รหัสบทความ SEITS 08

การพัฒนาอุปกรณ์เปิด-ปิด น้ำที่มีความเค็มเกินกำหนด

Development of on-off devices Water that is to Salty

ศรายุทธ ทองอุทัย[1*], สมศักดิ์ บุญโพธิ์[2], กิตติเทพ วัดศรีสวัสดิ์[3], ศุภวิชญ์ กลั่นเขียว[4], ธีรวิทย์ หทัยรัตนานนท์[5]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 sarayut15@yahoo.com

[2] สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 somsakdi@yahoo.com

[3] สาขาวิชาเทคโนโลยีแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5

[4] สาขาวิชาเทคโนโลยีแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5

[5] สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5

บทคัดย่อ

การพัฒนาอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด เป็นโครงการวิจัยร่วมระหว่างสถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 และบ้านริมคลอง โฮมสเตย์ ลักษณะเป็นวิจัยเชิงทดลอง ประเมินค่าความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการออกแบบ และสร้างเครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้ได้แก่แบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) และแบบประเมินผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพ ที่มีความเชื่อมั่น 0.96 สรุปประเด็นความสอดคล้อง 1) ความสวยงาม 2) ความปลอดภัยขณะใช้งาน 3) ความสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน 4) ความเหมาะสมของขนาดมอเตอร์ 5) การติดตั้งระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงาน 6) ประสิทธิภาพของวัสดุ 7) ขนาดโครงสร้าง 8) การออกแบบโครงสร้างเหมาะสม ความแข็งแรง 9) การดูแลรักษา การซ่อมตามลำดับ ส่วนการกำหนดขนาดของโครงสร้างอุปกรณ์ต้องออกแบบให้เกิดความสมดุล เนื่องจากวัสดุแต่ละชิ้นมีน้ำหนักและขนาดที่ไม่เท่ากัน การออกแบบใช้โปรแกรม 3D CAD Models เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง ซึ่งการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงโครงสร้างนอกจากนี้ยังมีการเจาะรูเพื่อลดปัญหาเรื่องของแรงดันน้ำในตอนที่ทำการปิดน้ำ เพราะอาจจะทำให้เกิดการเสียหาย การเลือกใช้วัสดุต้องทนการกัดกร่อนได้ดี เป็นต้น สรุปคุณลักษณะ ดังนี้ โครงสร้างมีขนาด Ø 400 x 800 mm. วัสดุทำจากสเตนเลส และพลาสติก ใช้มอเตอร์แกนซัก 12V ยืดได้สูงสุด 12 cm. เซนเซอร์วัดความเค็มสามารถวัดค่าความเค็มได้ 7 ระดับ จากจืดไปหาเค็ม จากการทดลองนำไปติดตั้งและใช้งาน ณ บ้านริมคลองโฮมเสตย์ ตลอดระยะเวลา 30 วัน ปรากฏว่าสามารถทำงานได้ตามที่ผู้วิจัยตั้งสมมติฐาน การปิด เปิดประตูน้ำทำได้ 100% สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ : อุปกรณ์ เปิด-ปิดน้ำ , ค่าความเค็ม , อุปกรณ์วัดค่าความเค็ม

Abstract

Creation of equipment to turn on and off the water with excess salinity is a research project It was jointly developed between the Central Vocational Education Institute 5 and Baan Rimkrong Homestay. It was an experimental research. Conformity assessments are performed by experienced design professionals. and build machines The tools used were the Conformity Assessment Form (IOC) and the Efficacy Trial Evaluation Form. Confidence 0.96 Summary of Conformity Issues 1) Beauty 2) Safety during use 3) Ability to be used in daily life 4) Appropriateness of motor size 5) Installation of electrical control system 6 7) Material efficiency 7) Structure dimensions 8) Reasonable structural design, strength 9) Maintenance and repairs, respectively. The sizing of equipment structure must be designed to balance. Because each material has different weight and size. The design uses 3D CAD Models because it is a highly flexible program. The design has to consider the structure. In addition, holes are drilled to reduce the problem of water pressure when turning off the water. because it may cause damage The selection of materials must be resistant to corrosion, etc. The characteristics are summarized as follows: The structure has dimensions Ø 400 x 800 mm. The material is made of stainless steel and plastic. The salinity meter can measure salinity in 7 levels from fresh to salty. From the experiment to install and use at baan rimkrong homestay for a period of 30 days, it turns out that it can work as the researcher hypothesized. Closing and opening the water gate can be 100%, which can be used for commercial development

Keywords : Water on-off equipment, Salinity value, Salinity measurement device

1. บทนำ (Introduction)

