

5ER-O13: การจัดการคุณภาพน้ำประปาในอาคารด้วยท่อพลาสติก PP-R กรณีศึกษา ท่อพลาสติก PP-R

A Study of Water supply quality management in buildings by with PPR pipes
: A Case Study of water pipes PP-R

กิตินันท์ จันทรประเสริฐ^{1*} ศักดิ์ชาย รักการ¹ และ พจนีย์ ศรีวิเชียร¹

Kitinun Junthraprasert^{1*}, Sakchai RakKan¹ and Podchanee Sriwichain¹

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ ทำการศึกษาปัญหาการเกิดสนิมในท่อน้ำประปาในอาคาร ซึ่งมีสนิมเกิดขึ้นในท่อในแต่ละชั้นเป็นจำนวนมาก ทำให้ค่าต่าง ๆ ของน้ำมีคุณสมบัติที่ต่ำกว่ามาตรฐานน้ำประปา สังเกตได้จากค่าของสารแขวนลอยTurbidity มีค่าที่ 7.78 NTU มีค่าสูงเกินมาตรฐาน (<5 NTU) และค่าTotal Hardness มีค่าที่สูงขึ้นเรื่อยจนเกินค่ามาตรฐาน (<100 มิลลิกรัม/ลิตร) โดยมีค่าสูงสุดที่ 101 มิลลิกรัม/ลิตร จึงต้องดำเนินการปรับปรุงระบบท่อน้ำประปาโดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม และการจัดการด้านวิศวกรรม สาเหตุเกิดจากท่อน้ำประปาที่ใช้งานอยู่ไม่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบทางด้านคุณสมบัติต่าง ๆ เปรียบเทียบทางด้านการติดตั้ง ทางด้านการการใช้งาน ทางด้านการเกิดสนิม พบว่า ท่อ PP-R ไม่เกิดสนิมตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกว่าท่อเหล็กไนส์ และท่อ PVC และเมื่อทำการวิเคราะห์ทางด้านต้นทุน พบว่า การเลือกใช้ ท่อ PP-R มีต้นทุนที่ต่ำกว่าทั้งท่อเหล็กไนส์ และท่อ PVC โดยการใช้ท่อเหล็กไนส์มีต้นทุน เท่ากับ 403,906 บาทต่อ 100 ตารางเมตร ส่วนการใช้ท่อ PVC มีต้นทุนอยู่ที่ 578,215 บาทต่อ 100 ตารางเมตร และต้นทุนของการใช้ท่อ PP-R อยู่ที่ 313,598 บาทต่อ 100 ตารางเมตร ซึ่งมีต้นทุนที่ต่ำ มีความคุ้มค่ามากที่สุด

คำสำคัญ: การจัดการ เพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุน

Abstract

This self-study to study the problem of rust in the water pipes in the building. Which has a lot of rust in the pipes in each floor causing the water values to have properties that are lower than the standard water supply. The turbidity value was 7.78 NTU above the standard value (<5 NTU) and the total hardness was higher than the standard value (<100 mg / l) with a maximum value of 101. Mg / l Therefore, it is necessary to improve the water supply piping system using the principles of engineering economics. And engineering management the cause is caused by improperly running water supply pipes. When comparing the various features, compare the installation side in terms of use on the rust side, the PP-R pipe does not rust throughout its lifetime. Which is more suitable than galvanized pipe and PVC pipe, and when analyzing the cost, it was found that choosing PP-R pipe was lower cost than both galvanized pipe and PVC pipe. Galvanizing costs 403,906 baht per 100 square meters, PVC pipes cost 578,215 baht per 100 square meters and PP-R pipes cost 313,598 baht per 100 square meters. low It is cost-effective as possible

Keywords: Management increases quality reduces cost

¹ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

* Corresponding author e-mail: kokgt1969@gmail.com

บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์โดยทั่วไป ปัจจุบันสังคมของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันได้เข้าสู่ระบบสาธารณูปโภค มีระบบและอุปกรณ์ที่ทันสมัยและปลอดภัย ตามที่ทางภาครัฐได้กำหนดเป็นนโยบายต่าง ๆ ไว้เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพของการเลือกใช้อุปกรณ์ในการเดินท่อประเภทต่าง ๆ ของท่อน้ำดื่ม ท่อน้ำทิ้ง ท่อดับเพลิง เป็นต้น โดยทางโครงการมีการตรวจขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโครงการอย่างครบถ้วนก่อนที่จะส่งมอบให้กับทางลูกค้า รวมถึงค่ามาตรฐานต่าง ๆ ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของหน่วยงานการประปาส่วนภูมิภาค เช่น ค่าความขุ่น ต้องน้อยกว่า <5 NTU ค่าการนำไฟฟ้า <1000 $\mu\text{mhos/cm}$ ค่าสี <15 Pt-Co Unit ค่าสารแขวนลอย (TDS) <500 mg/l as NaCl ค่าความกระด้าง (Total hardness) <100 mg/l Ca ค่า Co_3 Chloride <250 mg/l as Cl ค่าเหล็ก (Total Iron) <1 mg/l as Fe

