บทความวิจัย (Research Article)

การรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์

SCIENCE TEACHERS' PERCEPTIONS ON PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE FOR STEM

Received: December 17, 2018 **Revised:** February 13, 2019 **Accepted:** February 18, 2019

ชุติมา วิชัยดิษฐ[1*] และชาตรี ฝ่ายคำตา[2]

Chutima Vichaidit[1*] and Chatree Faikhamta[2]

[1,2]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1,2]Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: chu.tongsuk@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามาแล้ว ซึ่งอยู่ในเขตภาคใต้ตอนบน คือ จังหวัดชุมพร ระนอง กระบี่ และสุราษฎร์ธานี จำนวน 106 โรงเรียน โดยใช้แบบสอบถามวัดการรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาและการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยใช้เหตุการณ์จำลองจากคลิปวีดีโอการสอนสะเต็มศึกษา จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานในการหาค่าความถี่ ร้อยละ จากแบบสอบถาม และใช้กระบวนทัศน์การตีความจากการสัมภาษณ์ ผลการวิจัย พบว่า ในภาพรวมของครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้เกี่ยวกับความเข้าใจสะเต็มศึกษาของผู้เรียนเป็นไปในทิศทางที่ดีกว่าองค์ประกอบอื่น แต่เมื่อพิจารณาลงไปในรายละเอียดขององค์ประกอบแต่ละด้านแล้วพบว่า ครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้ที่ไม่ชัดเจนและคลาดเคลื่อนในบางประเด็นเกี่ยวกับการสอนสะเต็มศึกษา ได้แก่ ธรรมชาติของเนื้อหาวิชาในสะเต็มศึกษา ความยากง่ายของเนื้อหาในกิจกรรม การสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูง กระบวนการคิดเชิงวิศวกรรมและผลลัพธ์ของการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

คำสำคัญ: การรับรู้ ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน สะเต็มศึกษา

Abstract

The purpose of this research was to study in-service science teachers' perception on pedagogical content knowledge for STEM. The participants were in-service teachers who were used to implement STEM in their classrooms from 106 schools in the southern part of Thailand including Chumphon, Ranong, Krabi, and Suratthani Provience. The research instruments were a questionnaire on teachers' perception on pedagogical content knowledge (PCK) for STEM and a semi-structured interview protocol. The collected data from questionnaire were analyzed using frequency and percentage whereas the data gathered from interview were analyzed using interpretive analysis. The findings indicate that the perception of in-service science teachers about PCK for STEM was considered as at good level, especially, knowledge of students' understanding in STEM Education. However, when considering the details of each component, we found that the perception of in-service science teachers was not clear and there were some misconceptions about teaching STEM including the nature of STEM, level of difficulties in STEM content, using advanced technology to search for related information, thinking in engineering process, and outcomes of STEM Education.

Keywords: Perception, Pedagogical Content Knowledge, STEM Education

บทนำ

การสอนสะเต็มศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้ต่างๆ อันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน (Breiner et al., 2012) และสามารถนำองค์ความรู้จากสะเต็มศึกษาไปใช้ในการแก้ปัญหา (NRC, 2012; Freeman et al., 2014) อย่างเป็นระบบ ผ่านการลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับเป้าหมายของสะเต็มศึกษา ในการที่ครูจะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้ดีนั้น ครูต้องมีความรู้ คือ ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่สอน ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน รวมถึงความรู้เกี่ยวกับวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียน สื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน รู้หลักการประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งความรู้ดังกล่าวนี้เป็นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน โดย Shulman (1987) กล่าวว่า ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK) หมายถึง การผสานความรู้ในเนื้อหาและความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนเข้าด้วยกันเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจว่าควรจัดเรียง ดัดแปลงและนำเสนอเนื้อหาอย่างไรให้สอดคล้องและเหมาะสมกับความสนใจและความสามารถที่หลากหลายของผู้เรียน (Park & Oliver, 2008) ซึ่งปัจจุบันความตื่นตัวและความพยายามในการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้ให้มีการบูรณาการในหลายวิชาเข้าด้วยกัน (Bybee, 2010) ผู้สอนต้องเข้าใจในธรรมชาติของเนื้อหาวิชา การบูรณาการ การนำเสนอเนื้อหาหรือวิธีสอนที่เอื้อต่อธรรมชาติของเนื้อหาวิชา รู้บริบทของผู้เรียน ซึ่งลักษณะเฉพาะเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนจะต้องมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน ที่สามารถออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และปฏิบัติการสอนสะเต็มศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษานั้น พบว่า

ครูวิทยาศาสตร์มีปัญหาในส่วนของความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่จะสอน และความสามารถในการบูรณาการความรู้เหล่านี้เพื่อนำมาปฏิบัติจริงในชั้นเรียน ดังที่ EL-Deghaidy et al. (2017) ได้ระบุว่า ครูไม่มีความพร้อมในการสอนสะเต็มศึกษา โดยเฉพาะการบูรณาการกระบวนการทางวิศวกรรมเข้าไปในวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับ Srikoom (2018) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่มีความเชื่อมั่นในตนเองและกังวลในเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางด้านวิศวกรรมมากกว่าเรื่องอื่นๆ โดยความเชื่อมั่นของครูในการสอนสะเต็มศึกษาเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของความสามารถในการสอนเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน จากตัวอย่างงานวิจัยเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ที่เผชิญอยู่ในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าสะเต็มศึกษาจะถูกผลักดันให้เป็นแนวทางการสอนตามนโยบายของรัฐทั้งในและต่างประเทศ (Chamrat, 2016) ในหลายปีที่ผ่านมา แต่การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกสอนสะเต็มศึกษาก็ยังมีปริมาณน้อย ฉะนั้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาในเรื่องดังกล่าว อีกทั้งข้อค้นพบจากการวิจัยทางด้านนี้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากนโยบายทางการศึกษาได้กำหนดยุทธศาสตร์ที่จะพัฒนาระบบการศึกษาในปัจจุบันให้เป็นระบบสะเต็มศึกษา (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014)

ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาเป็นความรู้ของครูที่มีโครงสร้างซับซ้อน (Saxton et al., 2014) นักการศึกษาจึงมีเทคนิคและวิธีการประเมินที่หลากหลายและต่างกัน เพื่อพยายามที่จะเข้าถึงสิ่งที่ครูเชื่อ ครูคิดและครูทำ โดยใช้วิธีการ เช่น สังเกตการสอน การสัมภาษณ์ พิจารณาจากแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม ในการประเมินความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนก็สามารถกระทำได้โดยใช้เทคนิคการรวบรวมและสรุป (Convergent and Inferential Techniques) (Baxter & Lederman, 1999) โดยใช้แบบสอบถามแบบประเมินค่า (Likert-Type) หรืออาจเป็นรายการแบบเลือกตอบ (Multiple-Choice Items) ซึ่งวิธีการเหล่านี้ก็สามารถให้ข้อเท็จจริง (Fact) ที่มีการใช้ในการอธิบายคำพูดที่กำหนดให้เกี่ยวกับความรู้ของครู อย่างไรก็ตาม การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งที่จะสำรวจความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ร่วมกับการสัมภาษณ์เกี่ยวกับการรับรู้ (Perception) ของครูด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา (Pedagogical Content Knowledge for STEM Education; PCK for STEM) เป็นความเข้าใจของครูต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ถือเป็นความรู้ของครูที่มีความสำคัญ เนื่องจากการรับรู้ของครูเป็นการตีความหรือแปลความหมายข้อมูลโดยใช้ความรู้ ประสบการณ์ และความเข้าใจของบุคคล (Brown et al., 2011) อันจะส่งผลอย่างมากต่อการตัดสินใจในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่คลอบคลุมจุดมุ่งหมาย การวางแผนกิจกรรมการเรียนการสอน การใช้คู่มือและสื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่สอดคล้องและเหมาะสมกับเป้าหมายการสอนสะเต็มศึกษา (Srikoom et al., 2017) อีกทั้งการรับรู้ของครูก็ยังส่งผลต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสอน หากครูไม่พอใจกับการสอนในปัจจุบัน (Feldman, 2000)

จากตัวอย่างงานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่าเป็นการวิจัยเกี่ยวกับการรับรู้สะเต็ม รูปแบบการสอน การบูรณาการศาสตร์ รวมทั้งเจตคติและความมั่นใจต่อรูปแบบการสอนสะเต็มศึกษา แต่ขณะเดียวกันก็ยังไม่พบรายงานการรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับ PCK for STEM ที่มีจุดเน้นเกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งนับว่าเป็นประเด็นที่ยังเป็นช่องว่างที่จะต้องศึกษา เพื่อนำไปสู่ข้อค้นพบของการรับรู้เกี่ยวกับ PCK for STEM ของครูวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกลุ่มกำลัง

สำคัญที่จะช่วยขับเคลื่อนเกี่ยวกับการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา อีกทั้งเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่จะช่วยในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามเป้าหมายของสะเต็มศึกษา ซึ่งการสำรวจความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ PCK for STEM ของครูวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบสอบถามร่วมกับการสัมภาษณ์ ตามกรอบแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนวิทยาศาสตร์ของ Magnusson et al. (1999) มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ของครูเกี่ยวกับเป้าหมายการสอนสะเต็มศึกษา 2) ความรู้ของครูเกี่ยวกับหลักสูตรสะเต็มศึกษา 3) ความรู้ของครูเกี่ยวกับความเข้าใจในผู้เรียน 4) ความรู้ของครูเกี่ยวกับกลยุทธ์การสอนสะเต็มศึกษา และ 5) ความรู้ของครูเกี่ยวกับการประเมินการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ต้องการค้นหาคำตอบว่าครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาเป็นอย่างไร จึงได้กำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา คือ ครูวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีประสบการณ์สอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามาแล้ว ซึ่งเป็นโรงเรียนในเขตภาคใต้ตอนบน คือ จังหวัดชุมพร (22) ระนอง (7) กระบี่ (14) และสุราษฎร์ธานี (63) จำนวน 106 โรงเรียน โรงเรียนละ 2 คน รวมแบบสอบถามที่ส่งไปทั้งสิ้น 212 ฉบับ โดยพิจารณาครูวิทยาศาสตร์ที่สังกัดในสำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ที่ขยายโอกาสทางการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษา และสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา (สพม.) ซึ่งโรงเรียนเหล่านี้จะมีขนาดโรงเรียนทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ โดยได้รับแบบสอบถามกลับคืนมาและมีความครบถ้วนสมบูรณ์ จำนวน 131 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 61.79

สิ่งที่ศึกษา คือ การรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา โดยการสำรวจความเข้าใจแนวคิดของครูเกี่ยวกับการสอนสะเต็มศึกษา โดยงานวิจัยนี้จะดำเนินการวิจัยโดยใช้กรอบแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาที่หมายความถึง มุมมองครูเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ด้านต่างๆ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรสะเต็มศึกษา ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา การบูรณาการ ความเชื่อมโยง ความต่อเนื่องของเนื้อหาทั้งภายในสาระวิชาและระหว่างสาระวิชาที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการสอนสะเต็ม ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียน ความรู้เกี่ยวกับหลักการวิธีสอน ความรู้เกี่ยวกับสื่อ วัสดุ และแหล่งการเรียนรู้ในการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกับหลักสูตรและการเรียนรู้ของผู้เรียน ตลอดจนการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดมุ่งหมายการสอนสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดเกี่ยวกับ PCK for Science ของ Magnusson et al. (1999) มาดัดแปลงเพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ได้รับการยอมรับและมีการนำมาปรับใช้ในการศึกษาและพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครูวิทยาศาสตร์อย่างกว้างขวาง (Faikhamta et al., 2009; Hume & Berry, 2011; Srikoom, 2018) เนื่องจาก

มีองค์ประกอบที่ชัดเจนทำให้ง่ายต่อการศึกษาเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ความรู้เกี่ยวกับเป้าหมายการสอนสะเต็มศึกษา (Orientations to Teaching STEM Education) หมายถึง ความเชื่อและการรับรู้ของครูเกี่ยวกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการสอนสะเต็มศึกษาที่สอดคล้องกับการรู้สะเต็ม (STEM Literacy) และการบูรณาการความรู้ต่างๆ ในแต่ละระดับชั้น

2. ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรสะเต็มศึกษา (Knowledge about STEM Education Curricula) หมายถึง ความเชื่อและการรับรู้ของครูเกี่ยวกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของหลักสูตรสะเต็มศึกษา ที่แสดงให้เห็นถึงจุดประสงค์ในการสอนทั้งด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการ รวมถึงทักษะที่สำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (4C) และเจตคติที่สอดคล้องกับมาตรฐานหลักสูตรในแต่ละระดับชั้นของผู้เรียน และยังรวมถึงความรู้ของครูเกี่ยวกับกิจกรรม สื่อการสอน วัสดุ และแหล่งการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของหลักสูตร

3. ความรู้เกี่ยวกับความเข้าใจในผู้เรียน (Knowledge of Students' Understanding) หมายถึง ความเชื่อและการรับรู้ของครูเกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน ความรู้ที่จำเป็นในการเรียนรู้ วิธีการเรียนรู้ที่ต่างกันของผู้เรียน และเนื้อหาวิชา ทักษะกระบวนการและการบูรณาการศาสตร์ที่ยากสำหรับความเข้าใจของผู้เรียน รวมไปถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

4. ความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์การสอนสะเต็มศึกษา (Knowledge of Instructional Strategies for Teaching STEM Education) หมายถึง ความเชื่อและการรับรู้ของครูเกี่ยวกับกลวิธีสอนที่สอดคล้องกับธรรมชาติและเป้าหมายของการสอนสะเต็มศึกษา และการเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่จะสอน ลำดับของกิจกรรมการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึงสาระสำคัญ แนวความคิดหลักของกิจกรรม การบูรณาการศาสตร์ การใช้เทคโนโลยี เครื่องมือ สื่อการสอนและแหล่งข้อมูลในแต่ละช่วงของกิจกรรม

5. ความรู้เกี่ยวกับการประเมินผลการเรียนรู้ (Knowledge about Assessment) หมายถึง ความเชื่อและการรับรู้ของครูเกี่ยวกับมิติของการประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ซึ่งในมิติของการประเมินการเรียนรู้นี้จะขึ้นอยู่กับความรู้ของครูเกี่ยวกับการรู้สะเต็ม และความรู้ของครูเกี่ยวกับวิธีการประเมินการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนในมิติต่างๆ ของแนวคิดจากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ทั้งส่วนที่เป็นทักษะ แนวคิด และกระบวนการ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร จึงได้ออกแบบการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods) โดยการบูรณาการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ใช้แบบสอบถามวัดการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา และใช้รูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ใช้การวิเคราะห์และตีความจากการสัมภาษณ์กรณีศึกษาเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล จากคำถามการวิจัย ผู้วิจัยได้มีการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

คำถามการวิจัย *"ครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาเป็นอย่างไร"* เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามการรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จำนวน 4 ด้าน โดยข้อคำถามทั้ง 4 ด้านจะครอบคลุมความรู้ของครูทั้ง 5 องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา โดยแบบสอบถามนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว เป็นการสอบถามลักษณะสำรวจรายการ (Check List) เกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัวประกอบด้วย เพศ อายุ ประสบการณ์ในการทำงาน ระดับชั้นที่สอน ประวัติการอบรมสะเต็มศึกษา ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เพื่อวัดมุมมองของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จำนวน 4 ด้าน ได้แก่ 1) เป้าหมายของการสอนสะเต็มศึกษา 2) การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 3) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และ 4) บทบาทของครูและนักเรียนในกิจกรรมสะเต็มศึกษา รวมทั้งหมด 60 ข้อ ทั้งนี้ จะมีข้อความเชิงบวกจำนวน 39 ข้อ และข้อความเชิงลบ 21 ข้อ มีระดับการแบ่งคะแนนความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาทั้งเชิงบวกและเชิงลบ ดังนี้

เชิงบวก		**เชิงลบ**
มากที่สุด	ระดับความคิดเห็น 5	น้อยที่สุด
มาก	ระดับความคิดเห็น 4	น้อย
ปานกลาง	ระดับความคิดเห็น 3	ปานกลาง
น้อย	ระดับความคิดเห็น 2	มาก
น้อยที่สุด	ระดับความคิดเห็น 1	มากที่สุด

เมื่อพัฒนาเครื่องมือวิจัยแล้ว ผู้วิจัยตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่านตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำเครื่องมือไปทดลอง (Try out) ใช้กับครูวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามาแล้วที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 11 จำนวน 35 คน (ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย) เพื่อดูความสอดคล้องของแบบสอบถาม ความเหมาะสมในการนำไปใช้และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) จากโปรแกรมสำเร็จรูป ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.833 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลในเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561

วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามการรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ใช้สถิติพื้นฐานในการหาค่าความถี่และความร้อยละเป็นรายข้อ จากนั้นคัดเลือกครูวิทยาศาสตร์จากกลุ่มเป้าหมายเดิม เพื่อเป็นตัวแทนครูในการสัมภาษณ์เกี่ยวกับการรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์ในการสอนสะเต็มศึกษาเชิงลึก จำนวน 3 คน เป็นกรณีศึกษา (Case Study) โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกกรณีศึกษา คือ 1) มีประสบการณ์สอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามาแล้ว 2) มีประสบการณ์ในการทำงานที่ต่างกัน 3) มีความสมัครใจในการให้ข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ ทั้งนี้เพื่อรักษาสิทธิ์ของผู้ให้ข้อมูล ผู้วิจัยจะใช้นามสมมุติในการเรียกชื่อครูวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ครูเอ ครูบี และครูซี ซึ่งทั้ง 3 คน มีข้อมูลพื้นฐาน ดังนี้

ครูเอ เพศหญิง อายุ 52 ปี มีประสบการณ์ในการทำงาน 28 ปี จบการศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ ปัจจุบันทำการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย เคยผ่านการอบรมสะเต็มศึกษามาแล้วมากกว่า 5 ครั้ง

ครูบี เพศหญิง อายุ 31 ปี มีประสบการณ์ในการทำงาน 7 ปี จบการศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ ปัจจุบันทำการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เคยผ่านการอบรมสะเต็มศึกษาเชิงปฏิบัติการมาแล้วจำนวน 2 ครั้ง

ครูซี เพศหญิง อายุ 23 ปี มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยกว่า 1 ปี จบการศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ ปัจจุบันทำการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ได้รับความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาทั้งจากในหลักสูตรการเรียนและอบรมสะเต็มศึกษาในกิจกรรมเสริมหลักสูตรก่อนจบการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้เป็นการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง สัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์จำลองจากคลิปวีดีโอการสอนสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ท่านหนึ่งที่สอนในระดับประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง กระดาษจอมพลัง โดยผู้วิจัยจะให้ครูซึ่งเป็นกรณีศึกษาได้ดูวีดีโอการสอนสะเต็มศึกษา ตั้งแต่ขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุป จากนั้นผู้วิจัยจะร่วมพูดคุยกับครูเกี่ยวกับแนวปฏิบัติของการสอนสะเต็มศึกษาและมีการบันทึกเสียง ทั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เวลาในการสัมภาษณ์ครูประมาณคนละ 35-40 นาที ภายหลังการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) จากการศึกษากรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบของครูวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 กรณี ในแต่ละองค์ประกอบ โดยเริ่มวิเคราะห์คำตอบจากครูแต่ละคนในแต่ละองค์ประกอบ เพื่อดูภาพรวมของคำตอบอย่างละเอียด จากนั้นตีความสรุปข้อมูลออกมาเป็นแต่ละองค์ประกอบตามประเด็นที่ศึกษา และตรวจสอบความถูกต้องโดยอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาลงความเห็นต่อการวิเคราะห์คำตอบของครูวิทยาศาสตร์ว่าเห็นด้วยหรือไม่กับการตีความของผู้วิจัยและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ในภาพรวมครูมีการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาในระดับมากทุกองค์ประกอบ และเมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา พบว่าครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีการรับรู้ในองค์ประกอบด้านความเข้าใจในผู้เรียนเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 42.7) อีกทั้งการรับรู้ในด้านนี้ครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีการรับรู้อยู่ในระดับมากและมากที่สุดรวมกันถึง 107 คน

