

การออกแบบเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติในสะเต็มศึกษา

Engineering Design and Biomimicry in STEM Education

นฤพจน์ พุฒวัฒนะ

Narupot Putwattana

อาจารย์ ดร. คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นแนวทางในการบูรณาการการออกแบบเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยอธิบายตั้งแต่แนวทางการบูรณาการศาสตร์ทั้งสี่คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา การนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม มาผนวกใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา เป็นการช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ในโลกของความเป็นจริง การพิจารณานำประเด็นของเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติมาปรับใช้เพื่อผสมผสานในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้นำการสังเกตธรรมชาติ การคำนวณทางคณิตศาสตร์ มาร่วมกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม วิธีการดังกล่าวจึงไม่เพียงเป็นการทำให้ผู้เรียนต่อยอดทฤษฎีและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายและเชื่อมโยงเข้ากับชีวิตประจำวันได้มากขึ้น แต่ยังรวมถึงเป็นการสร้างการเรียนรู้เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน และผลักดันให้เกิดความตระหนักในคุณค่าของสิ่งมีชีวิตและระบบธรรมชาติที่เอื้อต่อการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมซึ่งเป็นประโยชน์ต่อมวลมนุษยชาติต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: การออกแบบเชิงวิศวกรรม เทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติ สะเต็มศึกษา การบูรณาการ

Abstract

The objective of this article is to demonstrate how to integrate engineering design and biomimicry into STEM education. The explanation starts with the approach for integrating the four disciplines, namely, Science (S), Mathematics (M), Technology (T), and Engineering (E) for instructional management in STEM education. The application of engineering design process (ask, think, plan, create and improve) to use in STEM education helps students to be able to apply their knowledges in solving problem in the real-world situation. The consideration of biomimicry to adapt in STEM education encourages students to use the nature observation, mathematical calculation, scientific theory through the engineering design process. This method not only enables students to increase their various scientific knowledge and theories and connect them with their daily living, but also

generates the learning for sustainable development and mobilizes them to realize the value of organism and nature which is useful in production of innovation and technology for benefits of human in the future.

Keywords: Engineering design, STEM education, Biomimicry, Integration

บทนำ

สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่นำจุดเด่นของแต่ละศาสตร์ คือ วิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) เทคโนโลยี (Technology) และวิศวกรรม (Engineering) มาบูรณาการเข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะทางการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา ตลอดจนสามารถเชื่อมโยง องค์ความรู้เข้ากับชีวิตประจำวันได้ (พรทิพย์ ศิริภัทรชัย, 2556; จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒนาผล, วิชัย วงษ์ใหญ่, และ ศรีสมร พุ่มสะอาด, 2558) โดยสะเต็ม (STEM) เป็นคำย่อที่นำมาใช้ในวงการการศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกาว่า 20 ปีที่แล้วที่มีการผลักดันสภาพเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกาให้เข้าสู่ยุคของอุตสาหกรรม ในช่วงต้นของทศวรรษที่ 19 คำว่าสะเต็มจึงถูกใช้เป็นครั้งแรกโดย The National Science Foundation (NSF) ที่มีการนำคำว่าสะเต็มมาใช้ในกรณีเนื้อหาสาระแต่ละศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ เช่น การใช้แทนกลุ่มวิชาและอาชีพสายสะเต็ม (Ostler, 2012) ปัจจุบันสหรัฐอเมริกามีความต้องการในการผลิตและพัฒนาบุคลากร เพื่อตอบสนองกับความเปลี่ยนแปลงในสังคมและการเจริญเติบโตของสภาพทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้ความจำเป็นในการผลิตแรงงานและอาชีพทางสายสะเต็มจึงเพิ่มมากขึ้น (Lamberg & Trzynadlowski, 2015)

สำหรับในประเทศไทย การเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมกับสถานการณ์ในโลกยุคปัจจุบันที่เต็มไปด้วยการแข่งขันด้านเทคโนโลยีการสื่อสารที่พัฒนาอย่างรวดเร็ว ทั้งยังมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลข่าวสารอย่างฉับพลัน ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศชาติให้เกิดความเจริญรุ่งเรือง และสามารถแข่งขันกับนานาชาติได้ (พรทิพย์ ศิริภัทรชัย, 2556) จากผลคะแนน PISA ในปี พ.ศ. 2558 พบว่าคะแนนด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยอยู่อันดับ 54 ซึ่งให้เห็นถึงศักยภาพของนักเรียนไทยในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าหลายๆ ประเทศ รวมทั้งการขาดแคลนบุคลากรทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ (จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒนาผล, วิชัย วงษ์ใหญ่, และ ศรีสมร พุ่มสะอาด, 2558; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2015)

ปัจจุบันสะเต็มศึกษา (STEM education) ถือว่าเป็นประเด็นที่กำลังตกอยู่ในกระแสที่ได้รับการกล่าวถึงกันอย่างมากในวงการการศึกษา สะเต็มศึกษากลายเป็นคำที่ถูกใช้ในแง่บวกที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นกับความเข้าใจมุมมอง อีกทั้งการให้คำนิยามที่แตกต่างกันของนักการศึกษาแต่ละคน ความไม่แน่ชัดในการตีความส่งผลต่อความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ความไม่ชัดเจนในการออกแบบกระบวนการในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนสะเต็ม รวมถึงการวางแผนทางสำหรับนโยบายทางการศึกษา (Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012; Lamberg & Trzynadlowski, 2015) สิ่งที่สำคัญสำหรับสะเต็มศึกษาในบริบทของการจัดการเรียนการสอนจึงอยู่ที่วิธีและแนวคิดในการทำการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และ

คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (Putwattana, 2018) บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นถึงแนวคิดและวิธีการในการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 โดยการประยุกต์การออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมถึงแนวคิดเรื่องเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติซึ่งเป็นการใช้ทักษะการสังเกตธรรมชาติ ผสมกับองค์ความรู้ทางชีววิทยา เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และพัฒนานวัตกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่สอดคล้องกับบริบทที่หลากหลายมากขึ้น

การบูรณาการสะเต็มศึกษา

ประเด็นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาส่งผลให้มีการตั้งคำถามจากหลายฝ่ายถึงรูปแบบในการผสมผสานศาสตร์ต่างๆ วิธีการในการสร้างวิธีการเรียนการสอนที่เหมาะสม สามารถพัฒนาทั้งองค์ความรู้และทักษะต่างๆ ให้เกิดกับผู้เรียนได้ เมื่อพิจารณาถึงเนื้อหาสาระของวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มักพบว่ามีเนื้อหาสาระบางประการที่ซ้อนทับกันอยู่ส่งผลให้มีกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนจำนวนมากที่มุ่งเน้นการผสมคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน (Ostler, 2012) เช่น การนำบทเรียนทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับการคำนวณเชิงปริมาณ เช่น สถิติและสมการคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาบางหัวข้อ (Gross, 2004; Karsai & Kampis, 2010)

การจัดการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้ดำเนินควบคู่และสอดคล้องกันนั้นเป็นประเด็นที่ควรพิจารณาและให้ความสำคัญ เนื่องจากการทดลองวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ซึ่งประกอบไปด้วยการคำนวณและสถิติส่งผลให้คณิตศาสตร์มีบทบาทต่อการศึกษาและเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเห็นได้ชัด (Karsai & Kampis, 2010) การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ถือเป็นส่วนสำคัญในการสร้างกระบวนการทัศน์ใหม่ในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ Robeva and Lanbenbacher (2009) ได้ชี้ให้เห็นว่า นักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมักมีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และทักษะในการคำนวณ เพื่อการตั้งสมมุติฐาน การออกแบบการทดลอง รวมถึงการวิเคราะห์ผลการทดลองอีกด้วย ซึ่งมักพบการบูรณาการคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกันในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์หลายๆ แขนง เช่น การใช้สมการเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของประชากรสิ่งมีชีวิต และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากรในระบบนิเวศ (Jackson, 2007) การศึกษาที่ผ่านมายังพบอีกว่าการผสมผสานคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนสามารถทำได้หลายรูปแบบด้วยกัน เช่น การสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์แยกกันคนละชั้นเรียน โดยจัดวางแก่นสาระที่สอดคล้องให้เรียนไปพร้อมๆ กัน (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014)

อย่างไรก็ตามแนวคิดในการบูรณาการสะเต็มศึกษา มักมีทิศทางที่สะท้อนถึงการผสมผสานกันข้ามศาสตร์ที่เน้นไปที่การอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมากกว่าการสอนแยกตามรายวิชา Honey, Pearson, and Schweingruber (2014) ได้สะท้อนความเห็นเกี่ยวกับการบูรณาการว่าเป็นการเรียนรู้ที่อาศัยการข้ามศาสตร์จากหลายๆ ศาสตร์เข้าด้วยกัน มุมมองและแนวคิดดังกล่าวส่งผลต่อการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม ซึ่งอาจทำได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การนำเอาแนวคิดจากศาสตร์ที่มากกว่าหนึ่งศาสตร์ ในกรณีนี้คือวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมมารวมกัน โดยใช้แก่นสาระหลักเพียงศาสตร์เดียวเป็นแกนหลักในการศึกษา จากนั้นนำเอาวิธีปฏิบัติหรือแนวคิดของวิชาอื่นมาใช้เพื่อช่วยในการเรียนรู้และเข้าใจสาระที่เป็นแกนหลักนั้นได้ลึกซึ้งดี

ยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การนำเอาหลักการเรื่องรูปทรงเรขาคณิตในวิชาคณิตศาสตร์มาเป็นแกนหลักของสาระในการเรียนรู้ จากนั้นนำเอาการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อประยุกต์เป็นวิธีการในการจัดการเรียนการสอนหรืออาจจะนำเอาหลักการออกแบบทางวิศวกรรมมาผสมผสานเข้ากับวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นเครื่องมือที่สามารถถ่ายทอดตัวแก่นสาระหลักนั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014) จากการนำเสนอในการประชุมวิชาการ The International Science, Mathematics and Technology Education (ISMTEC) ครั้งที่ 3 ในหัวข้อ Applying the engineering design problem in solving process ได้ชี้ให้เห็นถึงวิธีการบูรณาการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาว่า “วิธีการจัดการเรียนการสอนที่เป็นการบูรณาการทั้งแก่นสาระและวิธีปฏิบัติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม รวมถึงคณิตศาสตร์” (Reeve, 2016, p. 11)

ทั้งนี้การบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 วิชาเข้าด้วยกันเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอนนั้นจำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงแก่นสาระและวิธีปฏิบัติของแต่ละศาสตร์อย่างถ่องแท้เสียก่อน โดยที่แนวคิดในศาสตร์ต่างๆ ดังกล่าวมีความหมายดังต่อไปนี้ วิทยาศาสตร์คือการศึกษาและไขความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ เทคโนโลยี คือการปรับเปลี่ยนธรรมชาติเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของมนุษย์ วิศวกรรมคือการประยุกต์คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตเทคโนโลยีขึ้นมา คณิตศาสตร์คือความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวเลข สมการ ฟังก์ชัน รูปแบบและรูปทรง (Reeve, 2016)

