปที่ 9 เปรียบเทียบแรงดันในโครงข่ายระบบท่อประปา ก่อน - หลัง การติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน

ตารางที่ 9 ค่ามอเตอร์กำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน

รายการ	Average Efficiency	Kw-hr/m ³	Average Kwatts	Peak Kwatts
เครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน	75.00	0.04	12.97	14.69

จากผลการวิเคราะห์ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันที่บริเวณทางเข้า DMA 170704 โดยตั้งสมมติฐานเพื่อคำนวณหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

สมมติฐานการวิเคราะห์ต้นทุนแฝงของโครงข่ายท่อประปาที่มีแรงดันต่ำเข้าเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน 2 ปี [12] พร้อมอุปกรณ์ครบชุด รวมค่าซ่อมบำรุงรักษา มูลค่าสัญญาเช่า 3,590,064.00 บาท ต่อ 2 ปี และต้องเสียค่าไฟฟ้าที่เกิดจากเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันด้วย ทั้งนี้เมื่อดำเนินการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน จะส่งผลให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำ และไม่ต้องเสียค่าไฟฟ้าจำนวน 2,324,959.06 บาท รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ จำนวน 29,567,466.40 บาท ค่าถังเก็บน้ำ จำนวน 11,161,706.00 บาท และราคาบำรุงรักษา จำนวน 3,223,574.73 บาท นอกจากนี้การประปานครหลวงยังสามารถเก็บค่าน้ำได้เพิ่มจากลูกบาศก์เมตรละ 10.5 บาท เป็นลูกบาศก์เมตรละ 15 บาท

กำหนดขอบเขตระยะเวลาโครงการที่ 2 ปี และอัตราคิดลดของโครงการสาธารณูปโภคไว้ที่ 8 เปอร์เซ็นต์ จะได้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) จะเท่ากับ 13.29 และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) เท่ากับ 66,042,195.19 ล้านบาท

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาปัญหาแรงดันต่ำในระบบโครงข่ายท่อประปาของการประปานครหลวง (กปน.) ซึ่งส่งผลให้ผู้ใช้ในพื้นที่บางส่วนต้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำด้วยตนเอง ก่อให้เกิดภาระค่าใช้จ่ายแฝงในรูปของค่าไฟฟ้า โดยบูรณาการข้อมูลจากแบบสอบถามร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนแฝงของโครงข่ายท่อประปาที่มีแรงดันต่ำ ได้แก่ ค่าเครื่องสูบน้ำ ค่าถังเก็บน้ำ ค่าซ่อมบำรุงรักษา และปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการติดตั้งเครื่องสูบน้ำในครัวเรือนที่เกิดขึ้นจริง โดยใช้พื้นที่ศึกษา DMA 170704 พบว่าต้นทุนค่าที่เกิดจากการติดตั้งระบบเครื่องสูบน้ำ ค่าถังเก็บน้ำ ค่าซ่อมบำรุงรักษา มีมูลค่ารวมกันสูงถึง 43.95 ล้านบาท และค่าไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำเมื่อแรงดันไม่เพียงพออาจสูงถึงประมาณ 2.32 ล้านบาทต่อปี สะท้อนให้เห็นถึงภาระค่าใช้จ่ายที่หลักไปสู่อุบัติการณ์น้ำโดยตรง และเพื่อแก้ปัญหาแรงดันน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้น้ำ จึงได้เสนอการ

ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน (Booster Pump) ที่ตำแหน่งทางเข้าพื้นที่ DMA โดยใช้แบบจำลอง EPANET วิเคราะห์กำลังเครื่องสูบน้ำ ซึ่งผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าการปรับแรงดันด้วยเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันจะช่วยเพิ่มแรงดันน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำสูงสุดตั้งแต่อาคาร 1 ชั้น จนถึงอาคาร 3 ชั้นได้ โดยในภาพรวมยังช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายและค่าไฟฟ้าที่ผู้น้ำต้องแบกรับ เพราะไม่จำเป็นต้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำแบบรายหลังคาเรือนซ้ำซ้อน และไม่ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายแฝงอีกด้วย นอกจากนี้ การปรับปรุงแรงดันในระบบประปายังอาจช่วยส่งเสริมให้คุณภาพน้ำดีขึ้นอีกด้วย

