

การพัฒนาการคิดเชิงระบบร่วมกับการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ
วิทยาศาสตร์เป็นฐานภายใต้การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน
The Development of System Thinking with Self-awareness on Polymer
of Twelfth-Grade Students' Using Socioscientific Issues Based-Learning
Under Education Sustainable Development

ศิริพร ภูยอดตา¹ และ อรุณี แสงสุวรรณ^{2*}
Siriporn Pooyodta¹ and Arunee Sangsuwan^{2*}

¹คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, p_siriporn@kkumail.com
(Faculty of Education, Khon Kaen University)

²คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, arunsa@kku.ac.th
(Faculty of Education, Khon Kaen University)

บทคัดย่อ

การส่งเสริมการศึกษาเป็นสิ่งสำคัญในการยกระดับชีวิตของผู้คนและการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งพลเมืองที่ยั่งยืนต้องมีความสามารถบางอย่างเพื่อจัดการตนเองต่อประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบและการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานภายใต้การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 32 คน ที่ศึกษา ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ รอยเท้าพลาสติก ขยะจากพอลิเมอร์ และการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดการคิดเชิงระบบ แบบวัดการตระหนักรู้ในตนเองและแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงคุณภาพในการพัฒนาการคิดเชิงระบบและการตระหนักรู้ในตนเอง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางจนถึงมาก ซึ่งสูงขึ้นตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ และนักเรียนส่วนใหญ่มีการตระหนักรู้ในตนเองก่อนการจัดการเรียนรู้ในระดับมากในทุกองค์ประกอบของการตระหนักรู้ในตนเองและหลังการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุดในการประเมินตนเองตามความเป็นจริงและการมีความมั่นใจในตนเอง

คำสำคัญ: การคิดเชิงระบบ การตระหนักรู้ในตนเอง การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน

ABSTRACT

Promoting education is important in enhancing people's lives and sustainable development. Sustainable citizens need to have some ability to manage themselves against the current scientific social issues. This research aimed to development of system thinking with self-awareness on polymer of twelfth-grade students' using socioscientific issues based-learning under education sustainable development. The target group were 32 twelfth-grade students studied at a secondary school in Khon Kaen province. The instruments of this research were plastic footprints, polymer waste, polymer waste solutions, the system thinking measurements test, self-awareness measurements test, and semi-structured interview. This research is qualitative research by developing system thinking and self-awareness. The results showed that most students had moderate to substantial systematic thinking ability, which increases according to their lesson plans. As they encounter more complex problems or situations, they had higher levels of systematic thinking ability. Most students had a high level of self-awareness before learning management in all elements of self-awareness. And after learning management they had the highest level of accurate self-assessment and self-confidence.

KEYWORDS: System Thinking, Self-awareness, Education Sustainable Development, Socioscientific Issues based-learning

**Corresponding author, E-mail: arunsa@kku.ac.th โทร. 0631545924*

Received: 19 August 2022 / Revised: 27 September 2022 / Accepted: 21 October 2022 / Published online: 27 January 2023

บทนำ

สหประชาชาติได้ประกาศวาระการพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นแผนการปฏิบัติเพื่อมนุษย โลก และเศรษฐกิจ เป้าหมายการพัฒนาแห่งสหประชาชาติตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 2000 และ SDGs ทั้ง 17 เป้าหมายได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการโดยรัฐสมาชิกของสหประชาชาติทั้ง 193 ประเทศในเดือนกันยายน ค.ศ. 2015 โดยมีเป้าหมายเพื่อขจัดความยากจน ปกป้องสิ่งแวดล้อมและสร้างความเจริญทางเศรษฐกิจทั้งหมดภายในปี ค.ศ. 2030 (United Nations, 2015) โดยปัญหาด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในประเทศที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนามาจากหลายสาเหตุ เช่น การใช้ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและสารเติมแต่งซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรที่ไม่สามารถหมุนเวียนได้ที่เกิดจากการสังเคราะห์ทางเคมี (Naveenkumar & Baskar, 2021) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ทรัพยากรมากเกินไปทำให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่มนุษยชาติกำลังเผชิญในศตวรรษนี้ (Plastic – the Facts, 2017) ดังนั้นการส่งเสริมการศึกษาจึงจัดเป็นสิ่งสำคัญต่อการยกระดับชีวิตของผู้คนและการพัฒนาที่ยั่งยืน (Unesco, 2014)

