

การศึกษาความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินเพื่อออกแบบระบบประปาตำบล
กรณีศึกษาเทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง
THE SUITABILITY STUDY OF SURFACE WATER SOURCES FOR DESIGNING
SUB-DISTRICT WATER SUPPLY SYSTEMS: A CASE STUDY OF NONG PHO
SUB-DISTRICT MUNICIPALITY, KHUAN KHANUN DISTRICT, PHATTHALUNG PROVINCE

พันธุ์ทิพย์ ทองเดช¹, ฉัตรชัย แก้วดี^{2*}, วีรพล ปานศรีนวล², วีระยุทธ สุดสมบุญ²
Phantip Thongdej¹, Chatchai Kaewdee^{2*}, Weeraphol Pansrinual²,
Weerayute Sudsomboon²

¹ นักศึกษาลัทธิเทคโนโลยีมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

² อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

¹ Students of the Master of Technology program in Industrial Technology Innovation, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

² Lecturer in the Master of Technology program in Industrial Technology Innovation, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: chatchai_kae.nstru.ac.th

วันที่รับบทความ: 25 พฤศจิกายน 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 8 ธันวาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 13 ธันวาคม 2568;

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 29 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินด้านปริมาณ คุณภาพ และสมดุลน้ำ 2) ออกแบบแนวทางการพัฒนาระบบประปาผิวดินเพื่อบูรณาการร่วมกับระบบประปาบาดาลเดิมของเทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods) ผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม ข้อมูลทางอุทกวิทยา และการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า แหล่งน้ำผิวดินกรณีศึกษา (บ่อขุดดิน หมู่ที่ 6 บ้านควนพลี พื้นที่ 16,000 ตารางเมตร ความลึกเฉลี่ย 3-5 เมตร) มีปริมาณน้ำกักเก็บเพียงพอตลอดปี โดยมีการสูญเสียน้ำจากการระเหยและการซึมรวมร้อยละ 30 จึงมีความเหมาะสมเป็นแหล่งน้ำดิบเสริมในช่วงฤดูแล้ง ด้านคุณภาพน้ำดิบภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 9.2 mg/L และบีโอดี (BOD) 0.8 mg/L แต่พบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย 5.8 ความขุ่น 5.2 NTU และการปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม 230 MPN/100 mL ในขณะที่ระบบประปาบาดาลเดิม (หมู่ที่ 3) ประสบปัญหาค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) สูง 680 mg/L ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม ผู้วิจัยจึงออกแบบระบบผลิตน้ำประปาแบบธรรมดา (Conventional Treatment) เน้นการปรับปรุงค่า pH ให้ได้ระดับ 6.5-7.5 การสร้างตะกอน การกรองทรายเร็ว และการฆ่าเชื้อโรคอย่างมีประสิทธิภาพโดยให้มีคลอรีนอิสระคงเหลือไม่น้อยกว่า 0.2 mg/L ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการบูรณาการน้ำผิวดินที่ผ่านการบำบัดร่วมกับน้ำบาดาลเดิม สามารถ

แก้ไขปัญหาค่า TDS ที่สูงเกินมาตรฐาน เพิ่มความมั่นคงทางน้ำ และมีความคุ้มค่าด้านต้นทุนการผลิตให้กับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: แหล่งน้ำผิวดิน, การออกแบบระบบประปา, คุณภาพน้ำ, เทศบาลตำบลหนองพ้อ

Abstract: The objectives of this research were to 1) analyze the suitability of surface water sources regarding quantity, quality, and balance, 2) design guidelines for a surface water supply system to integrate with the existing groundwater system of Nong Pho Subdistrict Municipality, Khuan Khanun District, Phatthalung Province. A mixed-methods approach was employed, involving field surveys, hydrological data collection, and laboratory water quality testing. The results revealed that the case study of the surface water source (excavated pond, Moo 6 Ban Khuan Phli, area 16,000 sq.m., average depth 3-5 m) had sufficient water storage capacity year-round. With total losses from evaporation and seepage accounting for approximately 30%, the source is suitable as a supplementary raw water supply during the dry season. Regarding raw water quality, the overall condition was good, with Dissolved Oxygen (DO) at 9.2 mg/L and Biological Oxygen Demand (BOD) at 0.8 mg/L. However, the average pH was 5.8, with turbidity at 5.2 NTU and Fecal Coliform bacteria contamination at 230 MPN/100 mL. Meanwhile, the existing groundwater system in Moo 3 encountered Total Dissolved Solids (TDS) of 680 mg/L, exceeding the drinking water standard. Consequently, a conventional water treatment system was designed, emphasizing pH adjustment (6.5-7.5), coagulation-flocculation, rapid sand filtration, and effective disinfection maintaining free residual chlorine of at least 0.2 mg/L. The study results demonstrated that integrating treated surface water with existing groundwater could effectively resolve the excessive TDS issue, sustainably enhance community water security, and provide a cost-effective solution.

Key words: Surface Water Source, Water Supply System Design, Water Quality, Nong Pho Subdistrict Municipality

1. บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เป็นปัจจัยพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสาธารณสุขของประเทศ การเข้าถึงน้ำสะอาดที่เพียงพอและปลอดภัยถือเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ในบริบทของการบริหารราชการแผ่นดิน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ถือเป็นหน่วยงานราชการส่วนหน้าที่อยู่ใกล้ชิดประชาชนมากที่สุด และมีบทบาทสำคัญในการจัดบริการสาธารณสุขขั้นพื้นฐาน โดยเฉพาะภารกิจในการจัดให้มีน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภค ซึ่งเป็นไปตาม

อำนาจหน้าที่ที่ระบุไว้ในพระราชบัญญัติเทศบาล พ.ศ. 2496 และพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542 ที่กำหนดให้การจัดหาและจ่ายน้ำสะอาดเป็นภารกิจถ่ายโอนที่สำคัญ [1] อย่างไรก็ตามแม้จะมีกฎหมายรองรับ แต่การบริหารจัดการน้ำประปาในระดับท้องถิ่นหลายแห่งทั่วประเทศยังคงเผชิญกับความท้าทายหลายประการ ทั้งข้อจำกัดด้านงบประมาณ บุคลากร และเทคโนโลยี รวมถึงปัญหาความไม่มั่นคงของแหล่งน้ำต้นทุนทั้งในด้านปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของประชากรจำนวน 2,040 คน ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น [2] และคุณภาพน้ำที่ไม่ได้มาตรฐาน

ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการให้บริการประชาชน

เทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอกวนชน จังหวัดพัทลุง เป็นหนึ่งในพื้นที่กรณีศึกษาที่กำลังประสบปัญหาท้าทายด้านการบริหารจัดการน้ำประปาดังกล่าว ปัจจุบันโครงสร้างพื้นฐานระบบประปาของเทศบาลพึ่งพิงแหล่งน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำดิบหลักเพียงแหล่งเดียวในการผลิตและให้บริการแก่ประชาชนครอบคลุมพื้นที่กว่า 1,010 ครัวเรือน [2] การพึ่งพาแหล่งน้ำเดียวนี้สร้างความเปราะบางให้กับระบบอย่างมาก จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลสถานการณ์น้ำเบื้องต้นพบว่า แม้ในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำบาดาลจะมีเพียงพอต่อความต้องการ แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูแล้งตามลักษณะภูมิอากาศของภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนของทุกปี) มักเกิดวิกฤตการณ์น้ำซ้ำซาก ปริมาณน้ำใต้ดินลดระดับลงส่งผลให้การผลิตน้ำประปาไม่เพียงพอ เกิดปัญหาแรงดันน้ำต่ำในปลายเส้นท่อทำให้ประชาชนบางส่วนไม่มีน้ำใช้ และในบางพื้นที่ คุณภาพน้ำบาดาลที่สูงขึ้นมามีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มที่กรมอนามัยกำหนด [3] ซึ่งส่งผลให้น้ำมีรสกร่อยและอาจก่อให้เกิดคราบตะกอนในภาชนะและสุขภัณฑ์ ปัญหาเหล่านี้ไม่เพียงส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อคุณภาพชีวิต สุขอนามัย และเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำดื่มมาใช้ของประชาชนเท่านั้น นอกจากนี้ การพึ่งพิง การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในปริมาณมากเพียงอย่างเดียวในระยะยาว ยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาแผ่นดินทรุดตัว และเผชิญกับความไม่มั่นคงทางน้ำที่ทวีความรุนแรงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลตามธรรมชาติ

ด้วยเหตุนี้ การปรับเปลี่ยนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำจากการพึ่งพาแหล่งน้ำเดียวไปสู่การจัดการหาแหล่งน้ำทางเลือกจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง การพัฒนาแหล่งน้ำผิวดินเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำดิบเสริม (Supplementary Source) ถือเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการสร้างความมั่นคงและเสถียรภาพทางน้ำให้กับชุมชน จากการสำรวจศักยภาพพื้นที่เบื้องต้น พบว่าในบริเวณหมู่ที่ 6 บ้านควนพลี มีบ่อน้ำ

ผิวดินขนาดใหญ่ที่เกิดจากการขุดหน้าดิน ซึ่งมีศักยภาพเชิงกายภาพที่น่าสนใจ โดยมีปริมาณน้ำกักเก็บตลอดทั้งปีและตั้งอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการพัฒนา [4] อย่างไรก็ตาม แหล่งน้ำผิวดิน มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนจากกิจกรรมบนผิวดินได้ง่ายกว่าน้ำบาดาล การนำมาใช้ประโยชน์จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการศึกษาทางวิชาการอย่างรอบด้าน ทั้งการประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพอย่างละเอียด และการศึกษาด้านปริมาณน้ำ เพื่อให้มั่นใจว่ามีเพียงพอต่อการใช้งานจริง รวมถึงต้องมีการออกแบบระบบผลิตน้ำประปาที่เหมาะสมตามหลักวิศวกรรมสุขาภิบาล เพื่อให้สามารถบำบัดน้ำดิบให้ได้น้ำประปาที่มีคุณภาพตามมาตรฐานของกรมอนามัย และต้องออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อการทำงานร่วมกับระบบจ่ายน้ำบาดาลเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินดังกล่าว ทั้งในมิติของปริมาณและคุณภาพ และนำผลการศึกษามาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการออกแบบระบบประปาผิวดิน เพื่อเป็นต้นแบบในการนำไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบผสมผสาน (Conjunctive Use) ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลอันจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำลดความเสี่ยงด้านคุณภาพน้ำ และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลหนองพ้อได้อย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินในด้านปริมาณน้ำ คุณภาพน้ำ และความสมดุลน้ำในบ่อน้ำผิวดินเขตพื้นที่เทศบาลตำบลหนองพ้อ ตำบลควนชนุน อำเภอกวนชน จังหวัดพัทลุง

2.2 เพื่อออกแบบและสร้างแนวทางการพัฒนาระบบประปาผิวดินให้เหมาะสมและสอดคล้องกับระบบประปาบาดาลเดิมของเทศบาลตำบลหนองพ้อ

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา การวิจัยนี้ กำหนดพื้นที่ศึกษาเฉพาะเจาะจง ณ แหล่งน้ำผิวดิน (บ่อขุดดิน) พิกัดทาง

ภูมิศาสตร์ 7.774055, 100.003660 ในหมู่ที่ 6 บ้านควนพลี เขตเทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง และพื้นที่ให้บริการน้ำประปาของเทศบาลตำบลหนองพ้อ



ภาพที่ 1 แหล่งน้ำฝายดิน (บ่อขุดดิน) ในหมู่ที่ 6 บ้านควนพลี เขตเทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

ที่มา: จาก google map

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการคำนวณความต้องการใช้น้ำคือ ประชาชนในเขตเทศบาลตำบลหนองพ้อ จำนวน 2,040 คน และ 1,010 ครัวเรือน (ข้อมูล ณ ธันวาคม 2565) สำหรับการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำดิบจำนวน 6 จุดรอบบ่อน้ำฝายดิน และเก็บตัวอย่างน้ำประปาเดิมจากหมู่บ้านในเขตบริการ

3.3 ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา

3.3.1 ตัวแปรอิสระ แหล่งน้ำฝายดิน (บ่อขุดดิน หมู่ที่ 6) ระบบประปาบาดาลเดิม

3.3.2 ตัวแปรตาม คุณภาพน้ำดิบ (กายภาพ เคมี ชีวภาพ) ปริมาณน้ำต้นทุน และประสิทธิภาพการออกแบบระบบประปาใหม่

3.4 ขอบเขตด้านระยะเวลาดำเนินการ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในช่วงเดือนมกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นตัวแทนของช่วงฤดูแล้งที่วิกฤตที่สุด

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบการวิจัยเป็นแบบผสมผสานวิธี (Mixed Methods Research) ซึ่งบูรณาการองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์โยธาและสิ่งแวดล้อม เข้ากับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและการบริหารจัดการ โดยดำเนินงานภายใต้กรอบแนวคิด Input-Process-Output-Outcome (IPOP) เพื่อให้มั่นใจว่าปัจจัยนำเข้าต่างๆ จะถูกนำไปผ่านกระบวนการวิเคราะห์และออกแบบที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ จนได้ผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมและนำไปสู่ผลกระทบเชิงบวกต่อชุมชน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยอย่างละเอียดดังนี้

4.1 การรวบรวมและทบทวนข้อมูล (Data Collection and Review) ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลทั้งปฐมภูมิและทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลหลักในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย

4.1.1 ข้อมูลทุติยภูมิ รวบรวมข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพและสังคมของเทศบาลตำบลหนองพ้อ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาย้อนหลัง (เช่น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน อัตราการระเหยของน้ำ) จากกรมอุตุนิยมวิทยาเพื่อใช้ในการประเมินสมดุลน้ำ ข้อมูลสถิติประชากรและจำนวนครัวเรือนจากฐานข้อมูลทะเบียนราษฎร์ รวมทั้งทบทวนวรรณกรรมกฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำฝายดิน มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย หลักเกณฑ์การออกแบบระบบประปา [5-7] รวมถึงแนวคิดการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ (IWRM) เพื่อใช้ประกอบการอภิปรายผล

4.1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ ศึกษาแผนผังและองค์ประกอบของระบบประปาบาดาลเดิม ลงพื้นที่สำรวจสภาพปัญหาการใช้งานจริง และรวบรวมข้อมูลปัญหาที่พบจากการร้องเรียนของผู้ใช้น้ำผ่านการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชน และเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ เพื่อให้เข้าใจบริบทและข้อจำกัดของระบบปัจจุบัน



ภาพที่ 2 การลงพื้นที่สำรวจสภาพปัญหาและศึกษาแบบแปลนระบบประปาบาดาลเดิมร่วมกับผู้นำชุมชนและเจ้าหน้าที่เทศบาลตำบลหนองพ้อ