การบูรณาการวิชาต่างๆ ในสะเต็มศึกษานั้นมีรากเหง้ามาจากแนวคิดพื้นฐานกระบวนการการผลิตนวัตกรรม ซึ่งอาศัยการเชื่อมโยงศาสตร์ทั้งสี่เข้าด้วยกัน ที่มาของบริบทของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เริ่มต้นจากคณิตศาสตร์ในแง่ของการนำสัญลักษณ์และอัลกอริทึมเพื่อใช้ในการคาดคะเนรูปแบบโครงสร้าง จากนั้นหลักการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์จะถูกทดสอบความจริงด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งข้อพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์จะถูกนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นรูปธรรม จากวิธีการทางวิศวกรรมจนนำไปสู่การพัฒนาเป็นเทคโนโลยีที่ต้องมีการคำนึงถึงประสิทธิภาพ ด้วยกระบวนการทาง การประเมิน พัฒนาและปรับปรุงนวัตกรรมนั้นๆ ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ในโลกปัจจุบันได้ (Oytler, 2012)

ปัจจุบันการบูรณาการทางสะเต็มศึกษามักใช้เนื้อหาสาระทางฟิสิกส์ ผสมเข้ากับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนเป็นหลัก รวมถึงกฎเกณฑ์และทฤษฎีทางฟิสิกส์ จำเป็นต้องอาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยในการแก้โจทย์ปัญหา หลักทางฟิสิกส์จึงถูกพบโดยทั่วไปในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาที่ต้องการการบูรณาการวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เห็นได้ชัดว่าตัวอย่างกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยมากมักนำพื้นฐานทางพลังงานและแรงในรูปแบบต่างๆ เป็นส่วนประกอบให้ผู้เรียนได้นำไปใช้เรียนรู้ในการแก้ปัญหา (สุธีระ ประเสริฐสรณ์, 2558; Chaumklang & Boontawee, 2016) ในขณะที่ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่บ่งชี้ถึงการประยุกต์ใช้สะเต็มศึกษาที่สอดคล้องกับหลักและทฤษฎีทางชีววิทยา แม้ว่าจะเป็นวิชาพื้นฐานสำคัญในการต่อยอดเพื่อสร้างเทคโนโลยีต่างๆ เช่น การเกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ (Putwattana, 2018) สำหรับในบริบทของการนำสะเต็มศึกษาไปใช้ในวิชาชีววิทยา พบว่า แม้ครูชีววิทยาจะสะท้อนถึงประโยชน์ของการนำแนวทางสะเต็มศึกษา ในแง่ที่ว่าช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาที่ซับซ้อนในโลกแห่งความจริงมากขึ้น อย่างไรก็ตามยังขาดแนวทางที่จะช่วยสนับสนุนในการจัดการเรียนการสอนเพื่อใช้ในการออกแบบการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (Wahid & Talib, 2017)

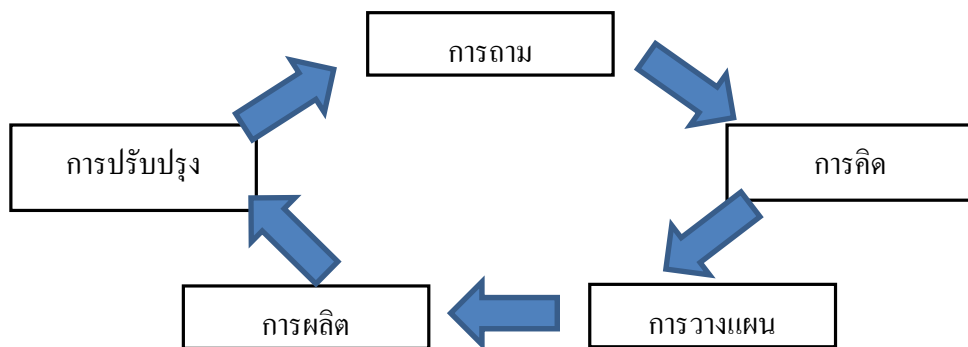
การนำแนวปฏิบัติทางวิศวกรรมเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา

แนวความคิดหนึ่งในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา คือ การประยุกต์วิธีการปฏิบัติทางวิศวกรรมเพื่อเป็นเครื่องมือในการถ่ายทอดไปสู่ผู้เรียน กระบวนการทางวิศวกรรมสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้งสร้างนิยม (Constructivism) ที่ถือเป็นทฤษฎีพื้นฐานในการเรียนรู้ที่คำนึงผู้เรียน ซึ่งเป็นผู้สามารถประกอบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เช่นเดียวกับกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่อาศัยการสืบค้นความรู้ที่มีพื้นฐานจากปรัชญาดังกล่าว จากหลักการพื้นฐานเหล่านี้นำไปสู่ที่มาของการวางขอบข่ายแนวทางหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสหรัฐอเมริกาที่เรียกว่า K-12 Science Education โดย The National Research Council (NRC) ได้ทำการพัฒนาหลักสูตรในปี 2012 โดยการรวมแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมเข้าสู่แก่นสาระวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลต่อการกำหนดแนวทางการเรียนรู้โดยมีขอบข่ายการเรียนรู้ที่ประกอบไปด้วย วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีในบริบทของสังคมยุคใหม่ (NRC, 2012) จากนั้นในปี 2013 ได้มีการกำหนดแนวทางผนวกหลักการทางวิศวกรรมเข้าสู่หลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า Next Generation Science Standard (NGSS) โดยกำหนดให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษา ต้องสามารถออกแบบ ประเมินและวางแผนแนวทางแก้ปัญหาต่อสถานการณ์ในโลกปัจจุบันได้ ไม่เพียงเท่านั้นสิ่งที่จะต้องพิจารณาซึ่งรวมถึง ข้อจำกัด ความคุ้มทุน อีกทั้งประเด็นทางสังคม วัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (NGSS, 2013)

การกำหนดขอบเขตของคำว่า วิศวกรรม ถือว่าเป็นขั้นตอนแรกสำหรับการวางแนวทางในการนำ การออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ามาในกระบวนการเรียนรู้ Dym, Eris, Frey, and Leifer (2005, p. 2) ได้สะท้อน ถึงรายละเอียดของการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ดังนี้คือ