สมุทรสงครามมีปัญหาการจัดการเรื่องน้ำนับว่า เป็นปัญหาใหญ่ เช่น ปัญหาน้ำจืดที่ต้องใช้ในการบริโภค หากขาดแคลนวันใดก็เหมือนหยุดชีพจร ปัญหาน้ำเค็มที่มีประโยชน์น้อย แต่ปัญหาเยอะ และน้ำกร่อยที่มีประโยชน์ด้านการเพาะปลูกและทำประมงปัญหามันอยู่ตรงที่ไม่สามารถกำหนดตายตัวไม่ได้ว่าเขตนั้นจำเพาะน้ำจืด หรือเขตไหนจำเพาะน้ำเค็มและน้ำกร่อย เพราะธรรมชาติเป็นผู้กำหนด แต่บางสิ่งบางอย่างมนุษย์ก็กำหนดได้บ้าง เช่น การสร้างเขื่อนกั้นน้ำเค็ม กักกันน้ำจืด การทำฝนเทียม ปัญหาเรื่องน้ำของ จ.สมุทรสงคราม เริ่มตั้งแต่การสร้างเขื่อนกักน้ำใน จังหวัดกาญจนบุรี ราวปี 2522-2530 ชาวจังหวัดสมุทรสงคราม ส่วนหนึ่งที่อยู่ในเขตน้ำเค็มต้องประสบปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำที่ทำกิน จนทำกินไม่ได้ถึงกับทิ้งถิ่นทิ้งอาชีพ ปัญหาคุณภาพชีวิตตกต่ำ ปัญหาสังคมก็ตามมา ที่ร้ายแรงคือเรื่องอาชญากรรมและยาเสพติดความตกทุกข์ได้ยากของคนแม่กลองทราบถึงพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เมื่อครั้งทรงเสด็จฯ มาที่วัด ประชาโฆษิตาราม ตำบลปลายโพงพาง อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม ราษฎรได้เข้าเฝ้าฯ ถวายฎีกา นำผลมะพร้าวที่ผลหนึ่งใหญ่มาก และอีกผลหนึ่งเล็กมากมาให้ทอดพระเนตรว่า เป็นผลพวงจากน้ำเค็มที่รุกล้ำจนผลผลิตมะพร้าวตกต่ำประกอบอาชีพต่อไปไม่ได้หลังจากนั้นพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมอบให้กรมชลประทานช่วยเหลือปล่อยน้ำจืดจากเขื่อนไปผลักดันน้ำเค็ม ส่วนระยะยาวก็ให้สร้างเขื่อนและทำนบกั้นระหว่างแม่น้ำแม่กลองคลองแม่กลอง คลองผีหลอก และคลองเล็กคลองน้อย ไม่ให้น้ำเค็มรุกล้ำเข้ามาได้ จนสถานการณ์ดีขึ้นตามลำดับ เกษตรกรเริ่มกลับมาประกอบอาชีพเช่นเดิมแต่ปัญหาการขาดแคลนน้ำดื่มน้ำใช้ในการบริโภคอุปโภคก็มาเกิดขึ้นอีกหลังกรมชลประทานผันน้ำในแม่น้ำแม่กลองตอนต้นน้ำที่

จังหวัดกาญจนบุรี และราชบุรี ไปช่วยคนกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยการผลิตน้ำประปาส่งไปให้ใช้กันอย่างฟุ่มเฟือย และการตั้งโรงไฟฟ้าที่ จังหวัดราชบุรี ที่ต้องใช้น้ำหล่อเลี้ยงจำนวนมาก ไปจนถึงการที่มีนิคมอุตสาหกรรมใน จังหวัดราชบุรี และ จังหวัดสมุทรสาคร ที่ต้องใช้น้ำจำนวนมากและมีการปล่อยน้ำเสียทิ้งลงแม่น้ำลำคลองด้วย [1] [2] และจากปัญหาน้ำเค็มหรือน้ำทะเลหนุนที่เป็นปัญหาที่เคยเกิดขึ้นกับเมืองนนทบุรีมาเป็นเวลานานหลายสิบปีมาแล้ว จึงไม่ใช่เรื่องใหม่ของเกษตรกร แต่ภาวะน้ำเค็มในปัจจุบันแตกต่างจากอดีต เพราะ ในอดีตน้ำเค็มจะหนุนเพียงบางปีและกินระยะเวลาไม่นานและยังไม่ส่งผลกระทบต่อการทำสวนทุเรียน ในปี 2556 เป็นต้นมา น้ำเค็มหนุนรุกเข้ามาทุกปีและกินระยะเวลายาวนานถึง 7-10 เดือนใน 1 ปี ตั้งแต่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิตทุเรียน เนื่องจากทำให้ความสมบูรณ์ของต้นลดลง อีกทั้งยังส่งผลเสียต่อดินในระยะยาวทำให้เกษตรกรพบกับปัญหาอย่างมาก [9]

จากปัญหาดังกล่าว กลุ่มผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะแก้ไขปัญหาน้ำเค็มเข้าสวนผลไม้ ซึ่งเกิดปัญหาอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มจะเกิดปัญหามากขึ้นทุกปีเนื่องจากปริมาณน้ำทะเลสูงขึ้นทุกปี ทำให้เกษตรกรสูญเสียรายได้จำนวนมาก คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด เพื่อช่วยควบคุมน้ำเค็มไม่ให้เข้าสวนผลไม้ของเกษตรกร ลดปัญหาด้านสุขอนามัยที่ชาวบ้านต้องคอยใช้การชิมน้ำจากลำน้ำธรรมชาติ และลดจำนวนชาวบ้านที่ต้องคอยปิด เปิดประตูน้ำกรณีที่น้ำทะเลหนุน เป็นต้น โดยแนวคิดที่นำเครื่องวัดค่าความเค็มที่มีอยู่ในปัจจุบันมาประยุกต์ออกแบบและดัดแปลงร่วมกับระบบอัตโนมัติ เพื่อตอบสนองรูปแบบการใช้งาน โดยมีฐานโครงสร้างและมีรูปร่างที่ไม่ซับซ้อน ใช้งานง่ายเพียงแค่ติดตั้งไว้ตามจุดที่ต้องการ ทำงานด้วยมอเตอร์ที่คอยควบคุมการเปิด-ปิดน้ำประตูในกรณีที่ค่าความเค็มเกินค่าที่กำหนด และสามารถตั้งค่าความเค็มของน้ำได้ ในกรณีต้องการให้น้ำที่เหมาะสมกับการทำเกษตรมีค่าความเค็มที่ต้นไม้ต้องการ

2. วิธีการวิจัย (Methodology)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่ช่วยในการเปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด

2) เพื่อหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด

ขอบเขตของโครงการ

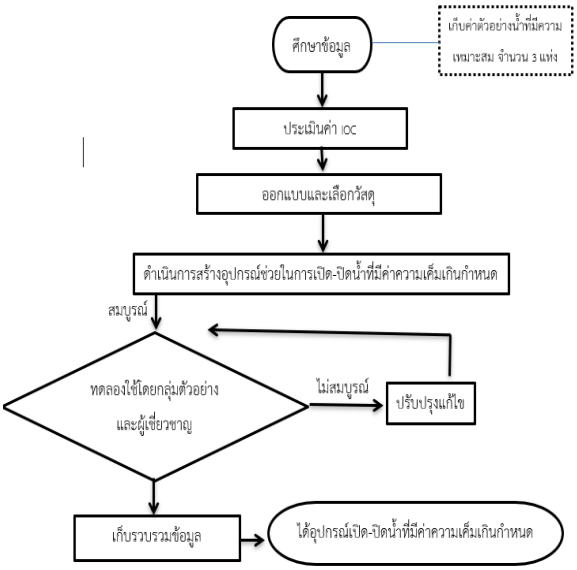
โครงการการสร้างอุปกรณ์ที่ช่วยในการเปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนดนี้ คณะผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตด้านการสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด ประกอบด้วย โครงสร้างวัสดุเป็นสแตเลส และพลาสติก ประกอบด้วยแป้นพีวีซี ขนาด 8 นิ้ว, อุปกรณ์วัดค่าความเค็ม, แกนสแตนเลส Ø 22.3 x 1,000 มม., มอเตอร์แกนชัก, แผงควบคุมวงจร, ลิมิตสวิทช์, ทุ่นลอยไฟฟ้า, ซีเล็คเตอร์สวิทช์, ตู้ไฟ, ปะเกนยาง, น๊อต, สายไฟ, ฝาครอบสแตนเลส, กล่องไฟ เป็นต้น

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการหาค่าความสอดคล้องเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ช่วยในการเปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนดได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและสร้างเครื่องจักรที่มีประสบการณ์เกิน 5 ปี จำนวน 5 ท่าน

สถานที่สำหรับทดลองใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในการเปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนดได้แก่บ้านริมคลองโฮมสเตย์ ระยะเวลาการทดลอง 30 วัน เงื่อนไขการทดลองได้แก่ ความสามารถในการเปิด ปิด ประตูน้ำในกรณีมีน้ำเค็มเกินค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งค่าความเค็มที่เหมาะสมคือความเค็มระดับ 3 (ข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างน้ำในสวนเกษตรกรที่ผลไม้ในสวนมีความหวานและได้รับความนิยม โดยเก็บตัวอย่างจำนวน 3 แห่ง) เข้าในระบบของสถานที่ทดลอง [3] [4] [6] [7]

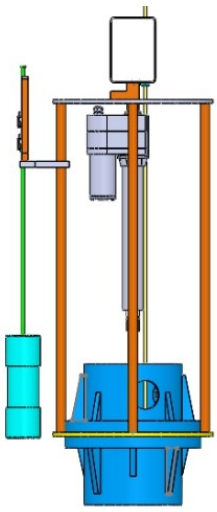
ขั้นตอนในการดำเนินงาน



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

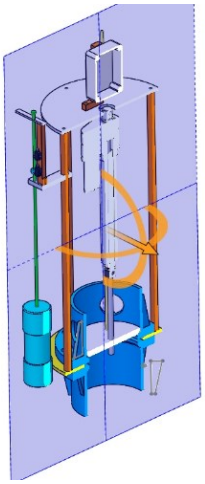
การออกแบบอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด

การกำหนดโครงสร้าง และขนาดของอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนดต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายด้านเช่น เครื่องมือเครื่องจักรในการสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนดและต้องออกแบบให้เกิดความเหมาะสมในการใช้งานที่ดีและชิ้นส่วนต่างๆ ที่แข็งแรงและสมดุลกันให้เหมาะสมต่อมาใช้งาน



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้าง และขนาดของอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด

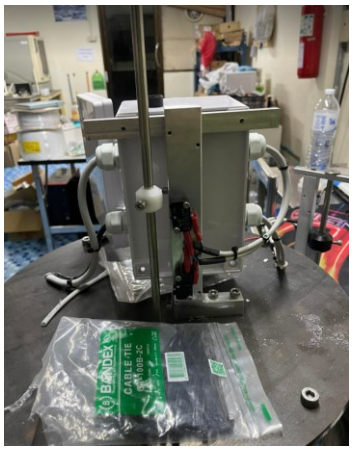
การออกแบบจุดที่จะใช้ในการเปิด-ปิดน้ำเป็นจุดสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงวัสดุที่ใช้ และความแข็งแรง เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์จะปิดได้สนิท



ภาพที่ 3 แสดงการออกแบบวิธีการที่จะใช้ในการเปิด-ปิดน้ำ

การประกอบอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด เมื่อสร้างชิ้นส่วนของอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด ให้ครบทุกกระบวนการและนำมาประกอบก่อนไปทดลองและหาประสิทธิภาพในขั้นตอนต่อไป

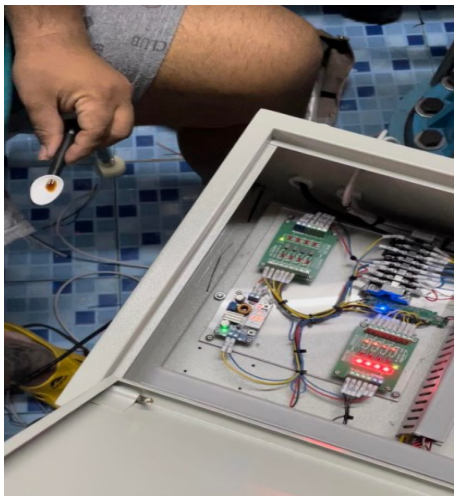
ภาพที่ 4 ประกอบแป้นทั้งสองอันเข้าหากันและยึดสกรู



ภาพที่ 5 การประกอบชุดลิมิตสวิตช์เข้ากับตัวโครงเครื่อง

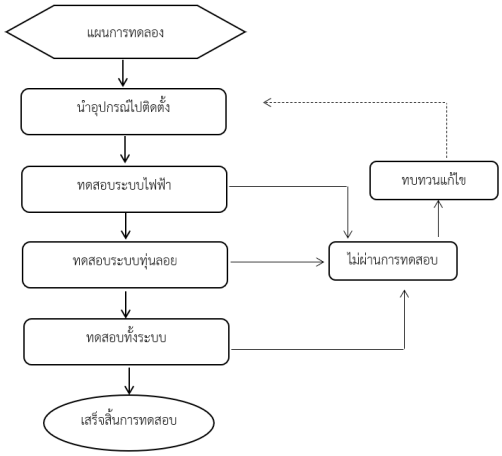
ภาพที่ 6 เดินระบบไฟและประกอบเข้ากับกล่องควบคุม

