

## แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา

ชาติรี ฝ่ายคำตา<sup>1</sup> ณภัทร สุขนฤเศรษฐกุล<sup>2</sup> สหรัฐ ยุกย่อง<sup>3</sup> พงศธร ปัญญาหูกิจ<sup>4</sup>  
ธาดุช ประสพลาภ<sup>1</sup> กนกเทพ เมืองสง<sup>1</sup> จันทิมา นิลอุบล<sup>1</sup> และณมน น่วมเจริญ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900;

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา นักวิชาการอิสระ กรุงเทพฯ 10800;

<sup>3</sup>โรงเรียนสิริรัตนาร กรุงเทพฯ 10260; <sup>4</sup>โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย 2 สงขลา 90110

E-mail: Naphat.suk@ku.th

รับบทความ: 17 มิถุนายน 2565 แก้ไขบทความ: 27 กันยายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 3 ตุลาคม 2565

### บทคัดย่อ

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ต่างประเทศทั่วโลกใช้พัฒนาผู้เรียนให้เป็นนักแก้ปัญหาและนวัตกรรม โดยมีเป้าหมายเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนเป็นพลเมืองที่มีสมรรถนะต่อการดำรงชีพในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในโลกยุคดิจิทัล ถึงแม้ว่าสะเต็มศึกษาเข้ามามีบทบาทสำคัญในประเทศไทยตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2557 อย่างไรก็ตามยังคงมีปัญหาที่ฝังรากลึกมาตลอด คือ หลักสูตรและแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาส่วนใหญ่ยังไม่สามารถสร้างเสริมศักยภาพเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดกระบวนการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรมจากบริบทชีวิตจริงที่ครอบคลุมมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม กอปรกับในปัจจุบันรัฐบาลไทยพยายามดำเนินการขับเคลื่อนประเทศด้วยโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี โดยโมเดลดังกล่าวมีเป้าหมายที่ตอบโจทย์ประเด็นท้าทายในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมให้เกิดความสมดุล เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ดังนั้นบทความวิชาการฉบับนี้ คณะผู้ประพันธ์จึงขอเสนอกรอบแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดใหม่สำหรับภาคการศึกษาที่มีการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีและสะเต็มศึกษาเข้าด้วยกันเพื่อช่วยยกระดับการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของผู้เรียนให้สอดคล้องกับการขับเคลื่อนประเทศด้วยโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีอย่างเป็นรูปธรรม และพัฒนาผู้เรียนให้เกิดสมรรถนะหลักที่สอดคล้องกับการศึกษาฐานสมรรถนะเพื่อนำไปสู่การเป็นผู้มีสุขภาวะต่อไป

**คำสำคัญ:** สะเต็มศึกษา โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี การพัฒนาอย่างยั่งยืน การมีสุขภาวะ สมรรถนะหลัก

## A Conceptualization of STEM–BCG for Education

Chatree Faikhamta<sup>1</sup>, Naphat Suknarusaithagul<sup>2\*</sup>, Saharad Yokyong<sup>3</sup>,  
Pongsaton Panyanukit<sup>4</sup>, Tharueseon Prasoplarb<sup>1</sup>, Kanoktep Muangsong<sup>1</sup>,  
Janthima Ninubon<sup>1</sup> and Namon Nuamcharoen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Science Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand;

<sup>2</sup>Division of Science Education, Independent Scholar, Bangkok 10800, Thailand;

<sup>3</sup>Sirirattanathorn School, Bangkok 10260, Thailand; <sup>4</sup>Hatyaiwittatyalai 2 School, Songkhla 90110, Thailand

\*E-mail: Naphat.suk@ku.th

Received: 17 June 2022 Revised: 27 September 2022 Accepted: 3 October 2022

### Abstract

STEM education is a learning approach widely used for developing students to become problem solvers and innovators. Its objectives are to empower students to be citizens prepared to live in the real world and have the competencies required for careers in the digital transformation era. Even though STEM education has played a significant role in Thailand education since 2012, it has been plagued by deep-seated problems, as the STEM curriculum and approach have failed to support students' performances in problem-solving and innovation in authentic contexts including the economy, society, and environment. In addition, Thai's government launches the BCG economy model aiming at developing the country to a balanced economy, society, and environment with sustainable development. This article aims to present the STEM BCG model, which is an innovative framework for education. This framework is expected to raise the level of STEM education that follows the economic policy of the Thai government through empirical action and improve students' core competencies which are based on competency-based education, leading to well-being.

**Keywords:** STEM education, BCG economy model, Sustainable development, Well-being, Core competencies

### บทนำ

สะเต็มศึกษา (STEM education) เป็น  
แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีบทบาทสำคัญในการ

ยกระดับคุณภาพของผู้เรียนให้เป็นพลเมืองที่มี  
ความพร้อมต่อการดำรงชีพในชีวิตจริง และมี  
สมรรถนะในประกอบอาชีพในโลกยุคดิจิทัล (Boon

Ng, 2019; Jang, 2016; Kelley and Knowles, 2016) สำหรับประเทศไทยสะเต็มศึกษาถูกขับเคลื่อนให้มีบทบาทต่อภาคการศึกษาตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2557 จนถึงปัจจุบัน (Promboon *et al.*, 2018) โดยมีเป้าหมายในการเตรียมกำลังคนเพื่อตอบสนองความท้าทายและการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน (Ladachart *et al.*, 2019; Promboon *et al.*, 2018) แนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) ที่มุ่งเน้นการขับเคลื่อนประเทศด้วยนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ในการผลิตสินค้าและบริการ โดยนโยบายดังกล่าวมุ่งเน้นการปฏิรูปโครงสร้างเศรษฐกิจที่เน้นการสร้างมูลค่า (value-based economy) ด้วยการพัฒนาพลเมืองให้มีสมรรถนะแรงงานที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านของสะเต็มศึกษา รวมถึงเป็นนักนวัตกรรม (innovator) ที่มีศักยภาพสามารถแข่งขันในสังคมโลกได้อย่างมีศักยภาพ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (The National Economic and Social Development Board, 2018) ดังนั้นภาคการศึกษาจึงเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่สำคัญในการเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียน เพื่อที่จะเป็นพลเมืองที่มีศักยภาพในการขับเคลื่อนและยกระดับประเทศให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ยุทธศาสตร์ชาติกำหนดไว้ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาในประเทศไทยทำให้ได้ข้อค้นพบว่า ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา หลักสูตรสะเต็มศึกษายังไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในบริบทชุมชนและสังคมเท่าที่ควร เนื่องมาจากปัญหาการออกแบบหลักสูตรและความเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้สอนเกี่ยวกับลักษณะของการ บูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ สำหรับแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา รวมถึง

การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่วนใหญ่มุ่งเน้นการออกแบบกิจกรรมสะเต็มที่ให้ผู้เรียนแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาทั่วไปซึ่งจำกัดอยู่ภายในชั้นเรียน (Kaewklom *et al.*, 2018; Ladachart *et al.*, 2019) โดยผู้สอนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจและมุมมองเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในเรื่องนิยาม เป้าหมายที่คาดหวัง นอกจากนี้ลักษณะกิจกรรมสะเต็ม ตัวอย่างเช่น กิจกรรมต่อหลอดเพื่อทำเป็นปราสาทหรือสะพาน ยังไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนแก้ปัญหาและประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการจากในชั้นเรียนไปสู่สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง (real-world problems) ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับบริบทชีวิตจริงในชุมชนและสังคมของผู้เรียนที่มีความหลากหลายของมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจหลักของแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (Ladachart *et al.*, 2019) จะเห็นได้ว่า กิจกรรมสะเต็มส่วนใหญ่ยังไม่ส่งเสริมผู้เรียนให้ไปสู่การเป็นนักนวัตกรรมได้ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร รวมถึงยังไม่สามารถตอบเป้าหมายการพัฒนาสมรรถนะที่สำคัญในการแก้ปัญหาและสมรรถนะที่สำคัญในการประกอบอาชีพในอนาคตตามนโยบายประเทศไทย 4.0 ที่สามารถนำไปสู่ความยั่งยืนในด้านทรัพยากรและการเป็นพลเมืองที่มีสุขภาวะ ซึ่งจัดเป็นประเด็นท้าทายสำคัญของยุทธศาสตร์ชาติ (The National Economic and Social Development Board, 2018)

ตามที่กล่าวไปในข้างต้นเกี่ยวกับภาพรวมของภาคการศึกษาในประเทศไทยและเป้าหมายตามยุทธศาสตร์ชาติแสดงให้เห็นว่า ประเด็นท้าทายที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืนในด้านทรัพยากรและการมีสุขภาวะเป็นประเด็นสำคัญที่นานาชาติ