“การออกแบบเชิงวิศวกรรมคือกระบวนการทางปัญญาที่มีความเป็นระบบ ซึ่ง นักออกแบบนำไปใช้ในการผลิตสร้าง ประเมิน และวางแผนหลักในการออกแบบเครื่องมือ ระบบ และกระบวนการเพื่อก่อให้เกิดทั้ง โครงสร้างและหน้าที่ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และ ความต้องการของลูกค้าหรือผู้ใช้ ในขณะเดียวกันก็อยู่ภายใต้เงื่อนไขของข้อจำกัดที่มีความจำเพาะเจาะจงอีกด้วย”

จุดที่ทำให้การออกแบบทางวิศวกรรมมีความแตกต่างกับกระบวนการที่ศิลปิน นักวิทยาศาสตร์และ นักเทคนิคใช้ก็คือ การประเมินถึงความเป็นไปได้ในการนำเอาไปใช้ ทั้งในแง่ของต้นทุน ความปลอดภัย ความยั่งยืน ซึ่งทำให้นวัตกรรมที่ผลิตได้นั้นตรงตามเป้าหมายของผู้ใช้ ความสามารถในการระบุเงื่อนไขนี้ ต้องการถือเป็นการสร้างทักษะความรู้ความเข้าใจอย่างหนึ่ง (Cognitive skill) ที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการผลิต นวัตกรรมใหม่ๆ ให้เกิดขึ้น (Brophy, Klein, Portmore & Rogers, 2008) โดยแสดงขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้คือ



ภาพที่ 1 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

โดยทั่วไปการจัดกิจกรรมสะเต็มที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมักเริ่มต้นด้วยการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบัน จากนั้นจึงค่อยนำเข้าสู่กระบวนการ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การถาม (Ask) เพื่อระบุว่าอะไรคือปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ได้กล่าวไว้ และข้อจำกัดของวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร 2) การคิด (Imagine) โดยการระดมสมองกันภายในกลุ่มและเลือกวิธีการออกแบบที่ดีที่สุดสำหรับสถานการณ์นั้น 3) การวางแผน (Plan) ด้วยการวาดแผนผังและรวบรวมวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น 4) การผลิต (Create) ทำตามแผนและทดสอบ และ 5) Improve ปรับปรุงว่าจะทำอย่างไรเพื่อสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยวนกลับไปตั้งแต่นั้นตอนแรกอีกครั้งหนึ่ง (Lakose, 2015; Reeve, 2016)

จากการจัดอบรมสะเต็มศึกษาโดยสำนักงานส่งเสริมการเรียนรู้การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในงานประชุม ISMTEC ครั้งที่ 3 มีการดำเนินการกำหนดสถานการณ์น้ำท่วม ให้เป็นประเด็นที่ถุกหยิบยกขึ้นเพื่อให้ร่วมกันกำหนดวิธีการแก้ปัญหา จากนั้นจึงทำการแบ่งกลุ่มผู้เข้าอบรมให้ทำภารกิจตามโจทย์ โดยกลุ่มใดที่ออกแบบและประดิษฐ์เรือที่สามารถลอยน้ำและขนน้ำหนักได้หนักที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ชนะ ภายใต้ข้อจำกัดและเงื่อนไขคือต้นทุนจากวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเรือ ประเด็นที่น่าสนใจสำหรับกิจกรรมนี้คือ ขั้นตอนของการวางแผนที่ต้องการความรู้ในวิชาฟิสิกส์ ในหัวข้อเรื่อง แรงลอยตัว การจัดอบรมได้ออกแบบให้ผู้เข้าร่วมอบรมได้ทำกิจกรรมและแบบฝึกหัดที่ค่อยๆ สร้างความรู้และความเข้าใจ เกี่ยวกับทฤษฎีดังกล่าวก่อนที่จะเริ่มมีการออกแบบและประดิษฐ์เรือ (Chaumklang & Boontawee, 2016)

เห็นได้ว่ากระบวนการทางวิศวกรรมถือว่ามีความสำคัญในฐานะที่เป็นเครื่องมือที่ถูกผนวกเข้าไปสู่ฐานความรู้ที่เป็นวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี สุธีระ ประเสริฐสรณ์ (2558) ได้ชี้ให้เห็นว่าวิศวกรรมเป็นสิ่งที่อยู่คนละระนาบกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยเป็นกระบวนการเพื่อนำฐานความรู้จากศาสตร์ดังกล่าวเพื่อต่อยอดในการสร้างนวัตกรรม ซึ่งเห็นได้จากการให้คำนิยามว่า

“การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม” (สุธีระ ประเสริฐสรณ์, 2558, น. 2)

การพัฒนาหลักสูตรเพื่อสอดคล้องแนวคิดและวิธีปฏิบัติเชิงวิศวกรรม ได้ถูกระบุไว้ในหลักสูตรการเรียนการสอนของประเทศสหรัฐอเมริกา ในทุกๆ สาขาของวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา (NGSS, 2013) จากการศึกษาจำนวนมากพบว่า กรณีศึกษาส่วนใหญ่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มมีความสอดคล้องกับทฤษฎีทางฟิสิกส์ซึ่งสามารถบูรณาการแนวคิดทางวิศวกรรมสู่กิจกรรมการเรียนการสอนได้ค่อนข้างลงตัว (Lakose, 2015; Reeve, 2016; สุธีระ ประเสริฐสรณ์, 2558) อย่างไรก็ตามจากสถานการณ์ในโลกปัจจุบันที่มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรจนเกิดปัญหาทางด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีแนวโน้มที่ครอบคลุมมิติที่หลากหลายตามแนวทางของการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable development) ได้แก่ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม (Colucci-Gray, Perazzone, Dodman, & Camino, 2012; Holbrook, 2009) เพื่อให้ผู้เรียนมีมุมมองที่กว้างขวางนำไปสู่การเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในโลกแห่งความจริงที่มีองค์ประกอบ

