

การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ภาคภูมิ เขียมบุญ* และกรกนก เลิศเดชาภัทร

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

*E-mail: phakphoom@kalasinpit.ac.th

รับบทความ: 17 มกราคม 2567 แก้ไขบทความ: 14 เมษายน 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 23 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

วิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และระบบโลก แนวโน้มการส่งเสริมให้บุคคลดำเนินการเพื่อประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมจึงปรากฏผ่านการกำหนดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเป็นส่วนหนึ่งของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สามารถรับมือกับวิกฤตการณ์ดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตามความรู้ด้านการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมยังไม่ได้ได้รับการศึกษาและนำเสนอโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ผู้เขียนจึงได้นำเสนอมุมมองการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมศึกษา 4 มุมมอง ได้แก่ การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ให้ครอบคลุมการพัฒนาผู้เรียนในทุกด้าน โดยให้ความสำคัญกับการปฏิบัติเพื่อเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม การกำหนดเนื้อหาสาระเกี่ยวข้องกับประเด็นสิ่งแวดล้อม และให้ความสำคัญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับท้องถิ่นเพื่อสร้างการเชื่อมโยงที่มีความหมายกับชีวิตจริง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และอัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมการผสมผสานความร่วมมือกับผู้อื่นเพื่อเอื้อต่อการบรรลุผลลัพธ์ในการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม และการวัดและประเมินผลสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมผ่านการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และอัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ทราบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ และสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

คำสำคัญ: บุคคลที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

Learning Management to Promote Environmental Science Competency

Phakphoom Neamboon* and Kornkanok Lertdechapat

Division of Curriculum and Instruction, Faculty of Education,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
*E-mail: phakphoom@kalasinpit.ac.th

Received: 17 January 2024 Revised: 14 April 2024 Accepted: 23 April 2024

Abstract

Environmental crises are important problems that affect human life and the global system. The tendency to encourage individuals to take action to benefit the environment appears through the designation of environmental science competency as part of scientific literacy. To be able to cope with the crisis, however, knowledge about learning management that promotes environmental science competency has not been studied and presented using empirical evidence. The authors therefore present perspectives on learning management to develop environmental science competency from a study of documents and research related to environmental education from four perspectives: setting learning objectives; covering student development in all aspects by giving importance to practices for environmental change; determination of content related to environmental issues; and focusing on local environmental issues to create meaningful connections to real life. Learning activities are organized to enhance the students' center of the problem-solving process by using science competency and science identity. The collaboration with others is facilitated to promote the achievement of environmental change. The measurement and evaluation of environmental science competency are completed through assessment of students' science competency and science identity. The process has continuously worked to understand the efficiency and effectiveness of learning management and be able to provide feedback to promote students' learning.

Keywords: Environmentally literate person, Environmental science, Environmental science competencies

บทนำ

ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) เป็นพื้นฐานของการพัฒนาความรู้

ความเข้าใจโลกธรรมชาติ การดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน และการนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล (Organisation for Economic Co-operation and Development)

ation and Development [OECD], 2013) องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) กำหนดการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment 2025 [PISA 2025]) ซึ่งเป็นการประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้เยาวชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต โดย PISA 2025 มุ่งเน้นการศึกษาเพื่อความยั่งยืนและสิ่งแวดล้อมศึกษา องค์ประกอบเหล่านี้ได้รับการสังเคราะห์เป็นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (environmental science competencies) ภายใต้แนวคิดการเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงในยุคแอนโทโปซีน (agency in the Anthropocene) ซึ่งจะมีการประเมินใน PISA 2025 ในฐานะองค์ประกอบสำคัญประการหนึ่งของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (OECD, 2023a)

การกำหนดกรอบการประเมิน PISA 2025 ที่ให้ความสำคัญกับการพิจารณาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมนั้น สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (sustainable development goals: SDGs) ในวาระการพัฒนาที่ยั่งยืน 2030 (The 2030 Agenda for Sustainable Development) ของประเทศสมาชิกขององค์การสหประชาชาติ (United Nations) ซึ่งมีเป้าหมายที่สะท้อนมิติความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม คือการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และสนับสนุนการใช้ทรัพยากรและระบบนิเวศอย่างยั่งยืน หยุคการเชื่อมโยงของทรัพยากรและการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ และปฏิบัติการอย่างเร่งด่วนเพื่อต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้น (Centre for SDG Research and

Support, 2022) จึงอาจกล่าวได้ว่า การพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมได้นั้น การเรียนรู้เรื่องสิ่งแวดล้อมศึกษา เป็นกลไกสำคัญอีกประการหนึ่งของการสร้างพลเมืองที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อมที่สามารถตัดสินใจอย่างมีข้อมูล ลงมือกระทำอย่างมีความรับผิดชอบ ความมั่นคงด้านสิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อมศึกษา (environmental education) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความรู้และความตระหนักของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อม (UNESCO, 1978) โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อส่งเสริมให้บุคคลดำเนินการเพื่อประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษยชาติอย่างเป็นรูปธรรม เชื่อมโยงประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อม เรียนรู้ทักษะที่จำเป็น และเชื่อมโยงทางสังคมและวัฒนธรรมที่ซับซ้อนระหว่างมนุษยชาติและสิ่งแวดล้อม (Clark *et al.*, 2020) นอกจากนี้การจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ยัง คงมีเป้าหมายสำคัญเพื่อสร้างพลเมืองที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (McBride *et al.*, 2013; Potter, 2009) ที่ตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลรอบด้านสิ่งแวดล้อม ปฏิบัติตามการตัดสินใจเหล่านั้นเพื่อปรับปรุงและสนับสนุนความเป็นอยู่ที่ดีของบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อมโลก และมีส่วนร่วมในวิถีชีวิตพลเมือง โดยดำเนินการเป็นรายบุคคลและร่วมกับผู้อื่น (Hollweg *et al.*, 2011; San Diego County Office of Education, 2023) ดังนั้นสิ่งแวดล้อมศึกษาเป็นเครื่องมือที่สามารถสร้างพลเมืองที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (Bowers and Creamer, 2021) ซึ่งสะท้อนผ่านการเป็นผู้มีความตระหนักถึงผลกระทบจากการใช้ชีวิตของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

การที่โลกเข้าสู่ยุคแอนโทโปซีนทำให้

เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลกและการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ผลกระทบดังกล่าวล้วนเกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ (Lee *et al.*, 2023; OECD, 2023b; White *et al.*, 2023) การแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงต้องอาศัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับองค์ความรู้อื่นเพื่อสร้างทางเลือกในการดำรงชีวิตอย่างยั่งยืน บุคคลที่มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมจะมีความสามารถในการอธิบายผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ การตัดสินใจเพื่อประเมินแหล่งข้อมูลของประจักษ์พยานที่หลากหลาย และการประยุกต์ใช้การคิดเชิงสร้างสรรค์และการคิดเชิงระบบเพื่อฟื้นฟูและรักษาสีเขียวสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืน รวมทั้งการแสดงความสามารถต่อมุมมองที่หลากหลายในการแสวงหาทางออกของปัญหาจากวิกฤตการณ์ด้านนิเวศวิทยาเชิงสังคม (OECD, 2023b)