ใช้พัฒนาคุณภาพชีวิตของพลเมือง (OECD, 2013) ซึ่งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับประเด็นท้าทายนี้เป็นอย่างมาก ฉะนั้นตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2564 เป็นต้นมา รัฐบาลไทยได้เสนอแผนการบูรณาเศรษฐกิจสามมิติที่สามารถสนับสนุนโครงสร้างเศรษฐกิจที่เน้นการขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม โดยแผนบูรณาการเศรษฐกิจดังกล่าวจัดเป็นวาระแห่งชาติที่นำไปสู่เป้าหมายของประเด็นท้าทายตามที่คาดหวังให้ประสบความสำเร็จ แผนการบูรณาเศรษฐกิจสามมิตินี้ถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (BCG economy model) ซึ่งเป็นโมเดลเศรษฐกิจที่ประกอบด้วย การขับเคลื่อนของเศรษฐกิจชีวภาพ (bio-economy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (green economy) ไปอย่างพร้อม ๆ กัน (Ministry of Higher Education, Science, Research, and Innovation, 2022)

จากปัญหาสะเต็มศึกษาที่ผ่านมาสะท้อนให้เห็นว่า สะเต็มศึกษาในประเทศไทยยังไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นพลเมืองที่สอดคล้องตามเป้าหมายของนโยบายชาติได้เท่าที่ควร ปัจจัยที่สำคัญคือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของภาคการศึกษาเกี่ยวกับการนำสะเต็มศึกษามาใช้ในหลายประเด็นไม่ว่าจะเป็นด้านการใช้และออกแบบหลักสูตร รวมทั้งความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้สอนหรือลักษณะการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ (Kaewklom *et al.*, 2018; Suriyabutr and Williams, 2021) กอปรกับในปัจจุบันมีขับเคลื่อนการบูรณาการเศรษฐกิจผ่านโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ดังนั้นจากการตรวจสอบและสังเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง รวมถึงประสบการณ์การวิจัยของคณะผู้นิพนธ์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาทั้งในประเทศ

ไทยและต่างประเทศตลอดระยะเวลาเกือบ 9 ปีที่ผ่านมา (Khamput *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2020; Promboon *et al.*, 2018) คณะผู้นิพนธ์พบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสำคัญของแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (key features of STEM education and BCG economy model) ตัวอย่างเช่น การใช้ลักษณะของสถานการณ์จริงในชุมชนมาเป็นชุดปรากฏการณ์ในกิจกรรมสะเต็มเพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างนวัตกรรมจากทรัพยากรที่มีอยู่ในชุมชน เพื่อกลับแก้ปัญหาและเพิ่มรายได้ให้ชุมชน ลักษณะดังกล่าวสามารถถอดช่องโหว่ของปัญหาที่ฝังรากลึกในภาคการศึกษาตามที่กล่าวไปข้างต้น จากความสัมพันธ์ดังกล่าวคณะผู้นิพนธ์สังเคราะห์ข้อค้นพบออกมาเป็นกรอบแนวคิดใหม่เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาที่เรียกว่า แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา (STEM-BCG for education) ซึ่งคณะผู้นิพนธ์พบว่า ภาคการศึกษาขณะนี้ยังไม่มีการออกแบบที่แสดงให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างสะเต็มศึกษาและโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีที่มีวัตถุประสงค์เพื่อบรรลุเป้าหมายท้าทายของประเทศให้ประสบความสำเร็จ ดังนั้นแนวคิดดังกล่าวเป็นอีกหนึ่งแนวทางสำหรับภาคการศึกษาในการนำไปใช้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนตอบโจทย์เป้าหมายผ่านการพัฒนาสมรรถนะหลัก (core competencies) ของผู้เรียนด้วยมุมมองการบูรณาการข้ามศาสตร์ตามลักษณะของสะเต็มบีซีจีเพื่อนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของนโยบายชาติและนำไปสู่การเป็นพลเมืองที่มีสุขภาวะ (well-being) ต่อไป

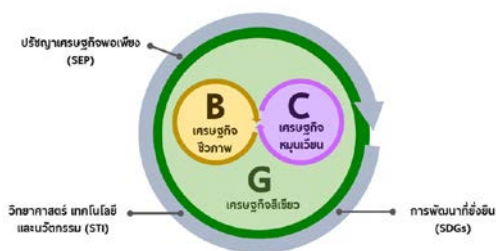
**โมเดลเศรษฐกิจบีซีจีเพื่อการเป็นพลเมืองที่มีสุขภาวะ**

ตั้งแต่ช่วงต้นปีพุทธศักราช 2564 จนถึง

ปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายขับเคลื่อนโมเดลเศรษฐกิจใหม่เพื่อนำประเทศให้ก้าวสู่นโยบายประเทศไทย 4.0 อย่างเป็นรูปธรรม โดยอาศัยฐานความเข้มแข็งของประเทศไทยที่ประกอบด้วยความหลากหลายทางชีวภาพและความหลากหลายทางวัฒนธรรม เพื่อยกระดับมูลค่าสินค้าและบริการของประเทศ ผ่านการบูรณาการเศรษฐกิจสามมิติที่เรียกว่า “โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (BCG economy model)” ซึ่งรัฐบาลให้ความสำคัญในการนำแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจดังกล่าวมาใช้เป็นยุทธศาสตร์ในการส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (innovation-driven economy) โดยยกระดับการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม (science technology and innovation: STI) (Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 2019) เพื่อให้พลเมืองไทยมีศักยภาพทัดเทียมนานาชาติประเทศสามารถแข่งขันในระดับโลก รวมถึงทำให้เกิดการกระจายรายได้สู่ชุมชน เสริมสร้างชุมชนให้เกิดความเข้มแข็ง และลดปัญหาความเหลื่อมล้ำที่เกิดขึ้นในสังคมไทยภายใต้การคำนึงประเด็นสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนของระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมควบคู่กันอย่างสมดุล โดยโมเดลดังกล่าวมุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจตั้งแต่ระดับรากฐานไปสู่ระดับภูมิภาคและระดับโลก ผ่านการพัฒนาสาขายุทธศาสตร์ทั้ง 4 ด้านประกอบด้วย 1) ด้านเกษตรและอาหาร 2) ด้านสุขภาพ และการแพทย์ 3) ด้านพลังงาน วัสดุและเคมีชีวภาพ และ 4) ด้านการท่องเที่ยวและเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (Ministry of Higher Education, Science, Research, and Innovation, 2022; Bioeconomy Research Community Circular Economy and Green Economy, 2018) เมื่อพิจารณาถึงลักษณะ

สำคัญของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีทำให้ทราบว่าวัตถุประสงค์หลักของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีเน้นความสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจโดยการสร้างมูลค่าเพิ่มควบคู่กับการพัฒนาสังคมและการรักษาฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ (sustainable development goals: SDGs) รวมทั้งสอดคล้องกับปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (sufficiency economy philosophy: SEP) (Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 2019) ดังนั้นโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีจึงเป็นโมเดลเศรษฐกิจกระแสใหม่ที่มีแนวคิดในการเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวม โดยแสดงความเชื่อมโยงระหว่างมิติด้าน 1) เศรษฐกิจชีวภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับแนวคิดการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับทรัพยากรและวัตถุดิบทางชีวภาพ 2) เศรษฐกิจหมุนเวียน ซึ่งเกี่ยวข้องกับแนวคิดการนำทรัพยากรมาใช้หมุนเวียนและทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ภายใต้ 3) เศรษฐกิจสีเขียว ซึ่งเกี่ยวข้องกับแนวคิดการคำนึงถึงความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม (Bioeconomy Research Community Circular Economy and Green Economy, 2018) แสดงความสัมพันธ์ดังภาพที่ 1 โดยแต่ละมิติของโมเดลเศรษฐกิจแสดงลักษณะสำคัญตามตาราง 1

ตามที่อธิบายไปข้างต้นจะเห็นว่า โมเดลเศรษฐกิจบีซีจีเป็นรูปแบบเศรษฐกิจที่สามารถส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการในชุมชนให้มีมูลค่าสูงขึ้น เพื่อพัฒนาพลเมืองให้มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นเกิดการกระจายรายได้ไปสู่ชุมชนนำไปสู่การเป็นพลเมืองที่มีสุขภาวะ อย่างไรก็ตามรูปแบบเศรษฐกิจดังกล่าว นอกจากคำนึงถึงคุณภาพชีวิตของพลเมืองแล้วยังให้ความสำคัญเกี่ยว-



ภาพที่ 1 โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

ดัดแปลงจาก: Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 2019

กับทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ซึ่งโมเดลดังกล่าวสามารถตอบสนองสถานการณ์ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น การคำนึงผลกระทบของสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางอุตสาหกรรม

ตาราง 1 ลักษณะสำคัญของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

เศรษฐกิจชีวภาพ	เศรษฐกิจหมุนเวียน	เศรษฐกิจสีเขียว
ระบบเศรษฐกิจที่ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพให้มีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืนทั้งวัตถุดิบ และทรัพยากรธรรมชาติ มาพัฒนาให้เกิดมูลค่าในด้านสินค้าและบริการ รวมถึงให้พลังงานทางชีวภาพ ผ่านการอาศัยนำความรู้และนวัตกรรม ด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ	ระบบเศรษฐกิจที่มีกระบวนการผลิตและการเลือกใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติอย่างชาญฉลาดให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่ามากที่สุด และเกิดของเสียน้อยที่สุดในกระบวนการผลิตผ่านหลักการสร้างความสมดุลของทรัพยากร	ระบบเศรษฐกิจที่เน้นความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ผ่านหลักการปรับปรุงการดำรงชีวิตและความเท่าเทียมของพลเมืองและสังคม โดยหลักการดังกล่าวต้องคำนึงถึงความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศเป็นหลัก