ดังกล่าวมาเกี่ยวข้อง การนำแนวคิดเรื่องเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติ (Biomimicry) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่อาศัยทักษะและความรู้ทางชีววิทยา มาผนวกในการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้เห็นถึงบริบทในการทำงานของวิศวกรเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมซึ่งมีมิติที่หลากหลาย และสอดคล้องกับเหตุการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในโลกปัจจุบันที่ซับซ้อน (Gardner, 2012; Holmgren, 2018)

การใช้เทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติเพื่อการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา

เทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติเป็นการบูรณาการความรู้จากการสังเกตจากธรรมชาติเพื่อมาใช้ในการออกแบบเชิงวิศวกรรม จนเกิดการสร้างสรรค์เทคโนโลยีที่นำไปสู่การแก้ปัญหาบนฐานคิดของการอนุรักษ์ธรรมชาติ และระบบนิเวศ แนวคิด Biomimicry อาศัยการจำลองกลไกการปรับตัวในระดับต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต ตั้งแต่ ระดับโมเลกุล เซลล์ จนถึงโครงสร้างทางกายวิภาคของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งระบบธรรมชาติที่สะท้อนถึงคุณภาพ ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นต้นแบบในการผลิตนวัตกรรมใหม่ๆ เช่น การเลียนแบบโครงสร้างของผิวหนังปลาฉลามเพื่อการออกแบบชุดว่ายน้ำที่ลดแรงต้านทานในการว่ายน้ำ ในอีกแง่มุมหนึ่ง Biomimicry จึงถือเป็นวิธีการและเทคโนโลยีในการออกแบบที่ทั้งวิศวกร รวมถึงนักศึกษาด้านต่างๆ เช่น วัสดุศาสตร์ และวิทยาศาสตร์การแพทย์ แสวงหาจากสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ตามกระบวนการของวิวัฒนาการ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการแก้ปัญหาในสังคมของมนุษย์ (Gardner, 2012; Holmgren, 2018)

ในด้านการศึกษานั้น ปัจจุบันสถาบันเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติ (Biomimicry Institute) ในรัฐมอนทานา สหรัฐอเมริกา พยายามผลักดันการใช้ความรู้ด้าน Biomimicry เพื่อประโยชน์ในด้านการศึกษา ทั้งการประยุกต์ใช้กับหลักสูตรวิชาชีววิทยาและการทำโครงการนวัตกรรมที่ผสมผสานแนวคิดของธรรมชาติ การสร้างเครือข่ายทางการศึกษา ที่เปิดโอกาสให้นักการศึกษาได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น รวมถึงการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยาเข้าด้วยกัน การผนวกแนวคิดของ Biomimicry มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ถือเป็นการอาศัยธรรมชาติเพื่อเป็นสื่อกลางในกระบวนการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ อีกทั้งมีการพัฒนาความเป็นผู้สร้างนวัตกรรมที่มองเห็นและตระหนักถึงคุณค่าของธรรมชาติอีกด้วย (Resources for educators, n.d.) สำหรับประเทศไทย มูลนิธิโลกสีเขียว เครือข่ายทางสังคมที่ทำงานขับเคลื่อนเกี่ยวกับการอนุรักษ์ธรรมชาติ ได้ให้ความสำคัญกับประเด็น Biomimicry ในแง่ของการเรียนรู้เช่นกัน โดยมุ่งเน้นที่แนวคิดของการมองธรรมชาติเป็นแหล่งเรียนรู้ เพื่อใช้ในการประกอบธุรกิจที่ไม่สร้างปัญหาต่อสภาพแวดล้อม (สรนรัชต์ กาญจนะวนิชย์, 2553)

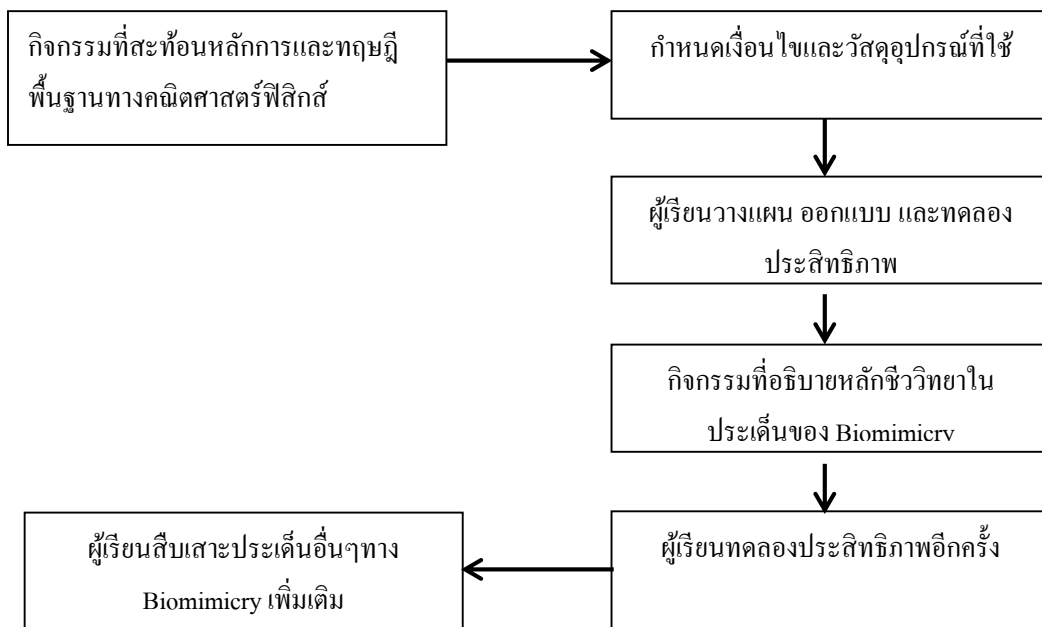
ในมิติของแนวคิดในการบูรณาการสำหรับสะเต็มศึกษา Thompson (1992) นักชีววิทยาเชิงคณิตศาสตร์ชาวสวีเดน นำเสนอมุมมองในการประยุกต์คณิตศาสตร์และฟิสิกส์เพื่อใช้ในการศึกษาโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตเป็นครั้งแรก ซึ่งเขาได้แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างกระดูกสันหลังของสัตว์สี่เท้าและการออกแบบสะพานที่มอดังกล่าวส่งผลต่อการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เรียกว่า “From Skeleton to Bridge” ซึ่งได้ถูกนำเสนอในการศึกษาของ Riechert and Post (2010) กล่าวถึงการนำการเลียนแบบโครงสร้างกระดูกสันหลังมาใช้ในการออกแบบสะพานในกิจกรรมการเรียนการสอน โดยภารกิจหลักของผู้เรียนในชั้นเรียนคือออกแบบสะพานเพื่อรับน้ำหนักให้ได้มากที่สุด กิจกรรมเริ่มต้นจากการการปูพื้นฐานหลักการ ให้สามารถเข้าใจพื้นฐานเรื่องแรงทางฟิสิกส์ และ Biomimicry ก่อนที่จะจัดกลุ่มให้ผู้เรียนร่วมกันออกแบบสะพานที่อาศัยหลักการ

