



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conferenceการศึกษากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษาThe Study of Engineering Design Process of Grade 9th Students on Dissolved Oxygen after
Conducting a STEM Education Activityมนัส ชวดดา (Manasch Chuadda)¹ ศิริรัตน์ ชาญไวทย์ (Sirirat Chanvaivit)²สนธิ พลชัยยา (Sonthi Phonchaiya)³

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาผลการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ค่ายวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ โดยนำชุดตรวจวัดออกซิเจนละลายในน้ำที่เตรียมขึ้นมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา และ (2) ศึกษากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ค่ายวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนตาคลีประชาสรรค์ จำนวน 50 คน โดยได้จากอาสาสมัคร เครื่องมือที่ใช้คือ 1) แผนการสอน เรื่อง สิ่งประดิษฐ์ฝ่าวีถุน้ำเสีย 2) แบบสังเกตกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ผลการวิจัยพบว่า (1) จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ค่ายวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษาที่ออกแบบขึ้นมีความสอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษาและมีกระบวนการที่เป็นไปตามรูปแบบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (2) นักเรียนที่ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ค่ายวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา เกิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ผลการประเมินในภาพรวมทั้ง 5 ขั้นตอนในระดับดีมาก

คำสำคัญ ออกซิเจนละลายในน้ำ สะเต็มศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา nasandyoo@hotmail.com

² อาจารย์ ประจำภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา sirirat@buu.ac.th

³ นักวิชาการ สาขาเคมี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี sopho@ipst.ac.th



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

Abstract

The purposes of this research were to (1) to design learning activities about the amount of dissolved oxygen in water by employing the prepared instrument to measure dissolved oxygen in water in combination with STEM learning model, which was used for scientific camp for grade 9th students, and (2) to study the engineering design of students who had used the prepared activities. Fifty volunteers were randomly selected from the population of 146 grade 9th students, who were studying environmental education at Takli Prachasan School, Nakhonsawan Province during the first semester of 2015. The research tools were 1) the lesson plan about the invention for preventing polluted water crisis 2) observation form engineering design process. the Index of Item Objective Congruence (IOC) is between 0.60-1.00. The results showed that (1) based-on experts, the designed activity was according to STEM education approaches. It could help to promote engineering design process to students through an activity. (2) students through learn through STEM education of dissolved oxygen in water, engineering design process to insist the assessment of the overall very good quality.



Keywords: Dissolved oxygen, STEM Education, Engineering design process



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

บทนำ

ปัจจุบันการศึกษาของประเทศไทยมีการจัดชั่วโมงเรียนให้กับเด็กนักเรียนไทยมากกว่านักเรียนประเทศอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนจะใช้เวลาอยู่ในห้องเรียนมากกว่านักเรียนส่วนใหญ่ในประเทศอื่น โดยค่าเฉลี่ยจำนวนชั่วโมงที่เรียนในโรงเรียนของระดับประถมศึกษาเท่ากับ 1000 ชั่วโมง ส่วนระดับมัธยมศึกษาเท่ากับ 1200 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นอันดับที่ 2 ของโลก (สรวงมณต์ สติธิตสมาน, 2557) อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยพบว่าแม้นักเรียนไทยจะมีจำนวนชั่วโมงเรียนมากกว่าประเทศอื่นแต่นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่เรียนเข้ากับชีวิตประจำวันได้รวมทั้งไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากห้องเรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวได้ (ปริศนา เพชรบุรณิน, 2555) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบความรู้ที่เน้นทักษะด้านการคิดวิเคราะห์เทียบกับนานาชาติ เช่น การสอบ PISA 2012 ปรากฏมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า ค่าเฉลี่ย OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) และประเทศไทยถูกจัดเป็นอันดับที่ 50 จาก 65 ประเทศ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2556) ทั้งนี้ในการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA นั้นได้ให้ความสำคัญกับวิทยาศาสตร์ที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงรวมทั้งความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น ความตระหนักถึงประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม ความกังวลต่อสิ่งแวดล้อม (สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพิกา ประโมจันย์, 2551 น.85,118)