จากปัญหาดังกล่าวผู้ศึกษา ได้ศึกษาข้อมูลการติดตั้งและการเดินท่อในอาคาร 3 ชั้น ซึ่งระบบท่อน้ำประปาเดิมเป็นท่อกวาลาโนสจ่ายน้ำจากห้องปั๊มขึ้นไปตามช่องชาฟต์ (Shaft โดยปัจจุบันเกิดปัญหาจากการติดตั้งท่อในห้องน้ำซึ่งมีสนิมขึ้นในท่อน้ำ และทำให้มีการแก้ไขงานมากขึ้น และในการปรับปรุงแก้ไขงานข้อบกพร่องในขั้นตอนการติดตั้งและตรวจเช็คในห้องน้ำ จึงมีส่วนของค่าแรงในการติดตั้งและการเปลี่ยนวัสดุ เป็นจำนวนเงิน 400,000 บาท

ดังนั้นผู้ศึกษาจึงสนใจศึกษาปัญหาที่มีผลกระทบต่อระบบท่อน้ำในห้องน้ำของอาคาร รวมทั้งองค์ประกอบต่าง ๆ จากการติดตั้งอุปกรณ์ท่อที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบห้องน้ำของโครงการสร้างอาคาร 3 ชั้น ในปี 2562 ตั้งแต่วันที่เดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม ปัจจุบันได้มีการติดตั้งระบบท่อน้ำไปแล้ว แต่ละห้องมีความเสียหายจากการติดตั้งอุปกรณ์ท่อคิดเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยจะใช้วิธีการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุปัญหา และกำหนดแนวทางสำหรับแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยหลักการของการจัดการงานวิศวกรรม คาดว่าจะสามารถลดปัญหาความผิดพลาดในการติดตั้งลงอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ และเพื่อสามารถนำไปปรับปรุงกับโครงการอื่น ๆ รวมถึงในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการจัดการน้ำสะอาดผ่านระบบการประปาชุมชนเพื่อใช้ในการอุปโภค ผลการศึกษาพบว่าน้ำประปาที่ผลิตได้ผ่านมาตรฐาน ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำ ในเตรท และ ค่าคลอรีนทั้งหมด ยกเว้น ค่าสี และ เหล็ก เนื่องจากระยะเวลาที่อยู่ในถังตกตะกอนไม่เพียงพอและพบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับปริมาณคลอรีนตกค้างมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานทั้งในจุดสถานีสูบน้ำจ่ายก่อนออกจากระบบผลิตน้ำประปา และที่จุดใช้งานในครัวเรือน อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่ใช้น้ำ ผลการเปรียบเทียบระบบประปาที่ดำเนินการโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และการประปาส่วนภูมิภาค พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ สามารถใช้ในการปรับปรุงการทำงานของระบบประปาชุมชนเมือง และหน่วยงานที่ดูแล [1] การศึกษาการกัดกร่อนของวัสดุ สาเหตุมาจากหลายประการ เช่น การขาดความรู้พื้นฐานของศาสตร์ด้านการกัดกร่อน ขาดความรู้ความเข้าใจอย่างถูกต้องในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในสภาวะสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ และมีการบำรุงรักษาและการป้องกันที่ไม่ถูกต้องและเหมาะสมเป็นต้น ดังนั้นในประเทศไทยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องส่งเสริมและเผยแพร่ความรู้ศาสตร์ด้านการกัดกร่อนของวัสดุ เพื่อให้ประชาชนมีความรู้ความเข้าใจอย่างถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้วัสดุที่มีมูลค่าสูง ๆ เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี โรงไฟฟ้า และกระดาษ เป็นต้น [2] การศึกษาการเกิดสนิมเหล็ก เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดจากการกัดกร่อนของโลหะหัวใจสำคัญของการกัดกร่อนของโลหะ ปัจจัยหลักที่จะทำให้เกิดการกัดกร่อนของโลหะ ได้แก่ น้ำหรือความชื้น