ภาพที่ 7 ภาพประกอบของอุปกรณ์



ภาพที่ 8 ขณะดำเนินการทดลอง

กระบวนการทดลอง



ภาพที่ 9 กระบวนการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการเลือกอุปกรณ์วัดความเค็ม

เครื่องวัดความเค็มแบบช้อน

เครื่องวัดความเค็มแบบนี้สามารถวัดความเค็มได้โดยการนำหัววัดไปจุ่มในตัวอย่างที่ต้องการวัดและอ่านค่าเป็นระดับเปอร์เซ็นต์ความเค็ม 7 ระดับ คณะผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือตัวนี้ เพราะ เนื่องจากราคาถูกและตรงตามความต้องการ

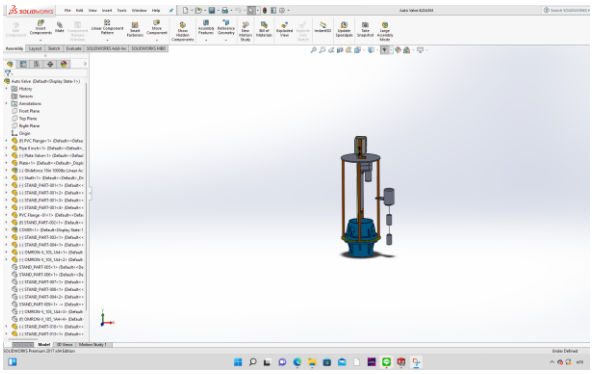
ภาพที่ 10 เครื่องวัดความเค็มแบบช้อน

ขั้นศึกษาระดับความเค็มที่เหมาะสม

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างความเค็มของน้ำในจังหวัดสมุทรสงคราม จำนวน 3 แห่งซึ่งเป็นสวนผลไม้ที่ประสบความสำเร็จ สามารถมีผลิต (ส้มโอ) ที่มีรสชาติดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภคในอำเภออัมพวา 2 สวน และในอำเภอบางคนที 1 สวน ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีระดับความเค็มเท่ากันคือ ความเค็มระดับ 3 สรุปได้ว่าความเค็มสำหรับการทดลอง เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีคือค่าความเค็มระดับน้ำเท่ากับ 3

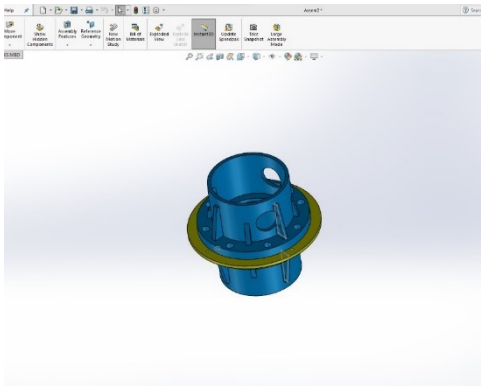
ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด

ในการออกแบบใช้โปรแกรม Solidworks (3D CAD Models) ในการออกแบบชิ้นงานซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูงมาก คือ สามารถที่จะทำงานมากมายหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานที่ต้องขึ้นเป็น Solid หรือ Surface ก็มีเครื่องที่รองรับเป็นอย่างดี เมื่อสร้างชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยก็สามารถที่จะประกอบชิ้นงานได้ใน Mode ของชุดคำสั่ง Assembly รวมทั้งผู้ต้องการ Drawing ของชิ้นงาน ก็เพียงลากชิ้นงานมาว่างในใบงานแล้วขนาด ทำให้มองเห็นได้ว่าผู้ใช้งานสามารถที่จะประหยัดเวลาในการทำงานและช่วยในการสร้างสรรค์ นวัตกรรมใหม่ SolidWorks แบ่งหมวดการทำงานหลักออกเป็น 4 หมวด Part, Assembly และ Drawing Solidwork Simulation [5]

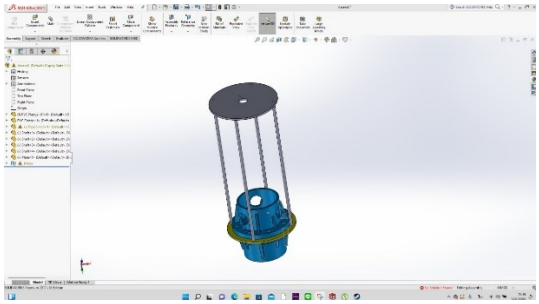


ภาพที่ 11 ลักษณะการ Assembly Mode

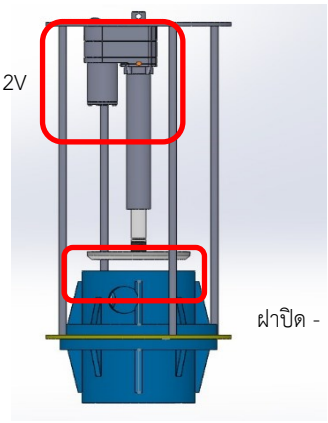
จากการออกแบบ คณะผู้วิจัยขอนำเสนอการประกอบในจุดสำคัญ โดยการ Simulation ได้แก่



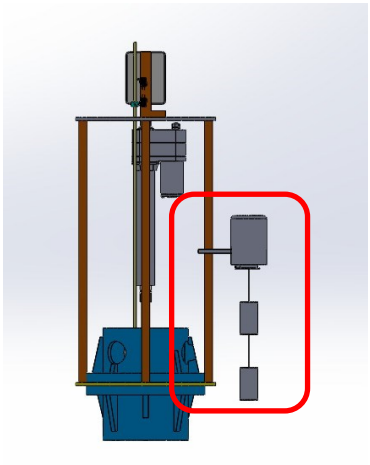
ภาพที่ 12 ฐานแป้นพีวีซี และนำแป้นทั้ง 2 มาประกบกัน



