

บทความวิจัย

การจัดการแรงดันน้ำสำหรับการประปาส่วนภูมิภาค สาขาเขายาย

โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0

โสภณ มณีโชติ, มนัส อนุศิริ, และชลัท ทิพาการเกียรติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทคัดย่อ

การจัดการแรงดันน้ำสำหรับการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเขายาย โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 วัตถุประสงค์การศึกษา 1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมทางพลศาสตร์ของระบบจ่ายน้ำประปาในเขตพื้นที่ ของสถานีจ่ายน้ำบางแก้ว และสถานีจ่ายน้ำ สำนักงานการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเขายาย โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 และ 2. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 ในการบริหารจัดการแรงดันน้ำ ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเขายาย และ 3. เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถของโครงข่ายแนวท่อ ในกรณีปริมาณความต้องการใช้น้ำและน้ำสูญเสียเพิ่มขึ้นจาก ปัจจุบัน 30 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาสามารถจำลองระบบการจ่ายน้ำของพื้นที่ศึกษาในโปรแกรม EPANET 2.0 โดยมีจำนวน Node demand 555 จุด เป็นตัวแทนของกลุ่มผู้ใช้น้ำปัจจุบัน และจำนวน Node ตัวแทนจุดวัดค่าแรงดันน้ำสำหรับการใช้ในการ สอบเทียบค่า จำนวน 17 จุด วาล์วน้ำควบคุมสถานะปิด จำนวน 21 จุด และประตุน้ำที่มีการควบคุมจำนวน 12 จุด อ่างเก็บน้ำ จำนวน 3 แห่ง และมีจำนวนท่อ 578 เส้นท่อ โดยมีผลการสอบเทียบแบบจำลองกับค่าแรงดันน้ำในพื้นที่จำนวน 17 จุด พบว่า ค่าแรงดันน้ำเฉลี่ยจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 12.108 ม. และค่าแรงดันน้ำเฉลี่ยในภาคสนามมีค่าเท่ากับ 12.126 ม. มีค่าความแตกต่างเท่ากับ 0.245 ม. หรือคิดเป็น % ค่าความแตกต่างเท่ากับ 2.572 % ได้ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เท่ากับ 0.789 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r เท่ากับ 0.890 ผลการสอบเทียบ Demand ในแบบจำลองพบว่า ในพื้นที่จ่ายน้ำอำเภอเขายายโซนต่ำ มีอัตราการน้ำสูญเสียสูงสุด และผลการบริหารจัดการแรงดันน้ำ ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 โดยใช้ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำและปริมาณน้ำสูญเสียในเดือน ตุลาคม 2561

ในการวิเคราะห์ พบว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 สามารถช่วยในการวิเคราะห์และจัดการแรงดันน้ำ จากการจำลองการปรับขอบเขตในการจ่ายน้ำ และปรับรูปแบบการจ่ายน้ำพร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วาล์วควบคุม (Control Valve) และวางท่อเสริมแรงดัน ที่กำหนดไว้ได้ดี ค่าแรงดันน้ำที่ได้พบว่าเพียงพอ และเหมาะสมต่อการใช้งานทุกพื้นที่ และสอดคล้องกับปริมาณความต้องการใช้น้ำของแต่ละพื้นที่ใน ช่วงเวลาต่างๆ และยังส่งผลต่อการลดอัตราการรั่วของน้ำในระบบ นั้นหมายความว่า การจัดการแรงดันน้ำ ที่ทำการกำหนดแนวทางไว้ในแบบจำลองสามารถนำไปใช้ได้ และจากผลดังกล่าวสามารถสรุปผลการบริหารจัดการแรงดันน้ำ ได้

คำสำคัญ: แรงดันน้ำ, การประปาส่วนภูมิภาค, EPANET 2.0

WATER PRESSURE MANAGEMENT FOR KHAO CHAISON BRANCH PWA BY EPANET 2.0 MATHEMATICAL MODEL

*Sopon Maneechot, Manus Anusiri and Chalot Tipakormkiat
Rajamangala University of Technology Srivijaya*

Abstract

Water pressure management for the Khao Chaison Provincial Waterworks Authority by using the EPANET 2.0 mathematical model. 1.To study the hydraulic behavior of the water supply system in the area of the Bang Kaeo water distribution station and water distribution station Provincial Waterworks Authority Khao Chaison Branch Using the EPANET 2.0 math model and 2. to apply the EPANET 2.0 mathematical model in water pressure management. of the Provincial Waterworks Authority, Khao Chaison Branch; and 3. To analyze the capacity of the pipeline network. In the case of water demand and water loss increased by 30 percent from the present, this study can simulate the water supply system of the study area in EPANET 2.0 program with 555 Node demand points representing the current water users and Number of nodes representing water pressure measurement points for calibration: 17 points, 21 closed state water valves, 12 controlled water gates, three reservoirs, and 578 pipelines. The model was calibrated with 17 local water pressure values. It was found that the mean water pressure from the model was 12.108 m, and the average water pressure in the field was 12.126 m. The difference was 0.245 m., or as %, the difference was 2.572 %. The square root of the mean square error (RMSE) was 0.789, and the correlation coefficient r was 0.890. Found the Demand calibration results in the model in the supply area. Khao Chaison district water, the low zone, has the highest water loss rate and water pressure management results With the EPANET 2.0 mathematical model using data on water user demand and water loss in October 2018 for analysis.

It was found that the EPANET 2.0 mathematical model can help in the research and management of water pressure. The simulation of adjusting the water supply boundary and adjusting the water distribution model, installing a control valve device, placing a pressure pipe well defined, and finding the water pressure was sufficient. And suitable for use in all areas and amount of water demand of each area in time intervals. It also affects the reduction of the rate of water leakage in the system. That means water pressure management. It can apply the model's guidelines, and from the above results, the results of water pressure management can be concluded.

Keywords: *Water Pressure, Provincial Waterworks Authority, EPANET 2.0*

คำขอบคุณ ACKNOWLEDGEMENT : งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทนำ (Introduction)

การประปาส่วนภูมิภาคจัดตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2522 ตามพระราชบัญญัติการประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2522 โดยโอนกิจการประปา ตลอดจนข้าราชการและลูกจ้างของกองประปาส่วนภูมิภาค กรมโยธาธิการและกองประปาชนบท กรมอนามัย มาเป็นลูกจ้างและพนักงานของการประปาส่วนภูมิภาค ปัจจุบันการประปาส่วนภูมิภาค มีพื้นที่รับผิดชอบครอบคลุมพื้นที่ 73 จังหวัด ซึ่งแบ่งพื้นที่ความรับผิดชอบออกเป็น 10 เขต รวมทั้งหมด 233 สาขา ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพื้นที่การให้บริการน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเขาชัยสน ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งที่อยู่ในพื้นที่ความรับผิดชอบของการประปาส่วนภูมิภาคเขต 5

จากการขยายตัวของชุมชนเมืองและความเจริญทางเศรษฐกิจในพื้นที่อำเภอบางแก้ว และอำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง และมีแนวโน้มว่าจะมีจำนวนประชากรและปริมาณการใช้น้ำเพิ่มขึ้นในอนาคตส่งผลให้ในปัจจุบันการให้บริการน้ำประปาในพื้นที่ดังกล่าวประสบกับปัญหาแรงดันน้ำที่ให้บริการต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ไม่ควรต่ำกว่า 5 เมตร) กล่าวคือมีแรงดันน้ำต่ำในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้น้ำสูงสุด (On Peak : 07.00- 09.00น.) ต่ำกว่า 5 เมตร จึงเกิดปัญหาน้ำไหลอ่อนถึงไม่ไหลในบริเวณดังกล่าว เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาอุปสรรคและผลกระทบในการบริหารจัดการน้ำในระบบประปา ที่มุ่งมั่นที่จะสร้างความพึงพอใจให้กับผู้บริโภค ที่ไม่อาจสามารถบรรลุเป้าหมายตามที่คาดหวังไว้ได้ แต่กลับมีแรงดันน้ำสูงเกิน (ไม่ควรเกิน 20 เมตร สำหรับพื้นที่การประปาส่วนภูมิภาคสาขาเขาชัยสน) ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้น้ำต่ำสุด (Off Peak : 01.00- 03.00 น.) จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสียสูงตามมา กล่าวคือเมื่อมีแรงดันน้ำที่สูงในช่วงที่มีการใช้น้ำน้อยจะส่งผลกระทบต่อการแตกรั่วของท่อน้ำได้ง่าย เนื่องจากแรงดันน้ำจ่ายจากต้นทางในปัจจุบันไม่สอดคล้องกับรูปแบบความต้องการใช้น้ำของผู้บริโภคและแนวเส้นท่อในบางพื้นที่ไม่รองรับกับการจัดการแรงดันให้เหมาะสมได้ ดังนั้นการบริหารจัดการแรงดันน้ำในพื้นที่จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว

ในการกำหนดแนวทางการบริหารจัดการแรงดัน โดยทั่วไปสามารถดำเนินการได้ 2 วิธี คือ 1) การออกแบบและกำหนดแนวทาง โดยการใช้แบบจำลองชลศาสตร์ 2) การออกแบบโดยอาศัยประสบการณ์ สำหรับการออกแบบโดยวิธีที่ 2 นั้นจะมีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดโครงข่ายแนวท่อและระบบการจ่ายน้ำ ความซับซ้อนของเส้นท่อและการวิเคราะห์ขีดความสามารถในการรองรับอัตราการเพิ่มของผู้ใช้น้ำในอนาคต ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากและใช้ระยะเวลาดำเนินการนานพอสมควร ในปัจจุบันมีการนำโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการจำลองโครงข่ายแนวท่อและระบบการจ่ายน้ำมาช่วยในการทำงาน เพื่อเป็นการแก้ปัญหาในเรื่องข้อจำกัดที่เกิดขึ้นต่อการวิเคราะห์ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 ในการจำลองโครงข่ายแนวท่อและวิเคราะห์ระบบการจ่ายน้ำ ซึ่งแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 สามารถวิเคราะห์อัตราการไหล ทิศทางการไหลและแรงดันน้ำ รวมทั้งยังสามารถทดลองปรับขอบเขต-รูปแบบในการจ่ายน้ำ หรือปรับแก้ขนาดเส้นท่อและเพิ่มเติมเส้นท่อในแบบจำลอง รวมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วาล์วควบคุม (Control Valve) ได้ ทำให้มีความสะดวกในการทำงานสามารถลดขั้นตอน ลดระยะเวลา ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและให้ค่าที่สอดคล้องกับความเป็นจริง โดยแบบจำลองที่จะนำมาใช้งานต้องผ่านการสอบเทียบค่าความถูกต้องระหว่างข้อมูลที่บันทึกได้จากงานจริงกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง เพื่อให้การบริหารจัดการแรงดันน้ำ และวางเส้นท่อเพิ่มเติม มีความเหมาะสมต่อระบบการจ่ายน้ำและสามารถรองรับอัตราการเพิ่มของผู้ใช้น้ำในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งสามารถใช้ผลจากการวิเคราะห์ประกอบการวางแผนโครงการงานปรับปรุงเส้นท่อ งานขยายเขตจำหน่ายน้ำในแต่ละปีงบประมาณและยังสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองเพิ่มเติมในการออกแบบพื้นที่ย่อย (DMA) เพื่อตรวจสอบและเฝ้าระวัง ซึ่งจะสามารถลดน้ำสูญเสียได้อีกทางหนึ่ง

ดังนั้น การวิเคราะห์ปัญหาระบบการจ่ายน้ำโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการศึกษาและวิจัยสำหรับการบริหารจัดการแรงดันน้ำ เพื่อเป็นแนวทางประกอบในการตัดสินใจสำหรับการใช้

งานจริง อีกทั้งแบบจำลอง EPANET 2.0 ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดโครงข่ายแนวท่อ และยังสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้หลายรูปแบบ และที่สำคัญเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ไม่มีค่าลิขสิทธิ์ในการนำมาใช้งาน

วัตถุประสงค์ (Objective of the Research)

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของระบบจ่ายน้ำประปาในเขตพื้นที่ ของสถานีจ่ายน้ำบางแก้ว และสถานีจ่ายน้ำ สำนักงานการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเขาชัยสน โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0
2. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 ในการบริหารจัดการแรงดันน้ำ ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเขาชัยสน
3. เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถของโครงข่ายแนวท่อ ในกรณีปริมาณความต้องการใช้น้ำและน้ำสูญเสียเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน 30 เปอร์เซ็นต์

วิธีวิจัย (Research Methodology)

ข้อมูลการใช้น้ำสำหรับพื้นที่ศึกษา

การเตรียมข้อมูลการใช้น้ำสำหรับพื้นที่ศึกษาจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. ข้อมูลการใช้น้ำปัจจุบัน (เดือนตุลาคม 2561 สำหรับสอบเทียบ) และ 2. ข้อมูลการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน 30 เปอร์เซ็นต์ (สำหรับประยุกต์ใช้แบบจำลอง)

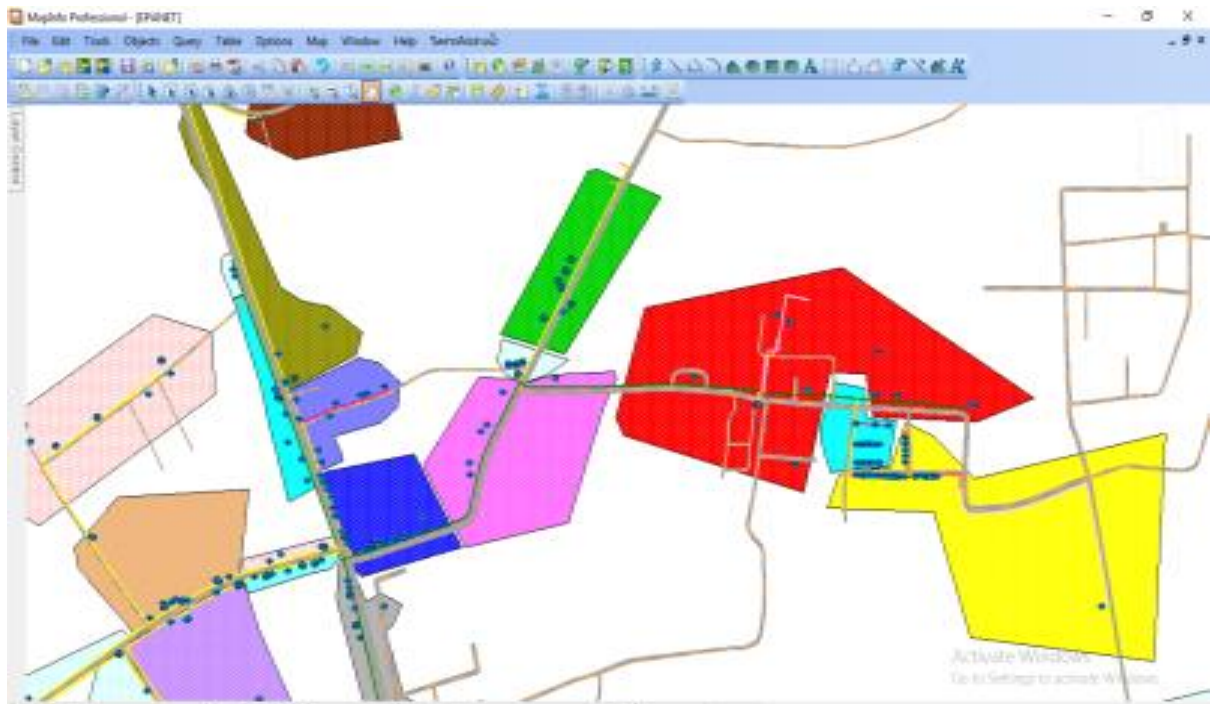
ส่วนที่ 1 การเตรียมข้อมูลการใช้น้ำสำหรับส่งเข้าแบบจำลองแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลน้ำจำหน่ายจากระบบ Billing เดือนตุลาคม 2561 สามารถแบ่งข้อมูลน้ำจำหน่ายในพื้นที่ศึกษาได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำจำหน่ายในพื้นที่ศึกษา (ข้อมูลเดือนตุลาคม 2561)

พื้นที่	จำนวนผู้ใช้น้ำ(ราย)	ปริมาณความต้องการ (ลบ.ม./ชม.)
อำเภอบางแก้ว	1,499	30.87
อำเภอเขาชัยสนโซนต่ำ	858	16.062
อำเภอเขาชัยสนโซนสูง	480	10.617
รวม	2,837	57.548

จากนั้นทำการสร้างขอบเขตพื้นที่อิทธิพลการรับน้ำของกลุ่มมาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำ (Group Demand) ที่รับน้ำจ่ายจากท่อเมนที่มีขนาดตั้งแต่ 100 มม. ขึ้นไป รอบจุดตัดประสานระหว่างท่อเมนกับท่อบริการที่ประสานกับมาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำแต่ละกลุ่ม ในโปรแกรม Mapinfo Professional และกำหนด J_ID ของแต่ละจุดหรือ Node Demand จากนั้นทำการรวมปริมาณน้ำที่จำหน่ายได้จากระบบ Billing ซึ่งอยู่ในชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำแต่ละกลุ่ม ในโปรแกรม MapInfo Professional



ภาพที่ 1 การรวมกลุ่มมาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำ (Group Demand)

จากนั้นส่งออกเป็นไฟล์ excel ซึ่งค่า J_ID ของแต่ละ Node Demand จะมีค่าปริมาณน้ำจำหน่ายและจำนวนมาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำแต่ละกลุ่ม ของเดือน ตุลาคม 2561 ปริมาณน้ำจำหน่ายดังกล่าวจะเป็นตัวแทนของอัตราความต้องการใช้น้ำของแต่ละ Node จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยอัตราความต้องการใช้น้ำให้อยู่ในรูปของหน่วย ลบ.ม./ชม.

2) ข้อมูลน้ำสูญเสีย เป็นข้อมูลที่ได้จากการรายงานในแบบฟอร์ม สส.5 โดยปริมาณน้ำสูญเสีย = (ปริมาณน้ำผ่านมาตรวัดน้ำหลัก - ปริมาณน้ำจำหน่ายผ่านมาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำ) จากข้อมูลน้ำสูญเสียในระบบจำหน่ายทั้งหมด ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเขาชัยสน พบว่าเดือน ตุลาคม 2561 มีอัตราน้ำสูญเสีย 38.78% สามารถแบ่งอัตราน้ำสูญเสียในพื้นที่ศึกษาได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราน้ำสูญเสียในพื้นที่ศึกษา (ข้อมูลเดือนตุลาคม 2561)

พื้นที่	ปริมาณน้ำสูญเสีย (ลบ.ม./ชม.)	อัตราน้ำสูญเสีย(%)
อำเภอบางแก้ว	18.681	37.70
อำเภอเขาชัยสนโซนต่ำ	12.605	43.97
อำเภอเขาชัยสนโซนสูง	15.000	29.22
รวม	36.461	38.78

ในขั้นตอนนี้เป็นการจัดการข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่าย และน้ำสูญเสียทั้งหมดในระบบ เพื่อทำการส่งเข้าแบบจำลองและจัดทำข้อมูลสมดุลน้ำ (Water Balance) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการจัดการข้อมูลปริมาณน้ำของแต่ละ Node โดยชื่อ ID ของแต่ละ Node ในโปรแกรม Microsoft Excel จะเป็นชื่อเดียวกันกับ Node ในโปรแกรม EPANET 2.0 ทั้งนี้เพื่อความสะดวกต่อการนำเข้าข้อมูลในขั้นตอนของการสอบเทียบ Demand ต่อไป

ส่วนที่ 2 การเตรียมข้อมูลหาปริมาณความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน 30 เปอร์เซ็นต์ คำนวณความต้องการใช้น้ำสำหรับส่งเข้าแบบจำลอง สำหรับการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้แบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย

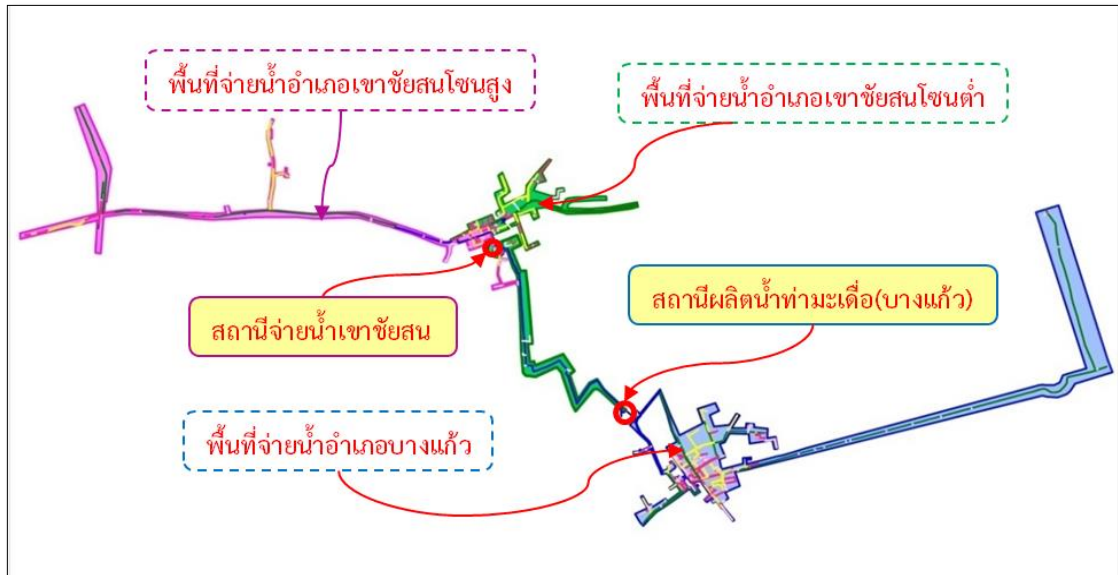
1) วิเคราะห์หาปริมาณความต้องการใช้น้ำ โดยการคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำในแต่ละ Node เพิ่มขึ้น 30 %
 ทั่วพื้นที่ศึกษาผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างผลการคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำในแต่ละ Node เพิ่มขึ้น 30 %

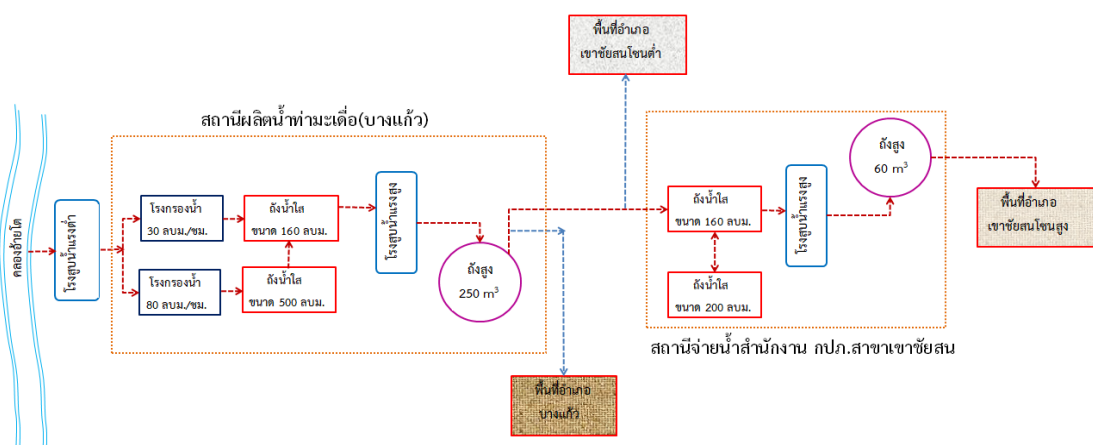
Node ID	ปริมาณน้ำ จำหน่าย (ลบ.ม./ชม.)	ปริมาณน้ำสูญเสีย พื้นฐาน (ลบ.ม./ชม.)	ปริมาณน้ำสูญเสีย เทียบ (ลบ.ม./ชม.)	ผลรวม Demand (ลบ.ม./ชม.)	Demand เพิ่มขึ้น 30 % (ลบ.ม./ชม.)
j1	0.290	0.014	0.027	0.331	0.431
j2	0.110	0.005	0.010	0.126	0.163
j3	0.050	0.002	0.005	0.057	0.074
j4	0.050	0.002	0.005	0.057	0.074
j5	0.190	0.009	0.018	0.217	0.282
j6	0.210	0.010	0.020	0.240	0.312
j7	0.090	0.004	0.008	0.103	0.134
j8	0.090	0.004	0.008	0.103	0.134
j9	0.080	0.004	0.007	0.091	0.119
j10	0.040	0.002	0.004	0.046	0.059
j11	0.040	0.002	0.004	0.046	0.059
j12	0.040	0.002	0.004	0.046	0.059
j13	0.050	0.002	0.005	0.057	0.074
j14	0.050	0.002	0.005	0.057	0.074
j15	0.050	0.002	0.005	0.057	0.074
j16	0.150	0.007	0.014	0.171	0.223
j17	0.010	0.000	0.001	0.011	0.015
j18	0.180	0.009	0.017	0.206	0.267
j19	0.260	0.013	0.024	0.297	0.386
j20	0.060	0.003	0.006	0.069	0.089

ข้อมูลขอบเขตการแบ่งพื้นที่จ่ายน้ำปัจจุบัน

สำรวจขอบเขตการแบ่งพื้นที่จ่ายน้ำในพื้นที่ศึกษา โดยทำการสำรวจเก็บข้อมูลสถานะการเปิด-ปิดวาล์วน้ำตั้งแต่ขนาด 100 มม.ขึ้นไปในพื้นที่ทั้งหมด เพื่อนำเข้าข้อมูลดังกล่าวในแบบจำลอง ข้อมูลนี้มีความสำคัญมากต่อการสอบเทียบค่าแรงดันน้ำในแบบจำลองเพราะจะส่งผลโดยตรงต่อค่าแรงดันน้ำในพื้นที่ศึกษา และจากการศึกษาระบบการจ่ายพบว่าปัจจุบันมีการแบ่งพื้นที่จ่ายน้ำออกเป็น 3 พื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 ขอบเขตการแบ่งพื้นที่จ่ายน้ำปัจจุบัน



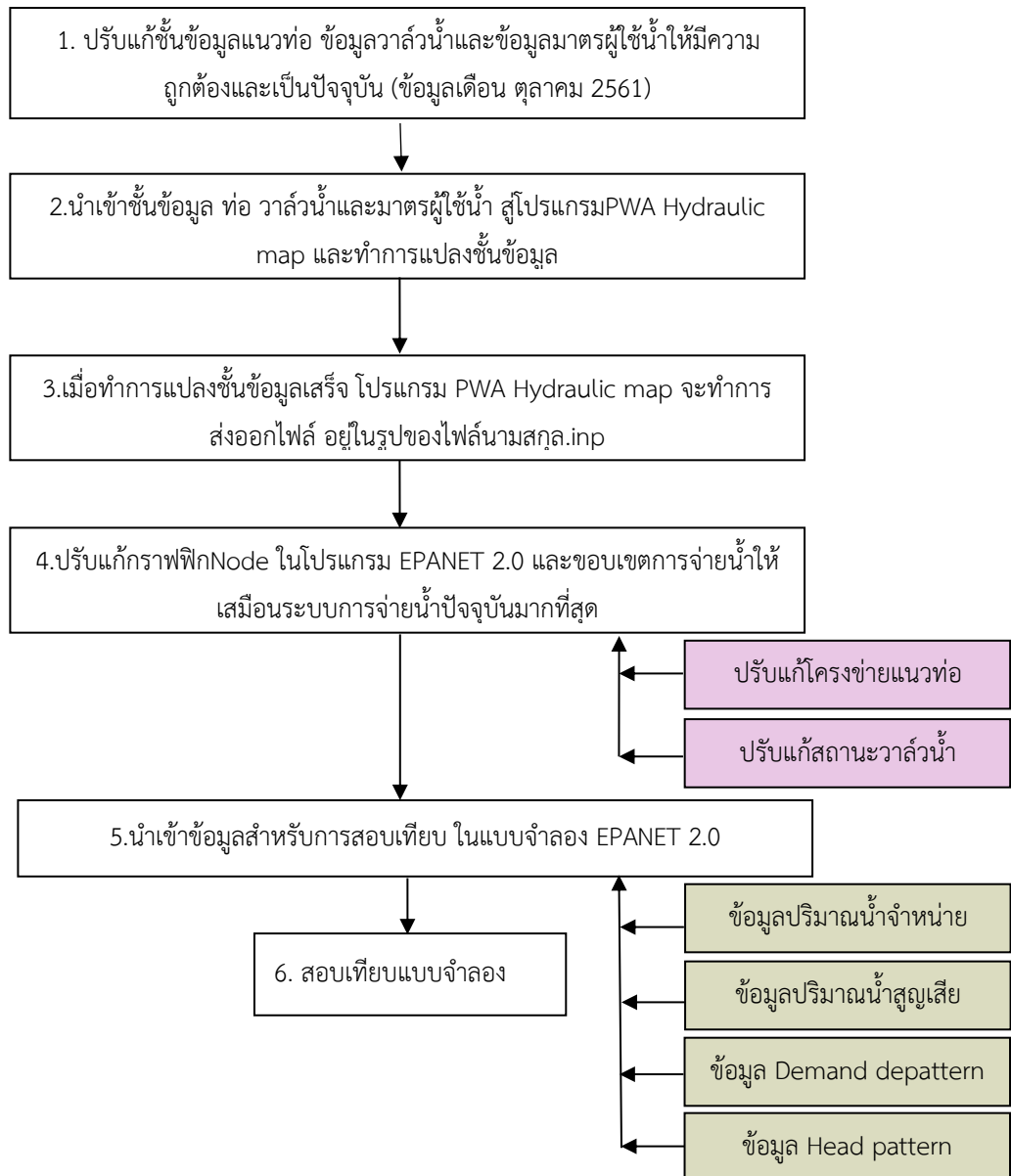
ภาพที่ 3 ผังแสดงการจ่ายน้ำปัจจุบัน

การจำลองระบบการจ่ายน้ำ

ขั้นตอนการสร้างโครงข่ายแนวท่อในแบบจำลอง การศึกษาที่ใช้โปรแกรม PWA Hydraulic map เข้ามาช่วยในการสร้าง Graphic Node เป็นการนำเข้าชั้นข้อมูลระบบท่อ ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำและชั้นข้อมูลวาล์วน้ำ ของเดือนตุลาคม 2561จากฐานข้อมูลในโปรแกรม Mapinfo Professional เข้าสู่โปรแกรม PWA Hydraulic map เพื่อแปลงข้อมูลและสร้างความสัมพันธ์ของชั้นข้อมูล จากนั้นโปรแกรมจะส่งออกไฟล์ อยู่ในรูปนามสกุล .inp และทำการปรับแก้ Graphic Node ของโครงข่ายระบบท่อในแบบจำลอง EPANET 2.0 เพื่อให้รูปร่างของโครงข่ายแนวท่อเหมือนจริงมากที่สุดพร้อมตั้งชื่อ ID ของ