และออกซิเจนในอากาศ โดยกระบวนการพื้นฐานเกิดสนิมที่เข้าใจได้ง่ายที่สุดคือ กระบวนการเกิดสนิมเหล็ก พบเห็นและสามารถอธิบายได้ด้วยสมการไฟฟ้าเคมี โดยแบ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้วไฟฟ้างานี้ ขั้ว แอโนด (anode) เมื่อน้ำหรือความชื้นสัมผัสกับเหล็ก เหล็กจะเกิดการจ่ายอิเล็กตรอน [3] การศึกษาการกัดกร่อนในบรรยากาศของเหล็กกล้า ปัญหาการกัดกร่อนของเหล็กกล้าในบรรยากาศส่งผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัยของชุมชน และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการเติบโตทางเศรษฐกิจโลก ดังนั้นความเข้าใจในเรื่องการกัดกร่อนของเหล็กกล้าในบรรยากาศจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับวิศวกร และนักวิทยาศาสตร์ ผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการใช้งานของเหล็กกล้า บทความนี้นำเสนอภาพรวมของการกัดกร่อนของเหล็กกล้าในบรรยากาศ เช่น กลไกและลักษณะเฉพาะของการกัดกร่อนประเภทนี้ การเปลี่ยนแปลงของชนิดสนิมบนผิวของเหล็กกล้ารวมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมของการกัดกร่อนของเหล็กกล้าในบรรยากาศ นอกจากนี้ ยังกล่าวถึงวิธีการทำนายอัตราการกัดกร่อนของเหล็กกล้า นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาจลนศาสตร์ของการกัดกร่อนของเหล็กกล้าในบรรยากาศ ซึ่งสามารถนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการป้องกันการกัดกร่อนของเหล็กประเภทนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4] การศึกษาคุณภาพน้ำดื่มในโรงงาน/สถานประกอบกิจการ Quality หรือคุณภาพน้ำดื่ม เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง ซึ่งกฎหมายของประเทศไทยที่เกี่ยวกับการจัดหาน้ำดื่มในโรงงาน/สถานประกอบกิจการมีการกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพน้ำดื่มในโรงงานและ/สถานประกอบกิจการ คือ กระทรวงแรงงาน กำหนดจัดให้มีน้ำสะอาด สำหรับน้ำดื่ม ส่วนกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดให้จัดน้ำสะอาดสำหรับน้ำดื่มตามมาตรฐานน้ำบริโภค บทความฉบับนี้จะกล่าวถึงมาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภคหรือมาตรฐานน้ำดื่ม ซึ่งเป็นมาตรฐานคุณภาพน้ำที่ใช้เป็นเกณฑ์เพื่อบ่งชี้ว่าน้ำนั้นมีความสะอาดและมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัย มาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพน้ำดื่มระดับสากลที่สำคัญ คือ WHO Guideline for drinking- water Quality ขององค์การอนามัยโลก โดยมาตรฐานของประเทศไทยส่วนใหญ่ล้วนอ้างอิงจากคำแนะนำดังกล่าว อย่างไรก็ตามในปัจจุบันประเทศไทยมีมาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภคอยู่หลายฉบับ เนื่องจากถูกกำหนดจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายหน่วยงานภายใต้วัตถุประสงค์ของแต่ละหน่วยงาน [5] การศึกษา คุณภาพน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคอย่างยั่งยืนในพื้นที่ 13 ตำบลของอำเภอบางคนทีในมีคลองสายหลักที่มีขนาดใหญ่ จำนวน 9 จุด และคลองย่อยที่มีขนาดเล็กจำนวน 41 จุด ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ในวันที่ 27-28 มีนาคม และ 26-27 เมษายน 2555 และฤดูฝน ในวันที่ 27-28 กรกฎาคม และ 18-19 สิงหาคม 2555 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ พบว่า ค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 ของกรมควบคุมมลพิษกำหนด ส่วนค่าไนโตรเจนในรูปไนไตร์นั้นมีค่าต่ำแต่ไม่สามารถเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานได้ เนื่องจากไม่มีค่ากำหนด ปริมาณสารโลหะหนักในน้ำ พบว่าสารตะกั่วและสารแคดเมียม มีค่าสูง พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 ของกรมควบคุมมลพิษกำหนดอยู่มาก ส่วนสารสังกะสี และสารทองแดง ยังมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าที่เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน [6]

วิธีการวิจัย

จากสภาพปัจจุบันการทำธุรกิจเกี่ยวกับสาธารณูปโภค ไม่สามารถที่จะทำตามความต้องการของลูกค้าสืบเนื่องมาสภาพทั่วไปของกระบวนการดำเนินการปรับปรุงและตรวจเช็คระบบท่อน้ำประปาในอาคารและปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ปั๊มน้ำ แต่ยังประสบปัญหาในเรื่องคุณภาพและผลของการตรวจวิเคราะห์ ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ของน้ำประปาผู้ศึกษาจึงได้ศึกษาปัญหาโดยมีขั้นตอนดำเนินการศึกษาดังนี้

