การวิเคราะห์ปัญหาแรงดันน้ำในท่อส่งน้ำประปาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ EPANET 2.0

(Analysis of Water Pressure Problems in Waterworks Pipeline using EPANET 2.0 Mathematical Model)

สิระ อวยพร*

ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาแรงดันน้ำในท่อส่งน้ำประปาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์EPANET2.0 โดยการทำการสร้างแบบจำลองระบบท่อส่งน้ำประปา ด้วยโปรแกรม EPANET 2.0 โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานของการประปานครหลวง และทำการการสอบเทียบแรงดันระหว่างแบบจำลองกับจุดส่งน้ำภาคสนาม ทั้งหมด จำนวน 44 จุด ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งเมื่อสอบเทียบรวมทั้งปรับแก้แบบจำลองแล้ว สามารถนำแบบจำลองมาใช้ในการจำลองการปรับปรุงท่อประปาในกรณีศึกษาต่าง ๆโดยมิต้องดำเนินการจริง เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มแรงดัน ในพื้นที่ศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่าผลการจำลองระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษา บนโปรแกรม EPANET 2.0 สามารถจำลองระบบท่อส่งน้ำประปาได้จริง จากการสอบเทียบแรงดันเฉลี่ยระหว่างจุดวัดภาคสนามกับค่าแรงดันเฉลี่ยที่โปรแกรมประมวลผล EPANET 2.0 มีค่าความแตกต่างของแรงดันเฉลี่ย 0.35 เมตร คิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 3.01และจากผลการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติเชื่อมั่นว่าแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลจริงได้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หลังจากนั้นนำแบบจำลองระบบท่อประปานำไปประยุกต์ใช้ในกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณี คือ (1) ปรับปรุงเส้นท่อประธานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มม. เป็น 1000 มม. บริเวณถนนรัชดาภิเษกตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง ถนนกำแพงเพชร 2 ความยาวประมาณ 1,350 ม.ค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 12.33 เมตร ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง 29,520 บาทต่อเมตร (2) ปรับปรุงเส้นท่อประธานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มม. เป็น 1200 มม. บริเวณถนนแจ้งวัฒนะตั้งแต่คลองประปาถึงซอยแจ้งวัฒนะ 14 ความยาวประมาณ 730 ม.ค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 12.07 เมตร ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง 31,860 บาทต่อเมตร (3) การปรับปรุงเส้นท่อประธานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. เป็น 1000 มม. บริเวณถนนประชาชื่นตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง แยกประชาชื่นตัดถนนประชาราษฎร์สาย 2 ความยาวประมาณ

---

*นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

**ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

2,800 ม. ค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 13.37 เมตร ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง 21,450 บาทต่อเมตร (4) การปรับปรุงทั้งหมด 3 กรณีตามข้างต้น ค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 13.68 เมตร ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง 24,580 บาทต่อเมตร ทางเลือกที่ดีที่สุดในการนำเอาแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ คือกรณีที่ (3) เนื่องจากค่าเฉลี่ยแรงดันในภาพรวมเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 11.98 รวมถึงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง 21,450 บาทต่อเมตร ซึ่งต่ำที่สุดจากทุกกรณี จึงเห็นควรปรับปรุงกรณีที่ (3) เพื่อเพิ่มแรงดันในพื้นที่เป็นลำดับแรก

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze water pressure problems in waterworks pipeline using EPANET2.0 mathematic model. By using database from Metropolitan Waterworks Authority (Thailand), calibrating water pressure between simulation and actual 44 spots in the field, and adjusting the simulation model after calibration, the simulation could be used to represent the case study without performing the real experiment in the field.

The result from the study showed that the pipeline simulation model from EPANET 2.0 program gives quite satisfied result. The average water pressure comparison between actual field and result from the program has difference at 0.35 meter or 3.01 percent deviation. The pipeline simulation was applied with 4 case studies which are (1) Improving main pipeline from diameter 800 mm. to 1000 mm. on Ratchadapisek Road from Prachanukul junction to Kampangpetch 2 road, which has the length about 1,350 m. The overall average water pressure changed from 11.94 meter to 12.33 meter. The construction expense is 29,520 baht/meter. (2) Improving main pipeline from diameter 1000 mm. to 1200 mm. on Chaengwattana Road from water supply cannel to SoiChaengwattana 14, which has the length about 730 m. The overall average water pressure changed from 11.94 meter to 12.07 meter The construction expense is 31,860 baht/meter. (3) Improving main pipeline from diameter 600 mm. to 1000 mm. on Prachachuen Road from Prachanukul junction to the junction between Prachachuen Road and Pracharat 2 Road, which has the length about 2,800 m. The overall average water pressure changed from 11.94 meter to 13.37 meter The construction expense is 21,450 baht/meter. (4) From the previous mentioned 3 case studies the overall average water pressure of the whole area changed from 11.94 meter to 13.68 meter The construction expense is 24,580 baht/meter. The best result from applying the simulation model is case study no. 3. The overall average water pressure in this case could increase 11.98 percent with lowest construction expense, i.e. 21,450 baht/meter. So the first case study which should be selected to implement is case study no. 3.

1. บทนำ

งานวิจัยนี้จะมุ่งศึกษาพื้นที่ให้บริการน้ำประปาของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น การประปานครหลวง โดยในพื้นที่สาขาประชาชื่นมีจำนวนประชากรอาศัยอยู่จำนวน 97,957 ราย รวมทั้งภายในบริเวณนั้นประกอบด้วยกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม กลุ่มธุรกิจ จำนวน 14,231 ราย ซึ่งใช้น้ำประปาเป็นองค์ประกอบในการผลิตสินค้าอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มว่าจะมีจำนวนประชากรและปริมาณการใช้น้ำเพิ่มขึ้นอย่างมากในอนาคต ส่งผลให้ในปัจจุบันการให้บริการน้ำประปาในพื้นที่ดังกล่าวประสบปัญหาน้ำไหลอ่อน แรงดันน้ำลดลงต่ำกว่าในอดีต อันเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชน ก่อให้เกิดภาพลักษณ์ที่ไม่ดีต่อการประปานครหลวง และทำให้ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานไม่เป็นไปตามแผนงานและนโยบายในอนาคตที่มุ่งเน้นที่จะให้บริการงานประปาที่ทั่วถึง มีมาตรฐานและคุณภาพดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อจำกัดการทำวิจัยในสถานที่จริง จึงจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม EPANET 2.0 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์และคุณภาพน้ำ และยังเป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองสถานการณ์หรือพยากรณ์ผลได้ล่วงหน้าโดยมิต้องดำเนินการจริง เป็นผลให้ได้รับการยอมรับในหลายประเทศทางด้านการจำลองออกแบบท่อ ดั่งการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยหลาย ๆงาน