ที่มา: Bioeconomy Research Community Circular Economy and Green Economy, 2018

### แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา

แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา เป็นแนวคิดที่คณะผู้นิพนธ์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาและโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีออกมาแสดงในเชิงประจักษ์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะหลักและนำไปสู่การเป็นผู้มีสุขภาวะ กล่าวคือ โมเดลเศรษฐกิจบีซีจีจัดเป็นรากฐาน

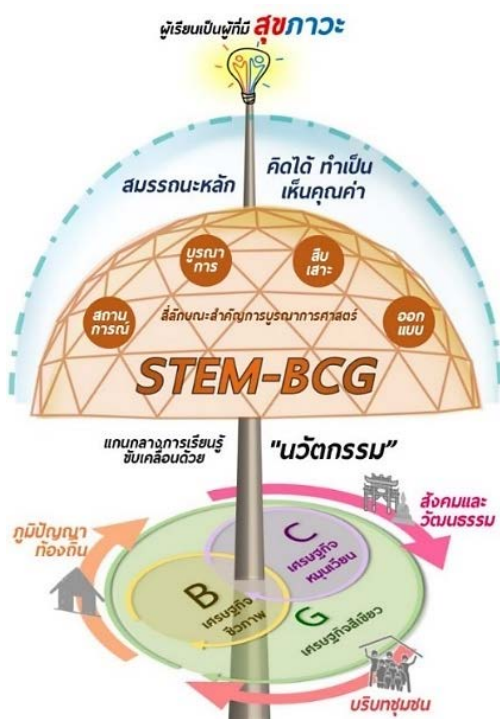
กรรม หรือการลดการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับโลกที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก จะเห็นได้ว่าโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้พลเมืองมีสุขภาวะในการดำรงชีพในบริบทชีวิตจริง เมื่อพิจารณาในภาคการศึกษาและปัญหาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า โมเดลเศรษฐกิจบีซีจีเป็นรากฐานสำคัญที่ภาคการศึกษาจำเป็นต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกสำหรับการออกแบบหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน การพัฒนาสมรรถนะหลัก และการมีสุขภาวะของผู้เรียน

สำคัญของสะเต็มศึกษาที่ต้องอาศัยการขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะหลักซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาฐานสมรรถนะ (competency-based education) ตามแนวคิด “คิดเป็น ทำเป็น เห็นคุณค่า” จนนำไปสู่การเป็นผู้มีสุขภาวะ แนวคิดนี้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดรอบการศึกษาเพื่อ

พัฒนาอย่างยั่งยืน (education for sustainable development: ESD) (Pache and Lausset, 2022) และกรอบแนวคิดของ Kereluik *et al.* (2013) ซึ่งเสนอความรู้ในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยแบ่งความรู้ออกเป็น 3 มิติ คือ 1) ความรู้พื้นฐาน (fundamental knowledge) ที่ผู้เรียนต้องรู้ซึ่งครอบคลุมถึงความรู้ในเนื้อหา ความรู้ในการบูรณาการ และความรู้ในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) 2) ความรู้ด้านเหตุผล (meta knowledge) เป็นความรู้ที่เน้นด้านการลงมือปฏิบัติ ซึ่งผู้เรียนต้องได้ลงมือทำ สร้างสรรค์ แก้ปัญหา คิดอย่างมีวิจักษณ์ญาณ สื่อสาร และทำงานร่วมกัน ส่วนนี้จะเห็นได้ว่าเป็นส่วนที่เน้นการเรียนรู้ของผู้เรียนผ่านกระบวนการ และ 3) ความรู้ด้านมนุษยวิทยา (humanistic knowledge) เป็นความรู้ที่ทำให้ผู้เรียนได้มองเห็นคุณค่า ส่งเสริมให้เกิดทักษะชีวิต ความตระหนัก จริยธรรม และสมรรถนะด้านวัฒนธรรม จากกรอบแนวคิดดังกล่าวทำให้เห็นความเชื่อมโยงของแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาที่สะท้อนให้เห็นถึงการบูรณาการองค์ความรู้ทั้งสามด้าน โดยจะไม่ได้มุ่งแต่ความรู้ในเนื้อหาหรือกระบวนการ แต่จะเป็นการเชื่อมโยงในการผลิตหรือสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อตอบโจทย์บริบทชีวิตจริงของพลเมืองในสังคมโดยคำนึงถึงวัฒนธรรม กล่าวได้ว่า แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาเป็นแนวคิดที่เน้นการพัฒนาการเรียนรู้แบบองค์รวม (holistic approach) ของผู้เรียน (Pache and Lausset, 2022) ตามแนวคิดของ ทฤษฎีการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง (transformative learning theory) ซึ่งเน้นการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมาย สามารถเปลี่ยนแปลงเจตคติ คุณภาพชีวิตในทุก ๆ มิติตามที่กล่าวข้างต้น ซึ่งแนวคิดนี้อุปมา

อุปมาไม่เหมือนตั้งสะพานที่สามารถเชื่อมโลกของ ทฤษฎีการศึกษาและโลกของการปฏิบัติให้เกิดขึ้นจริงผ่านแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (Taylor, 2020) จากแนวคิดข้างต้น คณะผู้นิพนธ์เสนอกรอบแนวคิดดังกล่าวออกมาในลักษณะของโมเดลการเรียนรู้ในลักษณะของแผนภาพรูปร่ม ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพรวมของกรอบแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา เมื่อพิจารณาตามภาพที่ 2 ประกอบด้วย 5 ส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ ส่วนที่ 1 ฐานของโมเดลเป็นส่วนที่สะท้อนการบูรณาการเศรษฐกิจสามมิติ (บีซีจี) โดยมิติต่าง ๆ ของโมเดลเศรษฐกิจขับเคลื่อนระหว่างบริบทชุมชน ภูมิปัญญาท้องถิ่น ร่วมกับสังคมและวัฒนธรรม ส่วนที่ 2 แกนกลางของโมเดล เป็นส่วนที่สะท้อนความเชื่อมโยงของกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนที่อาศัยการขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ผ่านการเชื่อมต่อระหว่างส่วนฐานโมเดลที่สะท้อนการบูรณาการเศรษฐกิจสามมิติไปสู่ส่วนยอดของโมเดล ซึ่งเป็นเป้าหมายสูงสุดของสะเต็มบีซีจี ส่วนที่ 3 โครงร่างชั้นในของโมเดลเป็นส่วนที่สะท้อนลักษณะสำคัญในการบูรณาการศาสตร์ระหว่างสะเต็มศึกษาเข้ากับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (STEM-BCG) ผ่าน 4 ลักษณะสำคัญ ส่วนที่ 4 โครงร่างชั้นนอกเป็นส่วนที่สะท้อนสมรรถนะหลักที่ผู้เรียนพึงจะได้รับจากสะเต็มบีซีจี เพื่อที่สามารถนำไปสู่ ส่วนที่ 5 ส่วนยอดของโมเดล ซึ่งเป็นเป้าหมายสูงสุดของสะเต็มบีซีจีที่ต้องการเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้มีสุขภาวะหลังจากผู้เรียนเกิดสมรรถนะหลัก นอกจากนี้ในส่วนที่ 4 ยังครอบคลุมไปถึงการแสดงขอบเขตศักยภาพที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนซึ่งสามารถกลับมาสร้างประโยชน์ให้กับชุมชนและสังคมอย่างยั่งยืน กล่าวคือ นวัตกรรมการเรียนรู้



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา

ของผู้เรียนส่งผลให้เกิดการกระจายรายได้กลับไปสู่ชุมชน ลดความเหลื่อมล้ำ และทำให้ชุมชนเข้มแข็ง ซึ่งในที่นี่อุปมาอุปไมยเช่นเดียวกับร่มเงาที่ได้จากโครงร่มชั้นนอกปกคลุมบริบทชุมชนและสังคมที่ผู้เรียนอาศัยอยู่ ซึ่งเป็นการสร้างภูมิคุ้มกันให้กับชุมชน จากภาพรวมที่กล่าวไปข้างต้นเกี่ยวกับ 5 ส่วนประกอบตามกรอบแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา มีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

### ส่วนที่ 1 ฐานของโมเดล

ฐานของโมเดลเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาโดยจัดเป็นพื้นฐานสำคัญของสะเต็มบีซีจี ซึ่งถูกสร้างขึ้นผ่านมุมมองแนวคิดการบูรณาการเศรษฐกิจสามมิติตามโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีเพื่อเป็นพื้นฐานในการขับเคลื่อนภูมิปัญญาท้องถิ่น