1. เครื่องมือการตรวจสอบ

เป็นกล้องที่ใช้ในการตรวจสอบและทำการถ่ายภาพภายในท่อน้ำที่จะทำการตรวจสอบโดยทำการต่อสายต่อเปรียบเสมือนเลนส์กล้องใส่เข้าไปในท่อน้ำที่จะทำการตรวจเช็คภาพและภาพก็จะแสดงภาพออกมาที่หน้าจอ Monitor



Figure 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือกล้องที่ใช้ ตรวจสอบภายในท่อน้ำประปา Model: NST-2000

2. สภาพปัญหา

2.1 สนิมที่ท่อด้านดูดปั๊ม และตัวเรือนเสื้อปั๊ม

ตรวจสอบภายในท่อ พบว่า มีสนิมเกาะภายในท่อเป็นจำนวนมากของท่อด้านดูดของปั๊มน้ำประปาของโครงการ ชั้น 1 ห้องปั๊มน้ำเกิดสนิมมากที่สุด ซึ่งตรวจพบว่าภายในเสื้อปั๊มเกิดความเสียหาย ดังภาพประกอบที่ 2



Figure 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจากสนิม เหล็กที่ท่อด้านดูดของปั๊มตัวที่ 1 และ 2 และภายในเสื้อปั๊ม

Figure 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาของเสียที่ที่ออกจากอ่างล้างมือห้องน้ำ ชั้น 2

3. การตรวจสอบ

ทำการตรวจเช็คโดยการถอดท่อด้านดูดปั๊มน้ำจากหน้าปั๊มไปจนถึงบริเวณถังน้ำประปา พบคราบสนิมเกิดขึ้นภายในท่อประปา (กัลวาไนส์) บริเวณข้อต่อของท่อและภายในท่อน้ำจำนวนหนึ่งไปจนถึงวาล์วปิดเปิดน้ำ



Figure 4 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจเช็คท่อน้ำประปาพบ คราบสนิมภายในท่อด้านดูดของปั๊มและที่ถังน้ำ



Figure 5 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายภายในท่อน้ำประปา ผิวของท่อมีคราบสนิมก่อตัวบริเวณรอยตัดท่อที่ต่อกับฟิตติงกัลวาไนส์



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพน้ำประปาในโกสุขภณท์
น้ำมีสีเหลืองขุ่น และที่เครื่องกรองน้ำมีสีเหลืองจาง



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจเช็คภายในท่อ
น้ำประปาที่ตัดมาทำการตัดท่อจากห้องน้ำชั้น 1 และ
ชั้น 3

4. วิเคราะห์ปัญหา

จากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการวิเคราะห์ปัญหา 4M กับแผนผังก้างปลา พบว่า ขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงาน มีขั้นตอนการติดตั้งระบบประปาและอุปกรณ์มีจำนวนมาก และขั้นตอนวัสดุอุปกรณ์ ท่อ Spec ต่ำกว่ามาตรฐาน

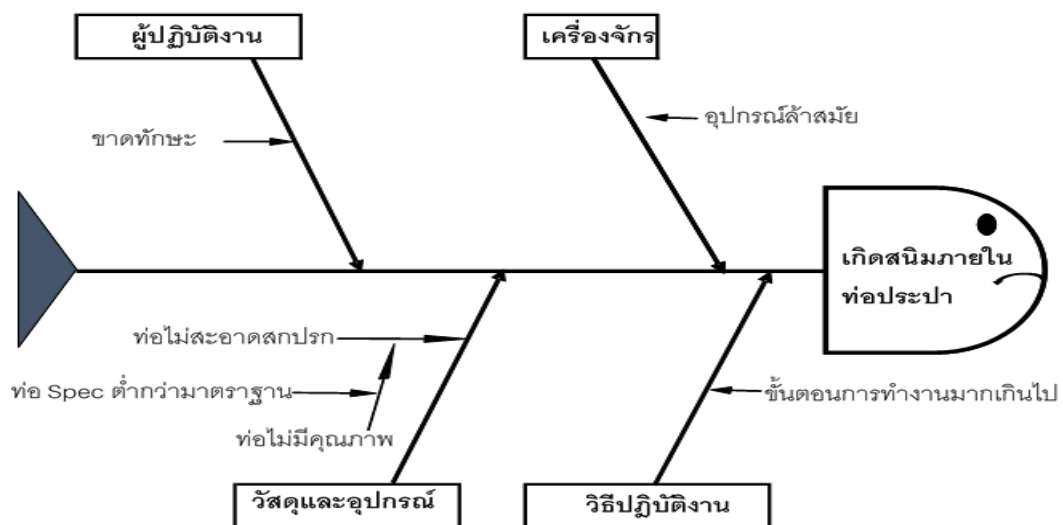


Figure 8 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปัญหาการเกิดสนิมที่ห้องน้ำชั้น 1, 2, 3

5. กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา

5.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติท่อ

5.2 จัดทำขั้นตอนการทำงาน

6. วิธีการแก้ปัญหา

จากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการวิเคราะห์ปัญหา 4M กับแผนผังก้างปลา พบว่า ผู้ศึกษาจึงมุ่งเน้นที่จะแก้ปัญหาที่เกิดจากด้านวิธีการปฏิบัติงาน เพราะมีขั้นตอนการติดตั้งระบบประปาและอุปกรณ์มีจำนวนมาก และแก้ปัญหาที่เกิดจากด้านวัสดุอุปกรณ์ Spec ท่อ ต่ำกว่ามาตรฐาน

Table 1 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการแก้ไขปัญา 4M ของการจัดการคุณภาพน้ำปะปา

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
วัตถุดิบ	สเปกท้อต่ำกว่ามาตรฐาน	เปรียบเทียบคุณสมบัติ ด้านการเชื่อม
		เปรียบเทียบคุณสมบัติ ด้านคุณภาพวัสดุ
		เปรียบเทียบคุณสมบัติ ด้านอายุการใช้งาน
		เปรียบเทียบคุณสมบัติ ด้านการทนความร้อน
		เปรียบเทียบคุณสมบัติ ด้านการซ่อมแซม
		เปรียบเทียบคุณสมบัติ หลังการติดตั้ง
		เปรียบเทียบ ด้านราคา
วิธีการทำงาน	ขั้นตอนการทำงานมากเกินไป	จัดทำขั้นตอนการทำงาน

ผลการวิจัย

ผู้ศึกษาได้เสนอแนวความคิดดังกล่าวกับผู้บริหารของบริษัทรับเหมาเดินระบบแห่งหนึ่ง และได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการ โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการปรับปรุง เพื่อประเมินความสูญเสียที่เกิดจากท่อน้ำเป็นสนิม ซึ่งผู้ศึกษาได้ทดลองนำ ท่อ PPR ที่ออกแบบปรับปรุงใหม่ไปใช้ในการทดลองเดินระบบท่อน้ำใหม่ ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน 2562 เป็นระยะเวลา 6 เดือน แล้วเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการดังกล่าวนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำเสียที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว เพื่อ ประเมินว่าแนวทางการปรับปรุงดังกล่าวสามารถลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเดินระบบท่อน้ำปะปาสามารถลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และต้นทุนค่าแรงงานของบริษัท ตามวัตถุประสงค์ของงานศึกษานี้ โดยมีรายละเอียดข้อมูล ดัง ตารางที่2

Table 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปรียบเทียบ ข้อดีข้อเสียท่อ PP-R กับ PVC ด้านคุณสมบัติ

หัวข้อที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	ท่อ PP-R		ท่อ PVC	
	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
ทางด้านการใช้งาน	ใช้กับท่อน้ำร้อนได้			ใช้กับท่อน้ำร้อนไม่ได้
ทางด้านอายุการใช้งาน	อายุการใช้งานยาวนานถึง 50 ปี	ท่อมีราคาแพง	ท่อราคาถูกกว่า	อายุการใช้งานน้อยกว่า แค่ 10 ปี
ทางด้านซ่อมแซม	ซ่อมแซมได้ง่ายกว่า			ซ่อมงานรื้อในผนังยากกว่า
ทางด้านความยืดหยุ่น	มีความยืดหยุ่นสูง			วัสดุมีความเปราะ
ทางด้านทดสอบท่อ	ทดสอบท่อได้เลย			ต้องรอให้กาวแห้งและทิ้งไว้นานกว่า

จากตารางที่ 2 ทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียระหว่างท่อ PP-R กับท่อ PVCทางด้านการใช้งาน พบว่าท่อ PP-R มีข้อดีที่มากกว่าท่อ PVC อยู่หลายข้อ เช่น ใช้กับระบบน้ำร้อนได้มีอายุงานที่ยาวนาน และมีการซ่อมแซมที่ง่ายกว่า แต่มีราคาที่แพงกว่าท่อ PVC

Table 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปรียบเทียบ ข้อดีข้อเสียท่อ PP-R กับ ท่อ Galvanized steel pipe ด้านคุณสมบัติ

