

การส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนระดับประถมศึกษาผ่านพันธมิตรสะเต็ม: กรณีศึกษาโรงเรียนสาธิต แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร

Enhancing primary students' competencies through STEM partnership: a case study of a laboratory school in Bangkok

กฤษดา สงวนสิน¹ คมกริช แม่นยำ^{1*} และ ปัทมาภรณ์ พิมพ์ทอง²
Kritsada Sanguansin¹ Komgrit Manyam^{1*} Pattamaporn Pimthong²

¹โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²Kasetsart University Laboratory School Center for Education Research and Development

²Science Education Division, Faculty of Education, Kasetsart University

*Corresponding author, E-mail: fedukgm@gmail.com

วันที่ส่งบทความ 19 มกราคม 2568 วันที่แก้ไขครั้งสุดท้าย 17 กรกฎาคม 2568

วันที่ตอบรับบทความ 22 กรกฎาคม 2568 วันที่เผยแพร่ออนไลน์ 1 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการและแนวการปฏิบัติในการส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนระดับประถมศึกษาผ่านพันธมิตรสะเต็ม การวิจัยใช้รูปแบบกรณีศึกษาเดียวในโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครที่มีการจัดการเรียนรู้สะเต็ม หน่วยการเรียนรู้สะเต็ม เรื่อง ยานพาหนะ สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ภาคต้น ปีการศึกษา 2565 ผู้เข้าร่วมวิจัยประกอบด้วยครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จำนวน 8 คน นักวิชาการด้านสะเต็มศึกษาจากมหาวิทยาลัย 1 คน และวิศวกรอาสา 7 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ บันทึกการประชุมเพื่อวางแผนการสอน บันทึกหลังสอน แบบสัมภาษณ์พันธมิตรสะเต็ม และแบบประเมินชิ้นงานของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ประเด็นหลัก ผลการวิจัยพบว่า การวางแผนการทำงานร่วมกันระหว่างสมาชิกในพันธมิตรสะเต็มมีความสำคัญ โดยความเป็นกัลยาณมิตรและการสะท้อนคิดร่วมกันของพันธมิตรสะเต็มทำให้งานประสบความสำเร็จ ซึ่งการเรียนรู้สะเต็มด้วยการออกแบบส่งเสริมสมรรถนะสำคัญตลอดจนเจตคติที่ดีต่อสะเต็มและอาชีพสะเต็มของนักเรียน และจะประสบความสำเร็จอย่างมากหากผู้สอนเป็นครูประจำชั้นเพราะทำให้การเรียนรู้สะเต็มเกิดได้ตลอดเวลาและ (สนับสนุนจากโรงเรียนและผู้บริหารรวมถึงผู้ปกครองและชุมชน นอกจากนั้นการทำงานร่วมกันของพันธมิตรสะเต็มยังเป็นกระบวนการพัฒนาวิชาชีพ

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา; พันธมิตรสะเต็ม; การเรียนรู้สะเต็มด้วยการออกแบบ; สะเต็มศึกษาระดับประถมศึกษา; สมรรถนะ

Abstract

This research aimed to study the process and practices of promoting primary school students' competence through a STEM partnership. The investigation utilized a single case study design at A laboratory school in Bangkok that organized STEM activities. The STEM learning unit, titled *Vehicles*, was conducted with Grade 4 students during the first semester of the 2022 academic year. The participants included eight teachers from the science, mathematics, and technology subjects, a STEM educator from the university, and seven volunteer engineers. The data collection methods encompassed meeting minutes for lesson planning, teacher logs, STEM partner interview forms, and student project evaluation forms. The data were analyzed using thematic analysis. Findings revealed that collaborative planning among STEM partners was crucial for success. Mutual respect and shared reflective practices among the partners contributed significantly to the effectiveness of the collaboration. The STEM design-based learning promoted key student competencies and fostered positive attitudes toward STEM and STEM careers. The success of the implementation was further enhanced when classroom teachers led the instruction, enabling continuous integration of STEM learning, supported by the school administration, parents, and the broader community. Furthermore, the collaborative engagement within the STEM partnership also served as a process of professional development for all partners involved.

Keywords: *STEM education; STEM partnership; design-based learning; primary STEM education; competency*

บทนำ

สะเต็มศึกษา(STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการที่ซับซ้อนในปัจจุบัน เพื่อที่จะดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในสังคมโลกได้ (ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2566) เนื่องจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้ทุกประเทศทั่วโลกต้องปรับการศึกษาและเร่งพัฒนาพลเมืองให้มีคุณภาพสูงขึ้น และสามารถแข่งขันกับประเทศต่าง ๆ ได้ เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน (United Nations, 2015) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นที่ยอมรับในประเทศไทยมายาวนานกว่า 20 ปี ดังจะเห็นได้จากการให้ความสำคัญของหลายหน่วยงาน เช่น การดำเนินการของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติโดยกระทรวงศึกษาธิการ และ สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) นอกจากนั้นจากการสืบค้นงานวิจัยเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาในปี พ.ศ. 2567 จากฐานข้อมูลศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) พบว่ามีงานวิจัยในประเทศไทยจำนวนมากที่แสดงให้เห็นประเด็นและแนวโน้มการวิจัยเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาของประเทศไทยที่มีมาอย่างต่อเนื่องสอดคล้องกับนานาประเทศโดยพบว่า งานวิจัยเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาในประเทศไทยมีการศึกษาผู้เรียนในหลายระดับแต่เน้นที่ระดับมัธยมศึกษา เช่น พุริตา ภูจอมนิลม และคณะ (2566) พัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยประยุกต์สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

โดยงานวิจัยส่วนใหญ่เน้นกิจกรรมในห้องเรียนและใช้บริบทชีวิตจริง เช่น สถาพร เรืองรุ่ง (2566) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในห้องเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และยังมีการพัฒนาสื่อและเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น ธวัชรัตน์ กระตี่แดง และคณะ (2568) ออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะด้านโค้ดดิ้ง นอกจากนี้ยังมีหลักฐานการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมสมรรถนะสำคัญสำหรับนักเรียนได้เป็นอย่างดี (English, 2017) เช่น พัทธพร บุญกิตติ และคณะ (2564) ที่ได้ศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเนื้อหาเรื่อง กรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาโดยการจัดการเรียนรู้แบบสอดแทรกผนวกกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานภายใต้กรอบแนวคิดสะเต็ม English (2015) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับประถมศึกษาโดยการจัดการเรียนรู้สะเต็มที่เน้นการออกแบบทางวิศวกรรมในหัวข้อ แผ่นดินไหว อย่างไรก็ตามเนื่องจากสะเต็มเป็นศาสตร์บูรณาการ การทำงานร่วมกันระหว่างบุคคลในแต่ละศาสตร์หรือจากครูแต่ละวิชานับเป็นปัจจัยสำคัญในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Bybee, 2013; So et al., 2021) แต่ยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่ระบุถึงแนวทางที่เหมาะสมในการทำงานร่วมกันระหว่างบุคคลในแต่ละศาสตร์หรือจากครูแต่ละวิชา

ครูผู้สอนสะเต็มอาจเป็นครูในวิชาใดวิชาหนึ่งหรือหลายวิชา เช่น ครูวิทยาศาสตร์ ครูคณิตศาสตร์ ครูคอมพิวเตอร์ ครูประถมศึกษา ที่จำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มซึ่งมีขอบเขตอยู่นอกเหนือจากศาสตร์หรือวิชาเดิมของตน จึงพบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่แสดงถึงความยากลำบากของครูผู้รับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้สะเต็มโดยเฉพาะครูในระดับประถมศึกษา เช่น ครูไม่ได้มีวุฒิการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หรือ เทคโนโลยี หรือ คณิตศาสตร์ (Isabelle, 2017; Kocabas et al., 2019) ครูขาดความเข้าใจอย่างเพียงพอเกี่ยวกับสะเต็มและความรู้สะเต็ม (Bell et al., 2018; Cotabish et al., 2013; Mesutoglu & Baran, 2020; Nadelson et al., 2013) ครูมีความคลุมเครือเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็มและสะเต็มศึกษา (Shernoff et al., 2017) ครูขาดความมั่นใจในการสอนสะเต็ม (Murphy & Mancini-Samuelson, 2012; Nadelson et al., 2013; Tao, 2019) ดังนั้น ครูจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมความเชื่อในความสามารถของตนเองในประเด็นต่าง ๆ เช่น การสอนสะเต็ม เนื้อหาสาระสะเต็ม และกระบวนการออกแบบ (Kelley et al., 2020; Nadelson et al., 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าด้วยเหตุที่สะเต็มเป็นศาสตร์บูรณาการ การทำงานร่วมกันในการจัดการเรียนรู้สะเต็มจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ครูเรียนรู้ร่วมกัน แบ่งปันจุดแข็งซึ่งกันและกันเพื่อให้จัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่พบว่าครูมักประสบปัญหาในการที่จะทำงานร่วมกัน (Donna, 2012; Galosy & Gillespie, 2013) งานวิจัยจำนวนหนึ่งจึงได้นำเสนอแนวทางในการส่งเสริมการร่วมมือกันเรียนรู้ของครู เช่น การสร้าง web-based support และแหล่งเรียนรู้สำหรับครู (Cotabish et al., 2013) การสร้างความร่วมมือกับบุคคล หน่วยงานภายนอก หรือ พันธมิตรสะเต็ม (STEM partnership) หรือ ชุมชนในการจัดการเรียนรู้สะเต็ม (Hamilton et al., 2021; Lópezleiva et al., 2016; Morrison et al., 2016; Pimthong et al., 2021; So et al., 2020) ซึ่งเมื่อพิจารณาการจัดการเรียนรู้สะเต็มในระดับประถมศึกษาที่ถือว่าเป็นรากฐานสำคัญของการจัดการศึกษา แต่วิชาที่เป็นหลักในระดับประถมศึกษา คือ การอ่านและคณิตศาสตร์ และครูในระดับประถมศึกษาบางส่วนไม่มีคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หรือ คณิตศาสตร์หรือเทคโนโลยี (Isabelle, 2017; Rinke et al., 2016) จึงนับว่าความยากลำบากในด้านของเนื้อหาวิชาและความพร้อมของครูเป็นช่องว่างการวิจัยที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้สะเต็มในระดับประถมศึกษา