ดังกล่าวเพื่อรองรับน้ำหนักให้ได้มากที่สุด จนกระทั่งในตอนท้ายของกิจกรรมจึงมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการนำ Biomimicry มาใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มเติม

การเรียนการสอนในลักษณะนี้ไม่เพียงส่งเสริมผู้เรียนให้เข้าใจถึงความสำคัญในแง่ของวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ที่อาศัยการปรับตัวทางโครงสร้างของกระดูกสันหลังของสัตว์ที่เท่าในการรองรับน้ำหนัก แต่ยังเป็นการสร้างเชื่อมโยงแนวความคิดทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตไปสู่การออกแบบและผลิตนวัตกรรมใหม่ที่รองรับกับสถานการณ์ปัจจุบัน (Riechert & Post, 2010) เช่นเดียวกับคำกล่าวของ Jane McMahon หนึ่งในครูที่มีส่วนร่วมในโครงการ Cooperative Educational Service Agency (CESA5) ซึ่งเป็นโครงการที่นำเอาแนวคิดของ Biomimicry มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางสะเต็ม ได้สะท้อนว่า

“การเรียนรู้แนวคิดและการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับ Biomimicry เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเข้าใจถึงความสำคัญของรูปแบบและ โครงสร้างของธรรมชาติ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาแนวคิดใหม่ๆ ที่ยึดโยงกับศาสตร์ต่างๆที่หลากหลาย” (Hooker, 2017, p.1)

ไม่เพียงกรณีที่ได้กล่าวมา แต่ยังพบว่าบทความของ Riechert and Post (2010) ยังได้หยิบประเด็นอื่นๆ ทางชีววิทยาเพื่อนำเสนอการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเชิงสะเต็มศึกษาที่สะท้อนมุมมองของ Biomimicry อีกด้วย ได้แก่ กิจกรรม “Sound communication, Animal and Engineered Speakers” เป็นกิจกรรมที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้มีความรู้และเข้าใจถึงโครงสร้างที่ทำให้กำเนิดเสียงจากสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ เช่น การสั่นสะเทือนของเนื้อเยื่อในกล่องเสียงและประยุกต์โครงสร้างดังกล่าวในการออกแบบเครื่องกำเนิดเสียงด้วยหลักการทางวิศวกรรมได้ อีกกรณีการศึกษาก็คือ กิจกรรม “Aerodynamics and Dispersal” ที่เป็นการออกแบบเครื่องร่อนจากโครงสร้างที่ใช้ในการกระจายเมล็ดพืชของสิ่งมีชีวิตส่งผลให้รูปแบบของการจัดกิจกรรมจึงต้องประกอบไปด้วย กิจกรรมย่อยที่ทำเพื่อปูพื้นฐานหลักและทฤษฎีบางอย่าง ก่อนที่ผู้เรียนจะสามารถออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ได้ โดยสามารถสรุปลำดับการจัดกิจกรรมออกมาเป็นแผนภาพได้ดังนี้คือ



ภาพที่ 2 รูปแบบกิจกรรมที่นำหลักของเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติมาใช้ในการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา

กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยทั่วไปที่ใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นตัวดำเนินการจะมุ่งเน้นเฉพาะการคำนวณทางคณิตศาสตร์และหลักทฤษฎีทางฟิสิกส์เพื่อเป็นเครื่องมือในการฝึกทักษะการคิดและการแก้ปัญหา (Reeve, 2016) ในขณะที่เมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนต่างๆจากการนำ Biomimicry มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจากภาพที่ 2 จะพบว่ามีการมีย่อยที่สอดคล้องกับทฤษฎีก่อนที่จะให้ผู้เรียนทำการออกแบบสองครั้ง แล้วจึงใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นตัวนำไปสู่การจัดการกิจกรรมการเรียนการสอน กระบวนการดังกล่าวมีการเพิ่มเติมแนวคิดหลักการของโครงสร้างและหน้าที่ในระบบธรรมชาติ เข้าไปสู่การออกแบบเชิงวิศวกรรม ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสนำหลักคณิตศาสตร์ รวมถึงทฤษฎีทางฟิสิกส์และชีววิทยาไปใช้ในการประยุกต์ใช้ การจัดการเรียนรู้ลักษณะดังกล่าวจึงช่วยเสริมสร้างให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้จากหลากหลายศาสตร์ร่วมกัน (Interdisciplinary) สอดคล้องกับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่ม CESA5 Dr. Ginnette หนึ่งในผู้ที่ได้นำแนวคิด Biomimicry มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่า