ตาราง 1 ความถี่และค่าร้อยละเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาในภาพรวม

องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา	ความถี่และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามระดับการรับรู้ (N=131 คน)				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
เป้าหมายของการสอนสะเต็มศึกษา	44 (33.6)	64 (48.9)	16 (12.2)	5 (3.8)	2 (1.5)
หลักสูตรสะเต็มศึกษา	36 (27.5)	60 (45.8	26 (19.8)	6 (4.6)	5 (3.8)
ความเข้าใจสะเต็มศึกษาของนักเรียน	56 (42.7)	51 (38.9)	16 (36.0)	5 (3.8)	3 (2.3)
กลยุทธ์การสอนสะเต็มศึกษา	36 (27.5)	57 (43.5)	22 (16.8)	9 (6.9)	7 (5.3)
การประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษา	25 (19.1)	59 (45.0)	33 (25.2)	10 (7.6)	4 (3.0)

เมื่อมีการวิเคราะห์รายละเอียดของคำตอบจากคำถามการวิจัย *“ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร”* จากแบบสอบถามวัดการรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา และการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างโดยใช้เหตุการณ์จำลองจากคลิปวีดีโอการสอนสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยเป็น 2 ประเด็นใหญ่ ดังนี้

การรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์ในการเตรียมตัวก่อนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

1. ครูมีการรับรู้ว่าครูมีการวางแผนการสอนสะเต็มศึกษาที่มีการเชื่อมโยงของเนื้อหา การบูรณาการที่เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน พบว่า การรับรู้ของครูจะอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) กิจกรรมสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการบูรณาการความรู้ระหว่างสาขาวิชามากกว่าภายในสาขาวิชา (การรับรู้ระดับมาก ร้อยละ 67.2) 2) กิจกรรมสะเต็มศึกษาไม่เน้นเนื้อหาแต่เน้นกระบวนการ (การรับรู้ระดับมาก ร้อยละ 55.7) และ 3) กิจกรรมจะเชื่อมโยงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน (การรับรู้ระดับมากที่สุด ร้อยละ 48.9) โดยผลจากแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับการสัมภาษณ์โดยครูระบุว่า *“ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา เมื่อครูเลือกกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหาแล้ว ครูก็จะมาพิจารณาว่ากิจกรรมนี้เกี่ยวข้องกับ S-T-E-M อย่างไรบ้างค่ะ”* (ครูบี) แต่อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่าครูยังมีความไม่ชัดเจนในบางประเด็น ซึ่งพิจารณาได้จากระดับการรับรู้ของครูที่มีค่าใกล้เคียงกันในทุกระดับ ตั้งแต่น้อยที่สุดถึงมากที่สุด คือ ครูมีความเข้าใจว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษาเน้นให้นักเรียนได้ผลลัพธ์เป็นชิ้นงานมากกว่ากระบวนการ และจากการสัมภาษณ์ครูให้เหตุผลในแนวทางเดียวกันว่า *“ในการสอนสะเต็มศึกษา ครูก็จะให้นักเรียนได้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยนักเรียนร่วมกันคิดออกแบบ*

แก้ปัญหาจนสุดท้ายนักเรียนจะต้องได้ชิ้นงานจากการทำกิจกรรมค่ะ”(ครูเอ) *และ “ครูจะประเมินกิจกรรมจากชิ้นงานเป็นหลักค่ะ” (ครูซี)*

2. ครูมีการรับรู้ว่าครูสามารถเลือกและจัดเรียงเนื้อหา ทักษะกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ผู้เรียนควรรู้ในระหว่างชั้นปี พบว่า การรับรู้ของครูจะอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) เนื้อหาสาระบางหัวข้อไม่สามารถจัดกิจกรรมสะเต็มได้หรือจัดได้ยาก (ร้อยละ 38.9) 2) กิจกรรมสะเต็มศึกษาเน้นสาระสำคัญของเนื้อหา (ร้อยละ45.0) จากผลการวิเคราะห์ที่มีความเข้าใจในระดับปานกลางจะพบว่า ครูยังไม่มีความชัดเจนในประเด็นดังกล่าว จากการสัมภาษณ์ครูระบุว่า *“เนื้อหาบางเรื่องไม่สามารถจัดกิจกรรมสะเต็มได้หรือจัดได้ยาก ซึ่งเนื้อหาที่เหมาะสำหรับจัดกิจกรรมสะเต็มนั้นครูคิดว่าควรจะเป็นเนื้อหาที่ไม่ยากและซับซ้อนค่ะ”* (ครูซี)

3. ครูมีการรับรู้ว่าครูสามารถออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 พบว่า การรับรู้ของครูจะอยู่ในระดับมาก ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) กิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะที่สำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (ร้อยละ 60.3) แต่เมื่อพิจารณาแล้วกลับพบว่า ผลจากแบบสอบถามไม่สอดคล้องกับการสัมภาษณ์ครู อีกทั้งครูยังไม่มีความไม่ชัดเจนในประเด็นดังกล่าวนี้ โดยครูระบุว่า *“ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา ครูสามารถสอดแทรกทักษะการเรียนรู้ที่จำเป็น หรือทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้ค่ะ โดยการให้นักเรียนได้ทำงานกลุ่ม มีทักษะการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระหว่างที่ทำกิจกรรม”* (ครูบี)

4. ครูมีการรับรู้ว่าครูสามารถเลือกใช้เทคโนโลยี สื่อ วัสดุการสอน แหล่งการเรียนรู้ที่เหมาะสมและหลากหลายสอดคล้องกับกิจกรรมสะเต็มศึกษานั้นๆ พบว่า การรับรู้ของครูจะอยู่ในระดับมาก ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) กิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนได้วางแผนในการเลือกใช้เทคโนโลยี วัสดุและแหล่งการเรียนรู้ที่เหมาะสม (ร้อยละ 59.5) 2) กิจกรรมสะเต็มศึกษาเน้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูง (ร้อยละ 42.7) 3) การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาต้องมีสื่อการสอนที่ทันสมัย (เช่น เลโก้ หุ่นยนต์) จึงจะทำให้การเรียนรู้ประสบผลสำเร็จ (ร้อยละ 53.4) โดยผลจากแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับการสัมภาษณ์ครู โดยครูระบุว่า *“เนื่องจากการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปคือการให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการสืบค้นหรือออกแบบนวัตกรรมด้วยโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมจะทำให้เห็นถึงการบูรณาการเทคโนโลยี (T) ที่ชัดเจน อีกทั้งทำให้นักเรียนได้ใช้สื่อที่ทันสมัยตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0”* อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าครูส่วนใหญ่จะมีความเข้าใจว่าหากมีการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงหรือสื่อที่ทันสมัย จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีด้วย