งานวิจัยจำนวนหนึ่งได้แสดงผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มผ่านกระบวนการออกแบบที่แสดงว่าช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับประถมศึกษาได้เป็นอย่างดี เช่น English and King (2015) จัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในประเด็นหลักเรื่องเครื่องบิน พบว่าผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้สะเต็มใน

กระบวนการออกแบบเครื่องปั้นกระดาซได้เป็นอย่างดี และมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับ King and English (2016) ที่ศึกษาความสามารถของนักเรียนชั้นประถมศึกษาในการออกแบบกล่องโดยใช้แนวคิดสะเต็มผ่านกระบวนการออกแบบ ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนรู้สะเต็มส่งเสริมความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นของนักเรียน และเจตคติต่อสะเต็มเป็นอย่างดี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการและแนวการปฏิบัติในการส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนระดับประถมศึกษาผ่านพันธมิตรสะเต็ม

คำถามการวิจัย

การส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนระดับประถมศึกษาผ่านพันธมิตรสะเต็มทำได้อย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษากระบวนการและแนวการปฏิบัติในการส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนระดับประถมศึกษาผ่านพันธมิตรสะเต็ม

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **สะเต็มศึกษา** หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้จากศาสตร์สี่ศาสตร์หลัก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้แก้ปัญหาหรือตอบสนองต่อความต้องการในชีวิตจริง และสังคมปัจจุบันที่มีความซับซ้อนเกินกว่าศาสตร์เดียวจะแก้ปัญหาได้
2. **พันธมิตรสะเต็ม** หมายถึง ความร่วมมือระหว่างบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้สะเต็ม เช่น ครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ วิศวกร ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา ผู้ปกครอง และชุมชน โดยมีเป้าหมายเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ที่มีคุณภาพสำหรับผู้เรียน ผ่านการออกแบบกิจกรรม การวางแผนร่วมกัน และการสะท้อนคิดอย่างเป็นระบบ
3. **สมรรถนะ** หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการใช้ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะส่วนบุคคลในการปฏิบัติงานหรือแก้ปัญหาในบริบทที่หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพผ่านการเรียนรู้สะเต็มด้วยการออกแบบ ตัวอย่างสมรรถนะสำคัญ ได้แก่ การคิดขั้นสูง การทำงานแบบร่วมมือ การจัดการตนเอง การใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบประเมินชิ้นงานของนักเรียน การส่งเสริมสมรรถนะทำได้โดยการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติงานหรือแก้ปัญหาในบริบทที่หลากหลาย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่พันธมิตรสะเต็มประกอบด้วย ผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยีและวิชาคณิตศาสตร์ รวม 8 คน ซึ่งเป็นครูที่ได้รับมอบหมายให้สอนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 นักวิชาการด้านสะเต็มศึกษาจากมหาวิทยาลัย 1 คน และ วิศวกร 7 คน ซึ่งเป็นศิษย์เก่าหรือผู้ปกครองนักเรียนที่ยินดีเข้าร่วม โดยพันธมิตรสะเต็มจัดการเรียนรู้สะเต็มในชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (นักเรียนห้องละ 40 คน) จำนวน 7 ห้อง แต่ละห้องประกอบด้วยครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยีและวิชาคณิตศาสตร์อย่างน้อยวิชาละ 1 คน และวิศวกร 1 คน

2. การวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาเดียว (single case study) ของการจัดการเรียนรู้สะเต็มในโรงเรียนแห่งหนึ่งซึ่งเป็นการศึกษาเชิงลึกเพื่อแสดงรายละเอียดของกระบวนการออกแบบรายวิชาสะเต็มโดยพันธมิตรสะเต็มในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 7 ห้อง ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Creswell, 2013)

3. หน่วยการเรียนรู้สะเต็ม เรื่อง ยานพาหนะ ในรายวิชาสะเต็ม ทำการสอน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 16 สัปดาห์ สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ภาคต้น ปีการศึกษา 2565 โดยมีประเด็นหลัก (Theme) คือ พลังงานหมุนเวียนสำหรับยานพาหนะ ในประเด็น (Issue) รถพลังงานลมและเครื่องบินกระดาษ ลำดับกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้สะเต็มด้วยการออกแบบ ได้รับจากปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2566) ได้แก่ 1) ระบุปัญหาและความต้องการ กำหนดความต้องการในการออกแบบและเงื่อนไขความต้องการ 2) ระบุข้อกำหนดเฉพาะในการออกแบบ 3) วางแผนสืบค้นข้อมูล 4) ออกแบบร่าง 5) สร้างตัวต้นแบบ 6) ปรับปรุงแบบต้นแบบ 7) การทดสอบโดยทำการแข่งขัน 8) จัดแสดงผลงาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล และ การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือต่างๆ ได้แก่ ใบกิจกรรมของนักเรียน แบบประเมินชิ้นงาน บันทึกการประชุมเพื่อวางแผนการสอนของพันธมิตรสะเต็ม บันทึกหลังสอนของพันธมิตรสะเต็ม บันทึกการประชุมสะท้อนคิดหลังการสอน และ แบบสัมภาษณ์พันธมิตรสะเต็ม โดยเครื่องมือทุกชิ้นผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษาจำนวน 3 ท่าน โดยได้รับคำแนะนำให้ปรับปรุงภาษาในใบกิจกรรมของนักเรียนให้กระชับและใช้ภาษาที่ง่าย ส่วนแบบสัมภาษณ์พันธมิตรสะเต็ม ผู้เชี่ยวชาญเสนอว่าควรสัมภาษณ์โดยประเด็นตามกิจกรรมในกระบวนการออกแบบ

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลสมรรถนะของนักเรียนระดับประถมศึกษาโดยการจัดกลุ่มคำตอบ (Categorization) และเทียบกับเกณฑ์ประเมินที่ปรับจาก สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2564) และ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2564) โดยการวิเคราะห์ประเด็นหลัก (Thematic analysis) โดยการถอดความข้อมูลจากเครื่องมือการวิจัยทุกชิ้นแล้วอ่านอย่างละเอียดและกำหนดประเด็นหลักเกี่ยวกับแนวปฏิบัติในการส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนระดับประถมศึกษาผ่านพันธมิตรสะเต็ม (Nowell et al., 2017)

ผลการศึกษา

พันธมิตรสะเต็มได้ร่วมกันออกแบบกิจกรรมและดำเนินการจัดการเรียนรู้ร่วมกันโดยครูวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ วิศวกร และนักวิชาการด้านสะเต็มศึกษาจากมหาวิทยาลัยผู้มีความเชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา ซึ่งประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี ทำให้ได้กระบวนการและแนวการปฏิบัติในการส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนระดับประถมศึกษาผ่านพันธมิตรสะเต็ม ดังต่อไปนี้

1. การวางแผนการทำงานร่วมกันระหว่างสมาชิกในพันธมิตรสะเต็มมีความสำคัญ

สมาชิกในพันธมิตรสะเต็มในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วยครูวิทยาศาสตร์ ครูเทคโนโลยี ครูคณิตศาสตร์ วิศวกร และนักวิชาการด้านสะเต็มศึกษา การก่อตั้งพันธมิตรสะเต็มในงานวิจัยนี้เริ่มมาจากความสัมพันธ์ระหว่างทีมสมาชิกเนื่องจากได้รับความร่วมมืออย่างดีจากสมาคมศิษย์เก่า และสมาคมผู้ปกครองของทางโรงเรียนที่มีสมาชิกที่ประกอบอาชีพวิศวกรอาสาสมัครมาร่วมในพันธมิตรสะเต็ม นอกจากนั้นเนื่องจากโรงเรียนสาธิตนี้เป็นหน่วยงานหนึ่งของมหาวิทยาลัย จึงได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากนักวิชาการด้านสะเต็มศึกษาที่เป็นอาจารย์ในสังกัดมหาวิทยาลัยเดียวกันเป็นอย่างดี