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

2.1 เพื่อสร้างแบบจำลองระบบท่อประปาด้วยโปรแกรม EPANET 2.0

2.2 เพื่อวิเคราะห์แบบจำลองที่ได้และหาแนวทางในการออกแบบระบบท่อประปาเพื่อปรับปรุงแรงดัน

3. ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ จำกัดกรอบของการศึกษาเฉพาะพื้นที่ให้บริการน้ำประปาเขตประชาชื่น โซน 01-08 โดยใช้ข้อมูล แรงดันน้ำ อัตราการไหลของน้ำ ขนาดและชนิดของท่อประปา ในช่วงวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2560 จนถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2560 จากฐานข้อมูลการประปานครหลวง โดยขนาดท่อประปาที่นำมาวิเคราะห์มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 300 มม.ไม่นับรวมอุโมงค์ส่งน้ำ โดยมุ่งเน้นแก้ไขปัญหาแรงดันน้ำประปา ทั้งนี้จะได้ศึกษาผลจากการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ EPANET2.0 มาใช้ในการจำลองปรับปรุงระบบท่อประปา เพื่อเพิ่มแรงดันน้ำในพื้นที่ศึกษา

4. ประโยชน์ที่จะได้รับ

1) เพื่อได้แบบจำลองระบบท่อประปาที่ใกล้เคียงความเป็นจริงและสามารถพยากรณ์แรงดันและอัตราการไหลของน้ำประปาในพื้นที่ศึกษา

2) เพื่อนำแบบจำลองระบบท่อประปาไปใช้งานในการหาแนวทางปรับปรุงระบบท่อประปาให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

3) เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการประปานครหลวงในการพัฒนาปรับปรุงระบบการทำงาน และสร้างภาพลักษณ์ที่ดีในการให้บริการด้านน้ำประปาแก่ประชาชน

5. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 ทฤษฎี

5.1.1 นิยามการไหล

การไหลในท่อภายใต้แรงดัน หมายถึงการไหลที่หน้าตัดของของเหลวไหลเต็มพื้นที่หน้าตัดของท่อ จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีค่าความต่างศักย์ของแรงดันที่เกิดจากน้ำหนักของเหลวในรูป ความสูง(ΔH)หรืออาจมีการเพิ่มพลังงาน หรือเพิ่มแรงดันของการไหลโดยอาศัยเครื่องมือกล ได้แก่ เครื่องสูบน้ำซึ่งทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานกลให้เป็นพลังงานชลศาสตร์(Hydraulic Energy) ทำให้สามารถยกระดับการไหลตามต้องการ โดยประเภทการไหลในท่อภายใต้ความดัน แบ่งได้เป็นการไหลคงที่ และการไหลไม่คงที่ จากการศึกษาของนักชลศาสตร์ที่ผ่านมาพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออัตราการไหล และพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการไหล ได้แก่ ความเร็วของการไหล(v), ความหนืดของการไหล(μ) และขนาดของท่อ(D) ซึ่งอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ที่เรียกว่า

Reynolds number(R_e)

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{vD}{V}$$

สมการที่ใช้วิเคราะห์การไหลคงที่ในท่อภายใต้ความดัน โดยอาศัยสมการพื้นฐาน 3 สมการคือ สมการการไหลต่อเนื่อง สมการพลังงาน และสมการโมเมนตัม

การสูญเสียหัวแรงดัน หรือพลังงานในท่อ จำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ การสูญเสียหลัก (Major Losses)ที่เกิดจากแรงเสียดทานของการไหลตามแนวยาวของเส้นท่อ และการสูญเสียรอง (Minor Losses ที่เกิดจากอุปกรณ์ประกอบ เช่น ปากทางเข้าข้อลดข้องอ เป็นต้น

5.1.2 แบบจำลองโครงข่ายระบบท่อ EPANET

แบบจำลอง EPANET คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows สามารถจำลองพฤติกรรมทางด้าน Hydraulic และ Water Quality กับโครงข่ายเส้นท่อภายใต้แรงดัน โครงข่ายประกอบด้วย ท่อ, Node, เครื่องสูบน้ำ, วาล์ว และถังเก็บน้ำหรืออ่างเก็บน้ำEPANET สามารถหาอัตราการไหลในแต่ละเส้นท่อ, แรงดันในแต่ละจุด (Node), ความสูงของน้ำในแต่ละถัง และความเข้มข้นของสารเคมี

ตลอดโครงข่ายในระหว่างช่วงเวลาการจำลองซึ่งประกอบด้วยหลายช่วงเวลา ซึ่งแสดงผลในหลาย ๆ รูปแบบ รวมถึงการกำหนดรหัสสีในแผนที่โครงข่าย, ตารางข้อมูล, กราฟอนุกรมเวลา และเส้นโครงร่างเป็นต้น

ขั้นตอนการจำลองระบบ EPANET 2.0 มี 5 ขั้นตอนดังนี้

5.1.2.1การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1.2.2การเตรียมข้อมูลInput สำหรับแบบจำลอง