4.2 การสำรวจและประเมินศักยภาพแหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water Source Assessment) ดำเนินการสำรวจเชิงลึก ณ บ่อขุดดินเป้าหมายในพื้นที่หมู่ที่ 6 เพื่อประเมินความเหมาะสมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ดังนี้

4.2.1 การสำรวจและวิเคราะห์ปริมาณน้ำ (Water Quantity Analysis) ทำการสำรวจรังวัดขอบเขตทางกายภาพของบ่อน้ำผิวดินโดยละเอียดโดยใช้เครื่องมือสำรวจเพื่อจัดทำแผนที่แสดงรูปร่างและวัดระดับความลึกของบ่อ (Bathymetric Survey) และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณและวิเคราะห์ตามหลักอุทกวิทยา ดังนี้

4.2.1.1 การคำนวณปริมาตรกักเก็บ (Volume Calculation): ใช้ข้อมูลความลึกและพื้นที่ผิวน้ำคำนวณปริมาตรกักเก็บสูงสุด

4.2.1.2 การวิเคราะห์สมดุลของน้ำ (Water Balance Analysis): ใช้สมการสมดุลน้ำเพื่อประเมินปริมาณน้ำต้นทุนสุทธิที่เหลือให้ใช้ประโยชน์ตลอดปี โดยพิจารณาตัวแปรดังสมการ

$$\Delta S = P + R - E - G - O \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ ΔS แทน การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ โดยใช้ข้อมูลสถิติน้ำฝนและการระเหยย้อนหลังจากกรมอุตุนิยมวิทยาในการคำนวณ

- P แทน ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในบ่อ
- R แทน ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงบ่อ

- E แทน การสูญเสียจากการระเหย
- G แทน การสูญเสียจากการซึม
- O แทน การนำน้ำไปใช้

4.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Water Quality Analysis) วางแผนและดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำดิบตามหลักวิชาการ โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบผสม (Composite Sampling) จากจุดเก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนจำนวน 6 จุดรอบบ่อ ณ ระดับความลึกต่างๆ การเก็บตัวอย่างดำเนินการในช่วงฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ ถึง เมษายน พ.ศ. 2566) ซึ่งสอดคล้องกับสถิติภูมิอากาศและประกาศกรมอุตุนิยมวิทยาเรื่องการเข้าสู่ฤดูร้อนที่เป็นช่วงวิกฤตภัยแล้งที่สุดของพื้นที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลคุณภาพน้ำในสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด (Worst-case scenario) ตัวอย่างน้ำถูกควบคุมอุณหภูมิและนำส่งเพื่อตรวจวิเคราะห์ ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยครอบคลุมพารามิเตอร์สำคัญตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ดังนี้ 1) ด้านกายภาพ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) สี (Color) ความขุ่น (Turbidity) อุณหภูมิ และการนำไฟฟ้า 2) ด้านเคมี ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), บีโอดี (BOD) สารอาหารฟอส และกลุ่มโลหะหนักที่เป็นพิษ 3) ด้านชีวภาพ ได้แก่ Total Coliform และ Fecal Coliform Bacteria เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านสุขอนามัย และ 4) ด้านสารพิษ



ภาพที่ 3 สภาพปัญหาและศึกษาแหล่งน้ำและปริมาณน้ำของเทศบาลตำบลหนองพ้อ

ที่มา: จากการสำรวจภาคสนามของผู้วิจัย



ภาพที่ 4 การเก็บตัวอย่างน้ำดิบแบบผสมจาก 6 จุดรอบบ่อ ในช่วงฤดูแล้ง เพื่อส่งตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ที่มา: จากการสำรวจภาคสนามของผู้วิจัย

4.3 การประเมินประสิทธิภาพระบบประปาเดิม (Existing System Evaluation) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานผลการทดสอบคุณภาพน้ำประปาจากแหล่งน้ำบาดาลเดิมที่ดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยทักษิณ โดยเน้นการตรวจสอบค่าสารละลายรวม (TDS) และค่าความกระด้าง ที่มักเป็นปัญหาหลัก ร่วมกับการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบในปัจจุบัน โดยใช้โปรแกรมหรือแบบจำลองมาตรฐานคุณภาพระบบประปาหมู่บ้าน เพื่อวิเคราะห์หาจุดอ่อนของระบบ เช่น ปัญหาแรงดันน้ำตกในเส้นท่อจ่ายน้ำ หรือประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

4.4 การออกแบบระบบประปาผิวดิน (Surface Water Supply System Design) นำข้อมูลผลการวิเคราะห์จากขั้นตอนที่ 4.1-4.3 มาบูรณาการเพื่อกำหนดและออกแบบทางวิศวกรรมสำหรับระบบผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำผิวดิน

โดยยึดหลักเกณฑ์ทางวิศวกรรมสาขาภิบาล [8] และมาตรฐานที่เป็นยอมรับ ครอบคลุมรายละเอียดดังนี้

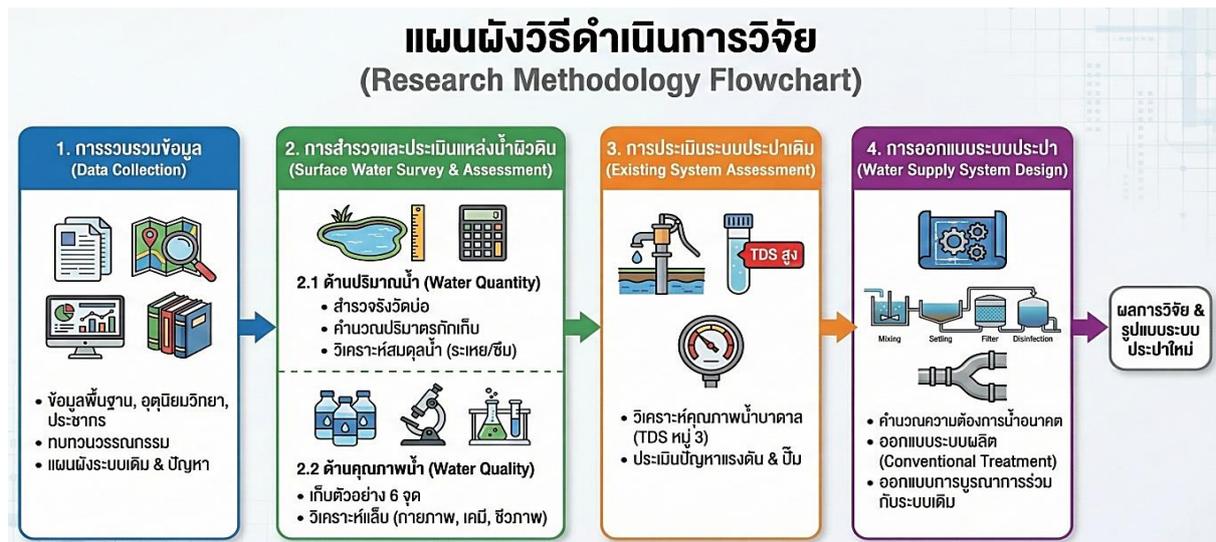
4.4.1 การคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำ (Water Demand Forecasting) คำนวณอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่อคนต่อวัน และทำการคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต โดยใช้แบบจำลองทางสถิติที่เหมาะสม เพื่อกำหนดขนาดกำลังการผลิตของระบบประปาให้รองรับความต้องการใช้น้ำของประชากร (ประมาณ 2,040 คน) ในอนาคตได้ (Design Period 20 ปี)