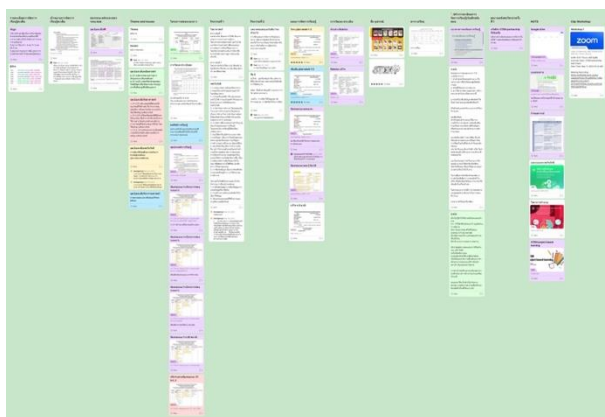
ผู้ร่วมวิจัยได้ระบุถึงปัจจัยแห่งความสำเร็จที่ทำให้กระบวนการทำงานร่วมกันระหว่างสมาชิกในพันธมิตรสะเต็มประสบความสำเร็จ นั่นคือ

1.1 สมาชิกในพันธมิตรสะเต็มมีการประชุมวางแผนร่วมกันเพื่อออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ รวมถึงวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (ภาพที่ 1) ซึ่งจะพบว่าในระยะแรกต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างครู วิศวกร และนักวิชาการเป็นอย่างมาก ตัวอย่างผลการสะท้อนคิดของครูเทคโนโลยี (T01) เกี่ยวกับผลการประชุมวางแผนการทำงาน ได้แก่ “วิศวกรแนะนำในเรื่องการเปิดความคิดของนักเรียนอย่างไว้ชีวิตจำกัด เช่น ไม่ควรจำกัดเรื่องของปริมาณ ควรเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงาน เป็นต้น ซึ่งคณะผู้สอนจะมาประชุมร่วมกันอีกครั้งเพื่อพิจารณาข้อเสนอแนะของวิศวกร – T01: บันทึกหลังสอน”

จากการพูดคุยเพิ่มเติมทำให้ทราบความเห็นของ T01 ที่ระบุว่าข้อเสนอแนะบางอย่างของวิศวกรเป็นสิ่งที่ทางคณะครูไม่เห็นด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมาประชุมพิจารณาร่วมกันอีกครั้ง โดยในที่สุดก็ร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปร่วมกันด้วยดี

เช่นเดียวกับผลการสะท้อนคิดของวิศวกร (E01) ที่ระบุในบันทึกการประชุมสะท้อนคิดหลังสอนว่า “....นักเรียนต้องมีความรู้เรื่องแรงที่กระทำต่อเครื่องบินมากกว่านี้ อยากให้สอนก่อนค่อยให้ทำ [เครื่องบิน] – E01: สะท้อนคิดหลังสอน” ซึ่งแนวคิดนี้ของวิศวกรไม่สอดคล้องกับคณะครู จึงได้มีการประชุมเพื่อสร้างความเข้าใจร่วมกัน และพูดคุยถึงขอบเขตเนื้อหาของเรื่องแรงที่กระทำต่อเครื่องบินสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และเรียนรู้ความรู้เกี่ยวกับแรงผ่านกิจกรรมการออกแบบเครื่องบิน ซึ่งการประชุม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันทำให้ได้ข้อสรุปและแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกัน

นอกจากนั้นพันธมิตรสะเต็มทุกคนยังได้เก็บรวบรวมเอกสารจากการออกแบบการจัดการเรียนรู้ รวบรวมชิ้นงานนักเรียน บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ รวมถึงข้อคิดเห็นต่าง ๆ ไว้ในที่เดียวกัน (www.padlet.com) ซึ่งเป็นแหล่งแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และใช้ในการสะท้อนคิดเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ที่ดี ดังตัวอย่างภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แหล่งรวมเอกสารของพันธมิตรสะเต็ม (www.padlet.com)

1.2 การกำหนดบทบาทและแบ่งหน้าที่ของผู้สอนแต่ละคน ทำให้การสอนร่วมกันเป็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในช่วงแรกที่พันธมิตรสะเต็มที่เป็นนักวิชาการด้านสะเต็มศึกษาจากมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญสะเต็ม (P01) ได้เริ่มพูดคุยและวางแผนร่วมกับครูจากสามกลุ่มสาระการเรียนรู้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นักวิชาการด้านสะเต็มศึกษาจากมหาวิทยาลัยพบว่าครูแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้มีความแตกต่างกันในหลายด้าน ดังที่ได้สะท้อนไว้ในบันทึกการประชุมดังนี้

“.... ครูแต่ละวิชามีความแตกต่างกันพอสมควร บางคนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและการบูรณาการมาก่อน แต่บางคนไม่มีความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเลย รวมถึงพบว่าครูแต่ละคนมีประสบการณ์สอนที่แตกต่างกันมาก บางคนเป็นครูนานถึง 20 ปี แต่บางคนเป็นครูแค่ 4 - 5 ปี แต่อย่างไรก็ตามพบว่าครูทุกคนมีความตั้งใจดี ทุกคนดูกระตือรือร้น พร้อมพัฒนา รวมถึงสามารถทำงานร่วมกันได้..... – P01: บันทึกการประชุมเตรียมการสอนครั้งที่ 1”

เมื่อพบว่าครูแต่ละคนมีความแตกต่างกันในเรื่องของสาระวิชา ความรู้พื้นฐานด้านสะเต็มศึกษาและการบูรณาการ และประสบการณ์สอน แต่มีข้อดีคือครูทุกคนมีความตั้งใจและทำงานร่วมกันได้ดี นักวิชาการด้านสะเต็มศึกษาจากมหาวิทยาลัยจึงได้ชักชวนให้สมาชิกของพันธมิตรสะเต็มทุกคนเรียนรู้ร่วมกันเกี่ยวกับสะเต็มศึกษารวมถึงร่วมกันกำหนดบทบาทและแบ่งหน้าที่ของครูแต่ละคน ซึ่งพบข้อจำกัด คือ ไม่สามารถแบ่งให้ครู วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีประจำในทุกห้องเรียนได้ เพราะจำนวนครูไม่เพียงพอ พันมิตรสะเต็มจึงได้ตกลงที่จะแบ่งครูต่างวิชาประจำแต่ละห้อง ส่วนวิศวกรในพันธมิตรสะเต็มเป็นจิตอาสาที่มาจากสมาคมศิษย์เก่าจึงสามารถมีวิศวกรประจำแต่ละห้องเรียนได้ในการทำงานร่วมกันนั้น ทุกห้องเรียน ได้วางแผนการสอนร่วมกันและสะท้อนคิดหลังการสอนร่วมกันในฐานะพันธมิตรสะเต็ม จึงทำให้ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาแต่ละศาสตร์จะไม่ครบถ้วนหรือมีความคลาดเคลื่อน โดยหากกิจกรรมใดที่ต้องการคำอธิบายหรือประสบการณ์เฉพาะศาสตร์ในเชิงลึก แต่ละห้องเรียนสามารถขอความช่วยเหลือจากสมาชิกวิชาอื่นได้ เช่น ห้องเรียนที่ 2 ไม่มีครูวิทยาศาสตร์ เมื่อพบว่าวิศวกรอธิบายเกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อเครื่องบินในแนวคิดที่ยากเกินกว่าที่นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จะเข้าใจได้ ครูประจำห้องเรียนที่ 2 จึงได้ขอความช่วยเหลือจากครูวิทยาศาสตร์ห้องเรียนที่ 5 ไปช่วยอธิบาย จากการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาพบว่า ครูและวิศวกรในแต่ละห้อง มีการทบทวนแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน และแบ่งงานกันทำได้อย่างไรดี ดังเช่น M01 ซึ่งเป็นครูคณิตศาสตร์ห้องเรียนที่ 4 ที่ทำงานร่วมกับครูเทคโนโลยี ที่ได้สะท้อนสิ่งที่ได้ทำ ดังนี้

“...มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงาน นอกจากจะร่วมมือการทำงานแล้ว ยังแบ่งหน้าที่ในการทำงาน เช่น การทำใบงานสืบค้นข้อมูล ใบงาน Design Sketch, Redesign Sketch, ใบงานสะท้อนคิด การทำสื่อการสอน การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรม-M01: บันทึกหลังสอน”