การจัดการเรียนรู้วิชาสิ่งแวดล้อมศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ทักษะกระบวนการ และสมรรถนะต่าง ๆ นั้นผู้เรียนควรได้ลงมือปฏิบัติจริง และฝึกแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง โดยต้องมีการบูรณาการสาขาวิชาต่าง ๆ ร่วมกัน เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ตามศตวรรษที่ 21 ทำให้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นำวิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM Education) มาเป็นแนวทางในการจัดการศึกษาโดยบูรณาการ 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ช่วยสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ความรู้และทักษะด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะทางด้านต่าง ๆ และสอดคล้องกับทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (กวิณ เชื้อมกลาง, 2556. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558)

ทั้งนี้โรงเรียนตากลีประชาสรรค์เป็นโรงเรียนที่มีการสอนในรายวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนจะต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ในเรื่องของคุณภาพของน้ำ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการวิเคราะห์น้ำจะช่วยให้นักเรียนได้ทราบถึงสถานการณ์น้ำในท้องถิ่นของตนและตระหนักถึงการอนุรักษ์ร่วมกันในท้องถิ่นซึ่งปัญหาคุณภาพน้ำส่วนใหญ่เกิดจากการที่แหล่งน้ำขาดออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยค่า DO สามารถบ่งบอกว่าแหล่งน้ำมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำอยู่ในระดับใด (กระทรวงสาธารณสุข, 2537)

งานวิจัยนี้จึงได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ จากเอกสารการประชุม International Technology Education Association. (Invention:the invention crusade, 2005,p.5) ประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนและพัฒนา การทดสอบและประเมินผล และการนำเสนอผลลัพธ์ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบของค่าย



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รายวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษาโดยนำชุดตรวจวัดออกซิเจนละลายในน้ำที่ใช้ในภาคสนาม หรือ DO test kit มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำและประเมินคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ และนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการแก้ปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน และเกิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์จากที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เช่นการสำรวจสภาพแหล่งน้ำบริเวณต่าง ๆ ภายในโรงเรียนทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ทักษะต่าง ๆ ในกิจกรรมนอกห้องเรียนที่เกิดขึ้น และให้ผู้เรียนได้นำความรู้มาใช้ในการออกแบบ การสร้างและปรับปรุงชิ้นงาน ในการร่วมกันแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

วัตถุประสงค์การวิจัย (และกรอบแนวคิดการวิจัย ถ้ามี)

1. ศึกษาผลการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ค่ายวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ โดยนำชุดตรวจวัดออกซิเจนละลายในน้ำที่เตรียมขึ้นมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา
2. ศึกษากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ค่ายวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา

ระเบียบวิธีวิจัย

ผู้วิจัยมีวิธีในการดำเนินการวิจัยโดยการออกแบบการจัดกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือวัดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษาดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนรายวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา จากโรงเรียนตาคีประชาสรรค์ อำเภอตาคี จังหวัดนครสวรรค์ สังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 42 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 146 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนรายวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา จากโรงเรียนตาคีประชาสรรค์ อำเภอตาคี จังหวัดนครสวรรค์ สังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 42 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 50 คน โดยได้จากอาสาสมัคร



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการจัดกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยนำชุดตรวจวัดออกซิเจนละลายในน้ำที่เตรียมขึ้นมามีออกแบบกิจกรรมใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา ได้แก่

1) แผนการสอนที่จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ที่ส่งเสริมกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง สิ่งประดิษฐ์ฝ่าวิกฤตน้ำเสีย

2) แบบสังเกตกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

2. เครื่องมือที่สร้างขึ้นนำไปหาคุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินโดยใช้แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งประกอบด้วย 1) แบบประเมินการบูรณาการสะเต็มศึกษา (หัวข้อ) 2) แบบประเมินการบูรณาการสะเต็มศึกษา (ตัวชี้วัด) 3) แบบประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์จากการทำกิจกรรม เรื่อง สิ่งประดิษฐ์ฝ่าวิกฤตน้ำเสีย

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดย การจัดกิจกรรมในรูปแบบค่ายวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ตามแผนการสอนโดยใช้เวลา 8 ชั่วโมง และประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์จากสังเกตนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรม และวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับใบงาน และชิ้นงานของนักเรียน