5. ครูมีการรับรู้ว่าครูสามารถวิเคราะห์ถึงวิธีการเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิด ทักษะกระบวนการที่ขึ้นอยู่กับพัฒนาการ ความสนใจ และระดับความสามารถของผู้เรียนในการเรียนรู้จากกิจกรรมสะเต็มศึกษา พบว่า การรับรู้ของครูจะอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา นักเรียนควรมีความต้องการในการเรียนรู้แบบชี้นำตนเอง (Self-Directed Learning) (การรับรู้ระดับมากที่สุด ร้อยละ 52.7) 2) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา นักเรียนควรร่วมมือกันทำงาน (การรับรู้ระดับมาก ร้อยละ 51.9) 3) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา นักเรียนควรมีความเชื่อมั่นในตนเอง (Self-Confidence) จึงจะสามารถเรียนรู้กิจกรรมสะเต็มศึกษาได้ดี (การรับรู้ระดับมาก ร้อยละ 44.3) โดยผลจากแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับการสัมภาษณ์ครู โดยครูระบุว่า *“กิจกรรมสะเต็มศึกษาจะเน้นให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดออกแบบแก้ปัญหาด้วยตนเอง สืบเสาะหาแนวทางจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ซึ่งนักเรียนเองก็ควรที่จะมี*

ความเชื่อมั่นในการร่วมกันตัดสินใจในแนวทางแก้ปัญหานั้น" (ครูเอ) แต่อย่างไรก็ตาม นอกจากครูจะสามารถวิเคราะห์ถึงวิธีการเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิด ทักษะกระบวนการที่ขึ้นอยู่กับพัฒนาการ ความสนใจ และระดับความสามารถของผู้เรียนในการเรียนรู้จากกิจกรรมสะเต็มศึกษาแล้ว ครูจะต้องมีการตรวจสอบความรู้พื้นฐาน แนวคิดนามธรรม แนวคิดที่คลาดเคลื่อน รวมทั้งทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนก่อนทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งจากการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์จำลองจากคลิปวีดีโอการสอนสะเต็มศึกษา โดยครูระบุว่า *"ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนก็จะเห็นว่าครูมีการทบทวนความรู้เดิมเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ความรู้ใหม่ในเรื่องสมบัติของวัสดุ ซึ่งในขณะที่สอนครูก็จะใช้สื่อของจริงมาสาธิตให้นักเรียนได้ดูไปพร้อมกันด้วย แล้วครูก็มีการใช้คำถามเป็นระยะ ลักษณะที่ครูทำเช่นนี้ก็เป็นการถามความรู้เดิมของผู้เรียนค่ะ"*

6. ครูมีการรับรู้ว่าครูมีความรู้เกี่ยวกับมิติของการประเมินและวิธีการประเมินเรียนรู้สะเต็มศึกษา พบว่า ครูมีการรับรู้ในระดับมาก ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) กิจกรรมสะเต็มศึกษาเน้นวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา (ร้อยละ 58.8) 2) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้เน้นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้มากกว่าการรับรู้ (ร้อยละ 51.9) 3) กิจกรรมสะเต็มศึกษาเน้นวัดและประเมินผลด้านการทำงานเป็นกลุ่ม (ร้อยละ 51.9) 4) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา นักเรียนควรประเมินตนเองเกี่ยวกับแนวคิด ทักษะกระบวนการและการนำไปใช้ (ร้อยละ 47.3) นอกจากนี้ครูยังมีการรับรู้เกี่ยวกับวิธีการประเมินที่เหมาะสมและหลากหลาย ประกอบด้วยประเด็น 1) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ความคิดสร้างสรรค์ควรวัดตามสภาพจริงมากกว่าการใช้แบบทดสอบ (ร้อยละ 45.0) 2) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดสามารถทำได้โดยการสังเกตการตอบคำถาม การอธิบาย และการเขียนตอบ (ร้อยละ52.7) 3) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้การแก้ปัญหาทำได้โดยการประเมินชิ้นงาน (ร้อยละ 52.7) 4) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษาควรใช้เครื่องมือที่มีความหลากหลาย (ร้อยละ 50.4)

ผลจากแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับการสัมภาษณ์ โดยครูระบุว่า *"การประเมินสะเต็มศึกษานั้นครูคิดว่าควรมีการประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและจิตพิสัย ซึ่งจะต้องประเมินความรู้ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และการประเมินทักษะกระบวนการเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยดูจากชิ้นงาน ส่วนเจตคติอาจจะวัดและประเมินได้จากการการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือคือแบบวัดของการทำงานกลุ่มก็ได้"*

การรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

1. ครูมีการรับรู้ว่านักเรียนร่วมกันลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า การรับรู้ของครูจะอยู่ในระดับมาก ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) การวางแผนสะเต็มศึกษาควรเน้นการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (ร้อยละ 52.7) 2) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา ครูควรจัดกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (ร้อยละ 50.4) 3) กิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนได้ร่วมมือกันทำงานเป็นทีม (ร้อยละ 49.6) โดยผลจากแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับการสัมภาษณ์ครู โดยครูระบุว่า *"ในกิจกรรมจะเห็นว่าครูก็ให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อออกแบบโครงสร้างกระดาษ โดยนักเรียนได้ร่วมมือกันออกแบบภาพร่าง ลงมือปฏิบัติตามรูปแบบที่ออกแบบไว้ แล้วก็ทดสอบชิ้นงานของตนเอง"* (ครูเอ)

2. ครูมีการรับรู้ว่าครูควรแสดงสาระสำคัญ แนวคิดหลักและทักษะของกิจกรรม และแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมได้อย่างครบถ้วน พบว่า ครูมีการรับรู้อยู่ในระดับมาก ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) กิจกรรมสะเต็มศึกษาเริ่มต้น

ด้วยการให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อจำกัด เงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา (ร้อยละ 59.5) 2) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษาต้องมีการวางข้อจำกัดของสถานการณ์ให้กับนักเรียน (ร้อยละ 43.5) 3) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษาต้องให้นักเรียนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนแนวคิดในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ (ร้อยละ 48.1) 4) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษาต้องให้นักเรียนได้ปรับปรุงแนวทางในการแก้ไขปัญหา (ร้อยละ 68.1) 5) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา ครูควรใช้สถานการณ์ปัญหาที่ท้าทายความรู้ความสามารถเหมาะสมกับเนื้อหาและระดับชั้นของนักเรียน (ร้อยละ 51.1) แต่ขณะเดียวกัน จากแบบสอบถามครูมีการรับรู้ว่าในกิจกรรมสะเต็มศึกษาว่า นักเรียนจะมีโอกาสแสดงแนวคิดของตนเองได้มากที่สุดในช่วงการนำเสนอผลการแก้ปัญหา (การรับรู้ระดับมาก ร้อยละ 38.2) ซึ่งไม่สอดคล้องกับการสัมภาษณ์ครู โดยครูระบุว่า *"ครูคิดว่านักเรียนได้แสดงความคิดของตนเองได้ตลอดไม่ว่าจะแสดงความคิดที่มีต่อเพื่อนด้วยกันหรือต่อครู ซึ่งนักเรียนก็สามารถแสดงความคิดเห็นของตนเองได้ทุกช่วงของกิจกรรม แต่นักเรียนอาจได้แสดงแนวคิดของตนเองในช่วงการนำเสนอผลการแก้ปัญหามากกว่าช่วงอื่นๆ"* (ครูบี)