4.4.2 การออกแบบระบบสูบน้ำดิบ (Raw Water Intake Design) ออกแบบโครงสร้างรับน้ำและคัดเลือกชนิดและขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบ (Pump Sizing)

4.4.3 การออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Water Treatment Process Design) พิจารณาเลือกและออกแบบหน่วยบำบัดน้ำที่จำเป็นโดยอ้างอิงจากผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบในข้อ 4.2.2 ได้แก่ กระบวนการสร้างตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค

4.4.4 การออกแบบระบบจ่ายน้ำและการเชื่อมต่อ (Distribution System and Integration Design) ออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำและวางแผนการเชื่อมต่อกับระบบเดิม

4.4.5 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) ทำการประเมินและเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตน้ำประปาต่อหน่วย (Unit Cost) ระหว่างระบบประปาบาดาลเดิมกับระบบประปาผิวดินที่ออกแบบใหม่ โดยคำนวณจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ค่าสารเคมี และค่าบำรุงรักษา เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมในการลงทุนและความยั่งยืนในการบริหารจัดการของเทศบาล



ภาพที่ 5 แสดงแผนผังวิธีการดำเนินการวิจัย

ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

5. ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยตามระเบียบวิธีที่กำหนดไว้ สามารถสรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษาดังกล่าวเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ ผลการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำผิวดิน ผลการวิเคราะห์ระบบประปาเดิม ผลการออกแบบระบบประปาผิวดิน และผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดิน มีดังนี้

5.1.1 ด้านปริมาณน้ำและความสมดุลของน้ำ (Water Quantity and Balance) จากการลงพื้นที่สำรวจและรังวัดทางกายภาพของบ่อน้ำผิวดินเป้าหมายในหมู่ที่ 6 บ้านควนพลี พบว่ามีลักษณะเป็นบ่อขุดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดใหญ่ มีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 16,000 ตารางเมตร ความลึกเฉลี่ยของระดับน้ำอยู่ที่ ประมาณ 3-5 เมตร ซึ่งแตกต่างกันไปตามฤดูกาล จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำย้อนหลังในช่วงปี พ.ศ. 2564-2566 บ่งชี้ว่าแหล่งน้ำแห่งนี้มีเสถียรภาพของปริมาณน้ำกักเก็บที่ดี โดยมีน้ำขังเพียงพอตลอดทั้งปีแม้ในช่วงฤดูแล้งที่ยาวนาน ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบสำคัญ และเพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุนที่แม่นยำสำหรับการออกแบบ ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณสมดุลน้ำ (Water Balance Calculation) โดยนำข้อมูลพื้นที่

และความลึกเฉลี่ยมาคำนวณ ปริมาตรกักเก็บน้ำสูงสุดได้ประมาณ 64,000 ลูกบาศก์เมตร และจากการประเมินอัตราการสูญเสียน้ำตามธรรมชาติในพื้นที่ที่ศึกษา พบว่ามีอัตราการระเหยจากผิวน้ำ (Evaporation) เฉลี่ยประมาณ 20% ของปริมาณน้ำ และอัตราการซึมผ่านลงสู่ชั้นดิน (Percolation) ประมาณ 10% คิดเป็นการสูญเสียรวมทั้งสิ้นประมาณ 30% ของปริมาตรกักเก็บทั้งหมด เมื่อหักลบการสูญเสียดังกล่าวแล้ว จำนวนได้ว่ามี "ปริมาณน้ำสุทธิที่ใช้ประโยชน์ได้ (Net Usable Volume)" อยู่ที่ประมาณ 44,800 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งจากการเปรียบเทียบกับความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยของครัวเรือนในพื้นที่เป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ พบว่าปริมาณน้ำนี้เพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำดิบเสริมสำหรับการผลิตน้ำประปาได้ โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศเดิมของแหล่งน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมโดยรอบ

5.1.2 ด้านคุณภาพน้ำดิบ (Raw Water Quality)

ผลการเก็บตัวอย่างน้ำดิบแบบผสมในช่วงฤดูแล้งและนำส่งตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (สำหรับการอุปโภคบริโภคที่ต้องผ่านการบำบัดทั่วไป) และประเภทที่ 3 (สำหรับการเกษตร) ตามประกาศ

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ แสดงรายละเอียด
ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบแหล่งน้ำผิวดิน
หมู่ที่ 6 เทศบาลตำบลหนองพ้อ

พารามิเตอร์	หน่วย	ผลการ ตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน (ประเภท 2)	การ ประเมิน
กายภาพ				
ความเป็น กรด-ด่าง (pH)	-	5.8	6.0 - 9.0	ต่ำกว่า เกณฑ์
สี (Color)	Pt-Co	< 2.5	ไม่ระบุ	ผ่านเกณฑ์
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	(ไม่ระบุ ค่า)	ไม่ระบุ	ต้องบำบัด
เคมี				
ออกซิเจน ละลาย (DO)	mg/L	9.2	> 6.0	ผ่านเกณฑ์ ดีมาก
บีโอดี (BOD)	mg/L	0.8	< 1.5	ผ่านเกณฑ์ ดีมาก
ไนเตรท (Nitrate)	mg/L	< 0.12	< 5.0	ผ่านเกณฑ์
โลหะหนัก (As, Pb, Cd, Hg)	mg/L	ไม่พบ/ต่ำ กว่า เกณฑ์	ตามกำหนด	ผ่านเกณฑ์
ชีวภาพ				
Total Coliform	MPN/ 100ml	920	< 5,000	ผ่านเกณฑ์ แหล่งน้ำ
Fecal Coliform	MPN/ 100ml	230	< 1,000	ต้องฆ่าเชื้อ โรค

ที่มา: จากการวิเคราะห์ผลจากห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัย
วลัยลักษณ์ ร่วมกับประกาศคณะกรรมการ
สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (2537)

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า
คุณภาพน้ำดิบโดยภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี มีค่าออกซิเจน
ละลายน้ำ (DO) 9.2 mg/L และค่าบีโอดี (BOD) 0.8 mg/L
ซึ่งบ่งชี้ว่าแหล่งน้ำมีศักยภาพในการฟอกตัวเองตาม
ธรรมชาติ (Self-purification capacity) สูง และมีการ
ปนเปื้อนของสารอินทรีย์ต่ำ ไม่พบการปนเปื้อนของโลหะ

หนักและสารเคมีทางการเกษตรที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน
อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ที่ได้ระบุถึงปัญหาคุณภาพน้ำ
ที่สำคัญ 2 ประการที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข
ในกระบวนการผลิตน้ำประปา คือ 1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง
(pH) ต่ำ โดยน้ำมีค่า pH เฉลี่ยอยู่ที่ 5.8 ซึ่งแสดงสภาวะเป็น
กรดอ่อนๆ สาเหตุอาจเกิดจากลักษณะทางธรณีวิทยาของ
ดินในพื้นที่ที่เป็นดินกรดหรือดินพรุ หากนำน้ำนี้ไปใช้ใน
ระบบประปาโดยตรงโดยไม่ผ่านการปรับปรุง จะส่งผลให้
เกิดการกัดกร่อนเส้นท่อและอุปกรณ์โลหะต่างๆ ในระบบ
จ่ายน้ำ ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง และอาจทำให้มีโลหะ
หนักละลายออกมาปนเปื้อนในน้ำประปาได้ และ
2) การปนเปื้อนทางชีวภาพ ซึ่งแม้ว่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม
Total Coliform และ Fecal Coliform จะยังอยู่ในเกณฑ์
มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 แต่การตรวจพบ
เชื้อ Fecal Coliform จำนวน 230 MPN/100 mL เป็นตัว
บ่งชี้ที่ชัดเจนว่ามีการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์หรือ
สัตว์เลื้อยคูลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้น น้ำดิบจากแหล่งนี้
ไม่สามารถนำมาบริโภคได้โดยตรง และจำเป็นต้องอย่างยิ่ง
ที่จะต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคที่มีประสิทธิภาพ
อย่างเคร่งครัด เพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยต่อสุขภาพ
ของประชาชน