หัวข้อที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	ท่อ PP-R		ท่อ Galvanized steel pipe	
	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
ทางด้านการใช้งาน	ใช้กับท่อน้ำร้อนได้		ใช้กับท่อน้ำร้อนไม่ได้	
ทางด้านอายุการใช้งาน	อายุการใช้งานยาวนานถึง 50 ปี		อายุการใช้งานน้อยกว่า (10-15ปี)	
ทางด้านการเชื่อมแซม	เชื่อมแซมได้ง่ายกว่า	วัสดุมีความอ่อนตัวกว่า	วัสดุมีความแข็ง	ซ่อมงานรั่วในผนังยากกว่า
ทางด้านความยืดหยุ่น	มีความยืดหยุ่นสูง		ต้องต่ออุปกรณ์มาก	
ทางด้านการทดสอบท่อ	ทดสอบท่อได้เลยเมื่อติดตั้งเสร็จ		ต้องรอให้น้ำยาทาเกลียวแห้งต้องใช้เวลา	

จากตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียระหว่างท่อ PP-R กับท่อกล้าในสแตนเลสทางด้านการใช้งานพบว่าท่อ PP-R มีข้อดีที่มากกว่าท่อ กล้าในสแตนเลสอยู่หลายข้อเช่นใช้กับระบบน้ำร้อนได้ มีอายุงานที่ยาวนาน และมีการเชื่อมแซมที่ง่ายกว่า แต่มีราคาแพงกว่าท่อกล้าในสแตนเลสเพียงเล็กน้อย ส่วนข้อเสียคือ วัสดุมีความอ่อนตัวกว่าท่อกล้าในสแตนเลส

Table 4 ความสัมพันธ์ระหว่างเปรียบเทียบส่วนต่างของต้นทุนการใช้ท่อกล้าในสแตนเลสเปรียบท่อ PP-R และท่อ PVC

งานระบบท่อน้ำประปา	จำนวน	หน่วย	รวมทั้งหมด (บาท)
ท่อ Galvanized steel pipe BSM	1	งาน	161,426
ท่อ PP-R Pipe	1	งาน	164,118
ท่อ PVC Pipe	1	งาน	75,608
ส่วนต่าง ระหว่างท่อ Galvanized Steel กับท่อ PP-R			(2692)
ส่วนต่าง ระหว่างท่อ PP-R pipe กับท่อ PVC			(88,510)
ส่วนต่าง ระหว่างท่อ Galvanized Steel กับท่อ PVC			(85,818)

จากตารางที่ 4. ความสัมพันธ์ระหว่างการเปรียบเทียบ ราคาต้นทุนของการใช้ท่อ PP-R กับท่อกล้าในสแตนเลส และท่อ PP-R กับท่อ PVC และการใช้ท่อกล้าในสแตนเลสกับท่อ PVC โดยคิดจากค่าวัสดุที่ใช้แต่ละชนิดเปรียบเทียบกัน

Table 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเปรียบเทียบต้นทุนการใช้ท่อกัลวาไนส์ ท่อ PVC และ PP-R

คิดที่อัตราดอกเบี้ย 12%	ท่อ กัลวาไนส์	ท่อ PVC ชั้น 13.5	ท่อ PP-R PN 10
	ท่อ GSP	ท่อ PVC	ท่อ PP-R
เงินลงทุนเริ่มต้น(บาท)	161,426	75,608	164,118
ค่าดำเนินการต่ออายุงาน (บาทต่อ 1 ปี)	20,000	15,000	18,000
มูลค่าซาก(บาท)	0	0	0
อายุการใช้งาน(ปี)	50	50	50

การวิเคราะห์เปรียบเทียบ PW (มูลค่าปัจจุบัน) ของการลงทุนโครงการทั้ง 3 โครงการ เพื่อทำการกำหนดโครงการที่น่าลงทุนที่สุด ซึ่งแต่ละโครงการมีระยะเวลาการใช้งานที่แตกต่างกันจึงกำหนดให้เทียบระยะเวลาของทุกโครงการเท่ากับโครงการที่มีระยะเวลายาวที่สุด ดังแสดงดังผังการไหลกระแสเงินสด (Cash Flow) ดังต่อไปนี้

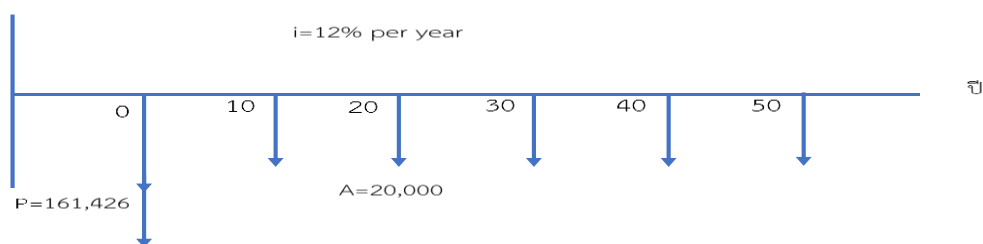


Figure 9 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์เปรียบเทียบ PW ท่อกัลวาไนส์ (ท่อ GSP)