“Biomimicry เปรียบเสมือนพื้นที่ซึ่งประกอบไปด้วยหลากหลายศาสตร์ร่วมกัน เพื่อให้ผู้เรียน ได้รู้จักการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และรู้สึกมีส่วนใกล้ชิดกับธรรมชาติ ” (Hooker, 2017, p.1)

เมื่อพิจารณาข้อกำหนดมาตรฐาน NGSS ในปี ค.ศ. 2013 ของสหรัฐอเมริกา พบว่าสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ มิติทางสังคม และวัฒนธรรมในการเรียนวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้องค์ความรู้ในการแก้ปัญหาสังคมที่มีความซับซ้อน (NGSS, 2013) แนวคิดเรื่องการแก้ปัญหายังย่นโดยอาศัยองค์ความรู้ทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมสอดคล้องกับการบูรณาการ Biomimicry ในการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นการผสมผสานหลากหลายศาสตร์ ไม่เพียงเฉพาะวิทยาศาสตร์ในสาขาต่างๆ เท่านั้น แต่ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนคำนึงถึงการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อสังคมและวัฒนธรรม เช่น การคำนึงถึงผลของเทคโนโลยีต่ออันตรายย้อนกลับทางสุขภาพและสุขภาพต่อมนุษย์ โดยอาศัยพื้นฐานความคิดที่คำนึงถึงความสัมพันธ์ที่โยงใยของสรรพสิ่งในธรรมชาติในการแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืน (Wahl, 2017)

สำหรับการประยุกต์กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน สามารถทำได้โดยสอดคล้อง เข้าไปในช่วงต่างๆ ของตารางเรียนปกติ การนำประเด็นของ Biomimicry มาใช้ในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา อาจนำมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในช่วงปลายของหลักสูตร (Lakose, 2015) เนื่องจากเป็นช่วงที่ผู้เรียนผ่านการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในเนื้อหาต่างๆ ที่หลากหลายจากชั้นปีที่ผ่านมา เช่น โครงสร้างทางชีวโมเลกุลและเซลล์ ระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) การปรับตัวกับสภาพแวดล้อม ทฤษฎีวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (Evolution) Chongsrid (2017) ได้สะท้อนว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ลึกซึ้งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการออกแบบโครงการนวัตกรรมสะเต็ม ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นความรู้เฉพาะสาขา แต่รวมถึงการผสมผสานและการเชื่อมโยงข้ามศาสตร์ ในโครงการ “Walking with the millipedes” ซึ่งเป็นการสร้างโมเดลการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน โครงการนี้อาศัยการนำศาสตร์ที่หลากหลาย ทั้งทางสรีรวิทยาในสัตว์ (Animal physiology) รวมถึงแรงและการเคลื่อนที่ (Force and movement) เพื่อประยุกต์ในการออกแบบโครงการที่เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ความรู้ความเข้าใจทางนิเวศวิทยาที่สะท้อนความเชื่อมโยงของสรรพสิ่งรวมถึงการสังเคราะห์ธรรมชาติเป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่ควรคำนึงถึง การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใกล้ชิดและเรียนรู้จากระบบนิเวศในท้องถิ่น โดยใช้ห้องเรียนในธรรมชาติให้เกิดประโยชน์เป็นแนวทางที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสนุกตื่นเต้น ก่อให้เกิดการเรียนรู้แนวคิดใหม่ๆจากธรรมชาติเพื่อประยุกต์ต่อการออกแบบนวัตกรรมได้ การเล่นและทำกิจกรรมกลางแจ้งจึงสามารถเป็นจุดเริ่มต้น และที่มาสู่การออกแบบและพัฒนาโครงการนวัตกรรมสะเต็ม เช่น การที่ผู้เรียนสังเกตลักษณะการเดินของไส้เดือนดินในช่วงฤดูฝน รวมถึงการสังเกตเห็นการกระจายของเมล็ดพันธุ์บางชนิดในธรรมชาติ ทั้งนี้บทบาทของครูในการทำหน้าที่แนะแนวทางและอำนวยความสะดวกเรียนรู้ ตั้งแต่ การกระตุ้นและสร้างแรงบันดาลใจ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนตั้งคำถาม รวมถึงการสร้างเชื่อมโยงระหว่างศาสตร์ ทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การออกแบบเชิงวิศวกรรม และความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างทางสังคม จึงเป็นตัวแปรสำคัญ ที่จะช่วยสนับสนุนและส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ให้ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Chongsrid, 2017; Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014)

การนำประเด็นของ Biomimicry มาใช้ในการศึกษาจึงถือเป็นวิธีการที่สอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ทบทวน ต่อยอด และนำองค์ความรู้จากหลากหลายศาสตร์มาใช้ร่วมกัน อีกทั้งยังเกิดการพัฒนาทักษะต่างๆ ตั้งแต่การบ่งชี้ปัญหา การออกแบบแนวทางการประยุกต์แนวทางการแก้ปัญหา และการประเมินถึงผลกระทบและความเสี่ยง จนสามารถเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่มีเข้ากับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบันได้ (Gardner, 2012; Hooker, 2017)