5.1.2.3การจำลองระบบสูบจ่ายน้ำด้วยHydraulic Model

5.1.2.4การสอบเทียบแบบจำลอง

5.1.2.5การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

A. E. Adeniran and M. A. Oyelowo(2013) ได้ทำการศึกษาเรื่อง "An EPANET Analysis of Water Distribution Networkof the University of Lagos, Nigeria" โดยการนำ EPANET มาวิเคราะห์โครงข่ายการจัดจำหน่ายน้ำของมหาวิทยาลัยลากอส ประเทศไนจีเรียซึ่งเป็นหนึ่งในมหาวิทยาลัยที่สำคัญที่สุดในแอฟริกา ปัจจุบันประชากรของมหาวิทยาลัยมีประมาณ 85,000 คน ความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นจาก 2.48 ล้านลิตรต่อวัน เป็น 10.75 ล้านลิตรต่อวัน ขณะที่ปริมาณน้ำประปาสามารถตอบสนองได้เพียง 3.70 ล้านลิตรต่อวัน ซึ่งส่งผลให้ขาดประสิทธิภาพการกระจายน้ำ เกิดช่องว่างระหว่างน้ำประปาและอุปสงค์ในมหาวิทยาลัยประมาณ 7.05 ล้านลิตรต่อวัน ในงานวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ระบบทางชลศาสตร์ในมหาวิทยาลัยลากอสผ่านการใช้ EPANET ผลการวิจัยสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของระบบเดิมเครือข่ายการจำหน่ายภายใต้ความต้องการน้ำในปัจจุบันไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ โดยที่แรงดันในโหนดต่ำและมีปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อบางส่วนไม่เพียงพอ ถังน้ำขนาดใหญ่ไม่ได้ถูกนำไปใช้อย่างเหมาะสม หากมีการปรับปรุงระบบโครงข่ายท่อประปาตามผลการวิเคราะห์ด้วย EPANET จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและแรงดันน้ำประปาได้ดียิ่งขึ้น

ArjunKumar. Et al (2015)ศึกษาเกี่ยวกับ "Design of Water Distribution System Using Epanet " พบว่า การตอบสนองความต้องการน้ำของประชากรที่กำลังเติบโตอย่างต่อเนื่อง จำเป็นต้องจัดหาปริมาณน้ำที่เพียงพอและสม่ำเสมอผ่านโครงข่ายท่อที่ออกแบบมา รัฐบาลของประเทศอินเดีย ระบุว่าในรัฐหิมาจัลมีการบริโภคน้ำต่อหัวต่อคนเป็น 70 ลิตรต่อวัน จึงได้มีการออกแบบระบบโครงข่ายท่อประปาโดยใช้ข้อมูลแหล่งน้ำหลัก การจัดส่งและถังเก็บน้ำ ในการออกแบบโครงการจัดหาน้ำในพื้นที่โดยใช้ซอฟต์แวร์ EPANET ซึ่ง เพื่อการจัดหาน้ำที่เหมาะสมอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อตอบสนองความต้องการในชีวิตประจำวันของประชาชนในรัฐหิมาจัล ประเทศอินเดีย

RASOOLI Ahmadullahand KANG Dongshik(2016) ได้ศึกษาเรื่อง "Designing of Hydraulically Balanced WaterDistribution Network Based on GIS and EPANET" วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการออกแบบและสร้างความเสถียรภาพของโครงข่ายทางชลศาสตร์โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และ EPANET วิเคราะห์การไหลของน้ำในแต่ละท่อ พื้นที่เป้าหมายในเมืองคาบูล ประเทศ

อัฟกานิสถาน ผลการศึกษาพบกว่าโครงข่ายทางชลศาสตร์มีเสถียรภาพมากขึ้น สามารถหาค่าแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Shivalingaswami.S.Etal(2016) ศึกษาเรื่อง "Hydraulic modeling of water supply network using EPANET" งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการใช้ EPANET ในการออกแบบโครงข่ายทางชลศาสตร์ เป็นเครื่องมือวิจัยสำหรับปรับปรุงการไหลและองค์ประกอบของน้ำภายในโครงข่าย ผลการศึกษาในเมือง Bagalkot ประเทศอินเดีย พบว่าแรงดันในโหนดทั้งหมดและอัตราการไหลของน้ำ มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อความต้องการในพื้นที่

ธนพัฒน์ วัฒนธรรม (2558) ทำการศึกษาเรื่อง "การศึกษาและวิเคราะห์การวางท่อส่งน้ำประปาลอดใต้แม่น้ำลัดเกร็ด ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0" เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการวางท่อจ่ายน้ำและปรับปรุงท่อในบริเวณพื้นที่เกาะเกร็ด โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการประมวลผลแบบจำลอง เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการวางท่อลอดใต้แม่น้ำลัดเกร็ด ส่วนที่ 2 นำกรณีศึกษาที่เหมาะสมที่สุดจากส่วนแรกมาปรับปรุงโครงข่ายของระบบท่อ เพื่อให้พื้นที่ศึกษาได้แรงดันมากที่สุด อันนำไปสู่ข้อสรุปตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการวางท่อเพื่อจ่ายน้ำให้พื้นที่เกาะเกร็ด จากการวิเคราะห์ด้วย EPANET 2.0 พบว่าในปัจจุบันมีการวางท่อ HDPE ขนาด 160 มม. จ่ายน้ำไปยังเกาะเกร็ด มีอัตราการไหลน้ำ 64.37 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีค่าแรงดันน้ำเฉลี่ย 11.58 เมตร แต่ความต้องการใช้น้ำของประชาชนคือ 439.07 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ แต่หากวางท่อ HDPE ขนาด 315 มม. ลอดใต้แม่น้ำลัดเกร็ด จากบริเวณวัดกลางเกร็ด ถึงบริเวณท่าเรือวัดฉิมพลี ความยาวประมาณ 160 เมตร และปรับปรุงเปลี่ยนขนาดท่อจากท่อ PVC ขนาด 150 มม. ยาวประมาณ 50 เมตร เป็นท่อ PVC ขนาด 300 มม. และเปลี่ยนท่อ AC ขนาด 150 มม. ยาวประมาณ 13 เมตร เป็นท่อเหล็กเหนียวขนาด 300 มม. ทำการเชื่อมเส้นท่อฝั่งซ้ายกับฝั่งขวา บริเวณท้ายซอยภูมิเวทด้วยท่อเหล็กเหนียวขนาด 300 มม. ยาวประมาณ 3 เมตร พบว่ามีค่าอัตราการไหลน้ำไปยังเกาะเกร็ดคือ 444.97 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และค่าแรงดันน้ำเฉลี่ย 12.05 เมตร เพิ่มขึ้นจากเดิม 0.47 เมตร ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของประชาชน โดยมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมดประมาณ 5,660,725 บาท