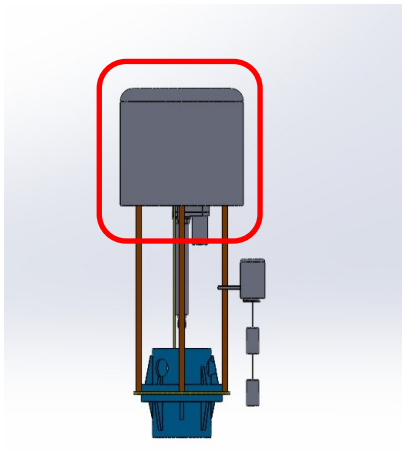
ภาพที่ 13 นำแป้นสแตนเลสมาประกบเข้ากับเสาทั้ง 4 เส้น



ภาพที่ 14 แบบการติดตั้งมอเตอร์ พร้อมทั้งติดตั้งฝาปิด-เปิด



ภาพที่ 15 แบบการติดตั้งทุ่นลอย



ภาพที่ 16 แบบการติดตั้งฝาครอบ

3. ผลการวิจัย (Results)

จากการดำเนินการพัฒนาอุปกรณ์เปิด ปิดน้ำเค็มเกินกำหนด ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการสร้างเครื่องจักร อุปกรณ์ และที่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันน้ำเค็ม พิจารณาโดยใช้แบบประเมินความสอดคล้องและเหมาะสม ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าความสอดคล้องของการสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่า IOC	แปลผล
1) ขนาดและความเหมาะสมของอุปกรณ์	0.80	ใช้ได้
2) การออกแบบโครงสร้างที่มีเหมาะสม ความแข็งแรงของอุปกรณ์	0.60	ใช้ได้
3) ความสวยงาม	1.00	ใช้ได้
4) ความปลอดภัยขณะใช้งาน	1.00	ใช้ได้
5) สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	1.00	ใช้ได้
6) การดูแลรักษา การซ่อมบำรุง	0.60	ใช้ได้
7) ความเหมาะสมของการเลือกใช้ขนาดมอเตอร์	1.00	ใช้ได้
8) การติดตั้งระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงาน	1.00	ใช้ได้
เฉลี่ย (IOC)	0.88	ใช้ได้

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยกับประเด็นความปลอดภัยขณะใช้งาน สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ความเหมาะสมของการเลือกใช้ขนาดมอเตอร์ การติดตั้งระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงาน ในระดับ 100% ขนาดและความเหมาะสมของอุปกรณ์ ระดับ 80% และการออกแบบโครงสร้างที่มีเหมาะสม ความแข็งแรงของอุปกรณ์ การดูแลรักษา การซ่อมบำรุง ระดับ 60% ผู้วิจัยจึงดำเนินการออกแบบและสร้างชิ้นส่วนเป็นลำดับต่อไป

ตารางที่ 2 ประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด จากผู้มีประสบการณ์จำนวน 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
1) วัสดุ อุปกรณ์ (คงทน ถาวร)	4.40	0.55	มาก
2) ขนาดโครงสร้างของอุปกรณ์	4.20	0.45	มาก
3) ความสวยงาม	4.40	0.55	มาก
4) ความยากง่ายในการใช้ผลิตภัณฑ์อุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด	4.40	0.55	มาก
5) ความพึงพอใจในการใช้งาน	4.20	0.45	มาก
6) การดูแลรักษา การทำความสะอาด	4.80	0.45	มากที่สุด
7) ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.80	0.45	มากที่สุด
8) ความคิดสร้างสรรค์ของผลิตภัณฑ์	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.50	0.49	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อแยกรายละเอียดพบว่า ด้านการดูแลรักษา ด้านการทำความสะอาด ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ด้านความคิดสร้างสรรค์ของผลิตภัณฑ์ อยู่ในระดับมากที่สุด

หลังจากที่คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเรียบร้อยจึงนำไปติดตั้งและทดลองใช้ ณ บ้านริมคลอง โฮมสเตย์ จังหวัดสมุทรสงคราม ดังนี้

ขั้นตอนการนำอุปกรณ์ไปติดตั้ง ณ สถานที่จริง

ภาพที่ 17 นำตัวเครื่องไปติดตั้งเข้ากับท่อพีวีซี ขนาด 8 นิ้ว

ภาพที่ 18 ทำการติดตั้งสายไฟ

ภาพที่ 19 อุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนดที่ติดตั้งเสร็จ

ตารางที่ 3 ผลการทดลองเก็บข้อมูลการเปิด ปิดประตูน้ำ

วันที่	เวลา เปิด ปิด	ผลการทำงาน
1	10.00 และ 19.00	ถูกต้อง
2	09.30 และ 18.10	ถูกต้อง
3	08.50 และ 19.10	ถูกต้อง
4	10.15 และ 17.50	ถูกต้อง
5	10.10 และ 19.20	ถูกต้อง
6	09.45 และ 18.45	ถูกต้อง
7	08.40 และ 17.40	ถูกต้อง
8	08.45 และ 17.50	ถูกต้อง
9	09.10 และ 18.10	ถูกต้อง
10	09.30 และ 19.10	ถูกต้อง
11	09.10 และ 18.20	ถูกต้อง
12	09.20 และ 19.10	ถูกต้อง
13	09.45 และ 19.15	ถูกต้อง
14	10.00 และ 18.10	ถูกต้อง
15	08.55 และ 19.25	ถูกต้อง
16	08.50 และ 18.35	ถูกต้อง
17	09.50 และ 19.10	ถูกต้อง
18	09.30 และ 18.35	ถูกต้อง
19	10.10 และ 19.20	ถูกต้อง
20	09.50 และ 19.10	ถูกต้อง
21	08.50 และ 18.40	ถูกต้อง
22	08.45 และ 18.35	ถูกต้อง
23	08.50 และ 19.05	ถูกต้อง
24	09.10 และ 19.00	ถูกต้อง
25	09.20 และ 18.45	ถูกต้อง
26	09.30 และ 19.20	ถูกต้อง
27	09.35 และ 18.20	ถูกต้อง
28	08.50 และ 18.25	ถูกต้อง
29	09.45 และ 19.20	ถูกต้อง
30	10.10 และ 19.25	ถูกต้อง

จากตารางที่ 3 ผลการเปิด ปิด ปราตูน้ำที่ค่าระดับความเค็มเท่ากับ 3 มีค่าความเที่ยงตรง 100% เก็บข้อมูลจำนวน 60 ครั้ง ในช่วงเวลาเช้า และเวลาเย็นซึ่งเป็นช่วงเวลาที่น้ำในจังหวัดสมุทรสงครามมีภาวะการขึ้น และลง

สรุปคุณลักษณะของอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด

อุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนดออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และได้ดำเนินการ Simulation ตรวจสอบการประกอบก่อนดำเนินการสร้างโครงสร้างวัสดุส่วนใหญ่เป็นสแตเลส และพลาสติก ขนาด Ø 400 x 800 mm. ใช้มอเตอร์แกนชัก 12V ยืดได้สูงสุด 12 cm. เซนแซอร์วัดค่าความเค็มแบบข้อนสามารถวัดค่าความเค็มได้ 7 ระดับ ทดลองและใช้งานจริงที่บ้านริมคลอง โฮมสเตย์ จังหวัดสมุทรสงคราม ผลการทดลองหาประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำเค็ม 100%

4. การอภิปราย (Discussion)

การออกแบบระบบควบคุมน้ำเค็มเชื่อมกับระบบการนำน้ำเข้าสวน (ท่อส่งน้ำ) เป็นแบบอัตโนมัติใช้ระบบไฟฟ้า และระบบ PLC Control ควบคุมอุปกรณ์แมคคานิกส์ สามารถควบคุมน้ำเค็มมีประสิทธิภาพ 100% สอดคล้องกับงานวิจัยของปฏิภาณ ดำรงธรรมสกุล ,ธิติ อัคราภิรมย์ ,ประณต ไชยศล (2558) ที่ได้ทำการศึกษาการควบคุมด้วยระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ชุดควบคุมระดับน้ำ จอแสดงผลแบบแอลซีดี โดยมีปั๊มน โซลินอยด์วาล์ว และเซนเซอร์วัดความดันที่ทำงานสัมพันธ์กันตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้ในการทดสอบจะใช้กับถังน้ำรูปทรงกระบอกที่มีรัศมี 8 เซนติเมตร สูง 38 เซนติเมตร ซึ่งคิดเป็นปริมาตร 7,636ลูกบาศก์เซนติเมตร ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติโดยการปั๊มน้ำเข้าสู่ถังพักและให้โซลินอยด์วาล์วเปิดวาล์วออกเมื่อต้องการระบายน้ำออกจากถังพัก จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ พบว่ามีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดในการควบคุมระดับน้ำเท่ากับ 0.2 เซนติเมตร หรือคิดเป็น 0.8 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรน้ำทั้งหมดและใช้เวลาในการเพิ่มหรือลดระดับน้ำด้วยอัตรา 39 วินาที ต่อ 1 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการลดระดับน้ำเร็วกว่าอัตราการเพิ่มระดับน้ำเมื่อพิจารณาในปริมาณน้ำที่เท่ากัน [8] โครงสร้างของอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนดทำด้วยสแตนเลสและพลาสติกทำให้สามารถทนต่อการกัดกร่อนของน้ำได้ดี เพราะในอนาคตคาดว่าน้ำทะเลจะรุกเข้า

พื้นที่เกษตรอย่างต่อเนื่องและเพิ่มปริมาณมากขึ้นทุกปี สอดคล้องกับงานวิจัยของธนิต เฉลิมยานนท์ , สุรพล อารีย์กุล และ กุสุมาลย์ เฉลิมยานนท์ (2551) ที่ได้ทำการศึกษาการรุกของน้ำเค็มในชั้นน้ำใต้ดินบริเวณอำเภอหาดใหญ่โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่า ผลการจำลองการไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา พบว่าการไหลของน้ำบาดาลมีทิศการไหลจากพื้นที่เติมน้ำทิศตะวันออก ทิศตะวันตกและทิศใต้ ไปยังที่ราบตอนกลางของพื้นที่ แล้วไหลออกสู่ทะเลสาบสงขลา ผลการศึกษาสมดุลน้ำบาดาลปี พ.ศ. 2550 พบว่า ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่แบบจำลองมาจากการเติมน้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำของน้ำบาดาลในหินแข็ง (เทือกเขาด้านตะวันออก-ตะวันตก) 53.40 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี การเพิ่มเติมน้ำสุทธิจากน้ำฝน 28.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำที่กักเก็บอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำ 23.96 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีการไหลซึมของน้ำจากคลองรัตภูมิและคลองอู่ตะเภาเข้าสู่แบบจำลอง 7.72 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และจากทะเลสาบสงขลา 1.72 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รวมปริมาณน้ำไหลเข้าระบบทั้งหมด 115.00 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนปริมาณน้ำที่ไหลออกจากแบบจำลองไหลออกไปกักเก็บในชั้นหินอุ้มน้ำ 66.88 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ออกจากบ่อบาดาลที่มีการสูบน้ำ 25.03 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี คลองรัตภูมิและคลองอู่ตะเภา 10.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ทะเลสาบสงขลา 7.83 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และหินแข็ง 5.06 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รวมปริมาณน้ำไหลออกจากแบบจำลองทั้งหมด 115.00 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งผลจากการจำลองการรุกล้ำของน้ำเค็มพบว่า ในสภาวะการใช้น้ำปัจจุบันบริเวณที่มีการกระจายตัวของคลอไรด์สูงกว่ามาตรฐานจะจำกัดขอบเขตอยู่ในพื้นที่ใกล้ทะเลสาบสงขลาและริมทะเลอ่าวไทยของชั้นน้ำหาดใหญ่ ได้แก่ บริเวณบ้านใต้ บ้านหนองหิน บ้านควน บ้านบางโหนด บ้านดีหลวงนอก เป็นต้น มีขอบเขตความเค็มคิดเป็นระยะทางตามแนวเหนือ-ใต้ประมาณ 7.50 กิโลเมตร จากทะเลสาบสงขลาและอยู่ห่างจากเมืองหาดใหญ่ประมาณ 8 กิโลเมตร โดยพื้นที่นี้ได้แก่ ต.บ้านหาร อ.บางกล่ำ ต.คลองแหและ ต.คลองอู่ตะเภา อ.หาดใหญ่ ซึ่งเป็นพื้นที่กันชน (Buffer Zone) ส่วนชั้นน้ำคูเต่าและคอหงส์พบว่าปริมาณคลอไรด์อยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนผลการจำลองกรณีกำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำไม่คงที่พบว่า การเคลื่อนที่ของคลอไรด์จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงเข้าสู่เขตเทศบาลหาดใหญ่เกิดขึ้นน้อยเนื่องจากยังมีทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินไปสู่ทะเลสาบสงขลา และผลการจำลองเพื่อประเมินปริมาณการใช้น้ำปลอดภัยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาล (Safe yield) พบว่า ในสภาพการใช้น้ำปัจจุบันหากมีอัตราการใช้น้ำเพิ่มขึ้นปีละ 5% และ10% ในช่วง 20 ปีข้างหน้า (พ.ศ.2569) จะส่งผลให้ระดับน้ำลดลงมากกว่า 5 เมตร ภายใน 8 ปี และ 6 ปี ตามลำดับ ส่วนการรุกล้ำของน้ำเค็มพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและเข้าใกล้เมืองหาดใหญ่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นยังไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นจึงกำหนดปริมาณใช้น้ำปลอดภัยของแอ่งหาดใหญ่เท่ากับ 36 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือประมาณ 98,630 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน[6] สอดคล้องกับงานวิจัยของ นครินทร์ ศรีสุวรรณ, ณรงค์ ผังวิวัฒน์ , ณัฐพงศ์เกียรติเสรีกุล (2555) ฝ่ายเทคโนโลยีการกัดกร่อน สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร ได้ทำการวิจัยเรื่องประสิทธิภาพการป้องกันการกัดกร่อนของสารยับยั้งการกัดกร่อน โพตัสเซียมโนนาโนเอต บนเหล็กกล้าคาร์บอน และนำเสนอในการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำ เพชรบุรี มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาอัตราการกัดกร่อนของเหล็กกล้าคาร์บอนในระบบน้ำหล่อเย็น และศึกษา ประสิทธิภาพการหน่วงการกัดกร่อนของสารยับยั้งการกัดกร่อนชนิดแอโนดิก โดยใช้เทคนิคทางเคมีไฟฟ้าและการวัดค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำ ทำการทดสอบในสารละลายโซเดียมคลอไรด์และสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ซึ่งมีการเติมสารโพตัสเซียม โนนาโนเอต (สารประกอบคาร์บอนิล) ที่ความเข้มข้น 100 150 200 และ 300 ppm ลงในสารละลายทดสอบทั้งสองชนิดตามลำดับ เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันการกัดกร่อนของเหล็กกล้าคาร์บอน ผลการทดลองพบว่าในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นของสารยับยั้ง การกัดกร่อนที่ 300 ppm แสดงค่าอัตราการกัดกร่อนน้อยที่สุดที่ 0.51 mmpy ส่วนในสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นของสารยับยั้งการกัดกร่อนที่ 200 ppm แสดงค่าอัตราการ