สำหรับวิศวกรซึ่งไม่ใช่ครูประจำการนั้นไม่สามารถมาพบนักเรียนในทุกๆ วันได้ จะให้การดูแลนักเรียนเป็นระยะ โดยประสานงานกับครูประจำห้องเรียน ตัวอย่างการทำงานร่วมกันระหว่างครูประจำห้องเรียน และ วิศวกร เช่น T01 ซึ่งเป็นครูเทคโนโลยีห้องเรียนที่ 2 ที่ทำงานร่วมกับครูคณิตศาสตร์

“...คณะผู้สอนจะประชุมร่วมกับคณะวิศวกรอีกครั้งเพื่อเชิญคณะวิศวกรมาให้คำแนะนำนักเรียน โดยแจ้งว่านักเรียนได้ทำอะไรไปบ้าง นักเรียนมีปัญหาอะไรบ้าง ซึ่งนักเรียนได้เขียนปัญหาที่พบในการทำงานในใบงาน คณะผู้สอนจะถ่ายภาพและส่งให้วิศวกรดูก่อนมาพบกับนักเรียนที่โรงเรียน วิศวกรจะได้ทราบว่านักเรียนมีปัญหาอะไรจะได้เตรียมคำตอบหรือให้คำแนะนำแก่นักเรียน หรือรับทราบขอบเขตหรือบทบาทของวิศวกร...- T01: บันทึกการประชุมสะท้อนคิดหลังสอน”

2. ความเป็นกัลยาณมิตรและการสะท้อนคิดร่วมกันของพันธมิตรสะเต็มทำให้งานประสบความสำเร็จ

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในงานวิจัยนี้ต้องมีกระบวนการทำงานแบบร่วมมือกันระหว่างสมาชิกในพันธมิตรสะเต็มจำนวนมาก และมาจากต่างศาสตร์และต่างสายอาชีพ รวมถึงผู้ปกครอง การสร้างความสัมพันธ์ที่ดีจึงเป็น

สิ่งสำคัญ ซึ่งพบว่าสมาชิกทุกคนทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดีมีการพบปะ พูดคุย สะท้อนผลการเรียนรู้กันอยู่ตลอดเวลา สอดคล้องกับความคิดเห็น ของ T01 ที่อธิบายถึงบรรยากาศในการทำงานร่วมกันของพันธมิตรสะเต็มไว้ดังนี้

“...การทำงานของคณะผู้สอนทำงานเป็นทีม ทำงานแบบกัลยาณมิตร ใครทำอะไรได้ ใครช่วยอะไรได้ ช่วยกันได้หมด ไม่มีเกี่ยงว่าใช้งานของตนเองหรือไม่ใช้งานของตนเอง...-T01: บันทึกหลังสอน”

นอกจากนั้นการทำงานร่วมกันยังช่วยส่งเสริมความเข้าใจและความมั่นใจให้ผู้สอนที่ยังไม่มั่นใจในการสอนสะเต็มได้เป็นอย่างดี ดังความคิดเห็น ของ T01

“...เนื่องด้วยอาจารย์ผู้สอนวิชาสะเต็มหลายท่าน ไม่มีความรู้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม จึงรู้สึกวิตกกังวลเมื่อได้รับมอบหมายให้สอนวิชานี้ จึงต้องขวนขวายหาความรู้เพิ่มเติม ซึ่งก็ได้รับความกรุณาจากคณะที่ปรึกษาที่มาให้ความกระจ่างในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลรายวิชา การช่วยพิจารณากิจกรรมว่ากิจกรรมนี้ “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” สะเต็ม จนทำให้อาจารย์ผู้สอนคลายความวิตกกังวล และมีความมั่นใจที่จะสอนรายวิชานี้ ... - T01: บันทึกหลังสอน”

นอกจากนั้นในทุกขั้นตอนการทำงาน ได้มีการประชุมร่วมกันในทุกสัปดาห์ เพื่อเตรียมการสอนร่วมกันและหลังจากการสอนก็มีการประชุมสะท้อนคิดหลังสอนทุกครั้ง ทำให้ทราบปัญหา อุปสรรค และความยากลำบากของผู้สอนแต่ละคน รวมทั้งช่วยกันหาทางแก้ไขไปในแนวทางเดียวกัน เช่น S02 สะท้อนว่า

“กระบวนการบางอย่างผู้สอนไม่ถนัด เช่น เป็นครูวิทยาศาสตร์จะไม่ถนัดกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถสอบถามหรือขอคำแนะนำจากผู้สอนคณิตศาสตร์ได้... กิจกรรมสะเต็มไม่ใช่วิทยาศาสตร์นำ แต่อาจเป็นวิชาอื่นนำก็ได้ เช่น เทคโนโลยี หรือ คณิตศาสตร์ - S02: บันทึกการประชุมสะท้อนคิดหลังสอน”

ซึ่งสอดคล้องกับ M01 ที่ระบุว่าการทำงานร่วมกันกำหนดเวลาประชุมวางแผนและสะท้อนคิดทำให้การวางแผนและสะท้อนคิดร่วมกันเกิดความชัดเจน

“ในแต่ละสัปดาห์จะมีสื่อการประชุมของครูผู้สอน ทุกวันอังคารคาบ 5 เพื่อประชุมปรึกษาหารือ พูดคุย วางแผนการดำเนินงานในแต่ละกิจกรรม การวัดและประเมินผลกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละกิจกรรมเพื่อให้เกิดความชัดเจนในการประเมินของนักเรียน-M01: บันทึกหลังสอน”

3. การทำงานร่วมกันของพันธมิตรสะเต็มเป็นกระบวนการพัฒนายาชีพ

การทำงานด้วยกันของพันธมิตรสะเต็มส่งผลต่อการพัฒนาของสมาชิกในพันธมิตรสะเต็มทุกคน ในหลากหลายแนวทาง เห็นได้จากหลักฐาน เช่น M01 ระบุว่าการทำงานร่วมกับวิศวกร ทำให้ตนเองในฐานะครูได้พัฒนาตนเอง โดยอธิบายว่า

“คณะวิศวกรให้คำแนะนำแก่ครูผู้สอนผู้สอน เช่น แนะนำให้ทำใบงานชื่อ เรียนรู้จากปัญหา เพื่อให้ให้นักเรียนได้หาทางแก้ปัญหาที่พบและพยายามปรับปรุงแก้ไขผลงานให้ดีขึ้นในแต่ละครั้ง...มุมมองของวิศวกรที่บางครั้งอาจเห็นต่างจากคณะครูผู้สอน ไม่ควรจำกัดงบประมาณและวัสดุอุปกรณ์ในการพัฒนาผลงาน การเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ในผลงาน การต่อยอดผลงาน หรือพัฒนาให้เป็น STEAM มากกว่า STEM - M01: บันทึกหลังสอน”

ส่วน S02 เสนอผลดีที่นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูได้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้และนักเรียน ดังนี้

“...ในห้องเรียนจะมีนิสิตฝึกสอนอยู่ด้วย ทำให้นิสิตได้มีโอกาสดูแล ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ และนักเรียนก็ได้สร้างผลงานตามคำแนะนำของนิสิตฝึกสอน และผลงานก็ดีขึ้น.... - S02: สัมภาษณ์”

ไม่เพียงเฉพาะครูประจำการเท่านั้นที่ได้มีการพัฒนาวิชาชีพ แม้แต่วิศวกรก็มีการพัฒนาตนเองเพื่อให้เป็นพันธมิตรสะเต็มที่ดีด้วย เช่น E02 แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงตนเองว่า

“...การพูดกับน้อง ๆ [นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4] ต้องไม่พูดอะไรที่ยากๆ และต้องพูดหลายครั้ง (หัวเราะ) แล้วก็ชอบที่มีประชุมกันบ่อยๆ ครับเพราะทำให้รู้ว่าต้องปรับอะไรบ้าง ปีต่อไปอยากให้มันมาวางแผนก่อนล่วงหน้า นาน ๆ จะได้รู้ว่าต้องทำอะไร...- E02: การประชุมสะท้อนคิดหลังสอน”

4. ผู้สอนที่เป็นครูประจำชั้น ทำให้การเรียนรู้สะเต็มเกิดได้ตลอดเวลา

การทำงานของพันธมิตรสะเต็มครั้งนี้ ทำให้พบข้อดีของบทบาทของผู้สอนที่เป็นครูประจำชั้น เพราะจะทราบตารางเรียน เวลาว่าง และดูแลเรื่องการบริหารจัดการเวลาให้นักเรียน จึงสามารถอำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำนักเรียนตลอดเวลา กระตุ้นและให้กำลังใจนักเรียนในการทำงาน เช่น S02 ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการทำงานเป็นครูประจำชั้นที่สอนสะเต็มว่า