ธีรเดช กัจฉปคีรินทร์ (2552) การบริหารจัดการพื้นที่เฝ้าระวังน้ำสูญเสีย ในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น ของการประปานครหลวง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 การจำลองโครงข่ายระบบท่อประปาในระบบพื้นที่เฝ้าระวังน้ำสูญเสีย พบว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 สามารถใช้ในการจำลองโครงข่ายระบบท่อประปาในระบบพื้นที่เฝ้าระวังน้ำสูญเสียได้ดี จากการสอบเทียบแรงดันน้ำที่วัดจากภาคสนาม จำนวน 30 จุด กับค่าแรงดันน้ำที่ประมวลได้จากแบบจำลองโครงข่ายระบบท่อประปา มีค่าความแตกต่างของแรงดันเฉลี่ย 0.33 เมตร คิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อน 2.75 เปอร์เซ็นต์ และการนำแบบจำลองที่สอบเทียบแล้วไปประยุกต์ใช้ กับกรณีศึกษาต่าง ๆ คือ การบริหารจัดการพื้นที่ DMA 15-03-02 ในกรณีที่ต้องแก้ไขปัญหาน้ำไม่ไหลเนื่องจากการปิดน้ำซ่อมท่อขนาด 600 มม. บริเวณสี่แยกประชานุกูล ถนนรัชดาภิเษก การแก้ไข ปัญหาน้ำไม่ไหลในพื้นที่สามารถทำได้โดยการเปิดประตูน้ำกั้นขอบเขต ที่ถนนประชาชื่น

ส่วนการบริหารจัดการพื้นที่ DMA 15-05-07 ในกรณีที่มีปริมาณความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้น 50 % พบว่าการออกแบบพื้นที่ DMA ใหม่โดยการเพิ่มจุดจ่ายน้ำเข้าพื้นที่อีก 1 จุดบริเวณริมถนนแจ้งวัฒนะ ทำให้มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นได้ และการบริหารจัดการแรงดันน้ำในพื้นที่ DMA 15-05-03 ในกรณีที่ต้องการหาค่าแรงดันน้ำขาออกจากวาล์วลดแรงดันที่เหมาะสม เพื่อให้แรงดันน้ำที่จุดต่ำสุดในพื้นที่มีค่าตามมาตรฐานของการประปานครหลวง โดยค่าแรงดันน้ำขาออกจากวาล์วลดแรงดันที่หาได้ มีค่าความแตกต่างของแรงดันเฉลี่ย 0.44 เมตร คิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อน 5.07 เปอร์เซ็นต์

สุทธิศักดิ์ ลาภประเสริฐ (2547) การจำลองระบบสูบจ่ายน้ำในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาทุ่งมหาเมฆของการประปานครหลวง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 การจำลองสภาพการจ่ายน้ำของโครงข่ายด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จากการสอบเทียบแรงดันที่วัดจากสนาม จำนวน 30 จุด ค่าแรงดันที่ประมวลได้จากแบบจำลองและค่าแรงดันที่วัดจากสนามมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความแตกต่างของแรงดันเฉลี่ย 0.84 เมตร คิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อน 17.11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าว เมื่อพิจารณาจากความซับซ้อนของระบบและโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่แล้วถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และจากการนำแบบจำลองที่สอบเทียบแล้วไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาต่าง ๆ คือ กรณีปิดซ่อมท่อขนาด 1000 มม. บริเวณถนนมหาพฤฒาราม พบว่ามีผลทำให้บริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษามีน้ำไหลอ่อน โดยมีแรงดันน้ำเฉลี่ยประมาณ 2.5 ถึง 4.0 เมตร ส่วนกรณีโรงสูบจ่ายน้ำคลองเตยไม่สามารถจ่ายน้ำเข้าพื้นที่ได้ พบว่ามีผลกระทบกับระบบน้อยมาก สำหรับการทดสอบด้วยกรณีสูบจ่ายน้ำปกติแต่คิดปริมาณน้ำสูญเสีย 35 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีผลให้ทั้งพื้นที่มีแรงดันน้ำเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.0 ถึง 2.0 เมตร ส่วนปัญหาน้ำซึ่งมักไหลอ่อนทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา สามารถแก้ไขได้โดยเพิ่มปริมาณน้ำจากโรงสูบจ่ายน้ำคลองเตยเข้ามาในระบบโดยการปรับประตูน้ำเข้าอย่างเหมาะสม ซึ่งจะช่วยบรรเทาปัญหาน้ำไหลอ่อนได้

6. วิธีการดำเนินงานวิจัย

6.1 ประชากร (Population)

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลของผู้ใช้น้ำในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น การประปานครหลวง ช่วงวันที่ 1-31 ตุลาคม 2560 ประกอบด้วย

6.1.1 ปริมาณน้ำเข้าพื้นที่ และแรงดันน้ำจากการสูบ – จ่าย

6.1.2 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ และแรงดันน้ำของระบบจัดการน้ำสูญเสีย

6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

6.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

6.2.2 โปรแกรมประยุกต์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Microsoft Excel, EPANET 2.0, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการสืบค้นและปรับปรุงข้อมูล (GIS Web Application) ของการประปานครหลวง และระบบจัดการน้ำสูญเสีย (WLMA) ของการประปานครหลวง

6.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงวันที่ 1-31 ตุลาคม 2560 ประกอบด้วย

6.3.1 ข้อมูลแผนที่โครงข่ายท่อประปา รวบรวมได้จากระบบ GIS Web Application ของการประปานครหลวง ข้อมูลแผนที่ท่อประปาในพื้นที่ศึกษาเป็นข้อมูลที่ประกอบด้วย

6.3.1.1 ข้อมูลชนิดของท่อประปา

6.3.1.2 ข้อมูลขนาดของท่อประปา

6.3.1.3 ข้อมูลความยาวของท่อประปา

6.3.1.4 ตำแหน่งพิกัดของท่อประปา

6.3.1.5 การเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่ายของท่อประปา

6.3.2 ราคาค่าก่อสร้างจากกองประมาณราคา การประปานครหลวง

6.3.3 ข้อมูลปริมาณน้ำเข้าพื้นที่ และแรงดันของระบบพื้นที่รวบรวมได้จากฐานข้อมูลของระบบงานบริหารจัดการน้ำสูญเสีย (WLMA) ของการประปานครหลวง