**5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพและปัญหาของ
ระบบประปาบาดาลเดิม** จากการรวบรวมและวิเคราะห์
ข้อมูลทุติยภูมิผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาจาก
ระบบบาดาลเดิมที่ดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยทักษิณ cjt
ผลจากห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ พบว่า
คุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้
แต่มีข้อยกเว้นสำคัญในพื้นที่ หมู่ที่ 3 บ้านโคกวัด ซึ่งผลการ
ตรวจวัดพบค่าน้ำวิตก โดยเฉพาะค่าของแข็งละลายน้ำ
ทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) ที่ สูง ถึง
680 mg/L ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มที่กรมอนามัย
กำหนดไว้ที่ไม่เกิน 600 mg/L [9] ค่า TDS ที่สูงในระดับนี้
เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้น้ำประปามีรสกร่อย ไม่เป็นที่
ยอมรับของผู้ใช้น้ำในการนำไปบริโภค และยังเร่งให้เกิดการ
สะสมของคราบตะกอนในท่อส่งน้ำและอุปกรณ์สุขภัณฑ์
ตามบ้านเรือน นอกจากปัญหาคุณภาพน้ำแล้ว จากการ

ลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ดูแลระบบประปาและผู้นำชุมชน ยังพบปัญหาเชิงโครงสร้างและประสิทธิภาพของระบบ ได้แก่ ปัญหาแรงดันน้ำในเส้นท่อตกงวอบอย่างมาก ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้น้ำสูง (Peak Demand) เช่น ช่วงเช้าและช่วงเย็น ทำให้ประชาชนที่อยู่ปลายท่อหรือพื้นที่สูงไม่ได้รับน้ำอย่างทั่วถึง และปัญหาเครื่องสูบน้ำบาดาล (Submersible Pump) ต้องทำงานหนักและต่อเนื่องยาวนานเกินไปในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินลดต่ำลง ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและเครื่องสูบน้ำชำรุดบ่อยครั้ง ดังปรากฏในภาพที่ 6 ซึ่งแสดงสภาพความชำรุดทรุดโทรมของระบบท่อและเครื่องสูบน้ำเดิมที่ผ่านการใช้งานมาอย่างยาวนาน



ภาพที่ 6 แสดงสภาพความชำรุดทรุดโทรมของระบบท่อและเครื่องสูบน้ำเดิมที่ผ่านการใช้งานมาอย่างยาวนาน

ที่มา: จากการสำรวจภาคสนามของผู้วิจัย

5.3 ผลการออกแบบ Conceptual Design ระบบประปาผิวดินเพื่อการบูรณาการ จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ในส่วนที่ 5.1 และ 5.2 ผู้วิจัยได้นำมาสังเคราะห์เพื่อออกแบบแนวคิดระบบประปาผิวดิน (Conceptual Design) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำดิบ (pH ต่ำ การปนเปื้อนเชื้อโรค และความขุ่น) และเพื่อนำน้ำที่ผลิตได้ไปบูรณาการร่วมกับระบบเดิมในการแก้ปัญหาค่า TDS สูงและเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน โดยเลือกใช้เทคโนโลยีระบบผลิตน้ำประปาแบบธรรมดา (Conventional Water Treatment System) ซึ่งมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

และง่ายต่อการดูแลบำรุงรักษาสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีรายละเอียดองค์ประกอบหลักดังนี้

5.3.1 ระบบสูบน้ำดิบ (Intake System) ผู้วิจัยออกแบบกำหนดจุดติดตั้งสถานีสูบน้ำดิบในบริเวณที่มีระดับน้ำลึกที่สุดและมีความเสถียรของตลิ่ง เพื่อให้สามารถสูบน้ำได้ตลอดทั้งปีและลดปัญหาน้ำขุ่นจากตะกอนก้นบ่อ โดยเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำ (Submersible Pump) ที่ออกแบบมาสำหรับสูบน้ำดิบโดยเฉพาะ กำหนดขนาดอัตราการสูบ (Flow Rate) และระยะส่ง (Total Dynamic Head) ให้สัมพันธ์กับความต้องการน้ำที่คำนวณได้และระยะทางท่อส่งไปยังโรงกรองน้ำ พร้อมติดตั้งตะแกรงกันขยะเพื่อป้องกันเศษวัสดุเข้าสู่ระบบ

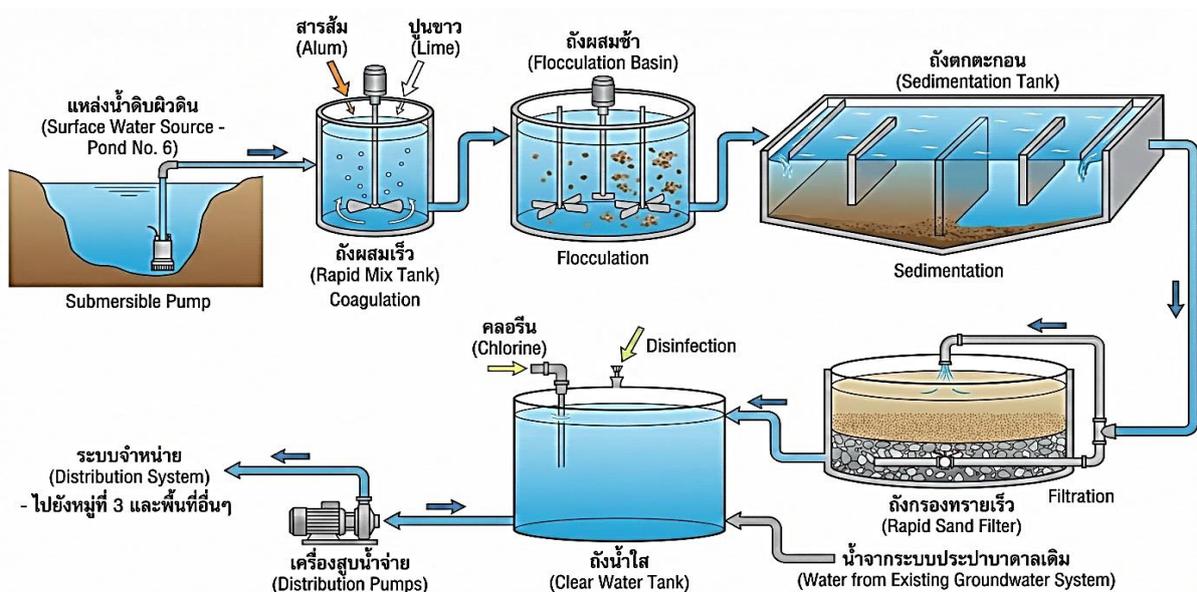
5.3.2 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Water Treatment Process) ผู้วิจัยออกแบบกระบวนการผลิตตามหลักวิศวกรรมสุขาภิบาล เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนตามผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบ โดยมีขั้นตอนการทำงานต่อเนื่อง รายละเอียดดังภาพที่ 7 ซึ่งเป็นผังกระบวนการผลิตที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น และภาพที่ 8 แบบจำลอง 3 มิติของระบบ ดังนี้ 1) การปรับเสถียรน้ำ (pH Adjustment) เป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญ โดยการเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่น ปูนขาว (Lime) หรือ โซดาแอส (Soda Ash) ลงในน้ำดิบ เพื่อปรับค่า pH จากเดิม 5.8 ให้สูงขึ้นมาอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ 6.5-7.5 การปรับค่า pH นี้มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการสร้างตะกอนในขั้นตอนถัดไป และเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมีฤทธิ์กัดกร่อนระบบท่อจ่ายน้ำ 2) การกวนเร็ว (Rapid Mixing / Coagulation) ภายหลังการปรับ pH จะทำการเติมสารส้ม (Alum) หรือ สารโพลีเมอร์ช่วยสร้างตะกอนลงในถังกวนเร็ว โดยใช้ใบพัดกวนด้วยความเร็วสูงในระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้สารเคมีกระจายตัวทั่วถึงและทำปฏิกิริยาลดประจุไฟฟ้าของอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็ก (Colloids) ที่ทำให้น้ำขุ่น 3) การกวนช้าและการตกตะกอน (Flocculation & Sedimentation) น้ำที่ผ่านการกวนเร็วจะไหลเข้าสู่ถังกวนช้า เพื่อให้อนุภาคขนาดเล็กที่ถูกทำลายประจุแล้วมารวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ (Flocs) ที่มีน้ำหนัก จากนั้นน้ำจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอน ซึ่งออกแบบให้กระแสช้าและราบเรียบ