พลเมืองที่ยั่งยืนจำเป็นต้องมีความสามารถที่สำคัญบางอย่างที่จะทำให้ตนเองมีส่วนร่วมอย่างสร้างสรรค์และมีความรับผิดชอบต่อโลกปัจจุบัน ซึ่งความสามารถนั้นจะอธิบายคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลในการดำเนินการและการจัดการตนเองในบริบทและสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน (UNESCO, 2015; Weinert, 2001) โดยจำเป็นต้องมีการคิดเชิงระบบซึ่งลักษณะพิเศษคือการมองโลกแบบองค์รวมที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยการมองการทำงานที่มีแบบแผนและมีความเกี่ยวข้องกัน (Senge, 1993) ซึ่งแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมีส่วนทำให้บุคคลนั้นได้ตระหนักรู้อารมณ์ของตนเอง ประเมินความสามารถ

ของตนเอง และมีความมั่นใจในตนเอง (Goleman, 1998) รวมทั้งบุคคลนั้นยังสามารถเข้าใจหรือรู้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสังคม มีการประเมินตัดสินเกี่ยวกับเหตุการณ์นั้น ๆ และมีวิธีในการแก้ไขปัญหาได้ตรงถึงการติดต่อสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างเหมาะสม (Black & Rojewski, 1998)

ปัญหาที่พบในสังคมอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องทั้งด้านอุตสาหกรรมและส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของพลเมืองอย่างยิ่งคือปัญหาสิ่งแวดล้อมและขยะจากวัสดุพอลิเมอร์ พอลิเมอร์เป็นสารโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์หลากหลายในชีวิตประจำวัน ซึ่งพอลิเมอร์สังเคราะห์ส่วนใหญ่ย่อยสลายได้ช้าจึงควรใช้และกำจัดอย่างเหมาะสมเพื่อเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) ที่ไม่จำกัดในช่วงชีวิตคนในปัจจุบันเท่านั้นโดยจะมีผลกระทบต่อปัยภูมิรุกรานต่อไปและมีความสอดคล้องกับการพัฒนาที่ยั่งยืน (Ratchkiffe & Grace, 2003) ซึ่งเป็นปัญหาที่เป็นประเด็นทางสังคมที่มีความซับซ้อน และมีผลกระทบต่อทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจ ค่านิยม วัฒนธรรม โดยเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ (Sedler & Zeidler, 2003) ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ยังคงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งยังมีการรายงานเกี่ยวกับอนุภาคพลาสติกขนาดเล็กที่ได้จากการย่อยสลายพอลิเมอร์ที่ถูกถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารจนเข้าสู่ร่างกายมนุษย์และสัตว์ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) ซึ่งทำให้เกิดความกังวลขึ้นในสังคม (Kaplan & Cavus, 2016) และเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน ตลอดจนทางด้านการศึกษาศาสตร์โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พอลิเมอร์ ซึ่งมีขอบข่ายเนื้อหาประกอบด้วย พอลิเมอร์และมอนอเมอร์ ปฏิกริยาการเกิดพอลิเมอร์ โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การปรับปรุงสมบัติพอลิเมอร์ และการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ ที่นอกจากจะช่วยให้นักเรียนมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับพอลิเมอร์แล้ว ยังช่วยให้นักเรียนมีการตระหนักถึงปัญหาขยะพอลิเมอร์และการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาปัญหาขยะพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

จากความเป็นมาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการพัฒนาการคิดเชิงระบบในการทำความเข้าใจการใช้ชีวิตของแต่ละคนว่าวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันอย่างไร ทั้งในด้านต่อตนเอง สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นประเด็นปัญหาเกี่ยวข้องกับพอลิเมอร์ และสิ่งที่มีความสำคัญในอนาคตที่ยั่งยืนจำเป็นต้องเริ่มจากตัวเองก่อนอันดับแรกคือการที่แต่ละคนมีการตระหนักในตนเอง ซึ่งจะทำให้บุคคลนั้นตระหนักได้ว่าตนเองมีส่วนเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานตามแนวคิดของ Levinson (2003) ซึ่งมี 4 ชั้น ได้แก่ 1) ชั้นเตรียมการ 2) ชั้นพัฒนาทักษะ 3) ชั้นการอภิปราย และ 4) ชั้นประเมิน ภายใต้การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนเป้าหมายที่ 4 ในการส่งเสริมความเป็นพลเมืองโลกซึ่งเกี่ยวข้องกับเป้าประสงค์ที่ 4.7 ในการสร้างหลักประกันว่าผู้เรียนทุกคนได้รับความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืน และเป้าหมายที่ 12 ในการสร้างหลักประกันให้มีรูปแบบการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืนซึ่งเกี่ยวข้องกับเป้าประสงค์ที่ 12.5 ในการลดการเกิดของเสียโดยให้มีการป้องกัน ลดปริมาณ มีการใช้ซ้ำและนำกลับมาใช้ใหม่ ภายในปี 2573 โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดคิดเชิงระบบ แบบวัดการตระหนักในตนเองและแบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้างของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบและการตระหนักในตนเองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานภายใต้การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนเรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