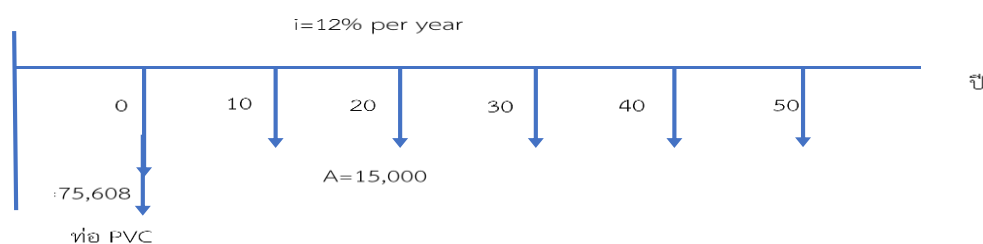


Figure 10 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์เปรียบเทียบ PW ท่อ PVC

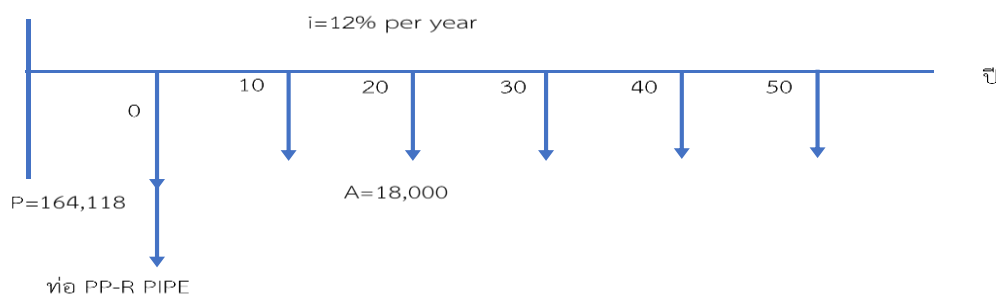


Figure 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์เปรียบเทียบ PW ท่อท่อ PP-R PIPE

จากการวิเคราะห์ พบว่า ท่อกัลวาไนส์ มีต้นทุนค่าใช้จ่าย อยู่ที่ 403,906.48 บาท และท่อ PVC มีต้นทุนค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 578,215.48 บาท ส่วนท่อ PP-R มีต้นทุนค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 313,598.97 บาท จึงมีความเหมาะสมในการลงทุนเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำที่สุด

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนผลการตรวจสอบและบันทึกผล พบว่า การตรวจสอบท่อน้ำพบสนิมเกิดขึ้นมากในท่อน้ำ ประปาอาคารแห่งนี้ และจากการเก็บน้ำเพื่อตรวจวัดค่าน้ำในแต่ละครั้งของการตรวจเช็คเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่า มีค่า Turbidity สารแขวนลอยในน้ำมีค่าที่เกินมาตรฐาน และค่า Total Hardness มีค่าสูงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมาสูงที่สุดที่การตรวจ ครั้งที่ 4 (เกินค่ามาตรฐาน) แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของสนิมที่เกิดขึ้นภายในท่อน้ำมีปริมาณมากขึ้นมาจากเดิม และค่า Total iron มีค่าเริ่มสูงขึ้นเช่นกัน จากการเพิ่มขึ้นของค่าต่าง ๆ ส่งผลให้ลักษณะของน้ำมีสีเหลืองจางและใสและมีตะกอนปะปนออกมาส่งไปยังห้องน้ำ และมาจับที่ตัวกรองน้ำ Filter ที่เครื่องกรองน้ำมีสีเหลืองเข้มขึ้นเรื่อย ๆ และสภาพท่อน้ำไม่เหมาะแก่การใช้งานอีกต่อไปและผลจากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของท่อ PPR กับท่อชนิดอื่น ๆ พบว่า ท่อ PP-R มีข้อดีและเหนือกว่าท่อชนิดอื่นและเหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เป็นท่อน้ำสำหรับการใช้งานในงานระบบประปาทั้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรม และผลจากการวิเคราะห์ตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมทางด้านการลงทุนผลออกมว่าการเลือกใช้ท่อ PP-R มีความเหมาะสมในการลงทุนในการปรับปรุงระบบท่อน้ำเป็นท่อแบบ PP-R