อย่างไรก็ตาม แม้สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมจะมีความสำคัญต่อการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของโลกทั้งระบบ แต่การจัดการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมศึกษาที่ผ่านมายังไม่สามารถส่งเสริมให้บุคคลมีความพร้อมในการจัดการปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้ การดำเนินการของบุคคลในประเด็นด้านนิเวศวิทยาเชิงสังคมที่เกี่ยวข้องกันยังไม่เพียงพอสำหรับการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบและยั่งยืน (Ardoin *et al.*, 2018; 2020; Niemiec *et al.*, 2020; Spitzer and Fraser, 2020) สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนขาดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเกิดจากการที่งานวิจัยในสาขาสีเขียวสิ่งแวดล้อมศึกษาจำนวนมากมุ่งเน้นการพัฒนาด้านความรู้หรือคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมของผู้เรียนมากกว่าการพัฒนาสมรรถนะ

หรือพฤติกรรมส่วนบุคคลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลให้กระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษาที่มีอยู่ไม่ครอบคลุมองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมศึกษาในด้านการมีส่วนร่วมของพลเมือง (Ardoin *et al.*, 2018; 2023; Brulle, 2010)

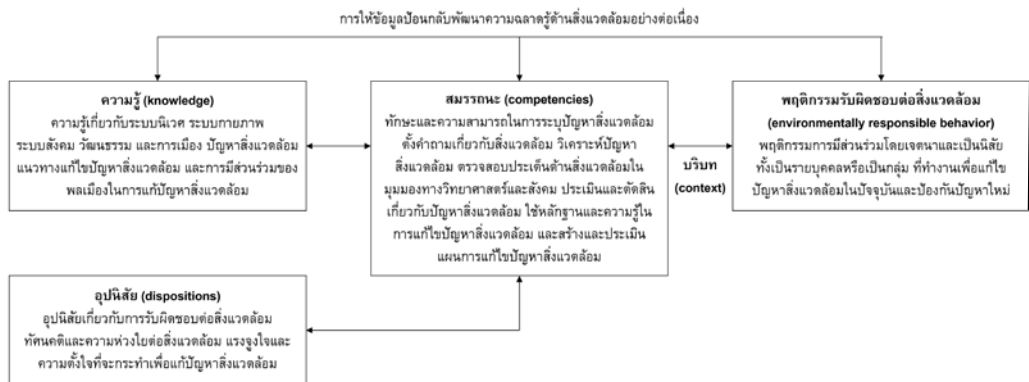
การมุ่งพัฒนาเพียงความรู้และคุณลักษณะอาจส่งผลให้ผู้เรียนขาดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เนื่องจากองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้นไม่ใช่ปัจจัยทั้งหมดที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของผู้เรียน (Kyburz-Graber, 2019; Marcinkowski and Reid, 2019) เพื่อส่งเสริมอนาคตที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น การศึกษาต้องปลูกฝังให้เยาวชนไม่เพียงแต่มีความเข้าใจในด้านวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังต้องเป็นผู้ตระหนักรู้และเห็นคุณค่าของสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศด้วย บทความนี้จึงมุ่งนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เพื่อให้สอดคล้องกับการให้ความสำคัญในการสร้างพลเมืองที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อมของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 และเป้าหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษาที่บัญญัติไว้ในปฏิญญาแห่งทบิลีซี (the Tbilisi declaration) ซึ่งต้องการพัฒนาทักษะและความเชี่ยวชาญที่จำเป็นของผู้เรียนเพื่อรับมือกับความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้เรียนตัดสินใจอย่างรอบรู้และดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมอย่างรับผิดชอบเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นและป้องกันการเกิดปัญหาในอนาคต (UNESCO, 1978)

บุคคลที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม

ความหมายของบุคคลที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม

สมาคมอเมริกาเหนือเพื่อสิ่งแวดล้อมศึกษา (North American Association for Environmental Education [NAAEE]) ให้ความหมายว่า บุคคลที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (environmentally literate person) หมายถึง ผู้ที่ตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลรอบด้านเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม โดยยินดีที่จะปฏิบัติตามการตัดสินใจเหล่านั้น เพื่อปรับปรุงและสนับสนุนความเป็นอยู่ที่ดีของบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อมโลก ความสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยา ความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ และชุมชนที่เสมอภาคสำหรับคนรุ่นปัจจุบันและอนาคต และมีส่วนร่วมในวิถีชีวิตพลเมือง โดยดำเนินการ

เป็นรายบุคคลและร่วมกับผู้อื่น (Hollweg *et al.*, 2011; San Diego County Office of Education, 2023) บุคคลที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อมจะมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด ปัญหา และประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย มีการจัดการทางอารมณ์ความรู้สึก มีทักษะและความสามารถทางปัญญา และมีพฤติกรรมที่เหมาะสมเพื่อใช้ความรู้และความเข้าใจดังกล่าวในการตัดสินใจที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพในบริบทด้านสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย (Hollweg *et al.*, 2011) กรอบแนวคิดของความฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อมแสดงดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของความฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม ดัดแปลงจาก Hollweg *et al.*, 2011

กรอบแนวคิดที่สะท้อนความเป็นบุคคลที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (The United Nations Environment Programme [UNEP]) ร่วมกับองค์การเพื่อการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]) จัดการประชุมปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมศึกษานานาชาติ (international environmental education workshop) ณ เมืองเบลเกรด ประเทศยูโกสลาเวีย ในปี ค.ศ.

1975 การประชุมดังกล่าวทำให้เกิดปฏิญญาสากลเบลเกรด (The Belgrade Charter) มีใจความสำคัญระบุถึงความจำเป็นอย่างเร่งด่วนในการจัดกระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษาเพื่อพัฒนาประชากรโลกให้มีความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมและปัญหาที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งมีความรู้ ทักษะ เจตคติ และแรงจูงใจในที่จะมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต (UNESCO, 1975)

Hollweg *et al.* (2011) พัฒนารอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม โดยนำ

เสนอคำอธิบายที่ครอบคลุมและอิงจากการวิจัยเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม และนำไปประยุกต์ใช้กับการสร้างกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อมในโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา เพื่อให้ทราบว่ากลุ่มเป้าหมายของการประเมินมีความรู้ ทักษะ ทัศนคติ และพฤติกรรมในการตัดสินใจและดำเนินการด้านปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับท้องถิ่น ภูมิภาค ระดับประเทศ และระดับโลกอยู่ในระดับใด และได้เสนอว่าสมรรถนะของความฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย 7 สมรรถนะ ได้แก่ 1) ระบุปัญหาสิ่งแวดล้อม 2) ตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานะและประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม 3) วิเคราะห์ปัญหาสิ่งแวดล้อม 4) ตรวจสอบประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมในมุมมองทางวิทยาศาสตร์และสังคม 5) ประเมินและตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมและระบบสังคมการเมือง 6) ใช้หลักฐานและความรู้ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม และ 7) สร้างและประเมินแผนการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับต่าง ๆ