กัดกร่อนน้อยที่สุดที่ 0.31 mmpy โดยผล การทดสอบดังกล่าวสอดคล้องกับการวัดค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผิวหน้าของชิ้นงานตัวอย่างที่มีค่าเพิ่มขึ้น หลังจากการเติมสารยับยั้งการกัดกร่อนลงในสารละลายทดสอบทั้ง 2 ชนิด เทคนิคนี้จึงสามารถใช้ยืนยันได้ว่าสาร โพตัสเซียม โนนาโนเอต ที่มีหมู่คาร์บอกซิลที่ปลายสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน สามารถยึดเกาะผิวหน้าของเหล็กกล้า คาร์บอนและทำให้สภาพพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำของชิ้นงานตัวอย่างมีมากขึ้น ดังนั้นสารละลายทดสอบจึงสัมผัสกับผิว โลหะได้น้อยลง ปฏิกิริยาการกัดกร่อนของเหล็กกล้าคาร์บอนจึงลดลง ซึ่งต้องควบคุมความเค็มให้ถูกต้อง และสอดคล้องกับงานวิจัย อำนาจ ชิดไธสง , สิรินทร เทพ เต้าประยูร , สนิท วงษา , ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ , ดวงฤดี โฆษิตกิตติวงศ์ , ปริเวท วรรณโกวิท , จริยา ยมเสถียรกุล , กนกศักดิ์ ชาญกล (2563) ที่ได้ทำการศึกษา และประเมินสถานการณ์ความเค็มของน้ำในแม่น้ำ และของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง และแม่กลอง จากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ว่าค่าความเค็มในแม่น้ำแม่กลองและบางปะกงที่เกิดจากการรุกตัวของน้ำเค็มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากอดีตจนถึงปัจจุบันและเพิ่มต่อเนื่องในอนาคต สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ส่วนความเค็มในดินของทั้งสองลุ่มน้ำโดยรวมยังอยู่ระดับต่ำแต่มีความผันแปรตามความลึกและฤดูกาล ข้อมูลที่ได้แสดงในรูปแผนที่และถูกรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลสารสนเทศสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรับมือกับปัญหาการรุกล้ำของความเค็มในน้ำและดิน การเขตกรรมและการจัดการน้ำในอนาคตได้ [7]

5. สรุปผล (Conclusion)

การสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดน้ำที่มีค่าความเค็มเกินกำหนด เป็นโครงการวิจัย พัฒนาร่วมระหว่างสถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 และบ้านริมคลอง โฮมสเตย์ ลักษณะเป็นวิจัยเชิงทดลอง ประเมินค่าความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการออกแบบ และสร้างเครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้ได้แก่แบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) และแบบประเมินผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่มีความเชื่อมั่น 0.96 สรุปประเด็นความสอดคล้อง 1) ความสวยงาม 2) ความปลอดภัยขณะใช้งาน 3) ความสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน 4) ความเหมาะสมของขนาดมอเตอร์ 5) การติดตั้งระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงาน 6) ประสิทธิภาพของวัสดุ 7) ขนาดโครงสร้าง 8) การออกแบบโครงสร้างเหมาะสม ความแข็งแรง 9) การดูแลรักษา การซ่อม ตามลำดับ ส่วนการกำหนดขนาดของโครงสร้างอุปกรณ์ต้องออกแบบให้เกิดความสมดุล เนื่องจากวัสดุแต่ละชิ้นมีน้ำหนักและขนาดที่ไม่เท่ากัน ก่อนดำเนินการออกแบบอุปกรณ์ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาอุปกรณ์วัดความเค็มและได้เลือกเครื่องวัดความเค็มแบบช้อน เนื่องจากเครื่องวัดความเค็มแบบนี้สามารถวัดความเค็มได้โดยการนำหัววัดไปจุ่มในตัวอย่างที่ต้องการวัดและอ่านค่าเป็นระดับเปอร์เซ็นต์ความเค็ม 7 ระดับ และได้ดำเนินการศึกษาระดับความเค็มที่เหมาะสม โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างความเค็มของน้ำในจังหวัดสมุทรสงคราม จำนวน 3 แห่งซึ่งเป็นสวนผลไม้ที่ประสบความสำเร็จ สามารถมีผลิต (ส้มโอ) ที่มีรสชาติดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภคในอำเภออัมพวา 2 สวน และในอำเภอบางคนที 1 สวน ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีระดับความเค็มเท่ากันคือ ความเค็มระดับ 3 สรุปได้ว่าความเค็มสำหรับการทดลอง เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีคือค่าความเค็มระดับน้ำเท่ากับ 3 จากนั้นได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม 3D CAD Models เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง ซึ่งการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงโครงสร้างนอกจากนี้ยังมีการเจาะรูเพื่อลดปัญหาเรื่องของแรงดันน้ำในตอนที่ทำการปิดน้ำ เพราะอาจจะทำให้เกิดการเสียหาย การเลือกใช้วัสดุต้องทนการกัดกร่อนได้ดี เป็นต้น สรุปคุณลักษณะ ดังนี้ โครงสร้างมีขนาด Ø 400 x 800 mm. วัสดุทำจากสเตนเลส และพลาสติก ใช้มอเตอร์แกนชัก 12V ยืดได้สูงสุด 12 cm. เซนเซอร์วัดความเค็มสามารถวัดค่าความเค็มได้ 7 ระดับ จากจืดไปหาเค็ม จากการทดลองนำไปติดตั้งและใช้งาน ณ บ้านริมคลองโฮมเสตย์ ตลอดระยะเวลา 30 วัน ปรากฏว่าสามารถทำงานได้ตามที่ผู้วิจัยตั้งสมมติฐาน การปิด เปิดประตูน้ำทำได้ 100% สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงพาณิชย์

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ขอขอบคุณสถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 และบ้านริมคลอง โฮมสเตย์ที่สนับสนุนโครงการ และเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล

7. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] กรมชลประทาน (2557) “**รายงานสรุปสถานการณ์น้ำจังหวัดสมุทรสงครามประจำสัปดาห์**” เข้าถึงโดย http://water.rid.go.th/waterreport/sum-re-water.html

[2] สุจริต คูณธนกุลวงศ์ , ทวนทัน กิจไพศาลสกุล , . ปราโมทย์ โศจิศุภร , และ อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์ (2561) “**การจัดการการแทรกตัวของน้ำเค็มเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา**” คณะวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต : มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์

[3] อรุณี ยูวะนิยม ยุทธชัย อนุรักษ์ติพันธ์ มานพ ตัณฑะเตมีย์ และ สมศรี อรุณินท์ (2536) “**คุณภาพน้ำเค็มต่อคุณสมบัติของดินและการทนความเค็ม**” กองอนุรักษ์ดิน และ น้ำ กรมพัฒนาที่ดิน เข้าถึงโดย http://ord101.ldd.go.th/FrontOfficer.aspx.

[4] ณัฐกิตธ์ ด้วงดล และ จันทการต์ บุญณากร (2561) “**เครื่องระบบเปิด-ปิดน้ำ อัตโนมัติ**” การศึกษามูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี

[5] จักกริช เกษวิทย .ภูริเดช เชยโพธ นิธิศ ปิ่นทอง และ พสธร สะหะกะโร (2560) “**ระบบเปิด-ปิดน้ำด้วยโทรศัพท์มือถือ**” หลักสูตรนักเรียนจ่าทหารเรือชั้นปีที่ 2 พรรคพิเศษ เหล่า ช่างยุทธโยธาอิเล็กทรอนิกส์

[6] ธนิต เฉลิมยานนท์ , สุรพล อารีย์กุล และ กุสุมาลย์ เฉลิมยานนท์ (2551) “**การศึกษาการรุกของน้ำเค็มในชั้นน้ำใต้ดินบริเวณอำเภอหาดใหญ่โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์**” คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[7] อำนาจ ชิดไธสง , สิรินทรเทพ เต้าประยูร , สนิท วงษา , ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ , ดวงฤดี โฆษิตกิตติวงศ์ , ปริเวท วรรณโกวิท , จริยา ยมเสถียรกุล , กนกศักดิ์ ชาญกล (2563) “**การประเมินสถานการณ์ความเค็มของน้ำในแม่น้ำ และของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงและแม่กลอง จากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล**” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[8] ปฏิภาณ ดำรงธรรมสกุล , ธิติ อัคราภิรมย์ ,ประณต ไชยศล (2558) “**ระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ**” วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา

[9] ศูนย์การเรียนรู้เพื่ออนุรักษ์ทุเรียนพื้นบ้านนนทบุรี “**ปัญหาน้ำเค็ม**” เข้าถึงโดย https://www.duriannon.com/15559269/issue-4

[10] นครินทร์ ศรีสุวรรณ, ณรงค์ ผังวิวัฒน์, ณัฐพงศ์เกียรติเสรีกุลฝ่ายเทคโนโลยีการกัด “**ประสิทธิภาพการป้องกันการกัดกร่อนของสารยับยั้งการกัดกร่อนโพตัสเซียม โนนาโนเอต บนเหล็กกล้าคาร์บอน**” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจ าปี พ.ศ. 2555 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำ เพชรบุรี (1460-1468)