บทสรุป

การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา เป็นการผสมผสานทั้งแก่นสาระและเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์นำความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ที่เป็นจริงได้ การเรียนการสอนตามแนวทางของสะเต็มศึกษาจึงอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตั้งแต่การตั้งคำถาม การคิด วางแผน การผลิต จนไปถึงการปรับปรุงโดยใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เป็นแกนหลักในการต่อยอดไปสู่การสร้างสรรค์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการส่งเสริมการเรียนรู้และการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Education for Sustainable Development: ESD) ที่เชื่อมโยงมิติของเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเตรียมความพร้อม ให้ผู้เรียนสามารถรับมือให้เข้ากับสถานะของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง การนำเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติ ซึ่งถือเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการออกแบบนวัตกรรมจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการนำเอาหลักทฤษฎีทางด้านชีววิทยาที่ได้จากการสังเคราะห์จากธรรมชาติ รวมถึงการคำนวณทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์มาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดและแก้ปัญหา อีกทั้งยังเป็นการสร้างความรู้ความเข้าใจและเกิดความตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติ ทั้งในแง่ของคุณประโยชน์ที่มีต่อมนุษย์ในการผลิตเทคโนโลยีและ นวัตกรรม รวมถึงความสำคัญต่อความสมดุลในระบบนิเวศอีกด้วย

บรรณานุกรม

- จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒนา, วิชัย วงษ์ใหญ่, และ ศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตาม แนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 8(1) , 62-74.
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, 33(2), 49–56.
- สุธีระ ประเสริฐสรรค์. (2558). *สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย*. สงขลา: นาคิลโป้โฆษณา จำกัด.
- สรณรัชฎ์ กาญจนะวณิชย์. (2553). *Biomimicry เทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติ*. ค้นหามื่อ 26 มี.ค. 2561, จาก <http://www.web.greenworld.or.th/columnist/ecological/727>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2015). *PISA กับประเทศไทย: ความจริงที่ต้องยอมรับ*. ค้นหามื่อ 26 มี.ค. 2561 จาก <http://pisathailand.ipst.ac.th/issue-2017-18>.
- 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.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 Classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
- Chaumklang, K & Boontawee, S. (2016). *Workshop on a flood-fighting Boat: Unpacking ideas and principles behind the development of STEM activities*. The 3rd International Science, Mathematics and Technology Education Conference (ISMTEC). Bangkok Thailand.
- Chongsrid, R. (2017, March). *Biomimicry: An approach for innovative projects in high school*. New Perspectives in Science Education: 6th Edition Florence Italy. Padova: Webster press.
- Colucci-Gray, L., Perazzone, A., Dodman, M., & Camino, E. (2012). Science education for sustainability, epistemological reflections and educational practices: from natural sciences to trans-disciplinarity. *Cultural Studies of Science Education*, 8(1), 127-183.
- Dym, C. A., Eris, A. O., Frey, D., and Leifer, L. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94 (1), 103–20.
- Gardner, G. E. (2012). Using biomimicry to engage students in a design-based learning activity. *The American Biology Teacher*. 74(3). 182-184.
- Gross, L. J. (2004). Interdisciplinarity and the undergraduate biology curriculum: Finding a balance. *Cell Biology Education*. 3(2). 85.
- Honey, M., Pearson, G & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects and an agenda for educational research*. Washington, DC: National Academy press.
- Holbrook, J. (2009). Meeting challenges to sustainable development through science and technology. *Science Education International*. 20(1/2). 44-59.
- Holmgren, W. J. (2018). *Biomimicry and sustainable design: nature as engineering marvel*. Retrieved March 25, 2018, from https://www.teachengineering.org/lessons/view/van_biomimicry_lesson4.

- Hooker, G. (2017). *Think outside! Bringing nature into STE(A)M education with biomimicry*. Retrieved March 26, 2018, from <https://greenschoolsnationalnetwork.org/think-outside-bringing-nature-steam-education-biomimicry>.
- Jackson, R.B. (2007). Ecology. In Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L. Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. & Jackson, R. B. (Ed). *Biology* 8th edition. Sanfrancisco: Pearson.
- Karsai, I. & Kampis, G. (2010). The crossroads between Biology and Mathematics: The scientific method as the basics of scientific literacy. *BioScience*, 60(8), 632-638.
- Lakose, C. D. (2015). *The inclusion of engineering design into the high school biology curriculum*. University of Northern Iowa. Retrieved December 15, 2016, from <http://scholarworks.uni.edu/grp/75>.
- Lamberg, T., & Trzynadlowski, N. (2015). How STEM academy teachers conceptualize and implement STEM education. *Journal of Research in STEM Education*, 1(1), 45-58.
- NGSS Lead States (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, cross cutting concepts and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Ostler, E. (2012). 21st Century STEM Education: A Tactical model for long-range success. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(1). 28-33.
- Putwattana, N (2018). Integrative biology teaching and learning model based on STEM education. *ICSERTS 2018: 20th International Conference on Science Education, Research and Training in Schools*, Tokyo Japan.
- Reeve, E. M. (2016). Applying the engineering design problem in solving process. *The 3rd International Science, Mathematics and Technology Education Conference (ISMTEC)*, Bangkok Thailand.
- Resources for educators. (n.d.). *Biological institute*. Retrieved March 25, 2018 from <https://biomimicry.org/education>.
- Riechert, S. E. & Post, B. K. (2010). From skeletons to bridges & other STEM enrichment exercises for high school biology. *The American Biology Teacher*, 72(1), 20–22.
- Robeva, R. & Laubenbacher, R. (2009). Mathematical biology education: Beyond calculus. *Science*, 325, 542-543.
- Thompson, D. W. (1992). *On growth and form*. Mineola, NY: Dover Press.
- Wahib N. T. A. & Talib, O. (2017). Stem integration in classroom practices among biology teachers in Mara junior science college (MJSC). *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(4), 1030-1041.
- Wahl, D. C. (2017). *Bionics vs. biomimicry: from control of nature to sustainable participation in nature*. Retrieved March 21, 2018 from <https://medium.com/age-of-awareness/bionics-vs-biomimicry-from-control-of-nature-to-sustainable-participation-in-nature-b56e769c94f0>.