Kaya and Elster (2019) ศึกษาสมรรถนะที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้วิธีเดลฟาย (Delphi method) พบว่าสมรรถนะของความฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย 10 สมรรถนะ ได้แก่ 1) ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นสิ่งแวดล้อม 2) ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม 3) ความตระหนักต่อประเด็นสิ่งแวดล้อม 4) แรงจูงใจต่อสิ่งแวดล้อม 5) คุณธรรมและจริยธรรมต่อประเด็นสิ่งแวดล้อม 6) การมีส่วนร่วมทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม 7) ความตั้งใจที่จะกระทำการเพื่อปกป้องสิ่งแวดล้อม

8) พฤติกรรมเชิงบวกต่อสิ่งแวดล้อม 9) ความรู้ที่ยั่งยืนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และ 10) กิจกรรมที่เป็นรูปธรรมต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน โดยสมรรถนะดังกล่าวสอดคล้องกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมในกรอบวิทยาศาสตร์ของ PISA 2025 ซึ่งจะได้นำเสนอในหัวข้อต่อไป

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ความหมายและความสำคัญของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

OECD (2023b) ให้ความหมายของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (environmental science competency) และการอธิบายคุณลักษณะของบุคคลที่มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ในกรอบการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA 2025 โดยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการมีส่วนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนอย่างมีเหตุผล เพื่อนำไปสู่การลงมือปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมได้

ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้นำไปสู่การปฏิบัติโดยอัตโนมัติ หากกระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษาสามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาเจตคติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะทำให้ผู้เรียนสามารถระดมความรู้และทักษะขับเคลื่อนไปสู่การปฏิบัติได้ (OECD, 2022) สิ่งแวดล้อมศึกษาเป็นสาขาวิชาที่มีพลวัตและมีลักษณะเป็นสหวิทยาการ โดยยึดหลักการของการตัดสินใจและการดำเนินการอย่างมีข้อมูลในระดับบุคคลและส่วนรวม (Ardoin *et al.*, 2020) ปฏิญญาแห่งทมิลชีซึ่งจัดทำโดยกลุ่มความร่วมมือระหว่างรัฐบาลที่ได้รับมอบหมายจากองค์การสหประชาชาติในปี พ.ศ. 2520 อธิบายถึงองค์-

ประกอบที่สำคัญของการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงความตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อม ความรู้ ทักษะ และการมีส่วนร่วมของพลเมือง (UNESCO, 1978)

อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ของสิ่งแวดล้อมศึกษาส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาผู้เรียนในด้านความรู้และคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม แต่มีการศึกษาที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสิ่งแวดล้อมอยู่น้อย (Ardoin *et al.*, 2018, 2020; Thomas *et al.*, 2019) PISA 2025 ให้ความสำคัญกับการเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงในยุคแอนโทรโปซีน (agency in the Anthropocene) ในฐานะที่เป็นมุมมองในการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยการศึกษาที่เยาวชนมีความสามารถในการเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงจะช่วยส่งเสริมการปฏิบัติเพื่อสิ่งแวดล้อมที่สามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้

การเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงในยุคแอนโทรโปซีน

การเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงในยุคแอนโทรโปซีน สะท้อนแนวทางในการดำรงชีวิต และการกระทำของบุคคลที่วางตนเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศ เห็นคุณค่าและเอาใจใส่สิ่งมีชีวิตทุกชนิดและการดำรงชีวิตที่ต้องพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน บุคคลที่เป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงในยุคแอนโทรโปซีนจะรับรู้ถึงวิธีการที่สังคมอาจสร้างความไม่เป็นธรรมต่อระบบนิเวศ และจะลงมือกระทำเพื่อสนับสนุนให้ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมในการสร้างความเป็นอยู่ที่ดีของชุมชนและระบบนิเวศได้ รวมทั้งแสดงความไม่ย่อท้อและความเชื่อมั่นในการรับมือกับวิกฤตด้านสังคมและด้านนิเวศวิทยาเชิงสังคม เศรษฐกิจและพิจารณา

มุมมองและระบบความรู้ที่หลากหลาย รวมทั้งแสดงความสามารถในการมีส่วนร่วมกับบุคคลอื่นเพื่อการทำงานร่วมกันในการเป็นพลเมืองที่ขับเคลื่อนการพัฒนาความเป็นอยู่ที่ดีของชุมชนและอนาคตที่ยั่งยืน โดยเยาวชนที่มีความเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงในยุคแอนโทรโปซีนจะทำงานด้วยตนเองหรือร่วมกับผู้อื่นตั้งแต่ในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค และระดับโลก เพื่อทำความเข้าใจและจัดการกับปัญหาที่ซับซ้อนซึ่งสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องเผชิญ (OECD, 2023b)

คุณลักษณะและเจตคติที่สำคัญของบุคคลที่เป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลง ครอบคลุม 6 ด้าน (OECD, 2023b) ได้แก่ 1) การคิดเชิงระบบ (systems thinking) เป็นความสามารถในการรับรู้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องและเข้าใจผลที่ตามมาของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเหล่านั้น 2) การรับรู้ความสามารถของตนเอง (self-efficacy) เป็นความเชื่อว่าตนเองสามารถลงมือกระทำได้ 3) การรับรู้ความสามารถของการทำงานเป็นกลุ่ม (collective efficacy) เป็นความเชื่อว่าคุณสมบัติประสบความสำเร็จตามที่ตั้งเป้าหมายได้ 4) ความคาดหวังผลลัพธ์ (outcome expectancy) เป็นความเชื่อว่าการกระทำของตนจะส่งผลต่อประเด็นปัญหาที่สนใจ 5) การเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลง (agency) เป็นการรับรู้ว่าคุณสมบัติพลต่อการกระทำและสถานการณ์ของตนเอง และ 6) ความมุ่งหวัง (hope) เป็นความรู้สึกว่ามีวิธีการที่นำไปสู่อนาคตที่เป็นไปได้ซึ่งคุ้มค่าต่อการทำให้สำเร็จ

องค์ประกอบของการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ผู้เรียนที่มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมต้องแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะที่ต้อง

อาศัยทั้งองค์ประกอบทางปัญญาและองค์ประกอบอื่นนอกเหนือจากองค์ประกอบทางปัญญา ซึ่งแสดงถึงลักษณะของการเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงในยุคแอนโทรโพซีน โดยประเมินการมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมผ่านองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (science competency) และอัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ (science identity) โดยใช้ความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านกระบวนการ และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมประกอบด้วยสมรรถนะย่อย ดังนี้