3. ครูมีการรับรู้ว่าการสอนสะเต็มศึกษาจะทำให้นักเรียนได้รับความสนุก เกิดแรงบันดาลใจ รวมถึงมีความท้าทายในการแก้ปัญหา พบว่าการรับรู้ของครูจะอยู่ในระดับมาก ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) กิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่คงทน (ร้อยละ 56.5) 2) กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจะต้องท้าทายความสามารถของนักเรียน (ร้อยละ 55.7) 3) กิจกรรมสะเต็มศึกษาจะสร้างแรงบันดาลใจเกี่ยวกับอาชีพ (ร้อยละ 53.4) 4) กิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนได้รับความสนุกจากการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ร้อยละ 51.9) ซึ่งสอดคล้องกับกับการสัมภาษณ์ครู โดยครูระบุว่า *"ถ้าครูใช้สถานการณ์ที่เหมาะสมกับนักเรียน ให้นักเรียนได้ค้นคว้า ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา หาทางแก้ปัญหา นักเรียนก็เกิดความสนุกและท้าทายในการลุ้นว่าจะประสบผลสำเร็จตามที่คิดไว้หรือไม่"* (ครูซี) แต่อย่างไรก็ตาม ครูวิทยาศาสตร์ร้อยละ 52.7 มีการรับรู้ว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษาจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้เมื่อประสบผลสำเร็จจากการแก้ปัญหา

4. ครูมีการรับรู้ว่าครูควรออกแบบกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนถึงการเรียนรู้ด้านเนื้อหาด้านบูรณาการศาสตร์ เพื่อตรวจสอบถึงวิธีการส่งเสริมการเรียนรู้หรือสิ่งที่ยากสำหรับการทำความเข้าใจของผู้เรียน พบว่าครูมีการรับรู้อยู่ในระดับมาก-มากที่สุด ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา นักเรียนควรใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการจินตนาการสร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อออกแบบแบบจำลองความคิดในการแก้ปัญหา (การรับรู้ระดับมากที่สุด ร้อยละ 52.7) 2) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อสารเพื่อร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน (การรับรู้ระดับมาก ร้อยละ 43.5) 3) ในกิจกรรมสะเต็มศึกษาครูควรให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและการโต้แย้งความคิดเห็นของเพื่อนในชั้นเรียน (การรับรู้ระดับมาก ร้อยละ 48.1) โดยผลจากแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับการสัมภาษณ์ครู โดยครูระบุว่า *"ครูจะทราบได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจจากกิจกรรมเป็นอย่างไรนั้นครูก็สามารถที่จะดูว่าขณะทำกิจกรรมนักเรียนคิดแล้วสื่อสารออกมาอย่างไร ทำอย่างไร เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยจากสิ่งที่เพื่อนนำเสนอค่ะ"* (ครูเอ)

5. ครูมีการรับรู้ว่าครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า ครูมีการรับรู้อยู่ในระดับมาก ซึ่งประกอบด้วยประเด็น 1) กิจกรรมสะเต็มศึกษาจะใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา (ร้อยละ 52.7) 2) กิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้

ด้วยตนเอง (ร้อยละ 47.3) โดยครูส่วนใหญ่มีการรับรู้ไปในแนวทางเดียวกันว่า นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ การรับรู้ของครูจากแบบสอบถามเกี่ยวกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาเน้นแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบด้วยกระบวนคิดเชิงวิศวกรรมมากกว่ากระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (การรับรู้ระดับปานกลาง ร้อยละ 45) มีความสอดคล้องกับการสัมภาษณ์ แต่ครูยังมีความเข้าใจไม่ชัดเจนว่ากระบวนการสืบเสาะมาบูรณาการร่วมกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมได้อย่างไร โดยครูระบุว่า *"กิจกรรมสะเต็มศึกษาจะมีจุดเด่นโดยการนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหา ทั้งนี้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การตั้งสมมุติฐาน การลงความคิดเห็นของข้อมูล การทดสอบ การบันทึกผลมาใช้ในการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา"*

สรุปผลและอภิปราย

จากผลการรับรู้ของครูเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาในภาพรวม จะเห็นว่าการรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบด้านความเข้าใจสะเต็มศึกษาของผู้เรียนเป็นไปในทิศทางที่ดีกว่าองค์ประกอบอื่น โดยขอบข่ายของความรู้ในองค์ประกอบด้านนี้จะเป็นความรู้ของครูเกี่ยวกับความเข้าใจในสะเต็มศึกษาของผู้เรียน ถือว่ามีความสำคัญมากเนื่องจากครูจำเป็นต้องรู้ว่าผู้เรียนมีความรู้และทักษะที่จำเป็นต้องมีมาก่อนเรียนแล้วจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนสะเต็มศึกษาได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาเป็นความรู้ของครูที่มีการบูรณาการความรู้ด้านต่างๆ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรสะเต็มศึกษา ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา การบูรณาการความแตกต่างในการเรียนรู้ของผู้เรียน (Learning Style) สื่อ วัสดุ และแหล่งการเรียนรู้ ตลอดจนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดมุ่งหมายของการสอนสะเต็มศึกษา ซึ่งจะเห็นว่าความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษานั้นจะมีหลายองค์ประกอบย่อย และทุกองค์ประกอบก็มีความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน ฉะนั้น เมื่อครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาเป็นไปในทิศทางที่ดีไม่ว่าจะเป็นองค์ประกอบใดย่อมส่งผลต่อองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย และในทางกลับกันหากครูมีการบูรณาการความรู้ที่สูงขึ้นเพียงองค์ประกอบเดียวไม่ก็เพียงพอที่จะกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงในการปฏิบัติการสอนได้ (Marks, 1990) เพราะการสอนเพื่อความเข้าใจของผู้เรียนต้องอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีสอนว่าเนื้อหานั้นควรนำเสนออย่างไรที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน (Park & Oliver, 2008)

จากผลการรับรู้เกี่ยวกับเป้าหมายของการสอนสะเต็มศึกษาและวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นไปในทิศทางที่ดี โดยมีการรับรู้ที่เด่นชัดคือ ครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้ว่าสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการวิชา โดยมีการเชื่อมโยงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kelley and Knowles (2016) ระบุว่า สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการวิชาในบางวิชาหรือทั้ง 4 วิชาก็ได้ เพื่อนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang et al. (2011) ที่ได้ระบุว่า การบูรณาการวิชาในสะเต็มมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อกระบวนการแก้ปัญหา และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Siripattarachai (2013) ที่ได้ระบุว่านอกจากสะเต็มศึกษาจะเป็นการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 สาขาแล้ว ยังเป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context Integration) (Kijkuakul, 2015) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้นๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