ชุมชน และสังคมให้เกิดขึ้นเชิงรูปธรรม กล่าวคือ ลักษณะสำคัญของสถานการณ์ปัญหาในสะเต็มบีซีจีเป็นฐานสำคัญที่จะขับเคลื่อนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในบริบทชีวิตจริงของผู้เรียน (authentic context) (Boon Ng, 2019; Kelley and Knowles, 2016) ซึ่งเฉพาะเจาะจงและสอดคล้องกับลักษณะของบริบทการบูรณาการเศรษฐกิจมิติต่าง ๆ ได้แก่ 1) เศรษฐกิจชีวภาพ สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวข้องกับบริบทการพัฒนาเศรษฐกิจที่อาศัยความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรมแต่ละท้องถิ่นในการสร้างความเข้มแข็งเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และบริการของชุมชน 2) เศรษฐกิจหมุนเวียน สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวข้องกับบริบทการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในแต่ละท้องถิ่นเพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุดเท่าที่ชุมชนสามารถทำได้ และ 3) เศรษฐกิจสีเขียว สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวข้องกับบริบทการพัฒนาเศรษฐกิจที่ไม่ก่อให้เกิดสารเคมีปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น สถานการณ์การส่งออกมะม่วงจากประเทศไทยไปต่างประเทศที่พบปัญหามะม่วงสุกก่อนอย่างรวดเร็วก่อนกำหนดจากสถานการณ์ข้างต้นผู้เรียนต้องพิจารณาลักษณะของบริบทชีวิตจริงของตนเองเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางการแก้ปัญหา โดยพิจารณาว่าในชุมชนมีวัสดุอะไรที่สามารถแก้ปัญหามะม่วงสุกได้ รวมถึงกระบวนการผลิตที่ผู้เรียนนำมาใช้ต้องเกิดของเสียไปสู่สิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด จะเห็นได้ว่าบริบทตามโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีเป็นบริบทที่มีความเฉพาะเจาะจงกับชุมชน สังคมและวัฒนธรรม รวมถึงภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งเป็นสถาน-



การณปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตจริงที่ครอบคลุมถึงด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งแตกต่างจากสถานการณ์ปัญหาของสะเต็มศึกษาที่ผ่านมาที่จำกัดอยู่แต่เพียงในห้องเรียนเท่านั้น ตัวอย่างเช่น สถานการณ์การประดิษฐ์ของเล่นวิทยาศาสตร์ สถานการณ์ปัญหาดังกล่าวมีเป้าหมายนั้นให้ผู้เรียนเกิดความสุขในการเรียนรู้เท่านั้นแต่ยังไม่สามารถนำไปสู่บริบทชีวิตจริงได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวไม่ได้ให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการเพื่อแก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริง ส่งผลทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับจากโรงเรียนไปสู่บริบทชีวิตจริงที่ทำนายตัวผู้เรียนและการประกอบอาชีพในอนาคต สำหรับแนวทางการแก้ปัญหาลักษณะสถานการณ์ปัญหาตามที่กล่าวไปข้างต้นตามแนวคิดสะเต็มบีซีจี สถานการณ์ปัญหาที่ดีควรเป็นสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนประดิษฐ์ของเล่นวิทยาศาสตร์จากวัสดุในท้องถิ่นเพื่อเป็นสินค้าที่แสดงความเป็นเอกลักษณ์ให้แก่ชุมชน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สถานการณ์ปัญหาที่อ้างอิงตามบริบทชีวิตจริงในโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีจึงจัดเป็นรากฐานสำคัญที่สามารถขับเคลื่อนการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีสมรรถนะที่สำคัญส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสุขภาวะจากการเรียนรู้ไปสู่เป้าหมายที่คาดหวังได้อย่างแท้จริง

## ส่วนที่ 2 แกนกลางของโมเดล

แกนกลางของโมเดลเกี่ยวข้องกับการขับเคลื่อนกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งถูกสร้างขึ้นจากมุมมองที่ว่าผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ตามรากฐานทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มสรรคนิยม (constructivist theory) ที่เน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ โดยอาศัยการที่ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้

ใหม่ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหาและออกแบบนวัตกรรม (Kelley and Knowles, 2016) ที่สามารถแก้ปัญหาหรือตอบโจทย์สถานการณ์ปัญหาตามบริบทชีวิตจริงของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีผ่านกระบวนการเรียนรู้ จนกระทั่งพัฒนาผู้เรียนไปสู่การเป็นผู้มีสุขภาวะ อาจกล่าวได้ว่าผู้เรียนถูกขับเคลื่อนผ่านนวัตกรรมการเรียนรู้ (learning innovation) นวัตกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวเปรียบเสมือนเป็นแกนกลางสำคัญของโมเดลที่เชื่อมโยงตั้งแต่ฐานจนไปสู่ยอดสูงสุดของโมเดลซึ่งเป็นจุดหมายที่ให้ผู้เรียนไปถึงได้อย่างประสบความสำเร็จ นวัตกรรมการเรียนรู้มีส่วนสำคัญในสะเต็มบีซีจีในการยกระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนจากระดับเบื้องต้นที่เน้นการเป็นผู้ใช้งาน (user) ไปสู่ระดับเชี่ยวชาญได้ในเชิงการเป็นนักนวัตกรรม (innovator) ที่สามารถแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมตอบสนองความต้องการของสังคม (Boon Ng, 2019) นวัตกรรมการเรียนรู้ในสะเต็มบีซีจีภายใต้ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มสรรคนิยมเน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเชิงปฏิบัติเน้นการโต้ตอบและมีส่วนร่วมของการพัฒนาองค์ความรู้ด้วยตนเองในการแก้ปัญหาและออกแบบในแง่ของผลลัพธ์ (products) และกระบวนการ (process) ให้เกิดควบคู่ซึ่งกันและกัน รวมถึงเกิดกระบวนการตัดสินใจที่เกี่ยวกับการเรียนรู้และการปฏิบัติให้ออกมาเป็นนวัตกรรมการแก้ปัญหา (Boon Ng, 2019; Tan *et al.*, 2022) โดยอาศัยความรู้เทคโนโลยี นวัตกรรม ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับบริบทของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (ฐานร่วม) พบว่ากระบวนการดังกล่าวสามารถตอบสนองความต้องการที่เกิดขึ้นของบริบทชีวิตจริงตามเศรษฐกิจสามมิติ ตัวอย่างเช่น แนวทางการแก้ปัญหาต้องตอบโจทย์ความต้องการของบริบทชุมชน

โดยคำนึงประเด็นสิ่งแวดล้อมหรือไม่ รวมถึงการส่งเสริมความตระหนักผ่านการสร้างกระบวนการทางสติปัญญาขั้นสูง (higher order cognitive processes) ตัวอย่างเช่น ลักษณะของผลลัพธ์ที่นำมาใช้แก้ปัญหาที่มีความจำเป็นต่อชุมชนอย่างไร ผลลัพธ์ที่นำมาใช้ต้องอาศัยการใช้ความรู้หรือกระบวนการในศาสตร์ใดเพื่อทำให้สำเร็จ รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากกระบวนการแก้ปัญหาเป็นอย่างไร จากที่กล่าวไปข้างต้นแสดงให้เห็นว่านวัตกรรมการเรียนรู้ในสะเต็มบีซีจีเน้นกระบวนการให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมภายใต้บริบทของเศรษฐกิจสามมิติ ซึ่งนวัตกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวจะส่งเสริมให้ตัวผู้เรียนเกิดสมรรถนะหลักที่สอดคล้องกับความคาดหวังของการศึกษาฐานสมรรถนะจนกระทั่งสามารถนำไปสู่การเป็นผู้มีสุขภาวะต่อไป อย่างไรก็ตามการไปสู่เป้าหมายที่คาดหวังได้นวัตกรรมการเรียนรู้ต้องอาศัยวิธีการพัฒนาผู้เรียนผ่านลักษณะสำคัญของสะเต็มบีซีจี

### ส่วนที่ 3 โครงร่างชั้นในของโมเดล

โครงร่างชั้นในเกี่ยวข้องกับลักษณะสำคัญของสะเต็มบีซีจีที่จำเป็นต้องพิจารณาในเชิงการจัดประสบการณ์ หรือกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งถูกสร้างขึ้นผ่านมุมมองการพัฒนาผู้เรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ (แกนกลางของโมเดล) โดยอาศัยลักษณะสำคัญของสะเต็มบีซีจี ซึ่งประกอบด้วย 4 ลักษณะสำคัญดังนี้

#### 1. สถานการณ์ที่มีความจำเพาะนำมาซึ่งนวัตกรรม

สถานการณ์ (situations) ในสะเต็มบีซีจีช่วยขับเคลื่อนให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการแก้ปัญหา ออกแบบ และสร้างนวัตกรรมผ่าน