6.3.4 ข้อมูลปริมาณน้ำเข้าและออกพื้นที่ รวมถึงแรงดันจากฐานข้อมูลของหน่วยงานศูนย์ควบคุมผลิตและสูบจ่ายน้ำ การประปานครหลวงโดยต้องเตรียมข้อมูลดังนี้

6.3.4.1 ตำแหน่งของจุดที่น้ำเข้าและออกจากพื้นที่ศึกษา

6.3.4.2 ทิศทางของน้ำ

6.3.4.3 ขนาดของท่อ

6.3.4.4 ปริมาณน้ำที่จุดออกจากพื้นที่

6.3.4.5 แรงดันน้ำที่จุดเข้าพื้นที่

จากนั้นจัดรูปแบบของค่าแรงดัน และอัตราการไหล เป็นรายชั่วโมง โดยใช้ข้อมูลจากตาราง นำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลแรงดันน้ำ และอัตราการไหลรายชั่วโมงเฉลี่ยของเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 จากนั้นนำข้อมูลมาหาค่าอัตราส่วนในรูปแบบตัวคูณ (Time Pattern)ของแรงดัน และอัตราการไหลเป็นรายชั่วโมง

6.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล ผู้ทำการศึกษาได้จำแนกรายละเอียด ดังนี้

6.4.1 ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ศึกษาได้เก็บรวบรวมข้อมูลชนิดของท่อ, ขนาดท่อ, ลักษณะความเป็นโครงข่ายของท่อประปา, ปริมาณการสูบจ่ายน้ำเข้าพื้นที่,แรงดันน้ำและปริมาณการใช้น้ำของพื้นที่แต่ละพื้นที่ความรับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

6.4.2 การสอบเทียบแบบจำลองระบบท่อประปา และปรับแก้ให้ได้ค่าหลังการจำลองเทียบเคียงกับข้อมูลจริง

การเตรียมข้อมูลระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษาเพื่อจำลองกับแบบจำลอง EPANET 2.0 มีข้อมูลสรุปได้ดังนี้ จำนวนจุด (Node) 590 จุด Reservoir 11 จุด มีจุดที่ใช้เป็นตำแหน่งสอบเทียบข้อมูลจากสนามจำนวน 44 จุดและมีจำนวนท่อ 564 เส้น ดังนี้

6.4.2.1 การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง

ข้อมูลที่นำเข้าไปเพื่อนำไปสร้างแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลตำแหน่งระบบท่อและจุดต่าง ๆ ข้อมูลแรงดันน้ำที่จุดจ่ายน้ำเข้าในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ชุดข้อมูลรูปแบบแรงดันและปริมาณการใช้น้ำ จากการเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง โดยเฉลี่ยจากข้อมูลเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560

6.4.2.2 การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้างระบบท่อประปาในโปรแกรม EPANET 2.0

6.4.2.2.1 ข้อมูลระบบท่อประปา ถูกรวบรวมจาก กองสารสนเทศภูมิศาสตร์ การประปานครหลวง ข้อมูลที่นำเข้าจะเป็นระบบท่อประปาที่ต้องการศึกษา คือ ระบบท่อประธาน โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปของไฟล์นามสกุล *.inp

6.4.2.2.2 ข้อมูลระบบท่อประธานที่ได้จากกองสารสนเทศภูมิศาสตร์ การประปานครหลวง เป็นข้อมูลที่ยังไม่สมบูรณ์ มีเพียงข้อมูลเชิงตำแหน่งเท่านั้น และโครงข่ายของระบบท่อยังไม่เชื่อมต่อกันจึงต้องทำการปรับปรุงเพิ่มเติมรายละเอียดเพื่อให้ระบบท่อประธานสามารถใช้งานได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

6.4.2.2.3 นำไฟล์นามสกุล *.inpไปเปิดในโปรแกรม EPANET2.0 ข้อมูลระบบท่อประธาน พบปัญหาของจุดเชื่อมต่อของท่อ

6.4.2.2.4 ทำการปรับปรุงปัญหาจุดที่ไม่เชื่อมต่อกัน

6.4.2.2.5 ทำการนำเข้าข้อมูลประกอบการจำลอง ประกอบด้วย ชนิดของท่อ ความยาวท่อ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ รวมถึงสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของท่อ

6.4.2.2.6 ทดสอบประมวลผลในแบบจำลอง หากสมบูรณ์จะปรากฏหน้าต่างขึ้นว่าสำเร็จ แต่หากโปรแกรมยังตรวจพบข้อผิดพลาด จะปรากฏหน้าต่างบอกรายละเอียดของข้อผิดพลาด หลังจากนั้นทำการแก้ไขจนสมบูรณ์ จึงจะสามารถทำในขั้นต่อไปได้

6.4.2.3 การเตรียมข้อมูลแรงดันน้ำและอัตราการใช้น้ำของแต่ละพื้นที่

การเตรียมข้อมูลแรงดันน้ำและอัตราการใช้น้ำมีความสำคัญมากในการจำลองระบบท่อประธาน หากกำหนดปริมาณการใช้น้ำไม่ถูกต้อง ทำให้การสอบเทียบเป็นไปได้ยาก จึงมีขั้นตอน 3 ขั้นตอนดังนี้

6.4.2.3.1 ระบุตำแหน่งจุดที่มีอัตราการใช้น้ำ โดยแบ่งได้ 44 จุด (DMA)

6.4.2.3.2 นำข้อมูลอัตราการใช้น้ำมาหาค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง

6.4.2.3.3 นำเข้าข้อมูลอัตราการใช้น้ำรายชั่วโมงลงตามจุด(Node) จนครบ 44 จุด (DMA)รวมถึงจุดเชื่อมท่อประธานในทิศทางน้ำออกจากพื้นที่ศึกษา

6.4.2.3.4 นำข้อมูลแรงดันน้ำลงในจุดทิศทางน้ำเข้าพื้นที่ศึกษา ในที่นี้กำหนดให้เป็น Reservoir แทนแหล่งผลิตน้ำ ซึ่งในโปรแกรม EPANET2.0Reservoir ถูกกำหนดให้เป็นแหล่งผลิตน้ำที่ไม่