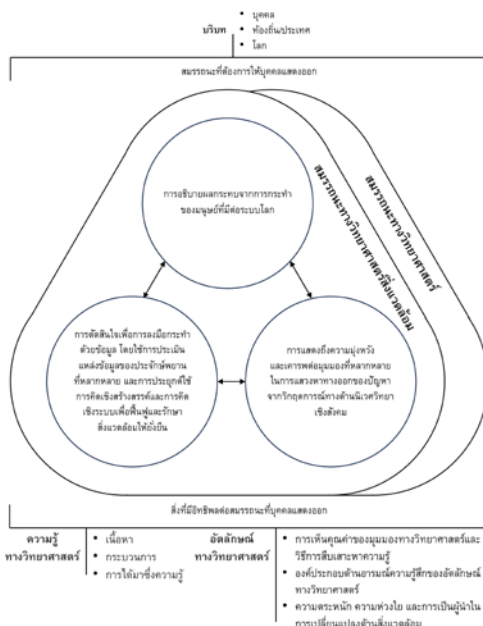
สมรรถนะย่อยประการที่ 1 การอธิบายผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ที่มีต่อระบบโลก สมรรถนะนี้มุ่งเน้นไปที่การกระทำของมนุษย์เพื่อสำรวจความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับผลกระทบของมนุษย์ต่อระบบโลก จึงต้องใช้ทั้งความรู้ด้านเนื้อหาและความรู้ด้านกระบวนการ ผู้เรียนที่มีสมรรถนะนี้จะแสดงผ่านพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ประการ ได้แก่ 1) การอธิบายได้ว่าระบบทางกายภาพ ระบบสิ่งมีชีวิต และระบบของโลกเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมอย่างไร และแต่ละระบบมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างไร 2) การศึกษาค้นคว้าและนำความรู้เกี่ยวกับการกระทำของมนุษย์กับระบบเหล่านี้ในช่วงเวลาต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ได้ 3) การนำความรู้ไปใช้เพื่ออธิบายผลกระทบของมนุษย์ที่มีต่อระบบเหล่านี้ในช่วงเวลาต่าง ๆ ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ และ 4) การอธิบายได้ว่าปัจจัยต่าง ๆ ทางสังคม วัฒนธรรม หรือเศรษฐกิจ มีส่วนทำให้เกิดผลกระทบเหล่านี้ได้อย่างไร

สมรรถนะย่อยประการที่ 2 การตัดสินใจเพื่อการลงมือกระทำด้วยข้อมูล โดยใช้การประเมินแหล่งข้อมูลของประจักษ์พยานที่หลากหลาย

และการประยุกต์ใช้การคิดเชิงสร้างสรรค์และการคิดเชิงระบบเพื่อฟื้นฟูและรักษาสีเขียวสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืน ผู้เรียนที่มีสมรรถนะนี้จะแสดงผ่านพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ประการ ได้แก่ 1) การเข้าถึงและประเมินหลักฐานจากวิธีการได้มาซึ่งความรู้หรือแหล่งข้อมูลที่หลากหลายอย่างคิดวิเคราะห์ 2) การประเมินและออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาทางนิเวศวิทยาเชิงสังคมที่เป็นไปได้โดยใช้การคิดเชิงสร้างสรรค์และการคิดเชิงระบบ โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อคนในรุ่นปัจจุบันและอนาคต 3) การมีส่วนร่วมในกระบวนการพลเมืองทั้งในแบบส่วนบุคคลและส่วนรวม เช่น การมีส่วนร่วมในกิจกรรมของชุมชนโดยมีจุดประสงค์ในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมเพื่อให้คุณภาพชีวิตในชุมชนดีขึ้น เพื่อรับรู้ข้อมูลและลงมติการตัดสินใจร่วมกัน และ 4) การตั้งเป้าหมายในการทำงานร่วมกันระหว่างเยาวชนและผู้ใหญ่รุ่นต่าง ๆ และดำเนินการเพื่อการฟื้นฟูและการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยาเชิงสังคมที่ยั่งยืนในระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับท้องถิ่นจนถึงระดับโลก

สมรรถนะย่อยประการที่ 3 การแสดงถึงความมุ่งมั่นและเคารพต่อมุมมองที่หลากหลายในการแสวงหาทางออกของปัญหาจากวิกฤตการณ์ทางด้านนิเวศวิทยาเชิงสังคม ผู้เรียนที่มีสมรรถนะนี้จะแสดงผ่านพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ประการ ได้แก่ 1) การแสดงการกระทำที่ยึดตามหลักจริยธรรมด้วยการใส่ใจผู้อื่นรวมทั้งสิ่งมีชีวิตทุกชนิดภายใต้โลกทัศน์ที่ว่ามนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อม 2) การรับรู้ถึงวิธีการต่าง ๆ ที่สังคมได้สร้างความไม่เป็นธรรม และลงมือกระทำเพื่อสนับสนุนให้ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมในการสร้างความ เป็นอยู่ที่ดีของชุมชนและระบบนิเวศ 3) การแสดง ความไม่ย่อท้อ ความมุ่งมั่น และความเชื่อมั่นของ

ตนเองและส่วนรวมในการตอบสนองต่อวิกฤต- การณ์ทางนิเวศวิทยาเชิงสังคม และ 4) การเคารพ ต่อมุมมองที่หลากหลายเกี่ยวกับประเด็นปัญหา และแสวงหาแนวทางแก้ไขเพื่อฟื้นฟูชุมชนและ ระบบนิเวศที่ได้รับผลกระทบ กรอบแนวคิดของ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมแสดงดัง ในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ดัดแปลงจาก OECD, 2023b

แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาให้เป็นบุคคลที่มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

องค์กรระดับนานาชาติให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจสิ่งแวดล้อมศึกษา โดยเฉพาะแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมศึกษา UNESCO (1978) กล่าวถึงหลักการสำคัญของสิ่งแวดล้อมศึกษาว่า ควรจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการที่บูรณาการ

ด้านวิทยาศาสตร์ เศรษฐกิจ สังคม การเมือง วัฒนธรรม และค่านิยม เพื่อทำความเข้าใจปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยมีนิเวศวิทยาเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญ และควรมุ่งเน้นที่การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวัน ทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค และระดับโลก โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของโลกทั้งระบบที่ประกอบด้วยองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ส่งเสริมให้ผู้เรียนศึกษาเกี่ยวกับสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความซับซ้อน เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และทักษะการแก้ปัญหา และมุ่งเน้นสถานการณ์สิ่งแวดล้อมทั้งในอดีตและปัจจุบัน เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับตนเองและสิ่งแวดล้อมในอนาคต นอกจากนี้ยังควรส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นในการร่วมมือกันแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม สร้างความตระหนัก ทศนคติ ค่านิยม และพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

เป้าหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษาในปัจจุบันนี้มีการเปลี่ยนแปลงจากอดีตที่เป็นการมุ่งสร้างพฤติกรรมสิ่งแวดล้อม (pro-environmental behavior) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกโดยมีเป้าหมายเพื่อลดผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ไปสู่การสร้างผู้นำในการเปลี่ยนแปลง (agency) ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นบุคคลที่สามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงนโยบายโดยทำงานร่วมกับผู้อื่นเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน (Ardoin et al., 2020; Husamah et al., 2022; Ketsing et al., 2023; Masalimova et al., 2023) สอดคล้องกับการให้ความสำคัญของ PISA กับการวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของผู้เรียนจากการเป็น