เพื่อเอื้อให้ตะกอนที่มีน้ำหนักตกลงสู่ก้นถังและถูกแยกออกจากน้ำใสส่วนบน 4) การกรอง (Filtration) น้ำใสส่วนบนจากถังตกตะกอนจะถูกส่งเข้าสู่ระบบกรองทรายเร็ว (Rapid Sand Filter) ซึ่งประกอบด้วยชั้นกรองทรายและกรวดที่ตัดขนาด เพื่อทำหน้าที่ดักจับอนุภาคความขุ่นและตะกอนขนาดเล็กที่ยังหลงเหลืออยู่ ทำให้น้ำมีความใสสะอาดตามมาตรฐานและ 5) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่สำคัญที่สุดด้านสุขอนามัย โดยการเติมสารละลายคลอรีน (Chlorine Solution) ลงในน้ำกรองในปริมาณที่คำนวณไว้ เพื่อทำลายเชื้อแบคทีเรีย Coliform และจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งหมด โดยออกแบบให้มีระยะเวลาสัมผัส (Contact Time) ที่เพียงพอในถังน้ำใส และต้องควบคุมให้มีปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือ (Free Residual Chlorine) ที่ปลายท่อจ่ายน้ำไม่น้อยกว่า 0.2 mg/L เพื่อป้องกันการปนเปื้อนซ้ำในระบบท่อ ดังภาพที่ 7 และ 8

5.3.3 การบูรณาการระบบและการบริหารจัดการน้ำ (System Integration & Water Management) จุดเด่นสำคัญของการออกแบบนี้ คือการกำหนดให้ระบบผลิตน้ำประปาผิวดินแห่งใหม่ ทำหน้าที่ผลิตน้ำสะอาดแล้วส่งไปกักเก็บไว้ใน ถังน้ำใสกลาง (Central Clear Water

Tank) เพื่อดำเนินการ ผสมผสาน (Blending) กับน้ำประปาที่ผลิตจากระบบบาดาลเดิม

5.4 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต (Production Cost Analysis) จากการคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตน้ำประปาต่อหน่วย (Unit Cost) ระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่ พบว่า ระบบประปาบาดาลเดิมมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 4.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำลึก ในขณะที่ระบบประปาผิวดินที่ออกแบบใหม่มีต้นทุนการผลิตประมาณ 5.20 บาทต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีสัดส่วนหลักมาจากค่าสารเคมี (ส้มและปูนขาว) อย่างไรก็ตามเมื่อดำเนินการบูรณาการระบบโดยใช้น้ำผิวดินเป็นแหล่งเสริมในช่วงฤดูแล้ง จะทำให้ต้นทุนเฉลี่ยรวมของทั้งระบบ (Blended Cost) อยู่ที่ประมาณ 4.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือว่ามีค่าคุ้มค่าเมื่อเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับจากการลดค่า TDS และความมั่นคงทางน้ำที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำบาดาล ลดความเสี่ยงจากการซ่อมบำรุงที่บ่อยครั้ง ทำให้ในระยะยาวมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับเทศบาล



ภาพที่ 7 ผังกระบวนการผลิตน้ำประปาที่ออกแบบใหม่

ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น



ภาพที่ 8 แบบจำลองระบบประปาตำบล เทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

6. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างรอบด้านตามวัตถุประสงค์การวิจัย สามารถสรุปประเด็นสำคัญและอภิปรายผลการวิจัยโดยเชื่อมโยงกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

6.1 สรุปผล ผลการวิจัยยืนยันว่าบ่อขุดดินหมู่ที่ 6 บ้านควนพลี มีความเหมาะสมในการพัฒนาเป็นแหล่งน้ำดิบเสริม เนื่องจากมีปริมาณน้ำสุทธีที่ใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 44,800 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (จากพื้นที่ 16,000 ตารางเมตร) ซึ่งเพียงพอต่อการบรรเทาปัญหาภัยแล้ง แม้คุณภาพน้ำดิบจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำเฉลี่ย 5.8 และมีการปนเปื้อนเชื้อ Coliform แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยระบบผลิตน้ำประปาแบบมาตรฐานที่เน้นการปรับเสถียรน้ำและการฆ่าเชื้อโรค นอกจากนี้ งานวิจัยยังนำไปสู่นวัตกรรม "Nong Pho Model" ที่ใช้กลยุทธ์การนำน้ำผิวดินมาผสมผสานกับน้ำบาดาลเดิม เพื่อเจือจางค่าสารละลายรวม (TDS) ให้ได้มาตรฐานโดยไม่ต้องใช้ระบบกรองขั้นสูง ซึ่งจากการวิเคราะห์ต้นทุน พบว่ามีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยรวม 4.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร แสดงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการสร้างความมั่นคงทางน้ำให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน

6.2 อภิปรายผล จากข้อสรุปข้างต้น สามารถนำมาอภิปรายผลในประเด็นสำคัญต่างๆ ได้ดังนี้

6.2.1 ความเหมาะสมและศักยภาพของแหล่งน้ำ

ผิวดินในบริบทพื้นที่ ผลการศึกษาความเหมาะสมของแหล่งน้ำบ่อขุดดินหมู่ที่ 6 สอดคล้องกับแนวคิดการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการ (IWRM) ที่เน้นการกระจายความเสี่ยงโดยการใช้แหล่งน้ำต้นทุนที่หลากหลายแทนการพึ่งพาแหล่งน้ำเดียว [10] โดยพบค่า DO สูง (9.2 mg/L) และ BOD ต่ำ (0.8 mg/L) บ่งชี้ถึงขีดความสามารถในการฟอกตัวเองตามธรรมชาติที่ดี ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ ประดิษฐ์ คำธ [11] ที่พบปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมและความขุ่นสูงในฤดูฝน เนื่องจากสภาพของบ่อมีคันดินช่วยลดการไหลหลากของน้ำผิวดินลงสู่บ่อ อย่างไรก็ตาม สภาพความเป็นกรด (pH 5.8) ที่เป็นลักษณะเฉพาะของพื้นที่ดินพรุภาคใต้จำเป็นต้องกำหนดให้ขั้นตอนการปรับเสถียรน้ำด้วยปูนขาว (Pre-liming) เป็น น จุด วิ กฤต (Critical Control Point) ในกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันการกัดกร่อนระยะยาว