จำกัดซึ่งสอดคล้องกับน้ำในระบบท่อประธานซึ่งรับน้ำจากสถานีสูบจ่ายน้ำบางเขนและสถานีสูบจ่ายน้ำประชานุกูล ซึ่งมีน้ำส่งให้พื้นที่ศึกษาตลอดเวลา และไม่จำกัด ทำให้เหลือเพียงข้อมูลแรงดันเฉลี่ยรายชั่วโมงที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเท่านั้น

จากนั้นเมื่อเตรียมข้อมูลครบ จึงจำลองระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษาด้วยแบบจำลอง EPANET 2.0การสอบเทียบข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าแรงดันน้ำจากจุดวัดภาคสนามทั้งหมด 44 จุด เป็นตัวสอบเทียบข้อมูล จากนั้นจึงปรับแก้ในแบบจำลองตามข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำ และสถานะเปิด-ปิดประตูน้ำในแบบจำลองให้น้ำเป็นไปในทิศทางเดียวกับความเป็นจริง จึงนำค่ามาเปรียบเทียบ

6.4.3 การประยุกต์แบบจำลองด้วยกรณีศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลองไปประยุกต์กับกรณีศึกษาโดยแบ่งเป็น 4 กรณี ดังนี้

6.4.3.1 กรณีปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มม. เป็น 1000 มม. บริเวณถนนรัชดาภิเษก ตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง ถนนกำแพงเพชร 2 ความยาวประมาณ 1,350 ม.

6.4.3.2 กรณีปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มม. เป็น 1200มม. บริเวณถนนแจ้งวัฒนะตั้งแต่คลองประปาถึงซอยแจ้งวัฒนะ 14 ความยาวประมาณ 730 ม.

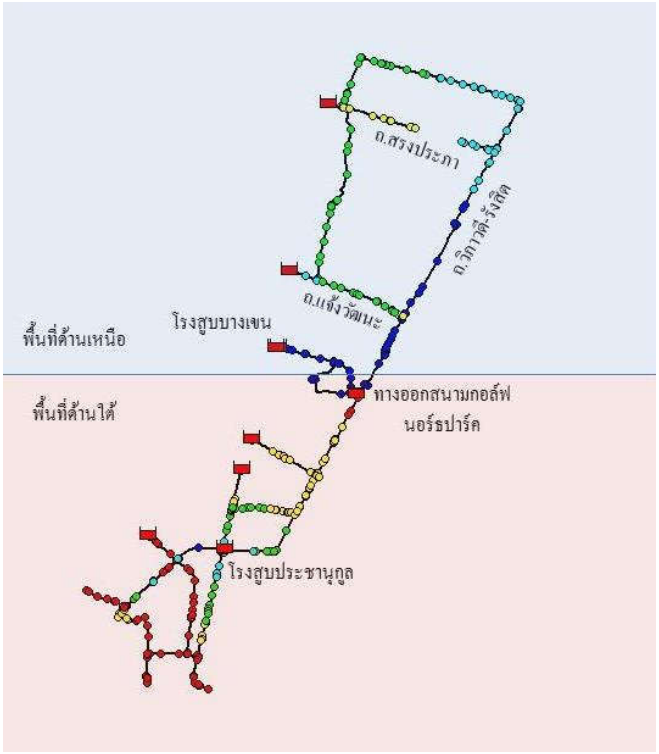
6.4.3.3 กรณีปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. เป็น 1000 มม. บริเวณถนนประชาชื่น ตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง แยกประชาชื่นตัดถนนประชาราษฎร์สาย 2 ความยาวประมาณ 2,800 ม.

6.4.3.4 กรณีปรับปรุงท่อ และวางท่อทุกกรณีที่ทดลอง

7. ผลการศึกษา

7.1 การสร้างแบบจำลองระบบโครงข่ายท่อประปา ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET2.0

แบบจำลองระบบโครงข่ายท่อประปาในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย จำนวนจุด(Node) 590 จุด Reservoir 11 จุด และมีจำนวนท่อ 564 เส้น



7.2 การสอบเทียบแบบจำลองระบบท่อประปา

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การสอบเทียบข้อมูลแรงดันน้ำบริเวณจุดทางเข้าพื้นที่ DMAภาคสนามจำนวน 44 จุดวัด จากนั้นใช้ข้อมูลการปรับทิศทางการไหลของน้ำในลักษณะของการปิด-เปิดประตูน้ำของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น เพื่อให้ได้ค่าสอบเทียบระหว่างค่าจากแบบจำลองระบบท่อประปา กับค่าที่วัดได้จากภาคสนาม โดยจากผลการสอบเทียบแรงดันมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ค่าแรงดันเฉลี่ยจากภาคสนาม 11.59 เมตร ค่าแรงดันเฉลี่ยจากการจำลองระบบท่อประปา 11.94 เมตรและค่าความแตกต่างของแรงดันเฉลี่ยระหว่างค่าจากภาคสนามกับค่าจากการจำลอง 0.35 เมตร คิดเป็นความคลาดเคลื่อนเท่ากับร้อยละ 3.01 จึงทำการทดสอบสมมุติฐานของค่าแรงดันเฉลี่ยจากภาคสนามกับค่าแรงดันเฉลี่ยจากแบบจำลอง โดยกำหนดการทดสอบสมมุติฐานของความแตกต่างทางสถิติ ดังนี้

$$H_0 \; ; \; \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 \; ; \; \mu_1 \neq \mu_2$$

$\mu_1 =$ ค่าแรงดันเฉลี่ยจากภาคสนาม

$\mu_2 =$ ค่าแรงดันเฉลี่ยจากแบบจำลอง

ทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

สมมุติฐานข้างต้นพบว่าค่า P-value (t-Test two-tailed) เท่ากับ 0.7001 จึงยอมรับ

สมมุติฐานH_0 แสดงว่าค่าเฉลี่ยแรงดันจากข้อมูลภาคสนามกับค่าเฉลี่ยแรงดันจากแบบจำลองEPANET2.0 ที่สร้างขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นจึงสามารถพิสูจน์ทางสถิติได้ว่าแบบจำลอง EPANET2.0 ที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลจริงได้ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ มิได้นำค่าความสูงต่ำจากระดับน้ำทะเลปานกลางมาคิด ซึ่งระบุในจุด (Node) มีค่าระดับความสูงต่ำจากระดับน้ำทะเลปานกลางเท่ากับศูนย์ทุก ๆจุด(Node) แต่ในความเป็นจริงค่าระดับในพื้นที่ศึกษาในแต่ละบริเวณมีการทรุดตัวของผิวดินไม่เท่ากัน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าแรงดันมีค่าที่แตกต่างกัน

7.3 การประยุกต์แบบจำลองด้วยกรณีศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลองไปประยุกต์กับกรณีศึกษาโดยแบ่งเป็น 4 กรณี ดังนี้

7.3.1 แบบจำลองกรณีที่ 1

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มม. เป็น 1000 มม. บริเวณถนนรัชดาภิเษกตั้งแต่แยกประชานุกูลถึง ถนนกำแพงเพชร 2 ความยาวประมาณ 1,350 ม.