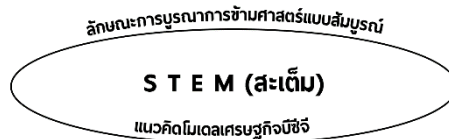
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของสะเต็มบีซีจีได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้นการกำหนดสถานการณ์ (learning situations problem determination) ของสะเต็มบีซีจีจำเป็นต้องเป็นสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเฉพาะเจาะจงที่อยู่ภายใต้บริบทชีวิตจริงที่ครอบคลุมด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับวิถีชีวิตของผู้เรียนตามบริบทของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีที่มีความจำเพาะ สถานการณ์ลักษณะดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์เรียนรู้จากการปฏิบัติทางสะเต็มศึกษาที่แท้จริง (actual STEM practice) (Kelley and Knowles, 2016) ส่งผลทำให้แนวทางการแก้ปัญหาที่จะเกิดขึ้นในลำดับถัดไปแสดงความเป็นเอกลักษณ์ หรือวัฒนธรรมเฉพาะของชุมชนที่สอดแทรกความเป็นท้องถิ่น ซึ่งเป็นจุดเด่นให้กับนวัตกรรมแก้ปัญหาในแง่การเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าและบริการที่ตอบโจทย์ตามสาขายุทธศาสตร์ของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี จะเห็นได้ว่า สถานการณ์ข้างต้นแตกต่างจากสถานการณ์ปัญหาของสะเต็มศึกษาโดยทั่วไปที่เป็นสถานการณ์ปัญหาที่หยิบยกขึ้นมาในระดับชั้นเรียนเท่านั้น กล่าวคือ สถานการณ์ในสะเต็มบีซีจีต้องเป็นสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในบริบทชีวิตจริงที่มีลักษณะของปัญหาที่ไม่ตายตัว (ill-structured problem) ต้องอาศัยวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายผ่านการบูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ ที่สามารถทำให้เกิดการแก้ปัญหาอย่างเป็นรูปธรรม รวมถึงแสดงความเฉพาะเจาะจงของบริบทชีวิตจริงในแต่ละท้องถิ่นซึ่งมีความแตกต่างกัน สถานการณ์ดังกล่าวจึงช่วยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเลือกใช้ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นและภูมิปัญญาท้องถิ่นของตนเองมาใช้ในการแก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่งเสริม

ความตระหนักและเห็นคุณค่าของความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรมของท้องถิ่นมาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดนวัตกรรมที่ยั่งยืนสร้างรายได้ ลดความเหลื่อมล้ำ รวมถึงยกระดับเศรษฐกิจจากชุมชน ไปสู่ท้องถิ่น ไปสู่ระดับชาติและนานาชาติได้ต่อไป

## 2. การบูรณาการระหว่างศาสตร์เพื่อนำมาซึ่งนวัตกรรม

สะเต็มบีซีจีอาศัยการเรียนรู้ผ่านการบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจัดเป็นหัวใจของแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และกระบวนการจากศาสตร์ต่าง ๆ เหล่านี้ไปดำเนินการแก้ปัญหา ออกแบบ และสร้างสรรค์ จนกระทั่งได้มาซึ่งนวัตกรรมการแก้ปัญหาที่ตอบเป้าหมายของสถานการณ์ในบริบทชีวิตจริงของสะเต็มบีซีจี เมื่อพิจารณาถึงลักษณะของการบูรณาการความรู้ ทักษะ และกระบวนการจากศาสตร์ต่าง ๆ พบว่า สะเต็มบีซีจีเน้นการบูรณาการในลักษณะของการบูรณาการข้ามศาสตร์แบบสัมบูรณ (transdisciplinary integration) ซึ่งเป็นการบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ไม่สามารถแยกศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งออกจากกันได้ (Bybee, 2013; Boon Ng, 2019) โดยตลอดเวลาที่ผู้เรียนถูกขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ การบูรณาการข้ามศาสตร์แบบสัมบูรณจะเกิดขึ้นควบคู่กันไป แนวคิดดังกล่าวช่วยตอบโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการบูรณาการศาสตร์ตามหลักสูตรสะเต็มศึกษาที่ผ่านมา รวมถึงการบูรณาการดังกล่าวยังแสดงความจำเป็นกับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

กล่าวคือ ในการบูรณาการข้ามศาสตร์แบบสัมบูรณต้องอาศัยความรู้ ทักษะ กระบวนการจากศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งนวัตกรรมที่ตอบโจทย์สาขาวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้านของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี โดยอาศัยหลักการของเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ตัวอย่างเช่น การใช้ความรู้จากสหศาสตร์เพื่อผลิตชีวมวล (biomass) จากพืชท้องถิ่น สำหรับความสัมพันธ์ของการบูรณาการที่กล่าวไปในข้างต้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ดังในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การบูรณาการข้ามศาสตร์แบบสัมบูรณของสะเต็มบีซีจี

## 3. การสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ได้มาซึ่งนวัตกรรม

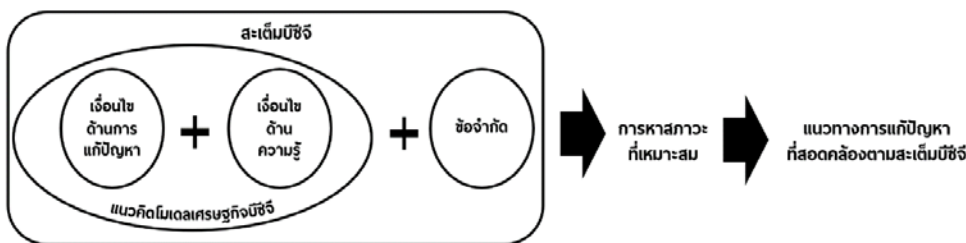
การสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อค้นหาความรู้ผ่านลักษณะของการหาคำตอบจากคำถามที่ผู้เรียนสงสัยโดยผู้เรียนเริ่มต้นจากความสงสัยภายใต้จากสถานการณ์ในบริบทชีวิตจริง โดยอาศัยการสำรวจตรวจสอบผ่านกระบวนการตั้งคำถาม หาคำตอบ วิเคราะห์ตีความข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ สรุปผล และนำเสนอร่วมกับกระบวนการวิพากษ์โต้แย้งจนกระทั่งได้ มาซึ่งข้อสรุปของคำตอบที่สงสัย (Crippen and Archambault, 2012; Tan et al., 2022) สำหรับการสืบเสาะหาความรู้ในสะเต็มบีซีจี ลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้เน้นนำไปในลักษณะของการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้เรียน

ต้องอาศัยการสืบเสาะหาความรู้ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของสถานการณ์ที่นำมาใช้แก้ปัญหาที่สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของโมเดลบีซีจีที่เกี่ยวข้องกับความต้องการ หรือข้อจำกัดของภูมิปัญญาท้องถิ่น สังคมวัฒนธรรม และบริบทของชุมชน รวมถึงประเด็นทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ โดยผู้เรียนเป็นผู้มีส่วนร่วมในการตั้งคำถาม นิยามเงื่อนไขและข้อจำกัด ซึ่งการกระทำดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจบริบทของปัญหา รวมถึงที่มาและความสำคัญในการได้มาซึ่งเงื่อนไขและข้อจำกัด ซึ่งจะนำไปสู่การสืบเสาะให้ได้มาซึ่งนวัตกรรมที่ตอบโจทย์ของปัญหา (Tan *et al.*, 2022) กล่าวคือ ผู้เรียนต้องอาศัยการ สืบเสาะหาความรู้ตั้งแต่การระบุเงื่อนไขและข้อจำกัด ตัวอย่างเช่น การสำรวจตรวจสอบปัจจัยด้านความต้องการ ผู้บริโภค หรือข้อจำกัดของทรัพยากร นอกจากนี้ยังรวมถึงการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ตัวอย่างเช่น การสำรวจหรือการทดลอง รวมถึงออก-

แบบทดสอบเพื่อให้ได้นวัตกรรมที่แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมตอบสนองความต้องการของบริษัทชีวิตจริง

#### 4. การออกแบบเพื่อให้ได้แนวทางแก้ปัญหาที่นำมาซึ่งนวัตกรรม

การออกแบบเพื่อให้ได้แนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดในสะเต็มบีซีจีจำเป็นต้องอาศัยลักษณะสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process) ตามธรรมชาติของวิศวกรรม (nature of engineering) (Pleasant and Olson, 2019; Tan *et al.*, 2022) อย่างไรก็ตามในสะเต็มบีซีจีการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ทำให้ผู้เรียนได้แนวทางการแก้ปัญหาที่นำไปสู่การออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรม ปัจจัยสำคัญมาจากเงื่อนไข (criteria or specification) ข้อจำกัด (constraint) และการหาสถานะที่เหมาะสม (optimization) ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 4 ปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาในสะเต็มบีซีจี

4.1 การกำหนดเงื่อนไขต้องอยู่ภายใต้ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาและโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี กล่าวคือ เงื่อนไขที่ดีต้องทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการออกแบบ รวมถึงส่งเสริมให้เกิดการสืบเสาะหาความรู้ดังที่กล่าวไปก่อนหน้านี การกำหนดเงื่อนไขที่ดีประกอบด้วยเงื่อนไขย่อย 2 ด้านที่แสดงความ

สัมพันธ์ซึ่งกันและกันโดยอยู่ภายใต้เงื่อนไขของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ประกอบด้วย 1) เงื่อนไขด้านการแก้ปัญหา เป็นเงื่อนไขที่มีการคำนึงถึงประเด็นด้านคุณสมบัติของนวัตกรรมที่มีส่วนในการแก้ปัญหา กำหนดขึ้นเป็นกรอบเพื่อให้นำไปสู่การออกแบบ ตัวอย่างเช่น แขนงกลที่ผู้เรียนสร้างต้องสามารถใช้งานจริงได้ โดยใช้วัสดุในท้อง-