6.2.2 นวัตกรรมกระบวนการ "Nong Pho Model" และการบูรณาการระบบประปา (System Integration Innovation) การบูรณาการระบบประปาผิวดินร่วมกับน้ำบาดาลเดิมภายใต้โมเดล "Nong Pho Model" เป็นการประยุกต์ใช้หลักการบริหารจัดการน้ำแบบผสมผสาน (Conjunctive Use Management) อย่างเป็น รูป ธรรม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ธนวัฒน์ พลอยทรัพย์ [12]

ที่พบว่าช่วยลดภาระและยืดอายุการใช้งานแหล่งน้ำบาดาล นวัตกรรมนี้โดดเด่นด้วยการใช้กลยุทธ์การเจือจาง (Dilution Strategy) เพื่อแก้ไขปัญหาค่าสารละลายสูง (High TDS) ทดแทนเทคโนโลยีที่มีต้นทุนสูงอย่าง Reverse Osmosis (RO) โดยผลการวิเคราะห์ยืนยันความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ด้วยต้นทุนเฉลี่ยรวมเพียง 4.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีความเหมาะสมกับบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ

6.2.3 ปัจจัยสู่ความสำเร็จและความยั่งยืน (Critical Success Factors for Sustainability) ความสำเร็จของโครงการนี้ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมทางวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว แต่ยังคงอาศัยประสิทธิภาพการบริหารจัดการและการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ดังที่ นันทวัน ภูมิจักร [13] ระบุว่า การมีส่วนร่วมของชุมชนและการพัฒนาขีดความสามารถของบุคลากรเป็นหัวใจสำคัญของความยั่งยืน ดังนั้น เทศบาลตำบลหนองบัวจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมด้านบุคลากร (Capacity Building) เนื่องจากระบบผลิตน้ำประปาผิวดินมีความซับซ้อนในการเดินระบบและการควบคุมสารเคมีมากกว่าระบบบาดาลเดิม เพื่อให้สามารถผลิตน้ำประปาที่ได้มาตรฐานอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

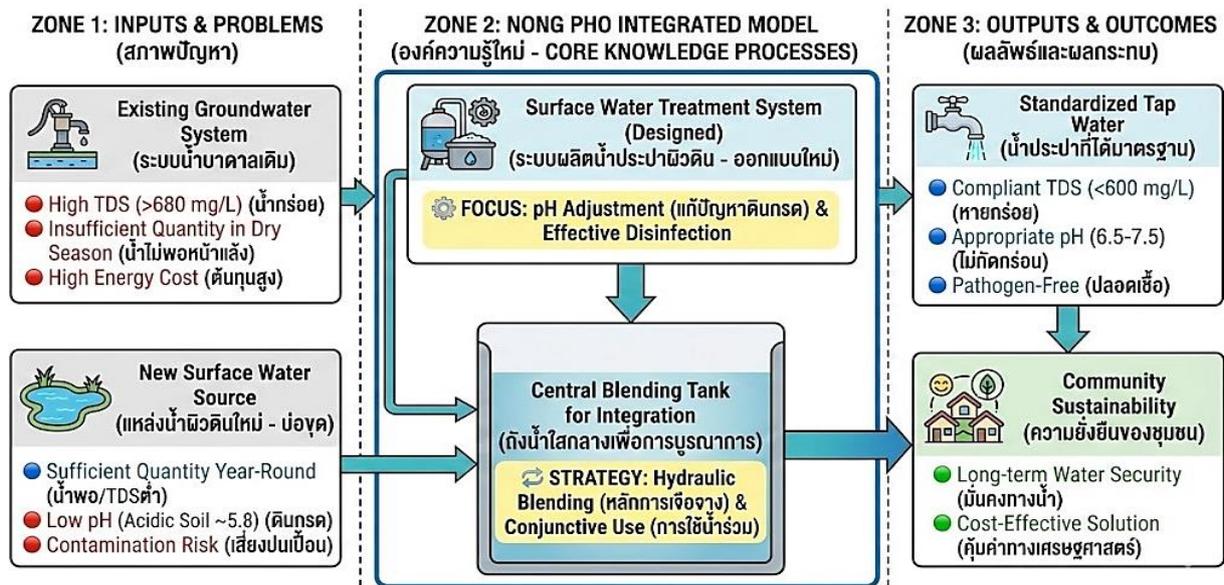
6.3 องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการวิจัย (Body of Knowledge) งานวิจัยเรื่อง "การประเมินความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินเพื่อออกแบบระบบประปาฯ" นี้ ไม่ได้เป็นเพียงการออกแบบทางวิศวกรรมพื้นฐาน แต่ได้ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในบริบทของการบริหารจัดการน้ำท้องถิ่น ดังนี้

6.3.1 นวัตกรรมกระบวนการ งานวิจัยนี้นำเสนอ นวัตกรรม "รูปแบบการบริหารจัดการน้ำแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาน้ำกร่อยในชุมชน (Conjunctive Use Model for Brackish Water Solution)" หรือ Hydraulic Blending Strategy ซึ่งประยุกต์ใช้หลักการเจือจาง (Dilution Principle) ทางวิศวกรรมด้วยการนำน้ำผิวดินที่มีค่าสารละลาย (TDS) ต่ำ มาผสมผสานกับน้ำบาดาลเดิมที่มีค่า TDS สูงในอัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งแตกต่างจากแนวทางเดิมที่มักพึ่งพาเทคโนโลยี Reverse Osmosis (RO) ที่มีต้นทุนสูงและยุ่งยากในการบำรุงรักษา ผลการศึกษาแสดง

ให้เห็นว่าวิธีการนี้สามารถลดค่า TDS ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้โดยไม่ต้องลงทุนในระบบ RO จึงเป็นต้นแบบ (Model) สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในภาคใต้ที่มีบริบทคล้ายคลึงกัน โดยหันมาใช้แหล่งน้ำผิวดินขนาดเล็กเป็นตัวทำละลายร่วมกับการใช้งานน้ำบาดาลเดิมอย่างคุ้มค่า

6.3.2 องค์ความรู้เชิงบริบทพื้นที่ แนวทางการจัดการคุณภาพน้ำดิบในพื้นที่ดินพรุ/ดินกรด (Site-Specific Water Treatment Guideline) หรือ Specific Treatment Protocol มุ่งเน้นการออกแบบกระบวนการผลิตที่ให้ความสำคัญกับการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Adjustment) เพื่อรองรับบริบททางธรณีวิทยาของพื้นที่ดินกรดในภาคใต้ ซึ่งแตกต่างจากระบบประปาผิวดินทั่วไปที่มักเน้นเพียงการกำจัดความขุ่นและเชื้อโรค งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าแหล่งน้ำในเขตอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุงได้รับอิทธิพลจากสภาพดินเปรี้ยวส่งผลให้มีค่า pH ต่ำ (5.8) จึงจำเป็นต้องกำหนดให้การเติมปูนขาวก่อนกระบวนการสร้างตะกอน (Pre-liming) เป็นขั้นตอนวิกฤตในการผลิต เพื่อให้การตกตะกอนสมบูรณ์และลดการกัดกร่อน อันเป็นปัจจัยชี้ขาดความสำเร็จของระบบประปาในบริบทพื้นที่ดังกล่าว