การศึกษานี้ได้นำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาปรับปรุงระบบท่อน้ำประปาในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม มาใช้ระบบท่อแบบ PP-R ซึ่งสามารถใช้ท่อ PP-R ทดแทนระบบท่อน้ำประปาทั้งในอาคาร สำนักงาน หรือใช้กับระบบท่อน้ำระบบหล่อเย็นให้กับเครื่องจักร และระบบปรับอากาศแบบ Chiller water cool ตลอดจนระบบท่อลม Air compressor เพราะมีขนาด และ Specification ที่สามารถรองรับแรงดันได้ ในแต่ละลักษณะการใช้งานที่หลากหลาย และราคาต่าง ๆ ของท่อและอุปกรณ์ในการต่อเชื่อมเริ่มมีราคาค่อนข้างลดลง และสะดวก มีน้ำหนักที่เบา การติดตั้งที่ง่ายสะดวกรวดเร็ว ที่สำคัญคือ คุณภาพของน้ำสะอาด และไม่มีสนิมเกิดขึ้นภายในเส้นท่อ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานที่สุด

คำขอบคุณ

การศึกษานี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ดร. ศักดิ์ชาย รักการ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาสละเวลาในการให้คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องรวมถึงข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ และขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถกร กลั่นความดี ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ และอาจารย์ ดร. ธนาคม สกุลไทย คณะกรรมการสอบ เป็นการแสดงความขอบคุณสำหรับหน่วยงานที่ให้ทุนวิจัย และผู้ช่วยเหลืองานวิจัย (แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย) ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดทำงานวิจัยให้ถูกต้องสมบูรณ์ตามหลักวิชาการ รวมถึงคณะอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้มาตลอดหลักสูตรการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุน และร่วมเป็นกำลังใจในการจัดทำงานวิจัยนี้มาโดยตลอด รวมทั้งหน่วยงาน และบุคคลท่านอื่น ๆ ที่มีได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ สำหรับความกรุณา และการให้ความช่วยเหลือจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

เอกสารอ้างอิง

- [1] จรียา ยิ้มรัตนบรร. (2558). การประเมินคุณภาพน้ำในระบบประปาในเขตเมืองภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. สารนิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [2] ณปภัช พิมพิ. (2560). การกักกรองของวัสดุ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท) กระทรวงศึกษาธิการ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.scimath.org>. (วันที่ค้นข้อมูล: 18 กุมภาพันธ์ 2562).
- [3] ทูลปลูกปัญญา. (2561). การเกิดสนิมเหล็ก [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.corrosion-doctors.org/experiment/rust-chemistry.htm>. (วันที่ค้นข้อมูล: 10 กุมภาพันธ์ 2562)
- [4] ชีร์ ชาวนนท์ปัญญา. (พฤษภาคม-สิงหาคม 2560). การกักกรองในบรรยากาศของเหล็กกล้า : ทบทวนวรรณกรรมและกรณีศึกษา Atmospheric Corrosion of Steel: A Review and Case Study. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 19 ฉบับที่ 2. 178-186.
- [5] ปราโมท เขียวชาญ. (2560). การศึกษาคุณภาพน้ำดื่มในโรงงาน/สถานประกอบการ.[ออนไลน์]. เข้าถึง ได้จาก: <http://www.corrosiondoctors.org/experiment/rustchemistry.htm.pdf>. (วันที่ค้นข้อมูล: 10 กุมภาพันธ์ 2562).
- [6] ศรีสุวรรณ เกษมสวัสดิ์ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2555). คุณภาพน้ำเพื่อการอุปโภคอย่างยั่งยืนในเขตพื้นที่ อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- [7] สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. (2542). การประกันคุณภาพการศึกษาของโรงเรียน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.moe.go.th/main2/article/article14.htm>. (วันที่ค้นข้อมูล: 18 มกราคม 2562).
- [8] สมหวัง ศรจรจิต. (2550). การศึกษาเรื่องการใช้เครื่องมือการบริหารคุณภาพใหม่ 7 แบบในการควบคุมคุณภาพเพื่อลดปริมาณของเสียในสายงานการผลิตโรงงานผลิตถึงประสิทธิภาพ 200 ลิตร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.
- [9] บริษัท เอ็ม อี ที จำกัด. (2546). มาตรการควบคุมน้ำประปาของการประปานครหลวง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.metlaboratory.com>. (วันที่ค้นข้อมูล: 10 กุมภาพันธ์ 2562).
- [10] banidea.com. (กุมภาพันธ์ 2562). การเปรียบเทียบท่อ PVC กับท่อ PP-R. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.banidea.com>. (วันที่ค้นข้อมูล: 20 กุมภาพันธ์ 2562).
- [11] BC Bangkok Citismart. (2561). ศูนย์ศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น เรื่อง การวิเคราะห์ทิศทางตลาดกลุ่มอสังหาริมทรัพย์ปี 2560. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.bkkcitismart.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 18 มกราคม 2562).
- [12] siam conduit.com. (กุมภาพันธ์ 2562). ท่อ พีพีอาร์ (PP-R). [Online]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.siamconduit.com>. (วันที่ค้นข้อมูล: 23 กุมภาพันธ์ 2562).