ระดับความยากง่ายของเนื้อหาในกิจกรรมสะเต็มศึกษา ครูมีการรับรู้ว่าเนื้อหาสาระบางหัวข้อไม่สามารถจัดกิจกรรมสะเต็มได้หรือจัดได้ยาก แต่ขณะเดียวกันในบางประเด็นก็ยังมีครูบางกลุ่มมีการรับรู้ว่าเนื้อหาสาระที่จะนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษานั้นจะต้องเป็นเนื้อหาที่ง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งหากครูมีการรับรู้ในลักษณะดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าครูยังมีการรับรู้ที่ไม่ชัดเจนเกี่ยวกับการใช้วิธีสอนที่เอื้อต่อธรรมชาติของเนื้อหาวิชา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hart and Bennett (2013) ซึ่งระบุว่า ในการสอนสะเต็มศึกษานั้นครูจะต้องมีความรู้ในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสะเต็ม เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการ 4 ศาสตร์เข้าด้วยกัน นอกจากครูจะเข้าใจในเนื้อหาเชิงลึกแล้ว ครูจะต้องเข้าใจธรรมชาติของเนื้อหาวิชาแต่ละสาขาวิชาด้วย

กิจกรรมสะเต็มศึกษาเน้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูง รวมถึงการใช้สื่อการสอนที่ทันสมัย (เช่น เลโก้ หุ่นยนต์) จึงจะทำให้การเรียนรู้ประสบผลสำเร็จ ซึ่งครูมีการรับรู้ที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Karahan et al. (2015) ได้ให้นักเรียนได้ออกแบบสื่อมัลติมีเดีย โดยการถ่ายวีดีโอและนำเสนอผลผลิตภัณฑ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี รวมทั้งนักเรียนสามารถแก้ไขความเข้าใจผิดของตนเองด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ในการที่ครูจะวิเคราะห์เพื่อเลือกสื่อ วัสดุการสอน แหล่งการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้นั้น ครูควรจะต้องคำนึงถึงบริบทของผู้เรียนรวมถึงสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ortiz et al. (2015) ที่ได้นำหุ่นยนต์มาเป็นสื่อสำหรับการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของโปรแกรมการเตรียมครู โดยได้ระบุว่ารูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากความแตกต่างในระดับประสบการณ์ของนักเรียน

เน้นกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม เป็นจุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการวิจัย ก็พบว่า ครูยังมีการรับรู้ที่ยังไม่ชัดเจนและคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการออกแบบทางวิศวกรรมและกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากครูบางกลุ่มมีความเชื่อว่าเมื่อนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่นำเอากระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาแล้ว ไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ก็ได้ ขณะที่ครูบางกลุ่มเชื่อว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษาเน้นแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบด้วยกระบวนคิดเชิงวิศวกรรมมากกว่ากระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ แต่ในความเป็นจริงกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกผสานอยู่ในแนวปฏิบัติของการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Practices) ซึ่งเป็นแนวปฏิบัติสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ถูกผลักดันให้เกิดขึ้นอย่างจริงจังในชั้นเรียนตามมาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลาง แต่ขณะเดียวกันตัวชี้วัดไม่ได้ส่งเสริมให้ครูได้ใช้แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน ทั้งนี้ เมื่อครูมีการรับรู้ที่ไม่ชัดเจนจึงเกิดความคลุมเครือในการทำความเข้าใจและการนำไปปฏิบัติในชั้นเรียน (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Lertdechapat and Faikhamta (2018) ที่กล่าวว่า เมื่อตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางไม่ได้ระบุเกี่ยวกับแนวปฏิบัติของวิทยาศาสตร์ และแนวปฏิบัติการออกแบบทางวิศวกรรมที่ชัดเจนย่อมส่งผลต่อการนำไปเป็นแนวทางปฏิบัติการออกแบบกิจกรรม

การเรียนรู้ของครูเช่นกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Siripattarachai (2013) ซึ่งระบุว่า หลักสูตร มาตรฐาน และตัวชี้วัดของทั้ง 4 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จะเป็นกุญแจสำคัญที่จะทำให้การจัดการศึกษาด้วยสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานประสบความสำเร็จ ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาได้

เน้นผลลัพธ์ของการเรียนรู้เป็นชิ้นงานมากกว่ากระบวนการ ทั้งนี้ ในการประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษานั้นอาจจะอยู่ในรูปของชิ้นงานหรือกระบวนการในการแก้ปัญหาก็ได้ แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการวิจัยครูวิทยาศาสตร์บางส่วนมีการรับรู้ที่คลาดเคลื่อนว่าผลลัพธ์ที่นักเรียนได้จากการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเน้นผลลัพธ์เป็นชิ้นงานมากกว่ากระบวนการ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นเน้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ที่สามารถสะท้อนความสามารถของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน (Chunlen, 2014) อีกทั้งครูส่วนใหญ่มีครูมุมมองเกี่ยวกับวิธีการนำเสนอในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vichaidit and Faichamta (2017) ระบุว่า นิสิตครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีมุมมองในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้รูปแบบการสอนโครงงานเป็นฐาน โดยผลการเรียนรู้จะอยู่ในรูปของชิ้นงานหรือนวัตกรรมซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงออกมาจากความรู้ที่ถูกสร้างขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยและการอภิปรายถึงการรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา สะท้อนให้เห็นว่า ครูวิทยาศาสตร์ยังมีความเข้าใจที่ไม่ชัดเจนและคลาดเคลื่อนในบางประเด็นเกี่ยวกับการสอนสะเต็มศึกษา ได้แก่ ธรรมชาติของเนื้อหาวิชาในสะเต็มศึกษา การเลือกใช้เทคโนโลยี สื่อ วัสดุการสอน แหล่งการเรียนรู้ และรวมถึงการวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ดังนั้น จึงขอเสนอแนะว่าควรมีการทบทวนและจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมความเข้าใจในธรรมชาติของแต่ละศาสตร์ การเลือกใช้สื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหา ผู้เรียนและบริบทแวดล้อม รวมถึงการวัดและประเมินผลที่เน้นให้นักเรียนได้ผลลัพธ์ทั้งส่วนที่เป็นชิ้นงานและกระบวนการ เพราะความเข้าใจเหล่านี้จะนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ถูกต้องพร้อมกับวิธีสอนที่สอดคล้องกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชา อีกทั้งเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และจากการวิจัยยังพบว่าครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้ในองค์ประกอบด้านความเข้าใจในสะเต็มศึกษาของผู้เรียนเป็นไปในทิศทางที่ดีกว่าองค์ประกอบอื่น ซึ่งถือเป็นนิมิตหมายอันดีเพราะการพัฒนาในองค์ประกอบหนึ่งๆ ของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนนั้น อาจจะส่งเสริมและพัฒนาสิ่งอื่นไปพร้อมๆ กัน และท้ายที่สุดก็จะเป็นการส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน ขณะเดียวกันสำหรับการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีการบูรณาการทุกด้านเกี่ยวกับความรู้ของครูในรูปแบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้น หากขาดการบูรณาการระหว่างองค์ประกอบก็จะมีปัญหาภายในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของแต่ละบุคคล อีกทั้งความรู้ของครูสูงขึ้นแค่เพียงองค์ประกอบเดียวก็อาจไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงในการปฏิบัติได้ เพราะการสอนเพื่อความเข้าใจของผู้เรียนต้องอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีสอนว่าเนื้อหานั้นควรนำเสนออย่างไรเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน

ดังนั้น งานวิจัยที่คิดว่ายังจำเป็นและยังไม่ได้รับคำตอบจากวิจัยในประเทศ คือ ความเข้าใจและการปฏิบัติของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา เนื่องจากที่ผ่านมาครูได้รับการสนับสนุนให้ได้รับความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาในหลากหลายช่องทางและจากหลายหน่วยงาน ทั้งจากฟังบรรยายจากนักวิชาการ อบรมเชิงปฏิบัติการ การสัมมนาทางวิชาการอย่างมากมายจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังเช่น Wilson (2011) ได้ศึกษาผลการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มศึกษาในสหรัฐอเมริกา พบว่า รัฐบาลให้การสนับสนุนในการปฏิรูประบบการศึกษา และการเตรียมความพร้อมของครูสะเต็มศึกษาที่หลากหลาย แต่ขณะเดียวกันกลับพบว่า โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูไม่มีการตรวจสอบความรู้เดิมของครูก่อนเข้าร่วม ขาดการวินิจฉัยเกี่ยวกับสิ่งที่ครูต้องการเรียนรู้ ขาดเงินทุนจากส่วนกลางหรือวางแผนที่จะใช้เงินทุนอย่างสอดคล้องกัน รวมถึงนโยบายที่เกี่ยวข้องกับแนวปฏิบัติและทรัพยากรที่สนับสนุนในระยะยาว แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับประเทศไทยนั้น ยังไม่มีคำตอบว่าหลังจากที่ดำเนินการพัฒนาวิชาชีพครูเกี่ยวกับสะเต็มศึกษามาระยะหนึ่งแล้ว ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษาเป็นอย่างไร โดยงานวิจัยในลักษณะนี้จะทำให้เกิดองค์ความรู้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิชาชีพครูที่จะนำผลการวิจัยไปต่อยอดเพื่อออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ครูมีความรู้ความสามารถในการสอนสะเต็มศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ และที่สำคัญเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของสอนสะเต็มศึกษา นั่นคือ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ตลอดจนเห็นความสำคัญและเกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณครูวิทยาศาสตร์ผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยและขอขอบคุณสมาชิกในกลุ่ม SIG STEM KEE+ ที่ให้ข้อเสนอแนะ แรงบันดาลใจ และกำลังใจ อันมีค่ายิ่งนี้แก่ผู้วิจัย

References

Baxter, J. A., & Lederman, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome and N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge*. (pp. 147-161). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic.

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.

Brown, R., Brown, J., Reardon, K., & Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5-9.

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30.

Chamrat, S. (2016). STEM education on the road of socially-engaged scholarship: Game changer for future learning. *Kaseatsart Educational Review*, 31(3), 34-47. [in Thai]

Chunlen, N. (2014). Inquiry is messing. *IPST Magazine*, 42(186), 6-9. [in Thai]

EL-Deghaidy, H., Mansour, N., Alzaghibi, M., & Alhammad, K. (2017). Context of STEM integration in schools: Views from in-service science teachers. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13(6), 2459-2484.

Faikhamta, C., Coll, R. K., & Roadrangka, V. (2009). The development of Thai pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge: From a methods course to field experience. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 32(1), 18-35.

Feldman, A. (2000). Decision making in the practical domain: a model of practical conceptual change. *Science Education*, 84(5), 606–623.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.

Hart, S. M., & Bennett, S. M. (2013). Disciplinary literacy pedagogy development of STEM preservice teachers. *Teacher Education and Practice*, 26(2), 221-242.

Hume, A., & Berry, A. (2011). Constructing CoRes: A strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41(3), 341-355.

Karahan, E., Canbazoglu Bilici, S., & Unal, A. (2015). Integration of media design processes in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 60, 221-240. Doi: 10.14689/ejer.2015.60.15

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, 11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Kijkuakul, S. (2015). STEM education. *Journal of Educational Naresuan University*, 17(2), 201-207. [in Thai]

Lertdechapat, K., & Faikhamta, C. (2018). Science and engineering practices in a revised Thai science curriculum. *Proceedings of the 6th International Conference for Science Educators and Teachers.* Bangkok, Thailand.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implica-tions for science education* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.

Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of teacher education*, 41(3), 3-11.

National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concept, and core ideas.* Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.

Ortiz, A. M., Bos, B., & Smith, S. (2015). The power of educational robotics as an integrated STEM learning experience in teacher preparation programs. *Journal of College Science Teaching*, 44(5), 42-47.

Park, S., & Oliver, J. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38, 261-284. 10.1007/s11165-007-9049-6.

Saxton, E., Burns, R., Holveck, S., Kelley, S., Prince, D., Rigelman, N., & Skinner, E. A. (2014). A common measurement system for K-12 STEM education: Adopting an educational evaluation methodology that elevates theoretical foundations and systems thinking. *Studies in Educational Evaluation*, 40, 18-35.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1-23.

Siripattarachai, P. (2013). STEM education and 21st century skills development. *Executive Journal*, 33(2), 49-56. [in Thai]

Srikoom, W., Hanuscin, D. L., & Faikhamta, C. (2017). Perceptions of in-service teachers toward teaching STEM in Thailand. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 18(2), 1-23. Retrieved from https://www.eduhk.hk/apfslt/v18_issue2/srikoom/index.htm

Srikoom, V. (2018). *Enhancing secondary science teachers' pedagogical content knowledge for teaching stem through practice and research-base professional development program* (Doctoral dissertation). Bangkok: Kasetsart University.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2014). *STEM education strategy.* Retrieved from http://www.stemedthailand.org/ [in Thai]

Vichaidit, C., & Faichamta, C. (2017). Exploring orientations toward STEM education of pre-service science teachers. *Rajabhat Maha Sarakham University Journal*, 11(3), 165-174. [in Thai]

Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), Article 2. https://doi.org/10.5703/1288284314636

Wilson, S. M. (2011). *Effective STEM teacher preparation, induction, and professional development.* Retrieved from https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_072640.pdf