6.3.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อความยั่งยืน (Economic Sustainability in Local Water Supply) การสร้างความมั่นคงทางน้ำอย่างยั่งยืน (Sustainable Water Security) ผ่านการกระจายความเสี่ยง (Diversification) ด้วยระบบประปาแบบผสมผสาน (Hybrid) ช่วยเปลี่ยนมุมมองเดิมที่เห็นว่าการลงทุนระบบใหม่เป็นภาระงบประมาณ โดยผลการวิเคราะห์ต้นทุน (Cost Analysis) ชี้ให้เห็นว่าแนวทางนี้ช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำและลดค่าไฟฟ้าในฤดูแล้ง ส่งผลให้ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย (Unit Cost) ในระยะยาวมีความคุ้มค่าสูงกว่าการซ่อมบำรุงหรือการชุดเจาะบ่อใหม่อย่างต่อเนื่อง นับเป็นการเปลี่ยนกระบวนทัศน์ (Paradigm Shift) จากการมุ่งเน้นเพียงการจัดหาแหล่งน้ำใหม่ ไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างชาญฉลาดและคุ้มค่า ซึ่งแสดงให้เห็นแนวคิดขององค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการวิจัยไว้ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แบบจำลองระบบประปาตำบล เทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

จากการสรุปและอภิปรายผลการวิจัย คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำคัญเพื่อนำไปปฏิบัติและการพัฒนาต่อยอด โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต ดังนี้

7.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

7.1.1 การผลักดันเข้าสู่แผนพัฒนาและจัดหางบประมาณ เทศบาลควรนำผลการศึกษาความเหมาะสมและแบบร่างแนวคิด (Conceptual Design) ไปบูรณาการในแผนพัฒนาท้องถิ่นเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลประกอบการขอรับการสนับสนุนงบประมาณ ทั้งจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีและเงินอุดหนุนเฉพาะกิจจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นหรือกองทุนสิ่งแวดล้อม ซึ่งการมีผลการศึกษาทางวิชาการรองรับจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือและความเป็นไปได้ในการนำโครงการไปสู่การปฏิบัติจริง

7.1.2 การสร้างระบบเฝ้าระวังและควบคุมคุณภาพน้ำเชิงรุก เทศบาลควรจัดให้มีระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่องโดยใช้ชุดทดสอบภาคสนาม (Portable Test Kits) เพื่อตรวจวัดพารามิเตอร์สำคัญ ได้แก่ ค่าความเป็น

กรด-ด่าง ความขุ่น และคลอรีนอิสระคงเหลือ อย่างน้อยวันละ 1-2 ครั้ง ซึ่งจะช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถปรับอัตราการใช้สารเคมี (Chemical Dosage) ให้สอดคล้องกับความผันผวนของคุณภาพน้ำดิบในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.1.3 การบริหารจัดการพื้นที่คุ้มครองแหล่งน้ำดิบอย่างมีส่วนร่วม (Participatory Source Water Protection Management) เทศบาลควรกำหนดเขตพื้นที่คุ้มครองรอบแหล่งน้ำดิบ (Sanitary Zone) อย่างชัดเจน ควบคู่กับการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการกำหนดกติกาเพื่อควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษ อาทิ การทิ้งขยะ การระบายน้ำเสีย และการเลี้ยงสัตว์ รวมถึงการรณรงค์สร้างจิตสำนึกและการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมด้วยการปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการชะล้างหน้าดิน ซึ่งถือเป็นกลไกสำคัญในการรักษาเสถียรภาพของคุณภาพน้ำต้นท่อนอย่างยั่งยืน

7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยเพื่อพัฒนาต่อยอดในอนาคต

7.2.1 การศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบในรอบปี ควรมีการศึกษาวินิจฉัยคุณภาพน้ำดิบต่อเนื่องอย่างน้อย 1 ปีปฏิทิน เพื่อให้ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยเฉพาะปัญหาหมอกควันจากไฟป่าและการชะล้างหน้าดินในช่วงฤดูฝน ข้อมูลเชิงลึกที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงแบบรายละเอียด (Detailed Design) ของระบบ

ตกตะกอนและระบบกรอง ให้สามารถรองรับภาระความขุ่นสูงสุด (High Turbidity Load) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.2.2 การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และสังคม ควรศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าตลอดอายุโครงการ (Life Cycle Cost Analysis) ระหว่างระบบประปาผิวดินกับทางเลือกอื่น อาทิ การขุดเจาะบ่อบาดาลในพื้นที่ศักยภาพสูง หรือการใช้ระบบกรองขั้นสูง (RO หรือ Nano-filtration) เฉพาะจุด เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกประกอบการตัดสินใจเลือกแนวทางการลงทุนที่เกิดประโยชน์และความคุ้มค่าสูงสุดในระยะยาว

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ เทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่สำรวจ ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ และขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักสูตรนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ให้คำปรึกษาแนะนำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Pongngam, K. 2007. *Thai Local Government: Forms and Roles*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- [2] Phatthalung Provincial Statistical Office. 2023. *Population and Housing Statistics of Phatthalung Province*. Phatthalung: Phatthalung Provincial Statistical Office. (in Thai)
- [3] Nong Pho Municipality Waterworks Office. 2023. "Report on Water Consumption Behavior Analysis of People in Nong Pho Subdistrict Municipality Community, 2022-2023," Report. Phatthalung: Nong Pho Subdistrict Municipality. (in Thai)

- [4] Royal Irrigation Department. 2019. *Handbook for Survey and Assessment of Small Surface Water Sources*. Bangkok: Research and Development Division, Royal Irrigation Department. (in Thai)
- [5] Pollution Control Department. 2015. "Guidelines for Surface Water Quality Management," [Online]. Available: <https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/05/surface-water-quality.pdf>. Accessed [Accessed 27 December 2025]. (in Thai)
- [6] National Environment Board. 1994. "Notification of the National Environment Board No. 8 (B.E. 2537) Re: Determination of Surface Water Quality Standards," *Royal Gazette*, 111(17 D): pp. 17-19. (in Thai)
- [7] Department of Health. 2018. "Notification of the Department of Health Re: Drinking Water Quality Standards B.E. 2561," *Royal Gazette*, 135(Special Part 210 D): p. 1. (in Thai)
- [8] Vitoorchavalitwong, T. 2018. *Principles of Community Water Supply Design*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- [9] World Health Organization. 2017. *Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition incorporating the First Addendum*. Geneva: WHO.
- [10] Department of Water Resources. 2018. *20-Year Master Plan on Water Resources Management*. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- [11] Khamthon, P. 2017. "The Study of Surface Water Source Suitability for Water Supply Production in Khlong Thom Watershed,

- Krabi Province," Master's thesis, Prince of Songkla Univ., Songkhla, Thailand. (in Thai)
- [12] Ploysap, T. 2021. "Analysis and Assessment of Potential of Tha Chin Canal Water Source for Water Supply in Nakhon Pathom City Municipality," Master's thesis, Kasetsart Univ., Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)
- [13] Maneechak, N. 2022. "Sustainable Village Water Supply Management: A Case Study of Ban Nong Khon, Nakhon Ratchasima Province," Master's thesis, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, Thailand. (in Thai)
- [14] American Water Works Association. 2017. *Water Distribution Operator Training Handbook*, 7th ed. Denver, CO: AWWA.
- [15] Montgomery Watson. 2004. *Water Treatment Principles and Design*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.