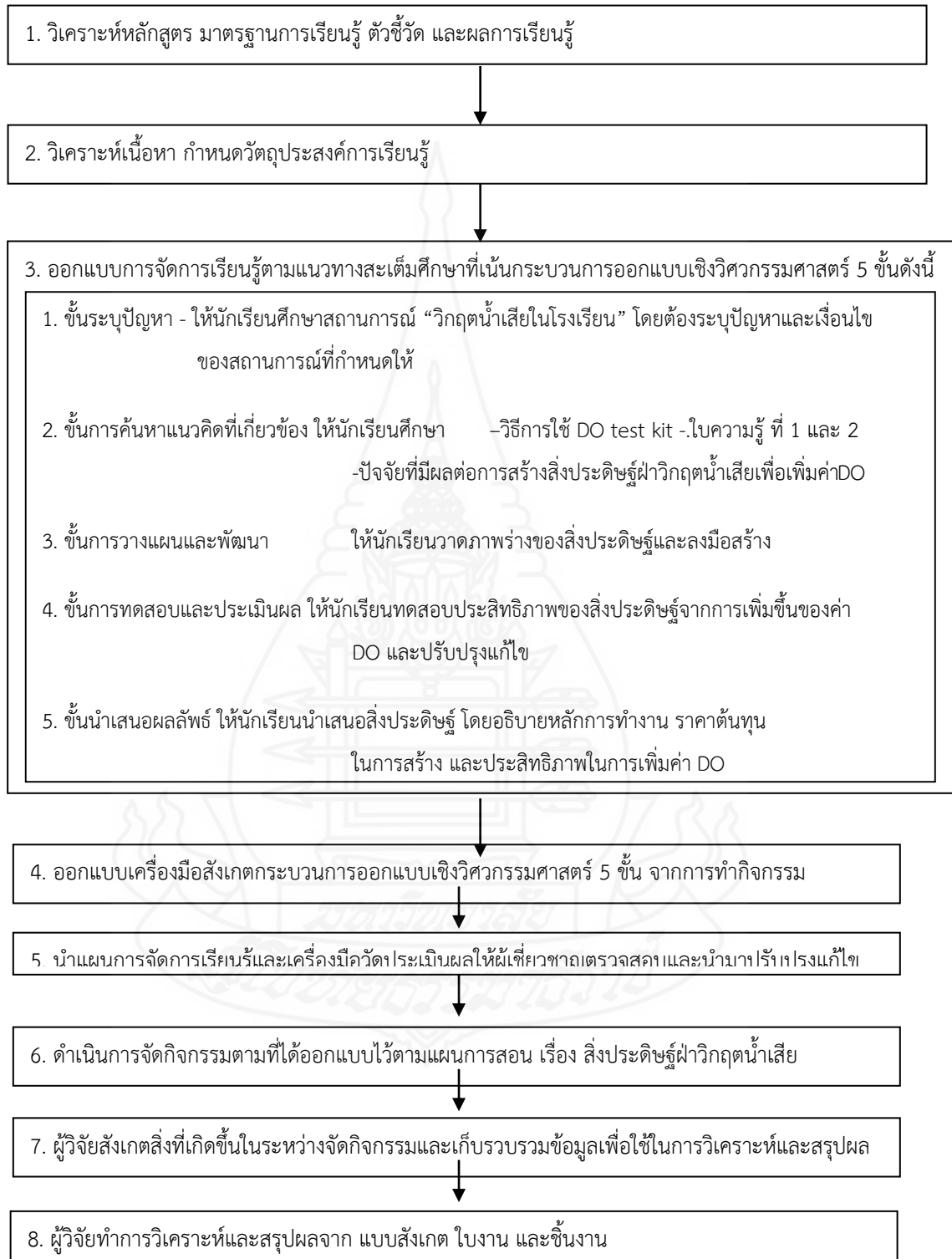
ผลการวิจัย

การออกแบบการจัดกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา

1. ผลการออกแบบการจัดกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



รูปที่ 1 แผนภาพกรอบแนวคิดการออกแบบการจัดการกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