Node ที่จะนำเข้าสู่ข้อมูลปริมาณน้ำให้ตรงตามที่กำหนดไว้ในการ Group Demand จากนั้นส่งออกไฟล์จากแบบจำลอง EPANET 2.0 อยู่ในรูปนามสกุล .inp และใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการจัดการข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่ายและน้ำสูญเสีย และส่งออกไฟล์เข้าสู่แบบจำลอง EPANET 2.0 เพื่อประมวลผลอีกครั้ง

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสำหรับการสอบเทียบ



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสำหรับการสอบเทียบ

การสอบเทียบแบบจำลอง

จากการสร้างแบบจำลองสำหรับการสอบเทียบแล้วเสร็จ ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสอบเทียบแบบจำลองโครงข่ายแนวท่อของการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลค่าแรงดันน้ำที่ได้จากภาคสนามจำนวน 17 จุด สอบเทียบกับค่าแรงดันน้ำที่ได้จากการประมวลผลจากแบบจำลอง ซึ่งการสอบเทียบค่าแรงดันน้ำจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

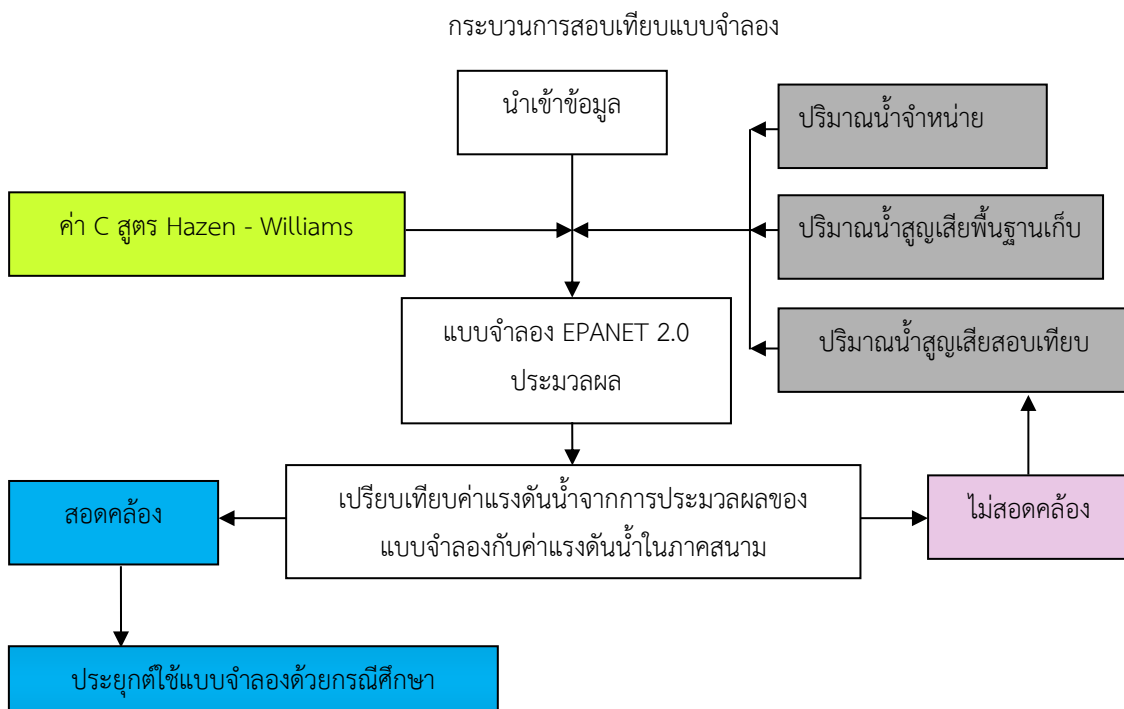
1. การสอบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานภายในท่อ

การสอบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานภายในเส้นท่อหรือค่า C ในสูตร Hazen-Williams โดยการกำหนดค่า C ของท่อนั้นพิจารณาจากชนิดของท่อและอายุการใช้งานซึ่งเมื่ออายุการใช้งานของท่อมียาวมากขึ้น ค่า C จะมีค่าลดลง ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อมูลชนิดท่ออยู่ 3 ชนิดคือ ท่อเหล็กเหนียว ท่อ PVC และท่อ HDPE ซึ่งจะมีค่า C ตั้งแต่ 100 -140

2. การสอบเทียบ Demand

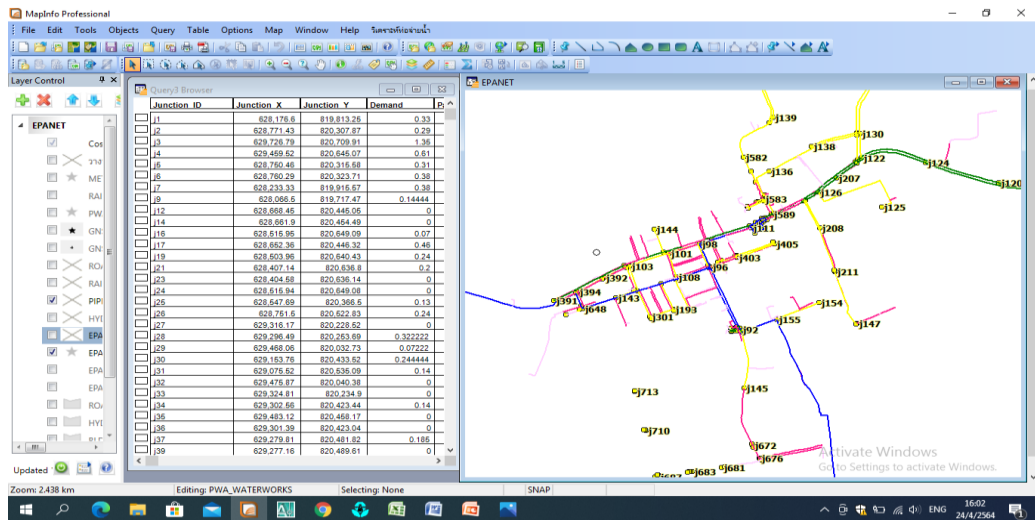
การสอบเทียบอัตราการไหลในระบบการจ่ายน้ำ เป็นการกระจายปริมาณน้ำเข้าสู่ระบบท่อจ่ายน้ำตาม Node Demand ที่กำหนดไว้ซึ่งปริมาณน้ำดังกล่าวจะประกอบด้วย 1. ปริมาณความต้องการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำเดือน ตุลาคม 2561 และ 2. ปริมาณน้ำสูญเสียในระบบท่อจ่ายน้ำเดือน ตุลาคม 2561 ในส่วนของปริมาณน้ำสูญเสียในระบบท่อจ่ายน้ำ จะทำการแบ่งน้ำสูญเสียออกเป็น 2 ส่วนคือน้ำสูญเสียพื้นฐานและน้ำสูญเสียสำหรับการสอบเทียบทั้งนี้ค่าอัตราการไหลต้นทางในแบบจำลองต้องไม่เกินค่าอัตราการไหลที่วัดจริงจากข้อมูลน้ำจ่ายต้นทางผ่านมาตรวัดน้ำหลัก

3. กระบวนการสอบเทียบแบบจำลอง



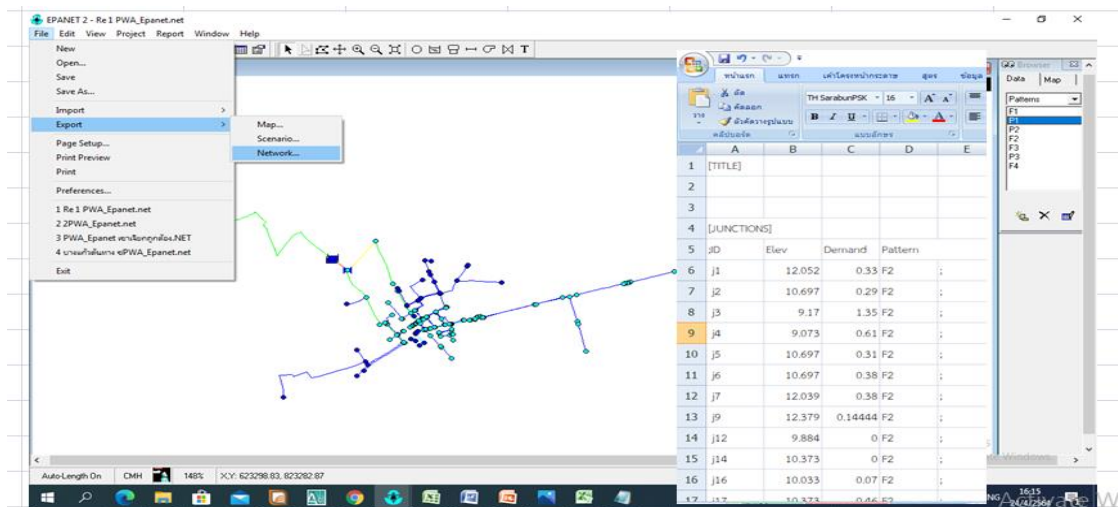
ภาพที่ 5 กระบวนการสอบเทียบแบบจำลอง

ในการสอบเทียบแบบจำลอง EPANET 2.0 สามารถอธิบายกระบวนการสอบเทียบ ตามภาพที่ 5 ได้เป็นขั้นตอนดังนี้
 ขั้นตอนที่ 1 ทำการส่งออกข้อมูลผลรวมข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่ายของแต่ละ Node Demand จากโปรแกรม Mapinfo Professional จากการเตรียมข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง ให้อยู่ในรูปของข้อมูลไฟล์ Excel