ถิ่นที่สามารถยื่นออกไปส่งสินค้าที่อยู่ห่างออกไปในระยะ 1.5 เมตร รวมถึงกระบวนการผลิตต้องเกิดของเสียหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด และ 2) เงื่อนไขด้านความรู้ เป็นเงื่อนไขที่มีการคำนึงถึงประเด็นด้านความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้สำหรับสร้าง ออกแบบนวัตกรรมหรือหาวิธีการแก้ปัญหา รวมถึงสืบเสาะหาความรู้ โดยเงื่อนไขด้านความรู้จำเป็นต้องแสดงความเชื่อมโยงกับเงื่อนไขด้านการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น มือจับของแขนกลที่ทำจากทรัพยากรในท้องถิ่นต้องมีแรงเสียดทานเพียงพอในการถือสินค้าหนัก 1 กิโลกรัม โดยสามารถหยิบจับสิ่งต่าง ๆ ค้างไว้ไม่ต่ำกว่า 5 นาที จากที่กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า เงื่อนไขที่นำไปสู่การออกแบบให้ได้มาซึ่งนวัตกรรมต้องประกอบด้วยเงื่อนไขย่อยด้านการแก้ปัญหาและด้านความรู้ที่แสดงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตัวอย่างในเงื่อนไขย่อยทั้ง 2 ด้าน จะพบว่า เงื่อนไขย่อยทั้ง 2 ถูกสอดแทรกด้วยเงื่อนไขที่เกี่ยวกับแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี กล่าวคือ ในสะเต็มบีซีจีเงื่อนไขที่ต้องประกอบด้วยลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการออกแบบ ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้นวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงลักษณะสำคัญของโมเดลบีซีจีที่จำเป็นต้องพิจารณาตามลักษณะสำคัญของเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ตัวอย่างเช่น การทำงานของแขนกลนี้ต้องใช้พลังงานสะอาด รวมถึงกระบวนการผลิตเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หรืออาจเป็นเงื่อนไขเฉพาะที่มีความเกี่ยวข้องกับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ตัวอย่างเช่น นวัตกรรมที่สร้างจำเป็นต้องแสดงความเป็นเอกลักษณ์พื้นเมืองของชุมชนที่ผู้เรียนอาศัยอยู่

4.2 การกำหนดข้อจำกัดต้องเป็นไปตามบริบทชีวิตจริงที่มีความเฉพาะและสอดคล้องกับกับชุมชนและสังคม กล่าวคือ สะเต็มบีซีจีให้ความสำคัญเกี่ยวกับนวัตกรรมที่ตอบโจทย์หรือแก้ปัญหาอย่างเฉพาะเจาะจงในบริบทชีวิตจริง ฉะนั้นข้อจำกัดที่นำมาใช้พิจารณาในสะเต็มบีซีจี เพื่อให้ผู้เรียนออกแบบการแก้ปัญหาที่นำไปสู่นวัตกรรมต้องพิจารณาจากข้อจำกัดตามบริบทของชุมชน สังคมวัฒนธรรม ตัวอย่างเช่น การสร้างนวัตกรรมแขนกลเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชุมชน ซึ่งอยู่บนพื้นที่ในเชิงเขา ผู้เรียนจำเป็นต้องร่วมกันวิเคราะห์ข้อจำกัดของนวัตกรรมและบริบทชุมชนจริง หากชุมชนอยู่บนพื้นที่เชิงเขาซึ่งไม่มีพลังงานไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่า แขนกลดังกล่าวต้องอาศัยหลักการของพลังงานกลให้ควบคุมการทำงาน นอกจากนี้ข้อจำกัดดังกล่าวอาจรวมไปถึงประเด็นด้านศีลธรรม ตัวอย่างเช่น ความเท่าเทียม การลดการกดขี่ทางสังคม

4.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมของวิธีการแก้ปัญหาต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อจำกัด โดยปกติแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษาส่วนใหญ่ไม่ได้พิจารณาการหาสภาวะที่เหมาะสมของวิธีการแก้ปัญหาหลังจากมีการกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัด ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบคือ นวัตกรรมที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาไม่สามารถตอบสนองการแก้ปัญหาได้จริงตามสถานการณ์ ตัวอย่างเช่น เมื่อให้ผู้เรียนออกแบบและสร้างนวัตกรรมกักเก็บน้ำที่สามารถทนต่อแรงดันน้ำได้ดี ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับรูปทรงของนวัตกรรมที่นำมาออกแบบ โดยมุ่งเน้นการพิจารณาว่ารูปทรงดังกล่าวสามารถทนแรงดันน้ำได้ดี ตัวอย่างเช่น รูปทรงพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม อย่างไรก็ตามรูปทรงดังกล่าวอาจไม่ตอบโจทย์กับพื้นที่ใน

ชุมชนเมื่อนำไปใช้จริง ดังนั้นในสะเต็มบีซีจีจึงจำเป็นต้องการหาสถานะที่เหมาะสมระหว่างเงื่อนไขและข้อจำกัดของสถานการณ์ในบริบทของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี เพื่อนำไปสู่การออกแบบการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และสามารถดำเนินนวัตกรรมที่ตอบโจทย์บริบทชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### ส่วนที่ 4 โครม่มชั้นนอกของโมเดล

โครม่มชั้นนอกของโมเดลเกี่ยวข้องกับสมรรถนะหลักที่เกิดขึ้นในสะเต็มบีซีจี ซึ่งถูกสร้างขึ้นผ่านมุมมองขณะที่ผู้เรียนได้ผ่านการขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ในสะเต็มบีซีจี ผู้เรียนจำเป็นต้องอาศัยความรู้ (knowledge) ทักษะ (skills) จากศาสตร์ต่าง ๆ ตลอดจนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาให้ได้มาซึ่งนวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม นอกจากนี้ยังรวมไปถึงเจตคติ (attitudes) ที่เกิดขึ้นในบริบทของโมเดลบีซีจี ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนต้องตระหนักถึงประเด็นสิ่งแวดล้อมในการเลือกใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติในกระบวนการออกแบบและแก้ปัญหา หรือการมีภาวะผู้นำ การยอมรับฟังความคิดเห็นจากเพื่อนขณะทำงานกลุ่มเพื่อออกแบบการแก้ปัญหา สิ่งเหล่านี้ล้วนเกิดขึ้นตลอดเวลาผ่านการปฏิบัติที่ผู้เรียนที่แสดงออก มาอาจเรียกสิ่งนี้ว่า สมรรถนะ (competencies) (Boon Ng, 2019; Dedovets and Rodionov, 2015; Jang, 2016) ซึ่งแนวทางการเรียนรู้สะเต็มบีซีจีสามารถตอบโจทย์การศึกษาฐานสมรรถนะ (competency-based education) ที่มีเป้าหมายให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญตามที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนด ซึ่งประกอบด้วยสมรรถนะหลัก 6 ด้าน ได้แก่ สมรรถนะ 1) การจัดการตนเอง 2) การคิดขั้นสูง 3) การสื่อสาร 4) การรวมพลังทำงานเป็นทีม 5) การเป็น

พลเมืองที่เข้มแข็ง และ 6) การอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืนได้อย่างแท้จริง (Office of the Basic Education Commission Ministry of Education, 2022) เนื่องจากสะเต็มบีซีจีเน้นกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนออกแบบและแก้ปัญหาที่ได้มาซึ่งนวัตกรรมผ่าน 4 ลักษณะสำคัญของสะเต็มบีซีจี ซึ่งสามารถตอบโจทย์บริบทชีวิตจริงที่ครอบคลุมทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมตามลักษณะของโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ภายใต้ทฤษฎีการเรียนรู้สรคินิยม ผู้เรียนจะเกิดการพัฒนา การเรียนรู้และเกิดสมรรถนะหลักต่าง ๆ ตลอดจนการขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งลักษณะการพัฒนาดังกล่าวที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับวิสัยทัศน์ “คิดได้ ทำเป็น เห็นคุณค่า” ตามกรอบหลักสูตรการศึกษาฐานสมรรถนะของกระทรวงศึกษาธิการ เนื่องจากการสร้างนวัตกรรมที่ตอบโจทย์ปัญหาในสะเต็มบีซีจีผู้เรียนต้องอาศัยความรู้และการปฏิบัติ “คิดได้ ทำเป็น” ในส่วนของประเด็นเห็นคุณค่า เมื่อพิจารณาตามกรอบแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาที่มีสุขภาวะของผู้เรียน จะได้เห็นว่า โครม่มชั้นนอกสามารถปกคลุมไปถึงส่วนฐานของโมเดล ซึ่งสามารถสะท้อนเงาไปที่ส่วนฐานของโมเดลอุปมาอุปไมยเปรียบดังผู้เรียนเมื่อได้นวัตกรรมแก้ปัญหาออกมา นวัตกรรมดังกล่าวสามารถนำไปพัฒนาย้อนกลับที่บริบทชุมชน ท้องถิ่น และสังคมวัฒนธรรมตามบริบทของโมเดลบีซีจีเปรียบเสมือนร่มเงาดังกล่าวสร้างภูมิคุ้มกันให้กับชุมชนให้ชุมชนมีความเข้มแข็ง เห็นคุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่นสามารถอยู่ได้อย่างอยู่ดีกินดี เนื่องจากการกระจายรายได้สู่ชุมชน ลดความเหลื่อมล้ำ แข่งขันในระดับโลกต่อไป ซึ่งทำให้เกิดคุณค่าได้อย่างแท้จริง ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งผลให้ตัวผู้เรียน ซึ่งเป็นผู้สร้าง