จากรูปที่ 1 ผู้วิจัยได้นำชุดตรวจวัดออกซิเจนละลายในน้ำที่เตรียมขึ้นมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ผ่าน สะเต็มศึกษาโดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ โดยให้นักเรียนออกแบบสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อเพิ่ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจากการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสิ่งประดิษฐ์จากขวดพลาสติก คือความ สูงและจำนวนชั้นของขวดพลาสติก โดยจัดกิจกรรมในรูปแบบค่ายวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ โดยเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบไปด้วย 1) แบบประเมินการบูรณาการสะเต็มศึกษา (หัวข้อ) 2) แบบประเมิน การบูรณาการสะเต็มศึกษา (ตัวชี้วัด) 3) แบบประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์จากการทำงานกิจกรรม เรื่อง สิ่งประดิษฐ์ฝักรักน้ำเสีย ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นสำหรับใช้ในกิจกรรม ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีและ สะเต็มศึกษาตรวจสอบ จำนวน 5 ท่าน เพื่อนำไปหาคุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินโดยใช้แบบ ประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของกิจกรรม พบว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า รูปแบบของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณออกซิเจน ละลายในน้ำ ที่ออกแบบขึ้นมีความสอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษาและส่งเสริมให้นักเรียนมีกระบวนการ ทางด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ผ่านการทำงานกิจกรรม ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการ สอนได้

2. ผลการศึกษากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่าน สะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์โดยการวิเคราะห์จากแบบสังเกตกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ การวิเคราะห์เนื้อหาจากใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน ปรากฏผลดังตารางที่ 1 – 3

ตารางที่ 1 แสดงผลค่าเฉลี่ยร้อยละของแบบประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์จากแบบประเมิน กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์จากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณออกซิเจน ละลายในน้ำ

ที่	รายการที่ประเมิน	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	ผลการประเมิน
1.	ระบุปัญหา	85.71	ดีมาก
2.	ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	91.43	ดีมาก
3.	วางแผนและพัฒนา	85.71	ดีมาก
4.	ทดสอบและประเมินผล	78.57	ดี
5.	นำเสนอผลลัพธ์	100.00	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย		88.28	ดีมาก



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยร้อยละของแบบประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์จากแบบสังเกตกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์จากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ พบว่า รายการที่ประเมินจำนวน 5 รายการได้แก่ การระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนและพัฒนา การทดสอบและประเมินผล และการนำเสนอผลลัพธ์ มีผลการประเมินเฉลี่ยอยู่ในระดับ ดีมาก และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 78.57% – 100% โดยในชั้น การทดสอบและประเมินผลมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 78.57% อยู่ในระดับ ดี และการนำเสนอผลลัพธ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 100% อยู่ในระดับ ดีมาก

ตารางที่ 2 ผลคะแนนเฉลี่ยร้อยละของใบบันทึกกิจกรรมจากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

ที่	รายการที่ประเมิน	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ผลการประเมิน
1	ผลงานแนวคิดในการออกแบบชิ้นงานและการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างชิ้นงาน	100.00	ดีมาก
2	ประสิทธิภาพของชิ้นงานในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ	80.95	ดีมาก
3	ความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาได้ในชีวิตจริง	80.95	ดีมาก
4	การนำเสนอผลงาน	100.00	ดีมาก
5	ต้นทุนการผลิตชิ้นงาน	100.00	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย		92.38	ดีมาก

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยร้อยละของใบบันทึกกิจกรรมจากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา เรื่อง สิ่งประดิษฐ์ฝาวักถักน้ำเสีย พบว่า รายการที่ประเมินจำนวน 5 รายการได้แก่ การระบุปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ การศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การออกแบบและวางแผนการทำงาน การอธิบายแนวคิดในการออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ และความเป็นระเบียบเรียบร้อยของใบบันทึกกิจกรรม มีผลการประเมินเฉลี่ยอยู่ในระดับ ดีมาก และรายการประเมินทั้ง 5 รายการมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 92.86% – 100% ผลการประเมินอยู่ในระดับ ดีมาก ทุกรายการ



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

ตารางที่ 3 ผลคะแนนเฉลี่ยร้อยละของชิ้นงานและการนำเสนอจากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา
เรื่อง สิ่งประดิษฐ์ฝาวักถนําน้ำเสีย

ที่	รายการที่ประเมิน	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	ผลการประเมิน
1.	การระบุปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์	92.86	ดีมาก
2.	การศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	92.86	ดีมาก
3.	การออกแบบและวางแผนการทำงาน	92.86	ดีมาก
4.	การอธิบายแนวคิดในการออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์	100.00	ดีมาก
5.	ความเป็นระเบียบเรียบร้อยของใบบันทึกกิจกรรม	100.00	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย		95.71	ดีมาก