ภาพที่ 6 การเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่ายจากโปรแกรม Mapinfo Professional

ขั้นตอนที่ 2 ทำการส่งออกชั้นข้อมูลไฟล์แบบจำลอง EPANET 2.0 จากการสร้างแบบจำลองสำหรับการสอบเทียบให้อยู่ในรูปของไฟล์นามสกุล .inp เปิดไฟล์ดังกล่าวใน Notepad และส่งออกให้อยู่ในรูปของข้อมูลไฟล์ Excel



ภาพที่ 7 การส่งออกชั้นข้อมูลไฟล์แบบจำลอง EPANET 2.0

ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการจัดการข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่ายและปริมาณน้ำสูญเสีย จากการเตรียมข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลองใน ส่วนที่1 ในกระบวนการนี้ จะเป็นการนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่าย ปริมาณน้ำสูญเสียพื้นฐานและปริมาณน้ำสูญเสียสอบเทียบ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 3.1 การจัดทำข้อมูลสมมูลน้ำในพื้นที่ศึกษา เป็นการนำข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่ายและปริมาณน้ำสูญเสียในพื้นที่ศึกษามาแบ่งตามอิทธิพลของพื้นที่การจ่ายน้ำผ่านมาตรวัดน้ำหลัก ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ คือ พื้นที่อำเภอบางแก้ว, พื้นที่อำเภอเขาชัยสนโซนต่ำ และพื้นที่อำเภอเขาชัยสนโซนสูงและดำเนินการแบ่ง Node Demand หรือ J_ID ตาม

อิทธิพลการรับน้ำจ่ายของแต่ละพื้นที่เพื่อรณำเนินการนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่าย ปริมาณน้ำสูญเสียพื้นฐานและปริมาณน้ำสูญเสียสอบเทียบ สู่ Node Demand หรือ J_ID ต่อไป

กระจายน้ำสูญเสีย									
พื้นที่	จำนวนราย	นำผ่านมาตร ผชน.		นำผ่านมาตรหลัก	นำส่งไปยัง	ปริมาณน้ำจ่ายสุทธิ	ปริมาณน้ำจ่ายสุทธิ - น้ำ Blow off	น้ำสูญเสีย	%น้ำสูญเสีย
		ปริมาณน้ำขาย	ปริมาณน้ำอื่น ๆ	ปริมาณน้ำจ่าย	เขายั่งยืน				
อำเภอบางแก้ว	1499.00	30.870	0.000	49.708	44.458			18.682	37.70%
เขายั่งยืนตอนต่ำ	858.00	16.062	0.000	28.667	0.000	28.667		12.605	43.97%
เขายั่งยืนตอนสูง	480.00	10.617	0.000	15.000	0.000			4.383	29.22%
น้ำรับลงถึงน้ำใส	0.00	0.000	-	0.000	0.000			0.000	-
blow off			0.470	0.000				0.000	0.00%
รวม	2837.00	57.548	0.000	94.167	0.000			36.461	38.78%
รวมน้ำขาย		57.55							
% น้ำสูญเสีย		38.78%							
พื้นที่เขายั่งยืนตอนสูง									
	%	ปริมาณ							
น้ำสูญเสีย	29.22%	4.38							
พื้นฐาน	10%	1.50							
กระจาย	19.22%	2.88							
TOTAL_DMUS	น้ำขาย	ตัวคูณกระจาย	พื้นฐาน25%	กระจาย 16.93%					
40.929	35.840	1.16	1.74	3.35	A				

ภาพที่ 8 ตัวอย่างการจัดทำข้อมูลสมมูลน้ำในพื้นที่อำเภอเขายั่งยืนตอนสูง

ขั้นตอนที่ 3.2 การนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่าย ปริมาณน้ำสูญเสียพื้นฐานและปริมาณน้ำสูญเสียสอบเทียบ สู่ Node Demand หรือ J_ID

1) การนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่าย เป็นการสร้างความสัมพันธ์ของไฟล์งานโดยการเขียนคำสั่งสร้างความสัมพันธ์ข้อมูลน้ำจำหน่ายที่ได้จากไฟล์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 ในโปรแกรม Microsoft Excel

2) การนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำสูญเสียพื้นฐาน ผลจากการทำข้อมูลสมมูลน้ำทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำสูญเสียในแต่ละพื้นที่ตามอิทธิพลขอบเขตการจ่ายน้ำเดิมในการนำเข้าข้อมูลจะทำการกำหนดปริมาณน้ำสูญเสียพื้นฐานหรืออัตราน้ำสูญเสียพื้นฐานสำหรับการวิจัยนี้ได้กำหนดอัตราน้ำสูญเสียพื้นฐานเท่ากับ 10 % ของปริมาณน้ำจ่ายผ่านมาตรวัดน้ำหลักดำเนินการโดยการกระจายปริมาณน้ำสูญเสียพื้นฐานเข้าสู่ Node Demand หรือ J_ID ตามสัดส่วนของปริมาณน้ำที่จำหน่ายของแต่ละ Node Demand หรือ J_ID

3) การนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำสูญเสียสอบเทียบ เป็นการนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำสูญเสียหรืออัตราน้ำสูญเสียในส่วนที่เหลือจากอัตราน้ำสูญเสียพื้นฐานที่ดำเนินการกระจายไปแล้ว 10 % ในขั้นตอนนี้จะเป็นการกระจายอัตราน้ำสูญเสียในส่วนที่เหลือทั้งหมดเข้าสู่ Node Demand หรือ J_ID ในการกระจายปริมาณน้ำสูญเสียสำหรับการสอบเทียบในครั้งแรกควรกระจายอัตราน้ำสูญเสียในส่วนที่เหลือทั้งหมด ตามสัดส่วนของปริมาณน้ำที่จำหน่ายของแต่ละ Node Demand หรือ J_ID เพื่อดูแนวโน้มของค่าแรงดันน้ำเบื้องต้น ส่วนการกระจายครั้งต่อไปจะพิจารณาจากผลค่าการสอบเทียบและค่าแรงดันที่ได้เป็นหลัก

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	J_ID	TOTAL_DMUS	น้ำขาย	ตัวคูณกระจาย	พื้นฐาน%	กระจาย %	น้ำสูญเสีย	น้ำสูญเสียสุทธิ			
2	i99	0.331	0.29	0.0093943	0.015	0.026	0.041	0.041			Ks(H)
3	i100	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
4	i101	0.126	0.11	0.0035634	0.006	0.010	0.016	0.016			Ks(H)
5	i103	0.057	0.05	0.0016197	0.003	0.005	0.007	0.007			Ks(H)
6	i105	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
7	i107	0.057	0.05	0.0016197	0.003	0.005	0.007	0.007			Ks(H)
8	i108	0.217	0.19	0.0061549	0.010	0.017	0.027	0.027			Ks(H)
9	i143	0.240	0.21	0.0068028	0.011	0.019	0.030	0.030			Ks(H)
10	i145	0.103	0.09	0.0029155	0.005	0.008	0.013	0.013			Ks(H)
11	i146	0.103	0.09	0.0029155	0.005	0.008	0.013	0.013			Ks(H)
12	i156	0.091	0.08	0.0025915	0.004	0.007	0.011	0.011			Ks(H)
13	i157	0.046	0.04	0.0012958	0.002	0.004	0.006	0.006			Ks(H)
14	i159	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
15	i161	0.046	0.04	0.0012958	0.002	0.004	0.006	0.006			Ks(H)
16	i162	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
17	i163	0.046	0.04	0.0012958	0.002	0.004	0.006	0.006			Ks(H)
18	i165	0.057	0.05	0.0016197	0.003	0.005	0.007	0.007			Ks(H)
19	i166	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
20	i168	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
21	i170	0.057	0.05	0.0016197	0.003	0.005	0.007	0.007			Ks(H)
22	i172	0.057	0.05	0.0016197	0.003	0.005	0.007	0.007			Ks(H)
23	i174	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
24	i176	0.171	0.15	0.0048591	0.008	0.014	0.021	0.021			Ks(H)
25	i183	0.011	0.01	0.0003239	0.001	0.001	0.001	0.001			Ks(H)
26	i184	0.206	0.18	0.0058310	0.009	0.016	0.026	0.026			Ks(H)
27	i185	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
28	i186	0.297	0.26	0.0084225	0.013	0.024	0.037	0.037			Ks(H)
29	i187	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
30	i188	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
31	i191	0.069	0.06	0.0019437	0.003	0.005	0.009	0.009			Ks(H)
32	i192	0.046	0.04	0.0012958	0.002	0.004	0.006	0.006			Ks(H)
33	i193	0.080	0.07	0.0022676	0.004	0.006	0.010	0.010			Ks(H)
34	i194	0.171	0.15	0.0048591	0.008	0.014	0.021	0.021			Ks(H)
35	i195	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
36	i198	0.822	0.72	0.0233239	0.037	0.065	0.102	0.102			Ks(H)
37	i199	0.388	0.34	0.0110141	0.017	0.031	0.048	0.048			Ks(H)
38	i301	0.194	0.17	0.0055070	0.009	0.015	0.024	0.024			Ks(H)
39	i302	0.240	0.21	0.0068028	0.011	0.019	0.030	0.030			Ks(H)
40	i303	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
41	i316	0.069	0.06	0.0019437	0.003	0.005	0.009	0.009			Ks(H)
42	i317	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)
43	i320	0.560	0.49	0.0158732	0.025	0.045	0.070	0.070			Ks(H)
44	i321	0.126	0.11	0.0035634	0.006	0.010	0.016	0.016			Ks(H)
45	i322	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.000	0.000			Ks(H)