จากการทดลองวางท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มม.ทดแทนท่อเดิมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มม. บนแบบจำลองระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษาบริเวณด้านใต้ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากโรงสูบ-จ่ายน้ำบางเขนและโรงสูบ-จ่ายน้ำประชานุกูลพบว่ามีค่าแรงดันที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ด้านใต้เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองระบบท่อประปาเริ่มต้น รวมถึงค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 12.33 เมตร

7.3.2 แบบจำลองกรณีที่ 2

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มม. เป็น 1200มม. บริเวณถนนแจ้งวัฒนะตั้งแต่คลองประปาถึงซอยแจ้งวัฒนะ 14 ความยาวประมาณ 730 ม.

จากการทดลองวางท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1200มม.ทดแทนท่อเดิมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000มม. บนแบบจำลองระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษาบริเวณด้านเหนือซึ่งได้รับอิทธิพลจากโรงสูบ-จ่ายน้ำบางเขนพบว่ามีค่าแรงดันที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ด้านเหนือเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองระบบท่อประปาเริ่มต้น รวมถึงค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 12.07 เมตร

7.3.3 แบบจำลองกรณีที่ 3

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600มม. เป็น 1000 มม. บริเวณถนนประชาชื่น ตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง แยกประชาชื่นตัดถนนประชาราษฎร์สาย 2 ความยาวประมาณ 2,800 ม.

จากการทดลองวางท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มม.ทดแทนท่อเดิมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600มม. บนแบบจำลองระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษาบริเวณด้านใต้ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากโรงสูบ-จ่ายน้ำบางเขนและโรงสูบ-จ่ายน้ำประชานุกูลพบว่ามีค่าแรงดันที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ด้านใต้

เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองระบบท่อประปาเริ่มต้น รวมถึงค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 13.37 เมตร

7.3.4 แบบจำลองกรณีที่ 4

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800มม. เป็น 1000มม. บริเวณถนนรัชดาภิเษกตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง ถนนกำแพงเพชร 2 ความยาวประมาณ 1,350 ม.

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000มม. เป็น 1200 มม. บริเวณถนนแจ้งวัฒนะตั้งแต่คลองประปาถึงซอยแจ้งวัฒนะ 14 ความยาวประมาณ 730 ม.

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600มม. เป็น 1000มม. บริเวณถนนประชาชื่น ตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง แยกประชาชื่นตัดถนนประชาราษฎร์สาย 2ความยาวประมาณ 2,800 ม.

จากการทดลองวางท่อดังกล่าวทดแทนท่อเดิม บนแบบจำลองระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษาบริเวณด้านเหนือและใต้ ที่ได้รับอิทธิพลจากโรงสูบ-จ่ายน้ำบางเขนและโรงสูบ-จ่ายน้ำประชานุกูล พบว่ามีค่าแรงดันที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองระบบท่อประปาเริ่มต้น รวมถึงค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 13.68 เมตร

8. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการจำลองระบบการจ่ายน้ำของพื้นที่ศึกษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น การประปานครหลวงด้วยแบบโปรแกรมจำลอง EPANET 2.0 มีขั้นตอนคือศึกษารวบรวมข้อมูล สอบเทียบแบบจำลองระบบท่อประปา และปรับแก้ให้ได้ค่าหลังการจำลองเทียบเคียงกับข้อมูลจริง การประยุกต์แบบจำลองด้วยกรณีศึกษาผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า

จากการสอบเทียบแบบจำลองระบบท่อประปา กับข้อมูลแรงดันน้ำบริเวณจุดทางเข้าพื้นที่ภาคสนามจำนวน 44 จุดมีความคล้ายคลึงกัน โดยค่าแรงดันเฉลี่ยจากแบบจำลองเท่ากับ 11.94 เมตร ค่าแรงดันเฉลี่ยจากภาคสนามเท่ากับ 11.59 เมตร และค่าความแตกต่างของแรงดันเฉลี่ยระหว่างค่าจากแบบจำลองกับค่าจากภาคสนามเท่ากับ 0.35 เมตร คิดเป็นร้อยละ 3.01 เมื่อพิจารณาจากขนาดของแบบจำลองและข้อจำกัดของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เป็นผลให้แบบจำลองที่ได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษา ดังผลการประยุกต์ใช้ทั้ง 4 กรณีศึกษา ดังนี้

8.1 แบบจำลองกรณีที่ 1

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มม. เป็น 1000 มม. บริเวณถนนรัชดาภิเษกตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง ถนนกำแพงเพชร 2 ความยาวประมาณ 1,350 ม.

จากการทดลองวางท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มม.ทดแทนท่อเดิมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มม. บนแบบจำลองระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษาบริเวณด้านใต้ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากโรงสูบ-จ่ายน้ำบางเขนและโรงสูบ-จ่ายน้ำประชานุกูลพบว่ามีค่าแรงดันที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ด้านใต้ เมื่อเปรียบเทียบกับ

แบบจำลองระบบท่อประปาเริ่มต้น รวมถึงค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 12.33 เมตร

8.2 แบบจำลองกรณีที่ 2

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มม. เป็น 1200มม. บริเวณถนนแจ้งวัฒนะตั้งแต่คลองประปาถึงซอยแจ้งวัฒนะ 14 ความยาวประมาณ 730 ม.