ผู้นำในการเปลี่ยนแปลงในยุคแอนโทรโพซีน
ลักษณะของแนวทางการจัดการเรียนรู้
ที่มีอยู่

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา ผู้กำหนดนโยบาย ผู้ให้ทุน ผู้นำองค์กรไม่แสวงผลกำไร และบุคคลอื่นที่มีส่วนเกี่ยวข้องเรียกร้องให้มีหลักฐานอย่างต่อเนื่องว่าสิ่งแวดล้อมศึกษานำมาซึ่งการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่จับต้องได้ และช่วยให้บรรลุผลการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (Johnson, 2013; Krasny, 2009) นักวิจัยและผู้ปฏิบัติงานด้านสิ่งแวดล้อมเรียกร้องให้ตรวจสอบความเชื่อมโยงระหว่างการให้ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมกับผลลัพธ์ด้านสิ่งแวดล้อมโดยตรง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้เรียกร้องให้มีความเข้าใจที่เหมาะสมยิ่งขึ้นเกี่ยวกับกระบวนการและกลไกที่สนับสนุนการมีส่วนร่วมดังกล่าว (Heimlich, 2010; Johnson *et al.*, 2012) อย่างไรก็ตามกระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษามักได้รับการออกแบบมาเพื่อส่งผลกระทบต่อความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมของผู้เรียน นักวิจัยจึงวัดการเปลี่ยนแปลงในขอบเขตเหล่านั้นแทนที่จะวัดผลกระทบทางนิเวศวิทยาโดยตรง (Ardoin *et al.*, 2020)

Ardoin *et al.* (2018) ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษาระหว่างปี ค.ศ.1994–2013 จำนวน 119 ฉบับ โดยใช้การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (systematic review) โดยมุ่งเน้นไปที่ผลลัพธ์ของโปรแกรมสิ่งแวดล้อมศึกษาของผู้เรียนตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ร้อยละ 68 เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านความรู้ (knowledge) รองลงมาร้อยละ 61 เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านคุณลักษณะ (dispositions) ในขณะที่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านสมรรถนะ (competencies) พบที่ร้อยละ 26 ด้านพฤติกรรม (behavior) พบที่ร้อยละ 20 ด้านผลลัพธ์หลายโดเมน (multi-domain outcomes) พบที่ร้อยละ 6 และด้านคุณลักษณะส่วนบุคคล (personal characteristics) พบที่ร้อยละ 3 จึงอาจกล่าวได้ว่า องค์ความรู้ด้านการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ยังไม่ได้รับการศึกษาและนำเสนอโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ผ่านการวิจัย จึงเป็นช่องว่างขององค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน หัวข้อต่อไปนี้จะ ผู้เขียนจึงมุ่งนำเสนอมุมมองการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการจัดการเรียนรู้เพื่อเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงในยุคแอนโทรโพซีน

ข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

จากกรอบการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA 2025 ผู้เรียนที่มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ต้องแสดงให้เห็นถึงความสามารที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) การอธิบายผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ที่มีต่อระบบโลก 2) การตัดสินใจเพื่อการลงมือกระทำด้วยข้อมูล โดยใช้การประเมินแหล่งข้อมูลของประจักษ์พยานที่หลากหลาย และการประยุกต์ใช้การคิดเชิงสร้างสรรค์และการคิดเชิงระบบเพื่อฟื้นฟูและรักษาสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืน และ 3) การแสดงถึงความมุ่งมั่นและเคารพต่อมุมมองที่หลากหลายในการแสวงหาทางออกของปัญหาจากวิกฤตการณ์ทางด้านนิเวศวิทยาเชิงสังคม มิติของสิ่งแวดล้อมศึกษาได้เปลี่ยนแปลงจากการมุ่งเน้นเจต

คติและความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมไปสู่การปฏิบัติเพื่อสิ่งแวดล้อม (Ardoin *et al.*, 2020) การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมที่มุ่งเน้นเฉพาะการถ่ายทอดความรู้ทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมไม่เพียงพอในการเตรียมความพร้อมผู้เรียนให้เป็นพลเมืองที่มีความสามารถในการรับมือกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในโลกแห่งความเป็นจริงได้ (Ketsing *et al.*, 2023)

การประเมินการมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของ PISA ประเมินผ่านองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และอัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านกระบวนการ และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (OECD, 2023b) รายละเอียดของทั้ง 2 องค์ประกอบเป็นดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ คือความสามารถของบุคคลในการมีส่วนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และความยั่งยืนอย่างสมเหตุสมผลเพื่อนำไปสู่การลงมือกระทำได้ ประกอบด้วย 3 สมรรถนะย่อย ได้แก่ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 2) การออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีวิจารณญาณ และ 3) การศึกษาค้นคว้า ประเมิน และใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อการตัดสินใจและการลงมือกระทำ องค์ประกอบที่ 2 อัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ คือกลุ่มของอุปนิสัย การเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลง เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และต้นทุนทางวิทยาศาสตร์ของบุคคล ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้จากความ

สนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การให้คุณค่ากับวิธีการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีการที่เหมาะสม และการรับรู้และตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 3 มิติหลัก ได้แก่ 1) การเห็นคุณค่าของมุมมองทางวิทยาศาสตร์และวิธีการสืบเสาะหาความรู้ 2) องค์กรประกอบด้านอารมณ์ความรู้สึกของอัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) ความตระหนัก ความห่วงใย และการเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม

จากการพิจารณาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในการประเมิน PISA 2025 พบว่า การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งงานวิจัยของ Ardoin *et al.* (2020; 2022; 2023) ได้นำเสนอไว้สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

Ardoin *et al.* (2020) สังเคราะห์คุณลักษณะของสิ่งแวดล้อมศึกษาที่ส่งผลให้เกิดการพัฒนาสิ่งแวดล้อมโดยการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบจากงานวิจัยจำนวน 105 ฉบับที่ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ.1997–2016 ผลการศึกษาพบว่าคุณลักษณะดังกล่าว ได้แก่ 1) การมุ่งเน้นไปที่ปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นและวิธีการแก้ไขปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม 2) การร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่หลากหลาย เช่น สถานศึกษา ชุมชน หน่วยงานภาครัฐ ภาคธุรกิจ และองค์กรไม่แสวงผลกำไร เพื่อรวบรวมความเชี่ยวชาญและทรัพยากรที่เอื้อต่อการบรรลุผลลัพธ์ในการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม 3) การรวมองค์ประกอบด้านการดำเนินการทางสิ่งแวดล้อมเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการ เพื่อมุ่งเน้นการ

ปฏิบัติในการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม และ 4) การวัดและประเมินผล และการรายงานผลลัพธ์ของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการดำเนินการ

Ardoin *et al.* (2022) สังเคราะห์กลยุทธ์และแนวทางที่สนับสนุนผลลัพธ์ของสิ่งแวดล้อมศึกษาและการพัฒนาเยาวชนเชิงบวก โดยการพัฒนาทฤษฎีการพัฒนาระบบจากงานวิจัยจำนวน 60 ฉบับที่ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ. 2011–2021 ผลการศึกษาพบว่ากลยุทธ์และแนวทางดังกล่าว ได้แก่ 1) สร้างการเชื่อมโยงที่มีความหมายกับชีวิตประจำวันของเยาวชน เช่น การใช้สถานที่หรือชุมชนเป็นฐาน 2) การพัฒนาแนวทางที่เน้นเยาวชนเป็นศูนย์กลางและ/หรือเยาวชนผู้นำ 3) การให้โอกาสในการทำงานแบบร่วมมือกัน 4) การบูรณาการการปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมให้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ 5) การใช้การเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงและการสะท้อนคิด 6) การดำเนินการโครงการในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ 7) การให้คำแนะนำที่ชัดเจนและตรงไปตรงมาเพื่อพัฒนาความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และ 8) การรวมมนุษยศาสตร์ เช่น ศิลปะ การละคร ดนตรี และวรรณกรรม เป็นกิจกรรมของโครงการ

Ardoin *et al.* (2023) ระบุผลลัพธ์ของสิ่งแวดล้อมศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการมีส่วนร่วมของพลเมืองโดยการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบจากงานวิจัยจำนวน 56 ฉบับที่ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ. 2001–2020 ผลการศึกษาพบว่าประเด็นสำคัญ 5 ประการที่เกี่ยวข้องกับแนวทางปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมศึกษาและการดำเนินการที่สนับสนุนการพัฒนาการมีส่วนร่วมของพลเมือง ได้แก่ 1) การมุ่งเน้นไปที่ชุมชนท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียน

เรียนรู้วิธีการมีส่วนร่วมทางการเมืองในการตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อมภายในบริบทเฉพาะ 2) การมีส่วนร่วมของผู้เรียนอย่างกระตือรือร้นผ่านแนวทางประสบการณ์และการมีส่วนร่วม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติจริง 3) การรวมการดำเนินการทางสิ่งแวดล้อมเป็นส่วนหนึ่งของแผนการศึกษา เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนในวงกว้าง 4) การเน้นการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต เพื่อสนับสนุนการมีส่วนร่วมของพลเมืองและการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม และ 5) การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่มีความหมาย เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทางสังคมและการทำงานร่วมกันด้านสิ่งแวดล้อม

จากงานวิจัยของ Ardoin *et al.* (2020; 2022; 2023) จะเห็นได้ว่า แนวทางปฏิบัติที่สนับสนุนผลลัพธ์ของสิ่งแวดล้อมศึกษาและการมีส่วนร่วมของพลเมืองในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมควรมีลักษณะเป็นการมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจและการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมในบริบทของตน อันเป็นการสร้างการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันอย่างมีความหมาย สนับสนุนการมีส่วนร่วมของผู้เรียนผ่านประสบการณ์การเป็นผู้นำในการดำเนินการเพื่อเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม อาศัยการทำงานแบบร่วมมือกันระหว่างผู้เรียนและการร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ เพื่อรวบรวมความเชี่ยวชาญของทุกฝ่ายซึ่งจะเอื้อต่อการบรรลุผลลัพธ์ในการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม มีการให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนในการดำเนินการเพื่อพัฒนาความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่เกี่ยวข้อง และมีการวัดและประเมินผลของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง

เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการดำเนินการ สอดคล้องกับที่ Ketsing (2023) ได้เสนอแนะว่าแนวคิดของการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างผู้นำการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิดตัดสินใจ และลงมือปฏิบัติตลอดกระบวนการจัดการเรียนรู้ ในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีดำเนินการ และการประเมินผลการเรียนรู้ และสนับสนุนให้ผู้เรียนทำงานร่วมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกต่อสิ่งแวดล้อม

การจัดการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมศึกษาที่ผ่านมายังไม่สามารถส่งเสริมให้บุคคลมีความพร้อมในการจัดการปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้ (Ardoin *et al.*, 2018; 2020; Niemiec *et al.*, 2020; Spitzer and Fraser, 2020) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมศึกษาในอดีตมุ่งเน้นการพัฒนาด้านความรู้หรือคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมของผู้เรียนมากกว่าการพัฒนาสมรรถนะหรือพฤติกรรมส่วนบุคคลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม (Ardoin *et al.*, 2018; 2023; Brulle, 2010) อาจส่งผลให้ผู้เรียนขาดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เนื่องจากความรู้หรือคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมไม่ใช่ปัจจัยทั้งหมดที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของผู้เรียน (Kyburz–Graber, 2019; Marcinkowski and Reid, 2019) เพื่อให้การนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมมีความชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้เขียนได้นำองค์ประกอบของการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมตามมุมมองของ OECD (2023b) ที่มุ่งประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมผ่านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และอัต-

ลักษณะทางวิทยาศาสตร์ และผลการศึกษาโดยการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของงานวิจัยที่ผ่านมา (Ardoin *et al.*, 2020; 2022; 2023) สามารถนำเสนอการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยครอบคลุมประเด็นสำคัญในการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 ด้าน ซึ่งได้จากการพิจารณาองค์ประกอบของหลักสูตรตามแนวคิดของ Taba (1962) ที่ให้ความสำคัญกับผู้สอนในบทบาทของบุคคลหลักในการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตร ดังนั้นแนวทางที่ผู้เขียนนำเสนอด้านล่างนี้ จึงเป็นการดำเนินงานของผู้สอนในฐานะนักพัฒนาหลักสูตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

ด้านที่ 1 การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ผู้สอนควรกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมการพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ผู้เรียนต้องสามารถอธิบายผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ที่มีต่อระบบโลกได้ ตัดสินใจเพื่อการลงมือกระทำด้วยข้อมูลโดยใช้การประเมินแหล่งข้อมูลของประจักษ์พยานที่หลากหลายได้ ประยุกต์ใช้การคิดเชิงสร้างสรรค์และการคิดเชิงระบบเพื่อฟื้นฟูและรักษาสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืนได้ และแสดงถึงความมุ่งมั่นและเคารพต่อมุมมองที่หลากหลายในการแสวงหาทางออกของปัญหาจากวิกฤตการณ์ทางด้านนิเวศวิทยาเชิงสังคมได้ โดยให้ความสำคัญกับการปฏิบัติเพื่อเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมผ่านการออกแบบวิธีการในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของผู้เรียน เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมผู้เรียนให้เป็นพลเมืองที่มีความสามารถในการรับมือกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในโลกรแห่งความเป็นจริงได้