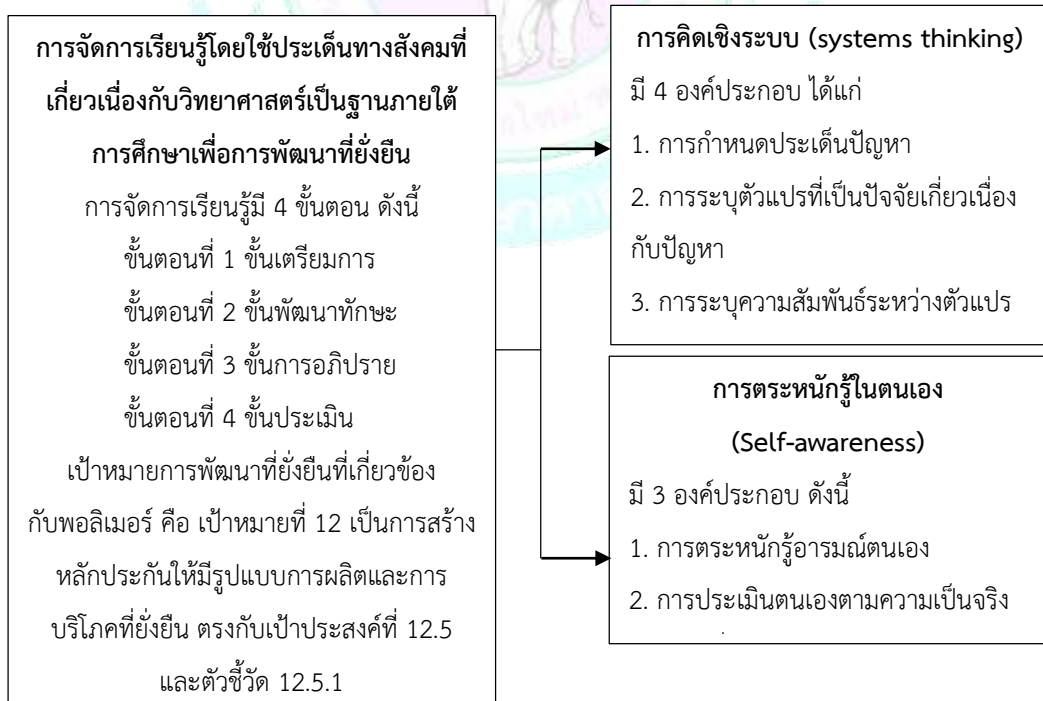
นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การคิดเชิงระบบ (Systems thinking) คือ ความสามารถของบุคคลที่แสดงออกถึงการพิจารณาปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ ของแต่ละสถานการณ์อย่างเป็นขั้นตอนเป็นเหตุเป็นผล ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ หรือสิ่งต่าง ๆ โดยตระหนักถึงองค์ประกอบย่อยที่มีความสัมพันธ์และมีหน้าที่ต่อเชื่อมกันอยู่เป็นปฏิสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ

2. การตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) คือ การรู้จักและเข้าใจตนเอง สามารถรับรู้อารมณ์และความรู้สึกของตนเองที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่นำไปสู่การเข้าใจตนเองในด้านความรู้สึก พฤติกรรม และมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การตระหนักรู้อารมณ์ตนเอง 2) การประเมินตนเองตามความเป็นจริง และ 3) ความมั่นใจในตนเอง