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยร้อยละของชิ้นงานและการนำเสนอจากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา เรื่อง สิ่งประดิษฐ์ฝาวักถนําน้ำเสีย พบว่า รายการที่ประเมินจำนวน 5 รายการได้แก่ ผลงานแนวคิดในการออกแบบชิ้นงานและการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างชิ้นงาน ประสิทธิภาพของชิ้นงานในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาได้ในชีวิตจริง การนำเสนอผลงาน และต้นทุนการผลิตชิ้นงาน มีผลการประเมินเฉลี่ยอยู่ในระดับ ดีมาก และรายการประเมินทั้ง 5 รายการมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 80.95% – 100% ผลการประเมินอยู่ในระดับ ดีมาก ทุกรายการ

อภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบการจัดกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์และเครื่องมือวัดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา ได้ผลการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษาเมื่อนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างดังนี้

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ เกิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ครบทั้ง 5 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนและการพัฒนา การทดสอบและการประเมินผล และการนำเสนอผลลัพธ์ และผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยพบว่าในขั้นการนำเสนอผลลัพธ์มีผลการประเมินมากที่สุดคือ อยู่ในระดับดีมาก และขั้นการทดสอบและประเมินผลมีผลการประเมินน้อยที่สุดคือ อยู่ในระดับดี

ทั้งนี้เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จากนั้นนำความรู้ความเข้าใจที่ได้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อสนองความต้องการหรือแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ (2559) ที่กล่าวว่าองค์ประกอบและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือกิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

เชื่อมโยงกับชีวิตจริง มุ่งให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะในศตวรรษที่ 21 และมีการใช้การวัดผลตามสภาพจริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ นิตยา ภูผาบาง (2558) ซึ่งจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงขึ้น ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนที่ได้จัดการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษาสามารถจำแนกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นการระบุปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงถึงความสามารถในการเข้าใจสิ่งที่ปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ถูกส่งเสริมจากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้นำปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันได้แก่ข้าว เอง ปลาในกระชังลอยตายแม่น้ำป่าสักสระบุรีสูญพันธุ์ปลาน้ำจืด แล้วให้นักเรียนได้ระบุปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ “วิกฤตน้ำเสียในโรงเรียน” เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ว่าวิกฤตน้ำเสียเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

(2) ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงถึงความสามารถในการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิด แนวทางหรือวิธีที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา ถูกส่งเสริมจากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยให้นักเรียนศึกษาความรู้ต่างๆ ที่ต้องใช้ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้จากใบงาน เอกสาร ข้อมูลต่างๆ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยทำการทดลองที่ 1 เรื่อง การศึกษาปัจจัยความสูงที่มีผลต่อค่า DO การทดลองที่ 2 เรื่อง การศึกษาปัจจัยจำนวนชั้นของขวดที่มีผลต่อค่า DO และการทดลองที่ 3 เรื่อง การศึกษาค่า DO ในแหล่งน้ำภายในบริเวณโรงเรียน เพื่อให้นักเรียนนำไปใช้เป็นความรู้และข้อมูลในการเลือกแหล่งน้ำที่ใช้ในการบำบัดและสร้างสิ่งประดิษฐ์ จากนั้นให้นักเรียนสรุปปัญหาและวิธีแก้ไขโดยผู้วิจัยได้มีการกำหนดเงื่อนไขในการสร้างอุปกรณ์เพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์

(3) ขั้นการวางแผนและพัฒนา เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงถึงความสามารถในการกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน รวมถึงการออกแบบและพัฒนาต้นแบบของผลผลิต เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา ถูกส่งเสริมจากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยให้นักเรียนวางแผนการดำเนินงาน ออกแบบกระบวนการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรืออุปกรณ์เพิ่มปริมาณแก๊สออกซิเจนในน้ำ มีการวาดภาพร่างโดยระบุขนาดและสัดส่วนอย่างชัดเจน ลงมือประดิษฐ์อุปกรณ์เพิ่มปริมาณแก๊สออกซิเจนในน้ำตามแบบที่ออกแบบไว้ให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนด

(4) ขั้นการทดสอบและประเมินผล เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงถึงความสามารถในการทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบ เพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้จากถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มี