“...เนื่องจาก [S02] เป็นอาจารย์ประจำชั้นด้วยและสอนวิชาสะเต็มด้วย ดังนั้น อาจารย์จึงสามารถสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนได้ตลอดเวลาเนื่องจากเรียนตามปกติ เช่น มีเวลาว่างช่วงเช้า กิจกรรมสันทนาการเช้า หลังรับประทานอาหารกลางวัน กิจกรรมพัฒนาตนหรือเลิกรเรียน อาจารย์สามารถ support นักเรียนได้ มีเวลาให้และช่วยจัดหาอุปกรณ์ในการเรียนที่นักเรียนต้องนอกเวลาเรียนปกติ ทำให้ชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์...- S02: สัมภาษณ์”

ในด้าน M01 ซึ่งเป็นผู้สอนที่เป็นครูประจำชั้นเช่นกัน ได้กล่าวถึงข้อดีของการมีทั้งสองบทบาท คือผู้สอนและครูประจำชั้นว่า

“บางสัปดาห์อาจจะเจอวันหยุดเรียน อาจารย์ผู้สอนซึ่งอีกบทบาทหนึ่งเป็นครูประจำชั้น สามารถใช้เวลาในห้องเรียน เช่น สันทนาการเช้า(โฮมรูม) ช่วงเวลาหลังรับประทานอาหารกลางวัน หรือหลังเลิกเรียน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม เพื่อชดเชยวันหยุด - M01: บันทึกหลังสอน”

5. การเรียนรู้สะเต็มด้วยการออกแบบส่งเสริมสมรรถนะสำคัญตลอดจนเจตคติที่ดีต่อสะเต็มและอาชีพ สะเต็มของนักเรียน

นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้สะเต็มด้วยการออกแบบมีสมรรถนะสำคัญตามที่คาดหวัง นั่นคือ การคิดขั้นสูง การทำงานแบบร่วมมือและสมรรถนะอื่น ๆ รวมถึงการมีเจตคติที่ดีต่อสะเต็มและอาชีพสะเต็ม

5.1 การคิดขั้นสูง

นักเรียนแสดงการพัฒนาสมรรถนะด้านการคิดขั้นสูงในระดับสูงอย่างชัดเจน เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงระบบ การคิดวิจารณ์ญาณ และการคิดแก้ปัญหา เช่น T01 สะท้อนผลการประเมินการคิดขั้นสูงของนักเรียนผ่านการประเมินชิ้นงานและใบกิจกรรมว่า

“...เมื่อได้เข้ากระบวนการกลุ่มคัดเลือกต้นแบบที่จะเป็นผลงานของกลุ่ม นักเรียนจะมีการโต้แย้งให้เหตุผล ร่วมกันคิดว่าต้นแบบแบบใดที่จะดีที่สุด...ซึ่งถึงข้อดีข้อเสียของผลงานที่ตนเองได้ทดลองทำมา และต้องเอามาอภิปรายซึ่งแน่นอนว่านักเรียนในกลุ่มจะต้องมีเห็นด้วยและเห็นต่าง สุดท้ายก็ต้องเลือกต้นแบบที่ดีที่สุดเพื่อเขียนลงในใบงาน Design Sketch...มีการฝึกการให้เหตุผลว่าทำไมเราต้องมี 4 ล้อ 3 ล้อ ได้ไหม 6 ล้อได้ไหม ทำไมเลือกลูกโป่งที่มีทรงกลมทำไมไม่เลือกลูกโป่งที่มีลักษณะยาว ทำไมตัวรถที่เป็นฟิวเจอร์บอร์ดเป็นทรงสี่เหลี่ยม เป็นทรง กลมได้ไหม เป็นสามเหลี่ยมได้ไหม นักเรียนต้องอธิบายเหตุผลได้ - T01: ประชุมสะท้อนคิดหลังสอน”

สอดคล้องกับ S02 ที่ระบุถึงความสามารถในการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนที่ปรากฏระหว่างการทำงานผ่านกระบวนการออกแบบ

“นักเรียนออกแบบ design sketch รูปภาพ/ชิ้นงานมากขึ้น เช่น แรกเริ่มนักเรียนจะวาดรูปรถเฉย ๆ แต่หลังๆ จะลงรายละเอียดมากขึ้น มีการวัดขนาดว่า จะติดล้อตรงไหน ถัดเข้ามาจากหน้ารถกี่เซนติเมตร ระยะห่างในการติดล้อ เป็นต้น มีความละเอียดชัดเจนมากยิ่งขึ้นในการทำ design sketch S02: ประชุมสะท้อนคิดหลังสอน – S02: บันทึกหลังสอน”

ภาพที่ 3 เป็นตัวอย่างชิ้นงานนักเรียนที่แสดงให้เห็นความสามารถในการออกแบบ แบบร่าง (Design sketch) ของเครื่องบินกระดาษซึ่งนักเรียนจะต้องออกแบบภายใต้ข้อสรุปความต้องการในการออกแบบ (Design brief) (ภาพที่ 2) โดยนักเรียนจะต้องคิดอย่างเป็นระบบเพื่อให้ทำงานออกมาตามความต้องการของโจทย์ ซึ่งจะต้องออกแบบอย่างสร้างสรรค์โดยอ้างอิงความรู้เกี่ยวกับการบินของเครื่องบิน รวมทั้งข้อกำหนดต่างๆ ในการออกแบบเครื่องบิน นอกจากนี้นักเรียนยังแสดงให้เห็นความสามารถในการแก้ปัญหาโดย การปรับปรุงแบบร่างหลายครั้งเพื่อให้ได้ตัวต้นแบบเครื่องบินที่เป็นไปตามข้อสรุปความต้องการในการออกแบบที่กำหนด



ภาพที่ 2 ข้อสรุปความต้องการในการออกแบบกิจกรรม
เครื่องบินกระดาษ

5.2 การทำงานแบบร่วมมือ

การทำงานแบบร่วมมือระหว่างกระบวนการออกแบบ นักเรียนจำเป็นต้องทำงานร่วมกับเพื่อนกลุ่มละ 5 - 6 คน แบบคณะเทศและคณะความสามารถ นักเรียนต้องทำงานแบบมุ่งความสำเร็จ มีเป้าหมายเดียวกันอย่างชัดเจน ร่วมมือกันทำงาน ตัดสินใจร่วมกันอย่างมีเหตุผล มีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน ประคับประคองและจัดการความขัดแย้งร่วมกัน ซึ่งพบว่าสมาชิกพันธมิตรสะเต็มทุกคน ต่างระบุว่านักเรียนมีความสามารถในการทำงานแบบร่วมมืออย่างชัดเจน เช่น M01 ระบุว่า

“นักเรียนได้เรียนรู้การทำงานเป็นทีม กิจกรรมแรกนักเรียนเลือกกลุ่มด้วยตัวของนักเรียนเองมีเงื่อนไขอย่างเดียวคือคณะเทศ เมื่อนักเรียนได้ทำงานกลุ่มกับเพื่อนที่สนิททำให้การทำงานราบรื่น ความขัดแย้งในกลุ่มมีน้อย การทำงานค่อนข้างประสบความสำเร็จเป็นส่วนใหญ่ ได้เรียนรู้ในการแก้ปัญหาร่วมกัน ได้พูดคุย แบ่งหน้าที่ในการทำงาน แก้ปัญหาที่พบร่วมกัน...นักเรียนบางคนมีภาวะผู้นำ สามารถบริหารเพื่อนในกลุ่มได้ มอบหมายงานในกลุ่ม ประสานความร่วมมือในกลุ่มได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลงานประสบความสำเร็จ – M01: ประชุมสะท้อนคิดหลังสอน”



ภาพที่ 3 ตัวอย่างชิ้นงานนักเรียน

5.3 การจัดการตนเอง ความมุ่งมั่นในการทำงาน ไม่กลัวความล้มเหลว และเชื่อมั่นในความสามารถตนเอง

นักเรียนส่วนใหญ่มีความมุ่งมั่นในการทำงาน มีความสามารถในการจัดการตนเอง วางแผนการทำงานได้ด้วยตนเอง ไม่กลัวความล้มเหลว ผิดพลาด (Resilience) ซึ่งเนื่องมาจากลักษณะการทำงานผ่านกระบวนการออกแบบที่นักเรียนได้เรียนรู้ว่าเป็นการพัฒนาปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้นได้ตลอด นักเรียนทุกกลุ่มไม่ย่อท้อที่จะผิดพลาดซ้ำ ๆ ต้องปรับปรุงแบบร่าง และ ตัวต้นแบบบ่อยๆ เพื่อให้ผลงานประสบความสำเร็จ เช่น นักเรียน ST01 คือหนึ่งในนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ภูมิใจนำเสนอตัวต้นแบบเครื่องบินกระดาษที่ไม่สำเร็จหรือยังไม่เป็นที่พอใจที่นักเรียนได้เก็บสะสมไว้ พร้อมเล่าอย่างภาคภูมิใจว่าตัวเขามีวิธีปรับปรุงให้เครื่องบินกระดาษของเขาดีขึ้นได้อย่างไรซึ่งการที่นักเรียนแสดงออกเช่นนี้ เป็นผลมาจากการปฏิบัติของครูด้วยเช่นกัน เช่น S02 แสดงให้เห็นถึงวิธีการที่ท้าทายใจนักเรียนในการทำงานว่า