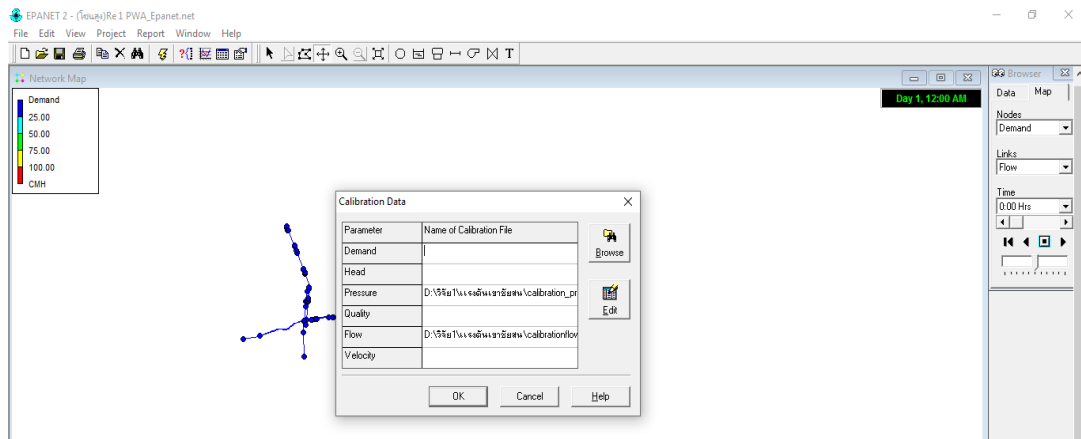
ภาพที่ 9 ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่าย ปริมาณน้ำสูญเสียพื้นฐาน และปริมาณน้ำสูญเสียสอบเทียบสู่ Node, Demand หรือ J_ID

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 โดยการเขียนคำสั่งให้ Node Demand หรือ J_ID ของขั้นตอนที่ 2 ซึ่งอยู่ในรูปของข้อมูลไฟล์ Excel สามารถดึงค่าข้อมูลปริมาณน้ำใน Node Demand หรือ J_ID ขั้นตอนที่ 3 ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำรวมของแต่ละ Node Demand หรือ J_ID เพื่อส่งออกไฟล์สู่โปรแกรม EPANET 2.0

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการส่งออกไฟล์ข้อมูลสู่โปรแกรม EPANET 2.0 โดยการส่งไฟล์สู่โปรแกรม Notepad จากนั้นบันทึกไฟล์งานเป็นนามสกุล .inp และไฟล์งานดังกล่าวในโปรแกรม EPANET 2.0

ขั้นตอนที่ 6 นำเข้าข้อมูลรูปแบบการใช้น้ำ (Demand Pattern) และข้อมูลรูปแบบค่าแรงดันน้ำต้นทาง (Head Pattern) ของแต่ละพื้นที่การจ่ายน้ำ จากการเตรียมข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลองในแบบจำลอง EPANET 2.0

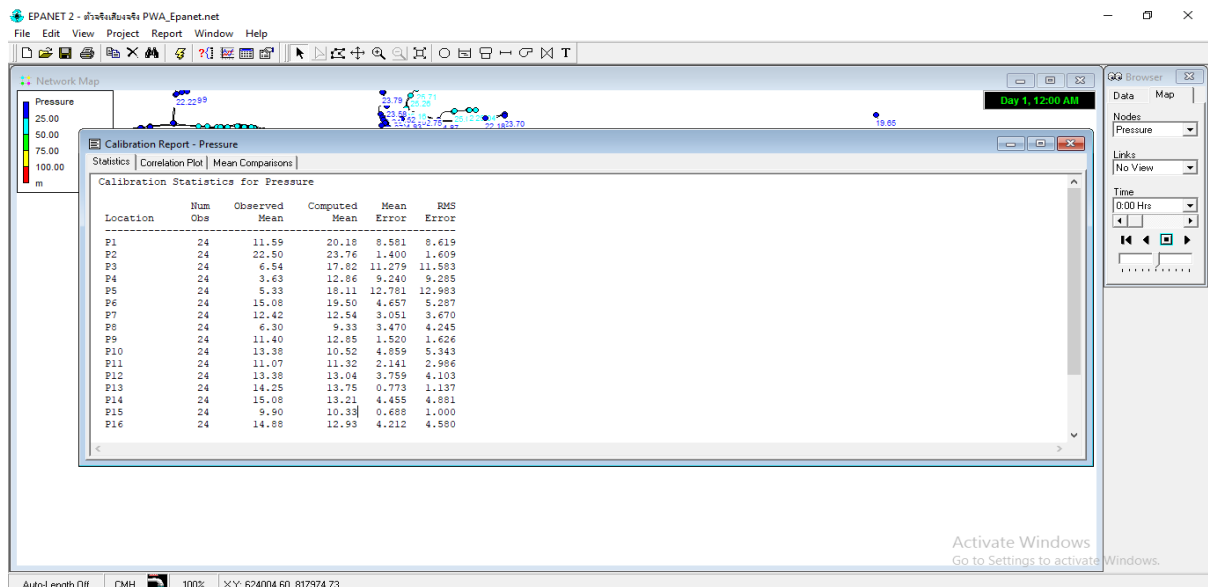
ขั้นตอนที่ 7 นำเข้าข้อมูลแรงดันน้ำในพื้นที่ศึกษาจำนวน 17 จุดและข้อมูลอัตราการไหลต้นทาง จากการเตรียมข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลองในหัวข้อที่ 3.2.2.2 และ 3.2.2.3 ในแบบจำลอง EPANET 2.0



ภาพที่ 10 ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลแรงดันน้ำในพื้นที่ศึกษาและข้อมูลอัตราการไหลต้นทางสำหรับการสอบเทียบ

ขั้นตอนที่ 8 นำเข้าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานภายในเส้นท่อ หรือค่า C ในสูตร Hazen-Williams โดยการกำหนดค่า C ของท่อนั้น พิจารณาจากชนิดของท่อและอายุการใช้งาน ในแบบจำลอง EPANET 2.0

ขั้นตอนที่ 9 ทำการ RUN ข้อมูลในแบบจำลอง EPANET 2.0 วิเคราะห์ผลจากรายงานผลการสอบเทียบค่าแรงดันน้ำจากแบบจำลอง



ภาพที่ 11 ตัวอย่างรายงานผลการสอบเทียบค่าแรงดันน้ำในแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 10 ทำการวิเคราะห์ผลจากรายงานผลการสอบเทียบค่าแรงดันน้ำจากแบบจำลองพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น หากพิจารณาแล้วแบบจำลองที่ได้ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนสูง ให้ดำเนินการการนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำสูญเสียสอบเทียบ จนกว่าจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล Research conclusions & Discussion

1. ผลการจำลองระบบการจ่ายน้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0

ในการศึกษานี้สามารถจำลองระบบการจ่ายน้ำของพื้นที่ศึกษาในโปรแกรม EPANET 2.0 โดยมีจำนวน Node demand 555 จุด เป็นตัวแทนของกลุ่มผู้ใช้น้ำปัจจุบัน และจำนวน Node ตัวแทนจุดวัดค่าแรงดันน้ำสำหรับการใช้ในการสอบเทียบค่า จำนวน 17 จุด วาล์วน้ำควบคุมสถานะปิด จำนวน 21 จุด และประตูน้ำที่มีการควบคุมจำนวน 12 จุด อ่างเก็บน้ำจำนวน 3 แห่ง และมีจำนวนท่อ 578 เส้นท่อ

2. ผลการสอบเทียบ

ผลการสอบเทียบแบบจำลองกับค่าแรงดันน้ำในพื้นที่จำนวน 17 จุด พบว่าค่าแรงดันน้ำเฉลี่ยจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 12.108 ม. และค่าแรงดันน้ำเฉลี่ยในภาคสนามมีค่าเท่ากับ 12.126 ม. มีค่าความแตกต่างเท่ากับ 0.245 ม. หรือคิดเป็น % ค่าความแตกต่างเท่ากับ 2.572 % ได้ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เท่ากับ 0.789 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r เท่ากับ 0.890 ผลการสอบเทียบ Demand ในแบบจำลองพบว่าในพื้นที่จ่ายน้ำอำเภอเขาชัยสนโซนต่ำ มีอัตราการสูญเสียสูงสุด

3 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองด้วยกรณีศึกษา

ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองด้วยกรณีศึกษา จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1. ผลการบริหารจัดการแรงดันน้ำ ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 โดยใช้ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำและปริมาณน้ำสูญเสียในเดือน ตุลาคม 2561 ในการวิเคราะห์ พบว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 สามารถช่วยในการวิเคราะห์และจัดการแรงดันน้ำ จากการจำลองการปรับขอบเขตในการจ่ายน้ำ และปรับรูปแบบการจ่ายน้ำ พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วาล์วควบคุม (Control Valve) และวางท่อเสริมแรงดัน ที่กำหนดไว้ได้ดี ค่าแรงดันน้ำที่ได้พบว่าเพียงพอและเหมาะสมต่อการใช้งานทุกพื้นที่ และสอดคล้องกับปริมาณความต้องการใช้น้ำของแต่ละพื้นที่ใน ช่วงเวลาต่างๆ และยังส่งผลต่อการลดอัตราการรั่วของน้ำในระบบ นั้นหมายความว่า การจัดการแรงดันน้ำ ที่ทำการกำหนดแนวทางไว้ในแบบจำลองสามารถนำไปใช้ได้ และจากผลดังกล่าวสามารถสรุปผลการบริหารจัดการแรงดันน้ำ ได้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 4 ผลการบริหารจัดการแรงดันน้ำในพื้นที่ศึกษา