ด้านที่ 2 การกำหนดเนื้อหาสาระ ผู้สอนควรกำหนดเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับประเด็นสิ่งแวดล้อมและประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม มุ่งเน้นไปที่ปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับต่างๆ ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของมนุษย์ต่อระบบโลก และควรให้ความสำคัญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับท้องถิ่นเพื่อสร้างการเชื่อมโยงที่มีความหมายกับชีวิตจริงและส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการปฏิบัติเพื่อเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมได้ เนื้อหาสาระในการจัดการเรียนรู้ต้องครอบคลุมความรู้ด้านเนื้อหาความรู้ด้านกระบวนการ และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้

ด้านที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมควรมีลักษณะให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการแก้ปัญหา โดยมีพื้นฐานจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry-based learning) เนื่องจากเป็นการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้และกระบวนการเรียนรู้ มุ่งเน้นที่วิธีการแก้ไขปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมการผลานความร่วมมือกับผู้เรียนคนอื่นและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อรวบรวมความเชี่ยวชาญและทรัพยากรที่เอื้อต่อการบรรลุผลลัพธ์ในการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ผู้สอนต้องออกแบบกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการแก้ปัญหา โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนเกิดการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีวิจารณ-

ญาณ และศึกษาค้นคว้า ประเมิน และใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อการตัดสินใจและการลงมือกระทำได้นอกจากนั้นกิจกรรมการเรียนรู้ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของมุมมองทางวิทยาศาสตร์และวิธีการสืบเสาะหาความรู้ และเกิดความตระหนัก ความห่วงใย และการเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนสามารถออกแบบการเรียนรู้อย่างหลากหลายได้ทั้งในลักษณะของการเรียนรู้ในห้องเรียนและนอกห้องเรียน เช่น การเรียนรู้โดยใช้สถานที่หรือชุมชนเป็นฐาน การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน และการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน สามารถนำเสนอตัวอย่างการจัดการเรียนรู้โดยสังเขปได้ดังนี้

การเรียนรู้โดยใช้สถานที่หรือชุมชนเป็นฐาน เป็นการใชสถานที่หรือชุมชนที่ผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งเป็นแหล่งเรียนรู้เพื่อให้เกิดประสบการณ์ตรงกับผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนพิจารณาประเด็นสิ่งแวดล้อมเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในแหล่งเรียนรู้นั้น ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้อาจเป็นไปในลักษณะที่ให้ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อมในสถานที่หรือชุมชน ระบุสาเหตุของปัญหา ผลกระทบของปัญหา และเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืน และอาจกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ให้ผู้เรียนร่วมกันออกแบบชุมชนให้มีความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม

การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เป็นการนำปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกความเป็นจริงเป็นจุดเริ่มต้นในกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการสังเกตปรากฏการณ์ นำ

ไปสู่การสืบสอบเพื่ออธิบายปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้อาจเป็นไปในลักษณะที่นำเสนอปรากฏการณ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบบวกกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ซึ่งเกิดขึ้นจากปัญหาสิ่งแวดล้อมต่อผู้เรียน ให้ผู้เรียนร่วมกันพิจารณาปรากฏการณ์นั้น โดยเริ่มจากการระบุผลกระทบที่เกิดขึ้น และร่วมกันสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับสาเหตุของปรากฏการณ์ ซึ่งต้องเป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ และให้ผู้เรียนร่วมกันออกแบบกระบวนการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม และประเมินกระบวนการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่นำเสนอ

การเรียนรู้โดยใช้ประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เป็นการบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์เข้ากับบริบทสังคม โดยใช้ประเด็นสังคมซึ่งเป็นประเด็นขัดแย้งและยังหาข้อสรุปไม่ได้ในการให้ผู้เรียนร่วมอภิปรายและโต้แย้ง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้อาจเป็นไปในลักษณะที่นำเสนอประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสิ่งแวดล้อมเพื่อนำไปสู่การเสนอแนวทางการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ผู้เรียนต้องใช้หลักฐานประกอบการให้เหตุผลในการโต้แย้ง โดยคำนึงถึงคุณธรรมจริยธรรมที่เกี่ยวข้อง มีการพิจารณาแนวทางการแก้ปัญหาอย่างรอบด้าน และเสนอจุดยืนในการแก้ปัญหาของตนซึ่งได้จากการศึกษาค้นคว้า ประเมิน และใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อการตัดสินใจและการลงมือกระทำ

ด้านที่ 4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ผู้สอนควรกำหนดการวัดและประเมินผลให้สอดคล้องกับ PISA ซึ่งประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมผ่านองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพิจารณาความสามารถใน

การมีส่วนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และความยั่งยืนอย่างสมเหตุสมผลเพื่อนำไปสู่การลงมือกระทำของผู้เรียน และ 2) อัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพิจารณาความตระหนัก ความห่วงใย และการเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมของผู้เรียน โดยมีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ และสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ควร มีลักษณะเป็นการใช้แบบวัดเชิงสถานการณ์ สอดคล้องกับการประเมินของ PISA โดยอาจเป็นการให้ผู้เรียนได้แสดงออกซึ่งแนวคิดหรือลงมือปฏิบัติจริงในสถานการณ์สิ่งแวดล้อม มุ่งเน้นการวัดการปฏิบัติเพื่อเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมจากการออกแบบวิธีการการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม และมีการกำหนดระดับการตอบสนองต่อแบบวัดเชิงสถานการณ์ทั้งมุมมองในระดับบุคคล ระดับท้องถิ่น/ประเทศ และระดับโลก โดยมีการใช้ข้อคำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนแสดงมุมมองที่หลากหลาย ครอบคลุมการใช้ความรู้ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และอัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ที่มีต่อระบบโลก ตัดสินใจเพื่อการลงมือกระทำด้วยข้อมูล โดยใช้การประเมินแหล่งข้อมูลของประจักษ์พยานที่หลากหลาย ประยุกต์ใช้การคิดเชิงสร้างสรรค์และการคิดเชิงระบบเพื่อฟื้นฟูและรักษาสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืนได้ และแสดงถึงความมุ่งมั่นและเคารพต่อมุมมองที่หลากหลายในการแสวงหาทางออกของปัญหาจากวิกฤตการณ์ทางด้านนิเวศวิทยาเชิงสังคม มีการกำหนดเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจนเพื่อให้ทราบระดับสมรรถนะ

ทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของผู้เรียน ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของผู้เรียนได้

การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมต้องคำนึงถึงการพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการมีส่วนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนอย่างมีเหตุผล เพื่อนำไปสู่การลงมือปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมได้ โดยต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เป็นระบบและมีความสอดคล้องกันระหว่างการทำนวัตอุปสงค์การเรียนรู้ การกำหนดเนื้อหาสาระ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถสร้างผู้เรียนที่เป็นบุคคลที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อมและเป็นผู้ดำเนินการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมที่สามารถรับมือกับความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อมแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

บทสรุป

ในยุคแอนโทรโปซีนที่กิจกรรมของมนุษย์ทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลและส่งผลกระทบต่อกลับมาสู่การดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเป็นกระบวนการสำคัญในการสร้างผู้นำในการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมได้ แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมควรมีลักษณะเป็นการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถอธิบายผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ที่มีต่อระบบโลกได้ ตัดสินใจเพื่อการลงมือกระทำด้วยข้อมูลโดยใช้การประเมินแหล่งข้อมูลของประจักษ์พยานที่หลากหลายได้ ประยุกต์ใช้การคิดเชิงสร้าง-