“...การทำงานทุกอย่าง คือ การเรียนรู้ เราต้องพัฒนาผลงานของเราให้ดีที่สุด หรือไม่แข่งกับใคร เราแข่งกับตัวเอง และทำผลงานให้ดีที่สุด ผลออกมาจะเป็นอย่างไรก็ช่างมัน – S02: สัมภาษณ์”

นอกจากนั้นโอกาสในการนำเสนอผลงานให้แก่บุคคลโดยทั่วไป เช่น ผู้บริหารโรงเรียน ครู ผู้ปกครอง และชุมชน รวมถึงการนำเสนอและให้ความรู้แก่รุ่นน้อง ช่วยส่งเสริมความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง (Self efficacy) เช่น กิจกรรมการนำเสนอผลงาน ที่ซึ่งนักเรียนได้มีโอกาสนำเสนอผลงานต่อผู้บริหาร ตัวแทนวิศวกร และนำเสนอต่อน้อง ๆ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งนักเรียนต้องซ้อมการนำเสนอ ใส่ความคิดสร้างสรรค์ลงไปใน การนำเสนอ เช่น บางกลุ่มเตรียมชุดมาเปลี่ยนให้เหมือนกันเพื่อดึงดูดความสนใจ บางกลุ่มมีเกม มีการร้องเพลง หรือนำเสนอด้วยบอร์ดนิทรรศการผสมผสานกับเทคโนโลยีที่ผ่านจอหน้าห้อง รวมทั้งมีการให้ผู้เข้าชมวิจารณ์ว่ากลุ่มใดนำเสนอได้น่าสนใจที่สุด

ภาพที่ 4 เป็นภาพจากกิจกรรมการนำเสนอผลงาน ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนและผู้บริหารที่ให้ความสนใจในการร่วมงานและให้ข้อเสนอแนะแก่นักเรียนเป็นอย่างดี ส่งผลให้นักเรียนยืนยันในความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองได้



ภาพที่ 4 บรรยากาศกิจกรรม STEM showcase

5.4 การใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้

นักเรียนทุกคนมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ในระดับดีอยู่แล้ว ไม่ว่าจะเป็นการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล หรือการสร้างและเผยแพร่ชิ้นงาน ซึ่งพบว่าเมื่อได้เรียนรู้กิจกรรมสะเต็ม นักเรียนมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้อย่างมีความหมายมากขึ้น ดังตัวอย่างความคิดเห็นของครูต่อไปนี้

M01 ได้ระบุถึงความสามารถของการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีของนักเรียนในการเรียนรู้สะเต็ม ดังนี้ “นักเรียนใช้ Microsoft Teams ในการนัดหมาย ประชุม ชื่อนำเสนอ นอกเวลาเรียน...การใช้ Canva ในการเตรียม นวัตกรรมนำเสนอ STEM Showcase ซึ่งสามารถทำงานร่วมกันได้ผ่านระบบระบบคอมพิวเตอร์ โดยมีครูเป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ ก่อนนำเสนอจริง...การใช้ Line ในการปรึกษาการทำงานของสมาชิกในกลุ่ม -M01: บันทึกหลังสอน”

สอดคล้องกับ S01 ที่ระบุถึงความภูมิใจในตัวนักเรียนที่สามารถให้คำแนะนำแก่ครู ในการใช้เทคโนโลยี ดังนี้

“ไม่น่าเชื่อว่านักเรียนบางคนที่ไม่เอาอะไรเลย เรียนไม่เก่ง แต่เขาอาสาทำ present (นำเสนอ) แล้วยังมาสอน เรา [S01] อีกนะให้ใช้ Canva เขาก็ภูมิใจในตัวเอง เพื่อนก็ยอมรับเขา-สัมภาษณ์ - S01: สะท้อนคิดหลังสอน”

5.5 เจตคติที่ดีต่อสะเต็มและอาชีพสะเต็ม

เจตคติที่ดีต่อสะเต็มและอาชีพสะเต็มของนักเรียนปรากฏอย่างชัดเจนจากการเรียนรู้สะเต็มผ่านการออกแบบ ในครั้งนี้ โดยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่แสดงความสนุกสนานในการเรียน มีการวางแผนการทำงานและติดตามการทำงาน ด้วยตนเอง พันมิตรสะเต็มทุกคนระบุว่านักเรียนทุกห้องเรียนต่างเฝ้ารอที่จะเรียนวิชาสะเต็ม กระตือรือร้นที่จะใช้เวลา พักหรือนอกเวลาเรียนในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย ทำให้รายวิชาสะเต็มนี้ไม่มีปัญหาการที่นักเรียนขาดส่งงานหรือไม่ ทำอยากเรียน ดังเช่นคำบอกเล่าของ S03 ที่เล่าถึงนักเรียนที่ได้สอนว่า

“นักเรียนอยากให้เวลามากกว่านี้ อยากเรียนสะเต็มทุกวัน ตอนพักกลางวันหรือว่าง ๆ ก็มาขอทำงาน มาให้ comment งานให้ ปรึกษาตลอด -S03: สัมภาษณ์”

จากคำบอกเล่าของ S03 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อสะเต็มจนสามารถกำกับตนเองให้วางแผนการ เรียนและทำงานที่ได้รับมอบหมายของตนเองได้โดยไม่ต้องเตือน นอกจากนั้นแล้วพบว่าการศึกษาที่มีวิศวกรมาเป็นผู้สอน ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่กระตือรือร้นและภูมิใจที่ได้ทำงานร่วมกันวิศวกรตัวจริง เช่นเมื่อสอบถามวิศวกร E03 ถึงความ ประทับใจในการสอน E03 ก็ได้เล่าถึงความตั้งใจในการทำงานของนักเรียน

“ได้เจอนักเรียนที่โรงอาหาร เขามาถามว่าขอเวลาหน่อยได้ไหม อยากจะปรึกษาเรื่องเครื่องปั้น (ชิ้นงาน) -E03: สัมภาษณ์”

6. การสนับสนุนจากโรงเรียนและผู้บริหารรวมถึงผู้ปกครองและชุมชนมีความจำเป็นในการพัฒนาพันธมิตร สะเต็ม

จากงานวิจัยนี้ทำให้พบว่า การที่ได้รับการสนับสนุนจากทางโรงเรียนในการเปิดรายวิชาสะเต็มให้เป็นสาระ การเรียนรู้เพิ่มเติมในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยกำหนดให้มีผู้สอนซึ่งเป็นครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี สอนห้องเรียนละ 2 คนเป็นหลักในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียน โดยทางโรงเรียนยังจัดตารางเรียนเพื่อให้ มีคาบเรียนสำหรับครูและพันธมิตรภายนอกโรงเรียน ได้แก่ นักวิชาการจากมหาวิทยาลัย และวิศวกร เพื่อประชุมรายวิชา เตรียมการสอน สะท้อนคิดและอื่น ๆ ทำให้สะดวกต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นอกจากนั้นการที่โรงเรียนสนับสนุน งบประมาณในการจัดหาวัสดุ อุปกรณ์ และจัดกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งความเข้าใจและการสนับสนุนจากผู้บริหารและโรงเรียน เช่นนี้ช่วยให้การพัฒนาและขับเคลื่อนพันธมิตรสะเต็มดำเนินไปได้เป็นอย่างดี

การที่ผู้บริหารและโรงเรียนให้ความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มและการแสดงผลงานของนักเรียนนี้ ยังส่งผลให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจและเกิดกำลังใจอีกด้วย ดังเช่น T02 ที่ระบุว่า “...คณะผู้บริหารมาร่วมพิธีเปิด กิจกรรมการนำเสนอผลงานนักเรียนและเข้าชมการนำเสนอผลงานของนักเรียนทุกห้อง รวมทั้งการเป็นผู้ประเมิน การนำเสนอผลงานของนักเรียน ทำให้นักเรียนรู้สึกมีกำลังใจที่คณะผู้บริหารให้ความสนใจและมาชื่นชมผลงาน - T02: สัมภาษณ์”

นอกจากนั้นแล้ว การสร้างความเข้าใจต่อครูและบุคลากรอื่น ๆ นอกเหนือจากพันธมิตรสะเต็มยังช่วยในการดำเนินการจัดการเรียนรู้สะเต็มเป็นไปได้อย่างราบรื่น การได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือจากครูประจำชั้น และครูผู้สอนในวิชาอื่นๆ ดังเช่น M01 ระบุว่า “...ได้รับความร่วมมือจากอาจารย์ประจำชั้น อาจารย์ในระดับชั้น เช่น การอนุเคราะห์แลกคาบในวันที่ต้องพบกับวิศวกร ซึ่งต้องใช้เวลาคาบโฮมรูมและคาบเรียนที่ 1 อาจารย์ผู้สอนคาบเรียนที่ 1 ก็ได้ให้ความกรุณาในการแลกคาบและไปสอนในคาบเรียนอื่นแทน...อาจารย์ประจำชั้นหรืออาจารย์ในระดับชั้นก็ให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมหรือช่วยดูแลนักเรียน และอาจจัดกิจกรรมพิเศษ เช่น ช่วยจัดกองเชียร์ เชียร์ลีดเดอร์ การเตรียมอุปกรณ์ สถานที่ ให้เหมาะสมและให้การดำเนินกิจกรรมผ่านไปด้วยดี...ได้รับความร่วมมือจากอาจารย์ระดับชั้น ป.3 ในการจัดนักเรียนเข้ามาชมนิทรรศการ STEM Showcase (กิจกรรมแสดงผลงานของนักเรียนในรายวิชาสะเต็ม) และช่วยดูแลความเรียบร้อย – M01- บันทึกหลังสอน”