ลำดับ	พื้นที่การจ่ายน้ำ	ค่าแรงดันน้ำต่ำสุดในช่วงโม่งที่มีความต้องการใช้น้ำสูงสุด		ค่าแรงดันน้ำสูงสุดในช่วงโม่งที่มีความต้องการใช้น้ำต่ำสุด	
		(Peak)		(Off Peak)	
		ก่อนจัดการแรงดันน้ำ	หลังจัดการแรงดันน้ำ	ก่อนจัดการแรงดันน้ำ	หลังจัดการแรงดันน้ำ
		(เมตร)	(เมตร)	(เมตร)	(เมตร)
1	อำเภอบางแก้ว	5 - 6	12 - 14	25 - 27	11 - 13
2	อำเภอเขาชัยสนโซนต่ำ	6 - 9	13 - 15	20 - 22	16 - 18
3	อำเภอเขาชัยสนโซนสูง	12 - 14	12 - 14	24 - 26	16 - 18

ในส่วนของการเสนอแนะ จากผลการวิเคราะห์ค่าแรงดันน้ำจากแบบจำลองระบบการจ่ายน้ำของแต่ละพื้นที่ พบว่าจำเป็นต้องดำเนินการปรับขอบเขตในการจ่ายน้ำ และปรับรูปแบบการจ่ายน้ำ พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วาล์วควบคุม (Control Valve) และวางท่อเสริมแรงดันเพื่อให้สามารถรองรับกับการจัดการแรงดันน้ำในระบบ ซึ่งประกอบด้วย

พื้นที่จ่ายน้ำอำเภอบางแก้ว

ติดตั้งวาล์วลดแรงดัน (Pressure reducing valve) ขนาด 100 มม.บริเวณหน้าโรงพยาบาลบางแก้ว เพื่อควบคุมแรงดันน้ำที่สูงในพื้นที่ตำบลนาปะขอ ใช้งบประมาณ 200,000 บาท วางท่อจ่ายน้ำเส้นใหม่เพิ่มเติม Pipe 1 บริเวณ ถ.แสนดี (หน้าบ้าน 810 ม.6 ต.ท่ามะเตี๋ย อ.บางแก้ว จ.พัทลุง) เพื่อเสริมแรงดันน้ำ โดยใช้ท่อ HDPE 100 ขนาด 160 มม.ชั้น PN 6.0 เป็นระยะทางประมาณ 14 ม. ใช้งบประมาณ 50,000 บาท วางท่อจ่ายน้ำเส้นใหม่เพิ่มเติม Pipe 2 บริเวณ ถ.แสนดี ซอย 9 ถึงสี่แยกรัตนภูมิฯ เพื่อเสริมแรงดันน้ำ โดยใช้ท่อ HDPE 100 ขนาด 160 มม. ชั้น PN 6.0 เป็นระยะทางประมาณ 104 ม. ใช้งบประมาณ 130,000 บาท

พื้นที่จ่ายน้ำอำเภอเขาชัยสนโซนต่ำ

ติดตั้ง Control valve ขนาด 150 มม. เพื่อกำหนดการเปิด – ปิดน้ำลงถังน้ำใส (สำนักงาน กปภสาขาเขาชัยสน) เพื่อให้สัมพันธ์กับการใช้น้ำในพื้นที่อำเภอเขาชัยสนโซนต่ำ และเหมาะสมต่อพฤติกรรมการใช้น้ำของผู้บริโภค ใช้งบประมาณ 300,000 บาท

พื้นที่จ่ายน้ำอำเภอเขาชัยสนโซนสูง

ติดตั้งวาล์วลดแรงดัน (Pressure reducing valve) ขนาด 150 มม.ภายในสำนักงานการประปาเขาสวนภูมิภาคเขาชัยสน เพื่อควบคุมแรงดันน้ำในช่วงเวลากลางคืนในพื้นที่อำเภอเขาชัยสนโซนสูง ให้เหมาะสมต่อพฤติกรรมการใช้น้ำของผู้บริโภค ใช้งบประมาณ 300,000 บาท วางท่อจ่ายน้ำเส้นใหม่เพิ่มเติม Pipe 3 พร้อมติดตั้งประตูน้ำ บริเวณ หน้าโลตัสเขาชัยสน เพื่อปรับขอบเขตการจ่ายน้ำ โดยใช้ท่อ HDPE 100 ขนาด 160 มม.ชั้น PN 6.0 เป็นระยะทางประมาณ 13 ม. ใช้งบประมาณ 100,000 บาทใช้งบประมาณ 3.629 ล้านบาท

การวิเคราะห์ขีดความสามารถของโครงข่ายแนวท่อในกรณีปริมาณความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์แบบจำลองดังนี้

พื้นที่จ่ายน้ำอำเภอบางแก้ว

ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองในช่วงเวลา 07.00-09.00 น. พบว่าค่าแรงดันน้ำในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้น้ำสูงสุดจะมีค่าแรงดันน้ำต่ำสุดอยู่ในช่วง 11-13 ม. ในบริเวณโรงเรียนบางแก้วพิทยาคม โดยค่าแรงดันน้ำที่ได้นั้นยังคงเพียงพอต่อการใช้งาน และอยู่ในข้อกำหนดของค่าแรงดันน้ำในพื้นที่ให้บริการจะต้องไม่ต่ำกว่า 5 ม. จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าโครงข่ายแนวท่อในพื้นที่โดยภาพรวมแล้วยังสามารถรองรับปริมาณความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน 30 เปอร์เซ็นต์ ได้ดี แต่จะมีเส้นท่อในบางพื้นที่ๆ อาจจะจำเป็นต้องปรับปรุงเส้นท่อเพิ่มเติม เนื่องจากท่อเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งาน ไม่สามารถรับค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้นได้ส่งผลให้เกิดการแตกรั่วของเส้นท่อ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดน้ำสูญเสีย

พื้นที่จ่ายน้ำอำเภอเขาชัยสนโซนต่ำ

ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองในช่วงเวลา 07.00-09.00 น.พบค่าแรงดันน้ำในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้น้ำสูงสุดจะมีค่าแรงดันน้ำต่ำสุดอยู่ในช่วง 7-10 ม. ในบริเวณตรงข้ามสถานีตำรวจภูธรเขาชัยสน โดยค่าแรงดันน้ำที่ได้นั้นยังคงเพียงพอต่อการใช้งาน และอยู่ในข้อกำหนดของค่าแรงดันน้ำในพื้นที่ให้บริการจะต้องไม่ต่ำกว่า 5 ม. จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าโครงข่ายแนวท่อในพื้นที่โดยภาพรวมแล้วยังสามารถรองรับปริมาณความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน 30 เปอร์เซ็นต์ ได้ดี แต่ถ้าปริมาณน้ำจ่ายเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการใช้ของผู้บริโภคและการรั่วไหล อาจจะจำเป็นต้องปรับปรุงเส้นท่อเพิ่มเติมเนื่องจากท่อเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งานและไม่สามารถรองรับอัตราการจ่ายน้ำที่เพิ่มขึ้นได้ จึงต้องมีการวางแผนงานในอนาคตต่อไป

พื้นที่จ่ายน้ำอำเภอเขาชัยสนโซนสูง

ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองในช่วงเวลา 07.00-09.00 น. พบว่าค่าแรงดันน้ำในชั่วโมงที่มีความต้องการใช้น้ำสูงสุดจะมีค่าแรงดันน้ำต่ำสุดอยู่ในช่วง 12-14 ม. ในบริเวณวัดท่านางพรหม (สี่แยกเขาชัยสน) โดยค่าแรงดันน้ำที่ได้นั้นยังคงเพียงพอต่อการใช้งาน และอยู่ในข้อกำหนดของค่าแรงดันน้ำในพื้นที่ให้บริการจะต้องไม่ต่ำกว่า 5 ม. จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าโครงข่ายแนวท่อในพื้นที่โดยภาพรวมแล้วยังสามารถรองรับปริมาณความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน 30 เปอร์เซ็นต์ ได้ดี

จากผลการศึกษาและการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นทางเลือกที่ดี ที่จะนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 มาการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ระบบการจ่ายน้ำสำหรับการจัดการแรงดันน้ำปรับปรุงเส้นท่อ รวมทั้งงานขยายเขตการจำหน่ายน้ำ เนื่องจากแบบจำลองสามารถปรับเปลี่ยนขนาดเส้นท่อและขอบเขตของพื้นที่ได้ง่ายหรือเพิ่มเติมเส้นท่อในแบบจำลอง และยังรวมถึงสามารถเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ได้สะดวก มีการประมวลผลที่รวดเร็ว และให้ค่าที่สอดคล้องกับความเป็นจริงของระบบ และจะเป็นแนวทางที่ดีสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 สำหรับการแก้ปัญหาในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับวิเคราะห์ระบบการจ่ายน้ำประเภทต่อไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา ฐริพัฒน์ ชัยคล้าย (2551) ได้ทำการศึกษาโดยจำลองระบบจ่ายน้ำประปาในพื้นที่สำนักงานประปาสมุทรสาครของการประปาส่วนภูมิภาค ด้วยแบบจำลอง EPANET 2.0 การศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 เพื่อจำลองโครงข่ายระบบท่อจ่ายน้ำ สำนักงานประปาสาขาสุมทรสาครโดยมีข้อมูลท่อจำนวน 956 เส้นท่อ 834 จุดเชื่อมต่อ และมีแท่งน้ำจำนวน 1 แท่ง เมื่อสอบเทียบแบบจำลองกับค่าแรงดันที่วัดในสนามจำนวน 50 จุด ค่าความแตกต่างของแรงดันเฉลี่ยเท่ากับ 0.91 ม. คิดเป็นความคลาดเคลื่อนประมาณ 5.99 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และจากการนำแบบจำลองที่สอบเทียบแล้วไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาต่างๆ ของพื้นที่ศึกษา อันได้แก่ (1) กรณีไม่มีแหล่งน้ำเพิ่มเติมในอนาคต 5 ปี แหล่งน้ำปัจจุบันไม่สามารถรองรับความต้องการน้ำในอีก 5 ปีข้างหน้าได้ (2) กรณีสร้างสถานีผลิตน้ำเพิ่มเติม 1 แห่งในพื้นที่ศึกษา จะสามารถเพิ่มแรงดันน้ำให้กับพื้นที่ศึกษาและลดการใช้น้ำจากสถานีจ่ายน้ำเอกชนได้ถึง 33 % (3) กรณียกเลิกการใช้น้ำจากสถานี SS3 และใช้น้ำจากสถานีผลิตน้ำแห่งใหม่เพียงแห่งเดียว พบว่าจะทำให้พื้นที่บางส่วนของพื้นที่ศึกษาขาดน้ำ ซึ่งจะต้องแก้ไขด้วยการเพิ่มระบบท่อจ่ายน้ำในพื้นที่ศึกษา และ (4) กรณีที่เทศบาลนครสมุทรสาครยกเลิกการใช้น้ำบาดาลและมาใช้น้ำประปาของสำนักงานประปาสมุทรสาครแทนพบว่า สถานีจ่ายน้ำ SS3 ไม่สามารถรองรับความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มมากขึ้นได้ และจำเป็นต้องเพิ่มกำลัง การผลิตให้มีปริมาณน้ำถึง 155,500 ลบ.ม./วัน เพื่อให้สามารถจ่ายน้ำได้อย่างเพียงพอ เช่นเดียวกับสุทธิศักดิ์ ลาภประเสริฐ (2547) ได้ทำการศึกษาเพื่อทดสอบขีดความสามารถของโปรแกรม EPANET 2.0 โดยได้จำลองสภาพการไหลภายใต้แรงดันของระบบโครงข่ายท่อประปาขนาดใหญ่ในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาท่งมหาเมฆ โดยมีข้อมูลท่อ 11,500 เส้นท่อ จุดต่อเชื่อม 10,725 จุด และอ่างเก็บน้ำ 1 แห่ง การสอบเทียบแบบจำลองได้ใช้ข้อมูลแรงดันที่วัดจากสนามจำนวน 30 จุด ค่าแรงดันที่ประมวลได้จากแบบจำลองและค่าแรงดันที่วัดจากสนามมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากการนำแบบจำลองที่สอบเทียบแล้วไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาต่างๆ คือ (1) กรณีปิดซ่อมท่อขนาด 1,000 มม. บริเวณถนนมหาพุดธาราม พบว่ามีผลทำให้บริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษามีน้ำไหลอ่อน โดยมีแรงดันน้ำเฉลี่ยประมาณ 2.5 ถึง 4 ม. (2) กรณีโรงสูบน้ำคลองเตยไม่สามารถจ่ายน้ำเข้าพื้นที่ได้ พบว่ามีผลกระทบกับระบบน้อยมาก นอกจากนี้ในการศึกษายังทำการประเมินตำแหน่งบริเวณน้ำรั่วหรือการสูญเสียจากระบบจ่าย ซึ่งในระบบเครือข่ายนี้มีปริมาณน้ำสูญเสียโดยประมาณ 39 % พบว่าหากปริมาณน้ำสูญเสียลดลงเหลือเพียง 35 % จะทำให้ทั้งพื้นที่มีแรงดันน้ำเพิ่มขึ้น 1 ถึง 2 ม. และการศึกษาที่ยังสอดคล้องกับ นคร แสนยาสิริ (2546) จำลองระบบการจ่ายน้ำประปา ของการประปานครหลวงฝั่งตะวันตก โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET ซึ่งการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 เพื่อจำลองสภาพการไหลภายใต้แรงดันของระบบโครงข่ายท่อประปา ของการประปานครหลวงฝั่งตะวันตก โดยใช้ข้อมูลท่อ 432

เส้นท่อ จุดเชื่อมต่อ 407 จุด และมีโรงสูบน้ำ 5 แห่ง เมื่อสอบเทียบแบบจำลองกับค่าแรงดันที่วัดในสนาม จำนวน 38 จุด ค่าแรงดันที่ประมวลได้จากแบบจำลองกับค่าที่วัดในสนามมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 15.77 % มีความแตกต่างของค่าแรงดันเฉลี่ย 1.09 ม. เมื่อนำแบบจำลองโครงข่ายดังกล่าวไปใช้ศึกษา (1) กรณีฉุกเฉิน คือกรณีโรงสูบน้ำทำพระไม่สามารถจ่ายน้ำได้ พบว่าพื้นที่ในเขตรับผิดชอบของโรงสูบน้ำทำพระ เพชรเกษม ราชบุรีบวรณะ และธนบุรี มีปัญหาขาดแคลนน้ำ คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 7 % ของพื้นที่บริการทั้งหมด และ (2) กรณีโรงสูบน้ำธนบุรีไม่สามารถจ่ายน้ำได้ พบว่าพื้นที่ในเขตรับผิดชอบของโรงสูบน้ำธนบุรี และมหาสวัสดิ์มีปัญหาขาดน้ำ คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 30 % ของพื้นที่บริการน้ำทั้งหมด เมื่อทำการปรับการทำงานของเครื่องสูบน้ำจากโรงสูบน้ำข้างเคียงเข้ามาทดแทนบริเวณที่ขาดน้ำจากโรงสูบน้ำข้างเคียงเข้ามาทดแทนบริเวณที่ขาดน้ำพร้อมปรับวาล์วควบคุม ผลจากแบบจำลองพบว่าแนวทางดังกล่าวสามารถช่วยแก้ไขปัญหาการขาดน้ำในกรณีฉุกเฉินทั้งสองกรณีได้

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย (Contribution of the Study)

- 1) ในการศึกษาไม่คิดรวมค่าการสูญเสียค่าแรงดันน้ำอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ท่อ หรือ Minor loss ซึ่งค่าดังกล่าวอาจมีผลต่อการสูญเสียแรงดันน้ำในระบบได้ หากว่าโครงข่ายแนวท่อประปาที่ทำการวิเคราะห์นั้นมีการติดตั้งอุปกรณ์ท่อเป็นจำนวนมาก เช่น ท่อประปาในเขตชุมชนเมือง
- 2) ในการศึกษาไม่ทราบตำแหน่งของจุดรั่ว หรือสาเหตุที่ก่อให้เกิดน้ำสูญเสียในระบบการจ่ายน้ำอย่างชัดเจน ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในกระบวนการสอบเทียบ Demand
- 3) รูปแบบพฤติกรรมการใช้ (Demand pattern) ในพื้นที่ สำหรับการศึกษา ใช้รูปแบบพฤติกรรมโดยรวม ซึ่งได้จากอัตราการจ่ายน้ำรายชั่วโมง ผ่านมาตรวัดน้ำหลักของแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวแทนพฤติกรรมการใช้ของพื้นที่ศึกษา ในความเป็นจริงพฤติกรรมการใช้ของผู้ใช้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ประเภทของผู้ใช้น้ำ สังคม เศรษฐกิจ และฤดูกาล เป็นต้น ดังนั้นหากต้องการผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง จำเป็นจะต้องศึกษาถึงพฤติกรรมการใช้ในพื้นที่นั้นๆ เพิ่มเติมแต่อาจจะใช้ระยะเวลาานพอสมควร
- 4) ถ้าหากในพื้นที่ศึกษาหรือในโครงข่ายระบบจ่ายน้ำจริง มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น จำเป็นต้องเพิ่มข้อมูลดังกล่าวให้ถูกต้องอยู่เป็นประจำ เพื่อให้แบบจำลองถูกต้องใกล้เคียงกับสภาพจริงมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง (References)

- การประปาส่วนภูมิภาคเขต 5. (2561). รายงานสรุปผลการดำเนินงานอย่างย่อของ การประปาส่วน ภูมิภาคเขต 5 (รวมทุกสาขา)
- การประปาส่วนภูมิภาค. (2551). คู่มือการลดน้ำสูญเสีย (NRW) สำหรับผู้จัดการประปาแนวทางสู่ความเข้าใจเรื่องน้ำสูญเสีย
- โชติไกร ไชยวิจารณ์. (2546). วิศวกรรมชลศาสตร์ (Hydraulic Engineering). สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 497.
- ธีรเดช กังฉปศิริพันธ์. (2552). การบริหารจัดการพื้นที่เฝ้าระวังน้ำสูญเสีย ในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาประชาชน ของการประปานครหลวงโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์), หน้า 111.
- นคร แสนยาสิริ. (2546). การจำลองระบบการจ่ายน้ำประปา ของการประปานครหลวงฝั่งตะวันตก โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์EPANET2.0. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์), หน้า 185.
- บริษัท ยูนิเวอร์แซล ยูติลิตี้ส์ จำกัด. (2548). การบริหารจัดการลดน้ำสูญเสีย

- ปารินทร์ กลั่นตรานนท์. (2554). การวิเคราะห์ระบบโครงข่ายท่อประปาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0 สำนักงาน
ประปาสาขานนทบุรี. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์), หน้า 105.
- ฐริพัฒน์ ชัยคล้าย. (2551). การจำลองระบบจ่ายน้ำประปา ในพื้นที่สำนักงานประปาสมุทรสาครของการประปาส่วนภูมิภาค
โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์), หน้า 95.
- มนต์เทพ มะเปี่ยม และชัยวัฒน์ ชัยการนาวิ. (2547). การพัฒนาแบบจำลองเพื่อออกแบบระบบท่อส่งน้ำ. วิศวกรรมสาร มก.,
18(53), 73-84.
- สายัณห์ น้ำเงิน และสุวัฒนา จิตตลดากร. (2546). การศึกษาโครงข่ายส่งน้ำประปาของการประปานครหลวง โดยใช้
แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0. วิศวกรรมสาร มก., 17(51), 94-106.
- สุทธิศักดิ์ ลาภประเสริฐ. (2547). การจำลองระบบสูบน้ำ ในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาท่งมหาเมฆ ของการประปานคร
หลวง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET2.0. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์), หน้า 125.
- วิบูลย์ บุญยธโรกุล. (2529). ปัมและระบบสูบน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 268.