นวัตกรรมการแก้ปัญหา “เห็นคุณค่า” โดยลักษณะดังกล่าวทำให้ผู้เรียนกลายเป็นพลเมืองที่ตอบโจทย์ความต้องการตามนโยบายของประเทศ รวมถึงเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศต่อไป

### ส่วนที่ 5 ส่วนยอดของโมเดล

ส่วนยอดของโมเดลเกี่ยวข้องกับเป้าหมายสูงสุดของแนวคิดเสริมบิซีจีเพื่อการศึกษาคือการเป็นผู้มีสุขภาวะ (well-being) ซึ่งถูกสร้างขึ้นผ่านมุมมองหลังจากที่ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและนวัตกรรมที่ตอบโจทย์บริบทชีวิตจริงตามแนวคิดเสริมบิซีจี กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนเกิดสมรรถนะได้นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาตามบริบทของโมเดลบิซีจี นวัตกรรมการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืนตามนโยบายชาติ ได้แก่ 4 สาขายุทธศาสตร์ของโมเดลเศรษฐกิจบิซีจี ตัวอย่างเช่น นวัตกรรมของผู้เรียนส่งผลให้เกิดการท่องเที่ยวในชุมชนที่คุณภาพสูงขึ้น หรือนวัตกรรมทางการเกษตรของผู้เรียนจากทรัพยากรท้องถิ่นนำไปสู่การยกระดับสินค้าทางการเกษตรให้เป็นสินค้าที่ปลอดภัย ซึ่งส่งผลให้เศรษฐกิจของประเทศเติบโตได้อย่างมีคุณภาพเกิดความมั่งคั่งอย่างทั่วถึง (inclusive growth) รวมถึงเกิดความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (Bioeconomy Research Community Circular Economy and Green Economy, 2018) ซึ่งตัวผู้เรียนเองสามารถไปสู่การเป็นผู้มีสุขภาวะตามเป้าหมายของนโยบายชาติ (The National Economic and Social Development Board, 2018) ซึ่งหมายถึงการที่ผู้เรียนมีคุณภาพที่ดีทั้งในแง่คุณภาพชีวิตและจิตใจ อยู่อย่างมีความสุขมีรายได้พร้อมที่จะเป็นพลเมืองที่มีศักยภาพเท่าเทียมนานาประเทศต่อไป (OECD, 2013)

สำหรับการประเมินผลตามกรอบแนวคิดเสริมบิซีจีเพื่อการศึกษา เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดสมรรถนะและนำไปสู่การเป็นผู้มีสุขภาวะจำเป็นต้องเน้นการประเมินผลตามสภาพจริง (authentic assessment) (Tan and Kidman, 2021) ซึ่งเป็นการประเมินพัฒนาการสมรรถนะหลักที่เกิดขึ้นของผู้เรียนที่สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ตามองค์ประกอบสำคัญในส่วนร่วมชั้นใน โดยเน้นประเมินการพัฒนาระหว่างเรียนว่า “นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอะไร อย่างไร คิดอะไร รู้สึกอย่างไร” โดยผู้สอนต้องมีบทบาทช่วยสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จากนั้นหากพบว่านักเรียนเปลี่ยนแปลงพัฒนาการไปอยู่ที่ระดับใด ผู้สอนสามารถส่งเสริม โดยตั้งคำถาม กระตุ้น ให้ข้อมูลย้อนกลับหรือปรับกิจกรรมให้เหมาะสมกับสภาพจริงของผู้เรียน เพื่อพัฒนาผู้เรียนบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้ประสบผลสำเร็จ

### การประยุกต์ใช้แนวคิดเสริมบิซีจีเพื่อการศึกษาในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านแมลงวันลาย ที่คณะผู้นิพนธ์ดัดแปลงจากหลักสูตรท้องถิ่นแมลงวันลายของ Kovitvadi *et al.* (2020) แมลงวันลายพบได้พบได้ทั่วไปในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนและเขตอบอุ่นเป็นแมลงที่ไม่นำโรคและไม่เป็นศัตรูพืช เมื่อเจริญเติบโตเต็มวัยจะกลายเป็นตัวหนอนที่เรียกว่า “หนอนแมลงวันลาย” โดยหนอนชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือ สามารถย่อยสลายขยะอินทรีย์ทั้งซากพืชและซากสัตว์ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการนำหนอนแมลงวันลายไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีตามแนวคิดเสริมบิซีจีเพื่อการศึกษา จากข้อมูลทาง

วิทยาศาสตร์พบว่า หนอนแมลงวันกลายเป็นแมลง ที่ให้โปรตีนสูง หากนำประยุกต์ใช้ในทางปศุสัตว์ ตัวอย่างเช่น นำมาแปรรูปเป็นอาหารสำหรับการ เลี้ยงไก่ หรือนำไปแปรรูปเป็นอาหารของมนุษย์ ที่ให้โปรตีนสูงแก่ร่างกาย ตัวอย่างเช่น อาหาร เสริมชนิดเวย์โปรตีน จากการประยุกต์ใช้หนอน แมลงวันลายในการทำประโยชน์ด้านการเกษตร และอาหารมีความสอดคล้องตามโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี กล่าวคือ ด้านเศรษฐกิจชีวภาพ บ่งชี้ให้เห็น ว่า สิ่งมีชีวิตนี้สามารถสร้างมูลค่าให้กับชุมชนได้ ด้านเศรษฐกิจหมุนเวียน เป็นการนำสมบัติของ หนอนแมลงวันลายมาหมุนเวียนทั้งในแง่ของการ เลี้ยงไก่และการผลิตอาหารเสริมแก่มนุษย์ ซึ่ง กระบวนการด้านเศรษฐกิจชีวภาพและเศรษฐกิจ หมุนเวียนไม่ทำให้เกิดมลภาวะ และไม่ก่อให้เกิด การปล่อยปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ไปสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับด้านเศรษฐกิจสีเขียว จาก ความเฉพาะดังกล่าวของหนอนแมลงวันลายที่ สอดคล้องกับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ผู้สอนสามารถ นำมาวิเคราะห์สถานการณ์ที่แท้จริงที่เกิดขึ้นใน ชุมชนดังกล่าวที่มีการเพาะเลี้ยงเลี้ยงหนอน แมลงวันลาย จากนั้นออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเพื่อ พัฒนาสมรรถนะของผู้เรียน กิจกรรมการเรียนรู้ ดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกสมรรถนะสำคัญ ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การคิดสร้างสรรค์ การทำงาน ร่วมกัน การแก้ปัญหา รวมทั้งการสร้าง ความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมภายในชุมชน โดยกิจกรรม สะเต็มศึกษานี้อาจเริ่มจากผู้เรียนได้ศึกษาลักษณะ ทั่วไปของหนอนแมลงวันลาย จากนั้นร่วมกัน ระดมความคิดว่า “จะทำอย่างไรเพื่อจะเลี้ยงหนอน แมลงวันลายเพื่อให้มีโปรตีนสูงสามารถนำไปสู่ การเลี้ยง ไก่โตเร็วได้” รวมถึงการร่วมกันหา

วิธีการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนและการสร้างความ ยั่งยืนของชุมชนจากการเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย กิจกรรมดังกล่าวจำเป็นต้องให้ผู้เรียนอาศัยองค์- ประกอบสำคัญตามแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการ ศึกษา โดยผู้สอนให้ผู้เรียนได้ร่วมกันกำหนด เงื่อนไขด้านการแก้ปัญหา เงื่อนไขด้านความรู้ที่ อยู่ภายใต้แนวคิดโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี รวมถึง การระบุข้อจำกัด แล้วใช้กระบวนการสืบเสาะและ บુรณาการความรู้ ทักษะจากศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อ เพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย หาปัจจัยที่ส่งผล ให้หนอนแมลงวันลายโตได้เร็วและมีโปรตีนสูง แล้วนำไปสู่การเลี้ยงไก่ และสร้างรายได้จริงให้ แก่ชุมชนต่อไป ซึ่งตลอดการเรียนรู้ ผู้สอนสามารถ ประเมินผลการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการของ สมรรถนะต่าง ๆ ระหว่างเรียนที่เกิดขึ้นจริงกับ ผู้เรียนตลอดกระบวนการเรียนรู้แบบองค์รวมที่ เกิดขึ้น

## สรุป

แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา เป็น แนวคิดที่มีการบูรณาการระหว่างสะเต็มศึกษากับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ซึ่งแนวคิดสะเต็มบีซีจี เพื่อการศึกษาในบทความวิชาการฉบับนี้ คณะผู้- นิพนธ์สังเคราะห์ขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลด ช่องโหว่ระหว่างแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็ม ศึกษา กับนโยบายการขับเคลื่อนเศรษฐกิจที่ผ่าน มา ซึ่งยังไม่สามารถตอบโจทย์การเตรียมพลเมือง ของชาติได้ดีเท่าที่ควร รวมถึงแนวคิดดังกล่าว สามารถผนวกนโยบายเศรษฐกิจเข้ามากับภาค การศึกษาในเชิงประจักษ์ แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อ การศึกษาเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นนวัตกรรมที่ เป็นพลเมืองที่มีสุขภาวะผ่านกระบวนการเรียนรู้ ที่อาศัยการขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้