การทำงานร่วมกันของพันธมิตรสะเต็มมีความต่อเนื่องตลอดการจัดการเรียนรู้ ข้อเสนอแนะของวิศวกร ครู หรือนักวิชาการด้านสะเต็มศึกษาจากมหาวิทยาลัยใด ๆ จะไม่ใช่การบังคับให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงงาน แต่นักเรียนจะต้องเป็นผู้ตัดสินใจเองอย่างมีเหตุผลในการปรับปรุงชิ้นงานของตนเอง ผู้ที่มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ไม่ได้มีเพียงสมาชิกของพันธมิตรสะเต็มเท่านั้น แต่รวมไปถึงการให้ความร่วมมือของทางโรงเรียน สมาคมศิษย์เก่า ผู้ปกครอง ครูประจำชั้น และครูผู้สอนท่านอื่น ๆ ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เช่น การจัดหาวิศวกรหรือผู้เชี่ยวชาญ การจัดเตรียมด้านอาคารสถานที่ การดูแลนักเรียน ค่าใช้จ่าย แหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น

“...ผู้ปกครองที่เป็นวิศวกร เป็นนักบิน จะให้แนวคิดเกี่ยวกับการบินของเครื่องบินกระดาษ ผู้ปกครองช่วยซื้ออุปกรณ์ที่ต้องใช้เพื่อให้ลูกได้ทดลองสร้างชิ้นงานที่บ้านก่อนเรียนจริง เมื่อนักเรียนมาเข้ากลุ่มนักเรียนจะนำชิ้นงานที่ได้ทดลองทำเองที่บ้านมาอวดเพื่อน ๆ และสามารถบอกเพื่อนในกลุ่มได้ว่าทำแล้วประสบความสำเร็จหรือไม่อย่างไร บางคนสร้างชิ้นงานแล้วถ่ายภาพลงในใบงานสืบค้นข้อมูล นักเรียนบางคนขออนุญาตโทรศัพท์ถามผู้ปกครองเมื่อพบปัญหาในการทำงาน เช่น ได้ทำตามคำแนะนำของผู้ปกครองที่บอกมาจากที่บ้านแล้วนำมาปรับปรุงงานจริงแต่ก็ยังไม่ประสบความสำเร็จ นักเรียนจึงโทร.กลับไปถามว่าจะต้องทำอะไรต่อไปเพื่อให้ชิ้นงานประสบความสำเร็จ...- T01: บันทึกการประชุมสะท้อนคิดหลังสอน”

สอดคล้องกับ M01 ที่ระบุถึงข้อดีของการได้รับความร่วมมือจากพันธมิตรสะเต็มในการให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาให้แก่นักเรียน ดังนี้

“ได้รับความร่วมมือจากสมาคมนักเรียนเก่าฯ ในการส่งวิศวกรหรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาปนิกออกแบบ มาช่วยเป็นวิทยากร ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนกิจกรรมละ 1 ครั้ง โดยจะให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาตอบคำถามจากใบงานถาม-ตอบของนักเรียน เพื่อนำมาพัฒนาผลงานของนักเรียนให้ดีขึ้น - M01: บันทึกหลังสอน”

อภิปรายผลการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ระบุว่าการเรียนรู้สะเต็มด้วยการออกแบบ ส่งเสริมสมรรถนะสำคัญตลอดจนเจตคติที่ดีต่อสะเต็มและอาชีพสะเต็มของนักเรียนพบว่าช่วยพัฒนาสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ซึ่งแสดงให้เห็นประสิทธิภาพของการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะดังกล่าว สอดคล้องกับแนวคิดของ English and King (2015) และ Kin and English (2016) ที่ระบุว่าการเรียนรู้สะเต็มช่วยส่งเสริมสมรรถนะสำคัญต่าง ๆ นอกจากนั้นเจตคติที่ดีต่อสะเต็มและอาชีพสะเต็มซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่โดดเด่นซึ่งมาจากการมีวิศวกรและผู้เชี่ยวชาญมาเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของพันธมิตรสะเต็มในการสร้างแรงบันดาลใจและความสนใจของผู้เรียนในด้าน

อาชีพสะเต็ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chapman et al. (2019) ที่พบว่านักเรียนระดับประถมศึกษาได้เรียนรู้จากวิศวกร ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อสะเต็มและอาชีพสะเต็มได้ดี

การสร้างพันธมิตรสะเต็มที่มีครูจากหลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ ร่วมมือกับวิศวกรและนักวิชาการด้านสะเต็มศึกษาจากมหาวิทยาลัย ส่งผลให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการหลายศาสตร์เข้าด้วยกัน ซึ่งช่วยส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสำเร็จนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการบูรณาการข้ามศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้สะเต็ม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Bybee (2013) ที่ระบุว่านักเรียนรู้สะเต็มที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยการเชื่อมโยงความรู้จากหลายศาสตร์ ซึ่งการวางแผนการทำงานร่วมกันระหว่างสมาชิกที่มาจากหลายศาสตร์ในพันธมิตรสะเต็มมีความสำคัญ โดยความเป็นกัลยาณมิตรและการสะท้อนคิดร่วมกันของสมาชิก ตลอดจนการสนับสนุนจากโรงเรียนและผู้บริหารรวมถึงผู้ปกครองและชุมชนจะช่วยขับเคลื่อนการทำงานของพันธมิตรสะเต็ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pimthong (2021) ที่ระบุว่าสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสมาชิกเป็นปัจจัยสำคัญในความสำเร็จของพันธมิตรสะเต็ม

นอกจากนี้การทำงานร่วมกันของพันธมิตรสะเต็มยังเป็นกระบวนการพัฒนาวิชาชีพสอดคล้องกับงานวิจัยของ So et al. (2021) ที่พบว่าพันธมิตรสะเต็มสามารถเตรียมความพร้อมของครู โดยเฉพาะครูระดับประถมศึกษาในการส่งเสริมแนวคิดและความเข้าใจในสะเต็มของครู โดยการประชุมร่วมกันระหว่างพันธมิตรสะเต็ม เพื่อวางแผนการสอน ออกแบบกิจกรรม และสะท้อนคิดหลังการสอน ส่งผลให้เกิดการปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ที่ตอบโจทย์ผู้เรียนมากขึ้นซึ่งการสะท้อนคิดถือเป็นกระบวนการที่สำคัญในการพัฒนาวิชาชีพครูและการเรียนรู้สะเต็ม โดยเฉพาะการทำให้ครูและพันธมิตรเข้าใจบทบาทของตนเองและผู้อื่นในทีม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Schön (1983) ที่ชี้ให้เห็นว่าการสะท้อนคิดช่วยสร้างการเรียนรู้จากประสบการณ์โดยการสะท้อนคิดยังช่วยลดความขัดแย้งในทีม เช่น กรณีที่ครูและวิศวกรมีความคิดเห็นที่ไม่สอดคล้องกันเกี่ยวกับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การพูดคุยและประนีประนอมช่วยให้ได้ข้อสรุปที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรสร้างแนวปฏิบัติที่ชัดเจนในการดำเนินงานพันธมิตรสะเต็ม เช่น กำหนดปฏิทินการประชุมวางแผนการกำหนดบทบาทของสมาชิก
2. ควรหาแนวทางการสร้างร่วมมือระหว่างผู้บริหารโรงเรียน ผู้ปกครอง และสมาคมศิษย์เก่า ที่เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนเพื่อสนับสนุนพันธมิตรสะเต็มซึ่งจะช่วยสร้างความยั่งยืนของการจัดการเรียนรู้สะเต็มในโรงเรียน
3. ควรมีการพัฒนาครูให้มีความเชี่ยวชาญด้านสะเต็มอย่างต่อเนื่อง ผ่านการอบรม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้หรือการทำงานร่วมกับพันธมิตรสะเต็ม เพื่อเสริมความมั่นใจและเพิ่มทักษะของครูในการจัดการเรียนรู้สะเต็ม