สรรค์และการคิดเชิงระบบเพื่อฟื้นฟูและรักษาสีเขียวสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืนได้ และแสดงถึงความมุ่งมั่นและเคารพต่อมุมมองที่หลากหลายในการแสวงหาทางออกของปัญหาจากวิกฤตการณ์ทางด้านนิเวศวิทยาเชิงสังคมได้ เนื้อหาสาระในการจัดการเรียนรู้จะต้องเกี่ยวข้องกับประเด็นสิ่งแวดล้อมและประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของมนุษย์ต่อระบบโลก โดยครอบคลุมความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านกระบวนการ และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรมีลักษณะให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจและการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมในบริบทของตนผ่านการทำงานร่วมกับผู้อื่นเพื่อร่วมกันบรรลุผลลัพธ์ในการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมได้ โดยมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และอัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมจะเป็นการเตรียมความพร้อมเยาวชนสู่การเป็นพลเมืองที่ฉลาดรู้ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นผู้ที่มีความสามารถในการตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลรอบด้านเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเพื่อเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมผ่านการลงมือปฏิบัติจริงซึ่งจะนำไปสู่การป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

Ardoin, N. M., Bowers, A. W., and Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation* 241: 108224.

- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., and Gaillard, E. (2023). A systematic mixed studies review of civic engagement outcomes in environmental education. **Environmental Education Research** 29(1): 1–26.
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., Kannan, A., and O'Connor, K. (2022). Positive youth development outcomes and environmental education: A review of research. **International Journal of Adolescence and Youth** 27(1): 475–492.
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., Roth, N. W., and Holthuis, N. (2018). Environmental education and K–12 student outcomes: A review and analysis of research. **The Journal of Environmental Education** 49(1): 1–17.
- Bowers, A. W., and Creamer, E. G. (2021). A grounded theory systematic review of environmental education for secondary students in the United States. **International Research in Geographical and Environmental Education** 30(3): 184–201.
- Brulle, R. J. (2010). From environmental campaigns to advancing the public dialog: Environmental communication for civic engagement. **Environmental Communication** 4(1): 82–98.
- Centre for SDG Research and Support. (2022). **Basic Information about the SDGs**. Retrieved from <https://www.sdgmove.com/intro-to-sdgs>, November 25, 2023. (in Thai)
- Clark, C. R., Heimlich, J. E., Ardoin, N. M., and Braus, J. (2020). Using a Delphi study to clarify the landscape and core outcomes in environmental education. **Environmental Education Research** 26(3): 381–399.
- Hollweg, K. S., Taylor, J. R., Bybee, R. W., Marcinkowski, T. J., McBeth, W. C., and Zoido, P. (2011). **Developing a Framework for Assessing Environmental Literacy**. Washington, DC: North American Association for Environmental Education.
- Husamah, H., Suwono, H., Nur, H., and Dharmawan, A. (2022). Action competencies for sustainability and its implications to environmental education for prospective science teachers: A systematic literature review. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education** 18(8): 1–22.
- Kaya, V. H., and Elster, D. (2019). A critical consideration of environmental literacy: Concepts, contexts, and competencies. **Sustainability** 11(6): 1–20.
- Ketsing, J. (2023). Guidelines for organizing learning to cultivate environmental change agent. In Ketsing, J. (Ed.), **Environmental Education for Cultivating Change Agent** (pp. 92–99). Bangkok: Charansanitwong. (in Thai)
- Ketsing, J., Ketchanok, S., and Channakorn, S. (2023). Action competence for environment: New perspective of learning out-

- come in environmental education. **Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus** 34(1): 1–19. (in Thai)
- Kyburz–Graber, R. (2019). 50 years of environmental research from a European perspective. **The Journal of Environmental Education** 50(4–6): 378–385.
- Marcinkowski, T., and Reid, A. (2019). Reviews of research on the attitude–behavior relationship and their implications for future environmental education research. **Environmental Education Research** 25(4): 459–471.
- Masalimova, A. R., Krokhhina, J. A., Sokolova, N. L., Melnik, M. V., Kutepova, O. S., and Duran, M. (2023). Trends in environmental education: A systematic review. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education** 19(2): 1–8.
- McBride, B. B., Brewer, C. A., Berkowitz, A. R., and Borrie, W. T. (2013). Environmental literacy, ecological literacy, ecoliteracy: What do we mean and how did we get here? **Ecosphere** 4(5): 1–20.
- Niemiec, R. M., McCaffrey, S., and Jones, M. S. (2020). Clarifying the degree and type of public good collective action problem posed by natural resource management challenges. **Ecology and Society** 25(1): 30.
- North American Association for Environmental Education (NAAEE). (2011). **Environmental Literacy Framework**. Retrieved from <https://naaee.org/about/ee/environmental-literacy-framework>, November 15, 2023.
- Potter, G. (2009). Environmental education for the 21st century: Where do we go now? **The Journal of Environmental Education** 41(1): 22–33.
- San Diego County Office of Education. (2023). **Environmental Literacy in CA**. Retrieved from <https://ngssqa.sdcoe.net/Environmental-Literacy/Environmental-Literacy-in-CA>, November 15, 2023.
- Spitzer, W., and Fraser, J. (2020). Advancing community science literacy. **Journal of Museum Education** 45(1): 5–15.
- Taba, H. (1962). **Curriculum Development: Theory and Practice**. New York: Harcourt, Brace & World.
- The Organisation for Economic Co–operation and Development (OECD). (2013). **PISA 2012 Results: What Makes Schools Successful? Resources, Policies and Practices (Volume IV)**. Paris: OECD.
- The Organisation for Economic Co–operation and Development (OECD). (2022). **Are Students Ready to Take on Environmental Challenges?** Paris: OECD.
- The Organisation for Economic Co–operation and Development (OECD). (2023a). **PISA 2025 Science Framework**. Retrieved from <https://pisa-framework.oecd.org/science->

2025, November 25, 2023.

The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023b). **PISA 2025 Science Framework (Second Draft)**.

Retrieved from https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf, November 25, 2023.

The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (1975).

The Belgrade Charter: A Global Framework for Environmental Education. Retrieved from <https://www.eusteps.eu/wp-content/uploads/2020/12/Belgrade-Charter.pdf>, April 12, 2024.

The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (1978).

Intergovernmental Conference on Environmental Education, Tbilisi, USSR, 14–26 October 1977: Final Report. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000032763>, April 12, 2024.

Thomas, R. E. W., Teel, T., Bruyere, B., and Laurence, S. (2019). Metrics and outcomes of conservation education: A quarter century of lessons learned. **Environmental Education Research** 25(2): 172–192.

White, P. J., Ardoin, N. M., Eames, C., and Monroe, M. C. (2023). **Agency in the Anthropocene**. Retrieved from <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/8d3b6cfa-en>, November 15, 2023.