โดยอาศัยความรู้ เทคโนโลยี นวัตกรรมภายใต้  
ทฤษฎีการเรียนรู้ศรคณยมที่เน้นให้ผู้เรียนสร้าง  
องค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติภาย-  
ใต้ลักษณะสำคัญของแนวทางการจัดการเรียนรู้  
สะเต็มบีซีจีทั้ง 4 ประการที่เน้นการตอบสนอง-  
การณปัญหาตามบริบทชีวิตจริงที่มีความจำเพาะ  
เจาะจงกับท้องถิ่น ชุมชน สังคมและวัฒนธรรม  
รวมถึงมิติตความหลากหลายด้านเศรษฐกิจ สังคม  
และสิ่งแวดล้อม นวัตกรรมกรเรียนรู้อะเต็มบีซีจี  
สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะหลักที่  
ตอบรับวิสัยทัศน์ของการศึกษาฐานสมรรถนะ ซึ่ง  
เป็นอีกหนึ่งเป้าหมายสำคัญที่ภาคการศึกษากำลัง  
ขับเคลื่อนในขณะนี้ ฉะนั้นคณะผู้นิพนธ์จึงเล็ง-  
เห็นว่า แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาในบ-  
ทความวิชาการฉบับนี้มีคุณค่าเป็นอย่างยิ่งต่อภาค  
การศึกษาที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการ  
จัดการเรียนรู้อะเต็มศึกษา รวมถึงผนวกเข้าเป็น  
ส่วนหนึ่งกับหลักสูตรฐานสมรรถนะ ซึ่งคณะผู้-  
นิพนธ์เชื่อมั่นว่า แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา  
เมื่อนำไปผนวกกับหลักสูตรและการสอน รวมถึง  
การประเมินผล จะเป็นเข็มทิศที่สามารถนำทาง  
การศึกษาให้ประเทศไทยให้ไปสู่แสงสว่างเปลี่ย  
นรูปแบบการศึกษาให้ไปสู่ทิศทางที่ดีขึ้น โดยแนว-  
คิดดังกล่าวสามารถพัฒนาผู้เรียนให้เป็นพลเมือง  
ที่ตอบโจทย์ของประเทศที่สามารถแข่งขันกับ  
นานาชาติได้ต่อไป อย่างไรก็ตามแนวคิดสะเต็ม  
บีซีจีเพื่อการศึกษาจะสามารถประสบความสำเร็จ  
ได้อย่างแท้จริงจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจาก  
ทุกภาคส่วนในการร่วมมือศึกษาวิจัยร่วมกัน ตั-  
วอย่างเช่น การอาศัยความร่วมมือทางสะเต็ม (STEM  
partnership) ซึ่งต้องอาศัยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ  
อย่างแท้จริงในศาสตร์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น นัก-  
วิทยาศาสตร์ วิศวกร นักการศึกษา คุณครู ประ-

ชาชนที่อาศัยในชุมชนแต่ละท้องถิ่นที่ร่วมมือกัน  
ออกแบบวิจัย พัฒนาหลักสูตรและกิจกรรมการ  
เรียนรู้สะเต็มบีซีจี รวมถึงการศึกษาประเด็นอื่น ๆ  
ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม ตัวอย่างเช่น การทำวิจัย  
เกี่ยวกับการใช้แนวคิดสะเต็มบีซีจีในหลักสูตรฐาน  
สมรรถนะ หรือการประเมินผลสมรรถนะของผู้-  
เรียนผ่านกิจกรรมสะเต็มบีซีจี ซึ่งประเด็นที่กล่าว  
มาข้างต้นจะช่วยเติมเต็มแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อ  
การศึกษาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นนำไปสู่การเป็นนโยบาย  
สำคัญที่นำมาใช้ขับเคลื่อนภาคการศึกษา  
ของชาติให้ประสบความสำเร็จต่อไป

#### เอกสารอ้างอิง

- Boon Ng, S. (2019). **Exploring STEM Competences for the 21<sup>st</sup> Century**. United Nations: UNESCO International Bureau of Education.
- Bioeconomy Research Community Circular Economy and Green Economy. (2018). **White Paper BCG in Action Science, Technology, and Innovation Development of Thailand for the Bio-economy Circular Economy and Green Economy Bio-Circular-Green Economy**. Retrieved from [http://stiic.sti.or.th/wp-content/uploads/2018/10/BCG\\_Final1.pdf](http://stiic.sti.or.th/wp-content/uploads/2018/10/BCG_Final1.pdf), June 16, 2022. (in Thai)
- Bybee, R. W. (2013). What is your perspective of STEM education? In **The case for STEM Education: Challenges and Opportunities** (pp. 73–80). USA: National Science Teachers Association.

- Crippen, K. J., and Archambault, L. (2012). Scaffolded inquiry-based instruction with technology: A signature pedagogy for STEM education. **Computers in the Schools** 29(1-2): 157-173.
- Dedovets, Z., and Rodionov, M. (2015). The development of Student Core Competencies through the STEM education opportunities in classroom. **International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering** 10: 3237-3240.
- Jang, H. (2016). Identifying 21<sup>st</sup> century STEM competencies using workplace data. **Journal of Science Education and Technology** 25(2): 284-301.
- Ladachart, L., Phothong, W., Rittikoop, W., and Ladachart, L. (2019). Teachers' understanding and views about STEM education and engineering design. **Journal of Education Burapha University** 30(10): 89-103. (in Thai)
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., and Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. **International Journal of STEM Education** 7(1): 1-16.
- Kaewklom, W., Khumwong, P., and Dahsah, C. (2018). Current situation, problem and needs for STEM learning of primary science teacher. **Viridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences, and Arts)** 11(3): 2092-2112. (in Thai)
- Kelley, T. R., and Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. **International Journal of STEM Education** 3(1): 1-11.
- Kereluik, K., Mishra, P., Fahnoe, C., and Terry, L. (2013). What knowledge is of most worth: Teacher knowledge for 21<sup>st</sup> century learning? **Journal of Digital Learning in Teacher Education** 29(4): 127-140.
- Kovitvadhi, U., Ketsing, J., Faikhamta, C. Koviyvadhi, A., Sangsawang, A., Chumnannuen, P., Hirunwong, A., Wongoutong, C., Fungfuang, W., Vongsangnak, W. and SubKaew, J. (2021). **Guideline of Local Curriculum for Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)**. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Khamput, C., Srikoon, S., and Bamroongkit, S. (2021). The research synthesis of STEM education in Thailand. **Mahachulalongkornrajavidyalaya University, Chiang Mai Campus** 12(1): 189-204. (in Thai)
- Ministry of Higher Education, Science, Research, and Innovation. (2022). **Action Plan for Driving Thailand Development with the BCG Economy Model 2021-2022**. Retrieved from <https://www.bcg.in.th/bcg-action-plan/>, June 16, 2022. (in Thai)
- OECD. (2013). **OECD Guidelines on Measuring Subjective Well-being**. Retrieved

- from <https://www.oecd.org/wise/oecd-guide-lines-on-measuring-subjective-well-being-9789264191655-en.htm>, June 16, 2022.
- Office of the Basic Education Commission Ministry of Education. (2022). **(draft) Education Curriculum Framework**. Retrieved from <https://cbethailand.com>, June 16, 2022. (in Thai)
- Pache, A., and Lausset, N. (2022). Working on ESD teacher competences in Switzerland: A case study at the University of Teacher Education Vaud. In **Competences in Education for Sustainable Development** (pp. 113–119). Switzerland: Springer.
- Pleasant, J., and Olson, J. K. (2019). What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K–12 education. **Science Education** 103(1): 145–166.
- Promboon, S., Finley, F. N. and Kaweevijmanee, K. (2018). The evolution and current status of STEM education in Thailand: Policy directions and recommendations. In **Education in Thailand** (pp. 423–459). Singapore: Springer.
- Suriyabutr, A., and Williams, J. (2021). Integrated STEM education in the Thai secondary schools: challenge and addressing of challenges. In **Journal of Physics: Conference Series** (pp. 1–9). Yogyakarta, Indonesia: IOP.
- Tan, A. L., Ong, Y. S., Ng, Y. S. and Tan, J. H. J. (2022). STEM problem solving: Inquiry, concepts, and reasoning. **Science & Education** (29 January 2022): 1–17.
- Tan, H., and Kidman, G. (2021). Authentic assessment in STEM education: An integrative review of research. In **Authentic Assessment and Evaluation Approaches and Practices in a Digital Era** (pp. 24–52). Netherlands: Brill.
- Thailand Institute of Scientific and Technological Research. (2019). **Circular Economy: A circular economy that should know**. Pathum Thani: Thailand Institute of Scientific and Technological Research. (in Thai)
- The National Economic and Social Development Board. (2018). **National Strategy 2018–2037**. Retrieved from <http://nsc.nesdb.go.th/wp-content/uploads/2019/10/National-Strategy-Eng-Final-5-OCT-2019.pdf>, June 16, 2022. (in Thai)
- Taylor, P. C. (2020). Transformative STE (A) M education for a sustainable world. **International Joint Conference on Arts and Humanities (IJCAH 2020)** (pp. 1–3). East Java, Indonesia: Atlantis.