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาเกี่ยวกับส่งเสริมให้มีการสร้างพันธมิตรสะเต็มในบริบทของโรงเรียนที่มีทรัพยากรจำกัดหรือโรงเรียนในพื้นที่ชนบท เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้และอุปสรรคในการนำพันธมิตรสะเต็มไปใช้ในบริบทที่แตกต่างจากโรงเรียนสาธิตที่มีทรัพยากรพร้อม
2. ควรศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทและความสัมพันธ์ของสมาชิกในพันธมิตรสะเต็ม
3. ควรพัฒนารูปแบบความร่วมมือที่มีความยั่งยืน ได้แก่ การจัดทำคู่มือการทำงาน การอบรมครูใหม่ และการสร้างแรงจูงใจให้พันธมิตรสะเต็มได้มีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง

รายการอ้างอิง

- ธวัชรรัตน์ กระติ้แดง, อัญญูปารย์ ศิลปินลมาลย์ และ สายหยุด ภูปุย. (2568). การออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะด้านโค้ดดิ้ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*. 4(1). 115-131. <https://doi.org/10.14456/hsi.2025.9>
- ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2566). *การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา* (2nd ed.). สุนทรฟิล์ม จำกัด.
- พัชรพร บุญกิตติ, วันชัย ปลื้มภาณุภัทร และ ชาตรี ฝ้ายคำตา. (2564). การจัดการเรียนรู้แบบสอดแทรกผนวกกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานภายใต้กรอบแนวคิดสะเต็มเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเนื้อหาเรื่อง กรด-เบส. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*.
- พุดิตา ภูจอมนิลม, วิศรุต พยุ้งเกียรติคุณ และทิพย์อุบล ทิพเลิศ. (2566). การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยประยุกต์ใช้สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถ ในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*. 22(3). 28-38
- สถาพร เรืองรุ่ง. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*. 6(1). 150-160.
<https://doi.org/10.14456/jsse.2023.13>
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). *CBE Thailand: Competency-based Education*.
<https://cbethailand.com/>
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2564). *แนวทางการพัฒนาสมรรถนะหลักของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในช่วงเปลี่ยนผ่านสู่หลักสูตรฐานสมรรถนะ*. บริษัท พรักหวานกราฟฟิค จำกัด.
- Bell, D., Morrison-Love, D., Wooff, D., & McLain, M. (2018). STEM education in the twenty-first century: learning at work—an exploration of design and technology teacher perceptions and practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(3), 721–737.
<https://doi.org/10.1007/S10798-017-9414-3/TABLES/>
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Chapman, A., Rodriguez, F. D., Pena, C., Hinojosa, E., Morales, L., Del Bosque, V., Tijerina, Y., & Tarawneh, C. (2019). “Nothing is impossible”: characteristics of Hispanic females participating in an informal STEM setting. *Cultural Studies of Science Education*.
<https://doi.org/10.1007/s11422-019-09947-6>
- Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., & Hughes, G. (2013). The Effects of a STEM Intervention on Elementary Students’ Science Knowledge and Skills. *School Science and Mathematics*, 113(5), 215–226. <https://doi.org/10.1111/ssm.12023>
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). SAGE Publication Inc.

- Donna, J. D. (2012). A Model for Professional Development to Promote Engineering Design as an Integrative Pedagogy within STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(2), 2. <https://doi.org/10.5703/1288284314866>
- English, L. (2015). Targeting all of STEM in the primary school: Engineering design as a foundational process. [Paper presentation]. Research Conference 2016 - Improving STEM Learning : What will it take?. https://research.acer.edu.au/research_conference/RC2016/9august/5
- English, L., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(14), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>
- English, L. (2017). Advancing Elementary and Middle School STEM Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(Suppl 1), S5–S24. DOI 10.1007/s10763-017-9802-x
- Galosy, J. A., & Gillespie, N. M. (2013). Community, Inquiry, Leadership: Exploring Early Career Opportunities That Support STEM Teacher Growth and Sustainability. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 86(6), 207–215. <https://doi.org/10.1080/00098655.2013.826485>
- Hamilton, M., O'Dwyer, A., Leavy, A., Hourigan, M., Carroll, C., & Corry, E. (2021). A case study exploring primary teachers' experiences of a STEM education school-university partnership. <https://doi.org/10.1080/13540602.2021.1920906>, 27(1–4), 17–31. <https://doi.org/10.1080/13540602.2021.1920906>
- Isabelle, A. D. (2017). STEM Is Elementary: Challenges Faced by Elementary Teachers in the Era of the Next Generation Science Standards. *The Educational Forum*, 81(1), 83–91. <https://doi.org/10.1080/00131725.2016.1242678>
- Kelley, T. R., Knowles, J. G., Holland, J. D., & Han, J. (2020). Increasing high school teachers self-efficacy for integrated STEM instruction through a collaborative community of practice. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00211-W/TABLES/8>
- King, D., & English, L. (2016). Engineering design in the primary school: applying stem concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education*, 38(18), 2762–2794. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1262567>
- Kocabas, S., Ozfidan, B., & Burlbaw, L. M. (2019). American STEM education in its global, national, and linguistic contexts. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), em1810. <https://doi.org/10.29333/ejmste/108618>
- Lópezleiva, C., Roberts-Harris, D., & Von Toll, E. (2016). Meaning Making with Motion Is Messy: Developing a STEM Learning Community. *Canadian Journal of Science Canadian Journal of*

- Science, Mathematics and Technology Education*, 16(10), 169–182.
<https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1166293>
- Mesutoglu, C., & Baran, E. (2020). Examining the development of middle school science teachers' understanding of engineering design process. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(8), 1509–1529. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10041-0>
- Morrison, D., Ridgeway, M., & Yerrick, R. (2016). Whose interests and under whose control?: Interest convergence in science-focused school-community collaborations. *Cultural Studies of Science Education* 2016 13:1, 13(1), 85–91. <https://doi.org/10.1007/S11422-016-9776-Y>
- Murphy, T. P., & Mancini-Samuelson, G. J. (2012). Graduating STEM competent and confident teachers: the creation of a stem certificate for elementary education majors. *journal of college science teaching*, 42(2). <https://my.nsta.org/resource/3155/graduating-stem-competent-and-confident-teachers-the-creation-of-a-stem-certific>
- Nadelson, L. S., Callahan, J., Pyke, P., Hay, A., Dance, M., & Pfiester, J. (2013). Teacher STEM perception and preparation: Inquiry-based STEM professional development for elementary teachers. *The Journal of Educational Research*, 106(2), 157–168.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2012.667014>
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic Analysis. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 160940691773384. <https://doi.org/10.1177/1609406917733847>
- Pimthong, P., Kityakarn, S., Munprom, R., Lertcharoenrit, T & Ugsonkid, S. (2021). STEM partnership for design-based learning in PM 2.5 crisis for high school. *Journal of Physics: Conference series*, 1957 012031. [oi:10.1088/1742-6596/1957/1/012031](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1957/1/012031).
- Rinke, C. R., Gladstone-Brown, W., Kinlaw, C. R., & Cappiello, J. (2016). Characterizing STEM teacher education: affordances and constraints of explicit STEM preparation for elementary teachers. *School Science and Mathematics*, 116(6), 300–309. <https://doi.org/10.1111/ssm.12185>
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. Basic Books.
- Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1>
- So, W. M. W., He, Q., Chen, Y., & Chow, C. F. (2021). School-STEM professionals' collaboration: a case study on teachers' conceptions. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2020.1774743>, 49(3), 300–318. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2020.1774743>
- United Nations. (2015). *Sustainable development goals (SDGs)*.
<https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>

Translated Thai Reference

- Karadeedaeng, T., Silapnillaman, A., & Pupui, S. (2025). The design and development of learning activity packages to promote coding skills for Grade 5 students. *Journal of Humanities, Social Sciences, and Innovation, Kalasin University*, 4(1), 115–131.
<https://doi.org/10.14456/hsi.2025.9> [in Thai]
- Office of the Basic Education Commission. (2021). *CBE Thailand: Competency-based Education*.
<https://cbethailand.com/> [in Thai]
- Office of the Education Council. (2021). *Guidelines for developing core competencies of basic education students during the transition to a competency-based curriculum*. Prikwarn Graphic Co., Ltd. [in Thai]
- Phuchomnin, P., Phayungkietikhun, W., & Thipleut, T. (2023). The development of STEM-based instructional activities to enhance scientific problem-solving ability for Grade 9 students. *Journal of Industrial Education*, 22(3), 28–38. [in Thai]
- Phunkit, P., Pluempanupat, W., & Faikhamta, C. (2021). Integrated instruction and problem-based learning under the STEM framework to enhance critical thinking on the topic of acids and bases. *Journal of Education, Khon Kaen University*. [in Thai]
- Pimthong, P. (2023). *STEM education teaching and learning* (2nd ed.). Sunthon Film Inc. [in Thai]
- Ruangrung, S. (2023). The effects of STEM BCG project-based learning on local problem-solving, academic achievement, and problem-solving ability in science and technology of Grade 6 students. *Journal of Science and Science Education*, 6(1), 150–160.
<https://doi.org/10.14456/jsse.2023.13> [in Thai]