ทั้งนี้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าการลงทุนติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน มีแนวโน้มที่จะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า โดยมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) ประมาณ 13.29 และมูลค่าสุทธิปัจจุบันของการลงทุนติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดัน (NPV) ประมาณ 66.04 ล้านบาท ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความเหมาะสมในการลงทุนและการให้บริการโดย กปน. ในลักษณะการลงทุนรวมจะทำให้ผู้น้ำลดต้นทุนค่าไฟฟ้าได้ในระยะหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสริมแรงดันถือเป็นการแก้ปัญหาระยะสั้นหรือปลายเหตุเท่านั้น ดังนั้นควรมีการปรับปรุงโครงข่ายระบบท่อประปา รวมถึงการยกระดับแรงดันน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้น้ำในอนาคต และลดอัตราน้ำสูญเสียในระบบประปา เพื่อตอบสนองต่อการขยายตัวของพื้นที่เมืองและเพิ่มคุณภาพน้ำอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือจากหลายภาคส่วน อาทิ เช่น กรมโยธาธิการและผังเมือง และการประปานครหลวง จึงขอขอบคุณบุคลากรภาครัฐที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะในการจัดทำงานวิจัย สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ Environmental Protection Agency (EPA) ที่จัดทำและพัฒนาโปรแกรม EPANET รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้ที่สนใจสามารถใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

เอกสารอ้างอิง

- [1] การประปานครหลวง. (2566). แผนปฏิบัติการการประปานครหลวง ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566. การประปานครหลวง.
- [2] Ghorbanian, V., Karney, B.W. and Guo, Y. (2015). Minimum pressure criterion in water distribution systems: challenges and consequences. World Environmental and Water Resources Congress 2015: Floods, Droughts and Ecosystems, Austin.

- [3] Strijdom, L., Speight, V. and Jacobs, H.E. (2017). An assessment of sub-standard water pressure in South African potable distribution systems. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development 07.4, pp. 557-567
- [4] การประปานครหลวง. (2564). รายงานการพัฒนาอย่างยั่งยืน. การประปานครหลวง, หน้า 130-131.
- [5] Yamane., Taro. (1973). Statistics: An Introductory Analysis. 3rdEd. New York Harper and Row. Publications.
- [6] กฎกระทรวง. (2543). ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522, ฉบับที่ 55, หน้า 4-5.
- [7] Xuan Khoa Bui, Doosun Kang. (2023). A strategy for sustainable urban water management using water networks partitioning with optimal booster pump configuration: A case study, Sustainable Cities and Society 90, Elsevier.
- [8] การไฟฟ้านครหลวง. (2566). ประกาศการไฟฟ้านครหลวง เรื่อง อัตราค่าไฟฟ้า. มกราคม 2566, การไฟฟ้านครหลวง
- [9] Lipiwattanakarn S, Kaewsang S, Charuwimolkul N, Changlom J, Pornprommin A. (2021). theoretical estimation of energy balance components in water networks for top-down approach. Water, Jan 2021
- [10] สิปปนนท์ กิ่งแก้ว, อติชัย พรพรหมินทร์ และ สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ. (2562). แบบจำลอง EPANET ระบบโครงข่ายท่อประปา การประปานครหลวงส่วนภูมิภาคสาขาพิจิตร. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีที่ 26, ฉบับที่ 1, หน้า 93-106
- [11] ณัฏพล จารุวิมลกุล, จิรเมธ ช้างคล่อม, อติชัย พรพรหมินทร์ และ สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ. (2022). การใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสอบเทียบแบบจำลองชลศาสตร์สำหรับโครงข่ายท่อน้ำประปา: จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 30-39
- [12] สำนักงบประมาณ. (2567). บัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์. ธันวาคม 2567, กองมาตรฐานงบประมาณ 1
- [13] การประปานครหลวง. (2567). สัญญาเช่า Booster Pump และ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง พื้นที่สำนักงานประปาสาขาสุมทราการ เลขที่ ข17-01-68. สำนักงานประปาสาขาสุมทราการ.