จากการทดลองวางท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1200 มม.ทดแทนท่อเดิมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000มม. บนแบบจำลองระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษาบริเวณด้านเหนือซึ่งได้รับอิทธิพลจากโรงสูบ-จ่ายน้ำบางเขนพบว่ามีค่าแรงดันที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ด้านเหนือ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองระบบท่อประปาเริ่มต้น รวมถึงค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 12.07 เมตร

8.3 แบบจำลองกรณีที่ 3

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600มม. เป็น 1000 มม. บริเวณถนนประชาชื่น ตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง แยกประชาชื่นตัดถนนประชาราษฎร์สาย 2 ความยาวประมาณ 2,800 ม.

จากการทดลองวางท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มม.ทดแทนท่อเดิมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. บนแบบจำลองระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษาบริเวณด้านใต้ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากโรงสูบ-จ่ายน้ำบางเขนและโรงสูบ-จ่ายน้ำประชานุกูล พบว่ามีค่าแรงดันที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ด้านใต้ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองระบบท่อประปาเริ่มต้น รวมถึงค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 13.37 เมตร

8.4 แบบจำลองกรณีที่ 4

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มม. เป็น 1000 มม. บริเวณถนนรัชดาภิเษกตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง ถนนกำแพงเพชร 2 ความยาวประมาณ 1,350 ม.

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มม. เป็น 1200มม. บริเวณถนนแจ้งวัฒนะตั้งแต่คลองประปาถึงซอยแจ้งวัฒนะ 14 ความยาวประมาณ 730 ม.

ปรับปรุงท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. เป็น 1000 มม. บริเวณถนนประชาชื่น ตั้งแต่แยกประชานุกูล ถึง แยกประชาชื่นตัดถนนประชาราษฎร์สาย 2 ความยาวประมาณ 2,800 ม.

จากการทดลองวางท่อดังกล่าวทดแทนท่อเดิม บนแบบจำลองระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษาบริเวณด้านเหนือและใต้ ที่ได้รับอิทธิพลจากโรงสูบ-จ่ายน้ำบางเขนและโรงสูบ-จ่ายน้ำประชานุกูล พบว่ามีค่าแรงดันที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองระบบท่อประปาเริ่มต้น รวมถึงค่าเฉลี่ยของแรงดันในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนจาก 11.94 เมตร เป็น 13.68 เมตร

จากการจำลองระบบท่อประปาภายใต้แรงดันบนโปรแกรม EPANET 2.0 พบว่าได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ แบบจำลองระบบท่อประปาสามารถจำลองได้คล้ายคลึงสถานการณ์จริง จึงสามารถนำไปใช้ทดสอบปรับเปลี่ยนตามกรณีที่ต้องการแล้วนำมาสรุปผล เมื่อพิจารณาในเรื่องค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างปรับปรุงด้วยวิธี

ขุดวางและงานดันท่อลอดซึ่งมีค่าก่อสร้างแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมด พบว่าการก่อสร้างในกรณีที่ 3 มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดเนื่องจากสามารถทำได้ด้วยวิธีขุดวางซึ่งผลกระทบของแรงดันเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ถึงร้อยละ 11.98 การปรับปรุงในกรณีดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะสามารถแก้ไขปัญหาเรื่องแรงดันในลำดับแรก

8.5 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการจำลองระบบท่อประปา เพื่อแก้ปัญหาแรงดันน้ำอ่อนในพื้นที่ศึกษา บริเวณสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น การประปานครหลวง เมื่อพิจารณาจากแรงดันที่แบบจำลองประมวลผลได้กับแรงดันที่ได้จากภาคสนามได้ผลเป็นที่พอใจแต่หากจะเพิ่มประสิทธิภาพในการจำลองระบบท่อประปาให้ดียิ่งขึ้น ข้อเสนอดังต่อไปนี้จะมีส่วนช่วยให้การจำลองสมบูรณ์ขึ้น และจะเป็นประโยชน์กับผู้ศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไป

8.5.1การศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาจุดทุกจุด มีระดับความสูงเท่ากันทั้งหมด หากมีข้อมูลที่แน่ชัดถึงระดับของเส้นท่อจะทำให้ผลการจำลองระบบท่อประปามีค่าที่ใกล้เคียงเพิ่มมากยิ่งขึ้น

8.5.2หากมีการปรับปรุงในภาคสนาม ควรจะต้องนำมาปรับปรุงในฐานข้อมูลเพื่อข้อมูลมีความเป็นปัจจุบันมากที่สุด จะส่งผลถึงการจำลอง จะมีค่าที่ใกล้เคียงเพิ่มมากขึ้น

8.5.3ควรมีการตรวจสอบค่าของเครื่องวัดภาคสนาม เนื่องจากจุดวัดภาคสนามติดตั้งมาไม่น้อยกว่า 5 ปี จะทำให้ค่าที่ได้จากแบบจำลองใกล้เคียงเพิ่มขึ้น

บรรณานุกรม

ธนพัฒน์ วัฒนธรรม (2558). การศึกษาและวิเคราะห์การวางท่อส่งน้ำประปาลอดใต้แม่น้ำลัดเกร็ด ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธีรเดช กัจฉปคีรินทร์ (2552). การบริหารจัดการพื้นที่เฝ้าระวังน้ำสูญเสีย ในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น ของการประปานครหลวง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) . กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุทธิศักดิ์ ลาภประเสริฐ (2547). การจำลองระบบสูบจ่ายน้ำในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาทุ่งมหาเมฆของการประปานครหลวง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) . กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (2560). บทสรุปสำหรับผู้บริหารการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้บริการของการประปานครหลวง ปีงบประมาณ 2560, 8

A. E. Adeniran and M. A. Oyelowo. (2013). An EPANET Analysis of Water Distribution Network of the University of Lagos, Nigeria. University of Lagos, Nigeria: Nigeria

Arjun Kumar. Et al. (2015). Design of Water Distribution System Using Epanet. Arni University: India

Lewis A. Rossman. (2000). EPANET 2 USERS MANUAL. United State: Author.

RASOOLI Ahmadullah and KANG Dongshik. (2016). Designing of Hydraulically Balanced Water Distribution Network Based on GIS and EPANET. University of The Ryukyus: Japan

Shivalingaswami. S. Et al (2016) ศึกษาเรื่อง “Hydraulic modeling of water supply network using EPANET. Belagavi: India