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

ประสิทธิภาพในการแก้ไขมากยิ่งขึ้น ถูกส่งเสริมจากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำการทดสอบการเพิ่มปริมาณแก๊สออกซิเจนในน้ำของอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น และปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยใช้กับแหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย

(5) ขั้นตอนการนำเสนอผลลัพธ์ เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงถึงความสามารถในการนำเสนอผลลัพธ์หลังการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์ จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลให้เข้าใจง่ายและน่าสนใจ ถูกส่งเสริมจากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดในการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการเติมปริมาณออกซิเจนในน้ำแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ มานำเสนอชิ้นงานและผลการทดสอบ และเปรียบเทียบผลงานแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ มาใช้ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วร่วมกันสรุปประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

ลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา ต้องจัดกิจกรรมโดยบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์ในชีวิตจริง เพื่อระบุปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ต่าง ๆ มีการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ชิ้นงาน หรือวิธีการ เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านั้น และมีการปรับปรุงสิ่งประดิษฐ์ ชิ้นงาน หรือวิธีการ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ หรือใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Strimel (2014) ที่ได้พัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในระดับบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมการบูรณาการที่พัฒนาขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ในการออกแบบ สร้างชิ้นงาน ตลอดจนการแก้ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ นัสนรินทร์ ปือชา (2557) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก และเช่นเดียวกับงานวิจัยของ ภัสสร ติตมา (2558) ที่จัดการเรียนแบบ สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีการวางแผนการทำงาน สร้างชิ้นงานโดยคำนึงถึงราคาและคุณสมบัติของวัสดุ สร้างและปรับปรุงแบบจำลองให้สมบูรณ์ขึ้น ส่งผลให้สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้มากขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรให้เวลาในการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้เพียงพอเนื่องจากการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น
2. ควรนำแผนการสอนนี้ไปทดลองใช้ในรายวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษาเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

3. ควรบอกข้อควรระวังในการใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และระมัดระวังในขั้นตอนการปฏิบัติและการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กรมอนามัย. (2537). *คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี*. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กวิน เชื้อมงคล. (2556). กิจกรรมสะเต็มหรษา:ลูกโป่งน้ำบ้านจิมป์. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.)*, 41(182), 26-29.
- โชคชัย เหลืองธูปราณี และนัยนา ศรีชัย. (2549). ชุดทดสอบการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำนอกห้องปฏิบัติการ. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 29(1), 101-108.
- นิตยา ภูผาบัง. (2559). การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, H332-H345.
- นัสนรินทร์ ปือชา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา(STEM Education)ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.
- ปริศนา เพชรบุณิน. (2555). ระบบการศึกษาไทยกับการพัฒนาที่ยั่งยืน. *วารสารวิชาการปทุมวัน*, 2(4), 67-72.
- พลศักดิ์ แสงพรหมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ, 9, 401-418
- ภัสสร ติตมา. (2888). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- มนนภา เทพสุด. (2548). *ปฏิบัติการเคมีทั่วไป*. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- มันสิน ตันตุลเวศม์ และมันรัช ตันตุลเวศม์. (2551). *คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2559). รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. *เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การออกแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ตามโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการพัฒนาครูด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา*. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 42 กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.)กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม*, พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

- สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพิกา ประโมจน์ย์. (2551). *ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับ
โลกวันพรุ่งนี้*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท):เซเว่นพรีนติ้ง กรุ๊ป จำกัด.
สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา. (2556). วิเคราะห์สถิติ ตัวชี้วัดและการจัดอันดับทางการศึกษาเพื่อความสามารถใน
การแข่งขัน. *มองสถิติและตัวชี้วัด*, 1(5), 1-4.
สรวงมณท์ สิทธิสมาน. (2557). ชั่วโมงเรียนปัญหาไม่ได้อยู่ที่จำนวน-อยู่ที่คุณภาพ. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 25 มีนาคม
2558, จาก <http://www.manager.co.th/OOL/ViewNews.aspx?NewsID=9570000097962>
Strimel, G. (2014). Shale Gas Extraction: Drilling Into Current Issues and Making STEM Connections.
Resources in Technology and Engineering, 16-24.