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เรื่อง พอลิเมอร์ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบและการตระหนักรู้ในตนเอง โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Levinson (2003) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นเตรียมการ 2) ขั้นพัฒนาทักษะ 3) ขั้นการอภิปราย และ 4) ขั้นประเมิน

4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานภายใต้การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบและการตระหนักรู้ในตนเองเพื่อส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนซึ่งสอดคล้องกับเป้าประสงค์ที่ 4.7 ในการสร้างหลักประกันว่าผู้เรียนทุกคนได้รับความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับส่งเสริมพัฒนาที่ยั่งยืนที่มีต่อประเด็นเกี่ยวกับเรื่อง พอลิเมอร์ และสอดคล้องกับเป้าประสงค์ที่ 12.5 ในการลดการเกิดของเสียโดยให้มีการป้องกัน ลดปริมาณ มีการใช้ซ้ำและนำกลับมาใช้ใหม่ ภายในปี 2573



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) ในการศึกษาการคิดเชิงระบบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และการตระหนักรู้ในตัวเองก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดการคิดเชิงระบบและแบบวัดการตระหนักรู้ในตนเองมาวิเคราะห์ด้วยการตีความ สร้างความหมาย และระบุระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบและการตระหนักรู้ในตนเอง

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียนโดยการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนคละระดับผลการเรียน จำนวน 32 คน ประกอบด้วย นักเรียนชาย 16 คน และนักเรียนหญิง 16 คน ที่เรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม 5 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น

เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ รอยเท้าพลาสติก ขยะจากพอลิเมอร์ และการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ โดยใช้ระยะเวลาการวิจัย 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ จำนวนทั้งหมด 6 คาบเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยนี้ใช้แบบวัดการคิดเชิงระบบ แบบวัดการตระหนักรู้ในตนเอง และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย โดยมีการเก็บข้อมูลการคิดเชิงระบบในแต่ละคาบเรียนของการจัดการเรียนรู้จากแบบวัดการคิดเชิงระบบซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 3 ฉบับ ซึ่งเก็บข้อมูลในระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เก็บข้อมูลการตระหนักรู้ในตนเองจากแบบวัดการตระหนักรู้ในตนเอง จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเก็บข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และเก็บข้อมูลการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างจากการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีการตอบคำถามไม่ชัดเจนหรือกำกวมหลังจากการทำแบบวัดการคิดเชิงระบบหรือแบบวัดการตระหนักรู้ในตนเอง โดยแบบวัดการคิดเชิงระบบและแบบวัดการตระหนักรู้ในตนเองผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ในการพิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหา ตัวแปรที่ศึกษา และจุดประสงค์การเรียนรู้ และผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลการคิดเชิงระบบจากแบบวัดการคิดเชิงระบบ ซึ่งการคิดเชิงระบบมี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การกำหนดประเด็นปัญหา 2) การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา 3) การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และ 4) การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ ตามลำดับ โดยใช้เกณฑ์ของ มนตรี แยมกลีกร (2546) และ บุญเลี้ยง ทุมทอง (2553) ซึ่งได้กำหนดระดับการให้คะแนน 3 ระดับ (1-3 คะแนน) ดังแสดงใน ตาราง 1

ตาราง 1 เกณฑ์ประเมินการคิดเชิงระบบ

องค์ประกอบการคิดเชิงระบบ	ระดับการให้คะแนน		
	1	2	3
1. การกำหนดประเด็นปัญหา	ระบุประเด็นปัญหาไม่สัมพันธ์กับตัวแปร	ระบุประเด็นปัญหาได้สัมพันธ์กับตัวแปรเล็กน้อย	ระบุประเด็นปัญหาได้สัมพันธ์ตัวแปรมากที่สุด
2. การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา	ระบุตัวแปรไม่ถูกต้องเลยหรือผิดเป็นส่วนมาก	ระบุตัวแปรที่มีลักษณะเป็นคำนามได้ถูกต้องมากกว่าครึ่ง	ระบุตัวแปรที่มีลักษณะเป็นคำนามได้ถูกต้องครบทุกตัวแปร

ตาราง 1 เกณฑ์ประเมินการคิดเชิงระบบ(ต่อ)

องค์ประกอบการคิดเชิงระบบ	ระดับการให้คะแนน		
	1	2	3
3. การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไม่ถูกต้องทั้งหมด	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนน้อย	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ถูกต้องทั้งหมด
4. การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ	สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรที่ระบุไว้ หรือใช้น้อยมาก	สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรได้ไม่ครบถ้วน หรือเพิ่มเติมอย่างไม่สมเหตุสมผล	สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรได้ครบถ้วน หรือเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล

หลังจากนั้นผู้วิจัยมีการรวมคะแนนในแต่ละองค์ประกอบการคิดเชิงระบบ และสามารถประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ช่วงคะแนน 1-4 ระดับน้อย ช่วงคะแนน 5-8 ระดับปานกลาง ช่วงคะแนน 9-12 ระดับมาก

2. ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินการตระหนักรู้ในตนเอง โดยใช้องค์ประกอบของการตระหนักรู้ในตนเองของโกลแมน (Goleman, 1998: 54-72) ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การตระหนักรู้อารมณ์ตนเอง การประเมินตนเองตามความเป็นจริง และการมีความมั่นใจในตนเอง และมีเกณฑ์การให้คะแนน 2 ระดับ (0-1 คะแนน) ดังแสดงใน ตาราง 2

ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินการตระหนักรู้ในตนเอง

องค์ประกอบการตระหนักรู้ในตนเอง	ระดับการให้คะแนน	
	0	1
1. การตระหนักรู้อารมณ์ตนเอง	ไม่สามารถรับรู้อารมณ์ของตนเองในการแสดงออก หรือ ไม่สามารถใช้อารมณ์ในทางที่ดีเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจได้	สามารถรับรู้อารมณ์ของตนเองในการแสดงออก หรือ สามารถใช้อารมณ์ในทางที่ดีเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจได้
2. การประเมินตนเองตามความเป็นจริง	ไม่แสดงออกถึงการมีความต้องการปรับปรุงตัวเอง หรือไม่มีการเรียนรู้จากประสบการณ์ต่าง ๆ	แสดงออกถึงการมีความต้องการปรับปรุงตัวเอง หรือ มีการเรียนรู้จากประสบการณ์ต่าง ๆ
3. การมีความมั่นใจในตนเอง	ไม่มีความกล้าและไม่มีความเชื่อมั่น หรือไม่มีจุดมุ่งหมายของตัวเอง	มีความกล้าและมีความเชื่อมั่น หรือมีจุดมุ่งหมายของตัวเอง

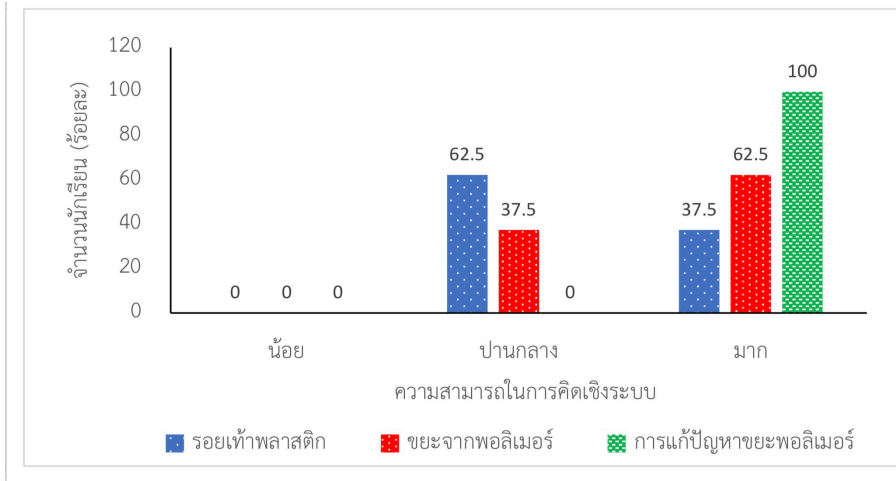
หลังจากนั้นผู้วิจัยมีการรวมคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของการตระหนักรู้ในตนเอง และแบ่งระดับการตระหนักรู้ในตนเอง แต่ละองค์ประกอบออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ช่วงคะแนน 1.00-1.50 ระดับน้อยที่สุด ช่วงคะแนน 1.51-2.50 ระดับน้อย ช่วงคะแนน 2.51-3.50 ระดับปานกลาง ช่วงคะแนน 3.51-4.50 อยู่ระดับมาก และช่วงคะแนน 4.51-5.00 อยู่ระดับมากที่สุด

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบร่วมกับการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานภายใต้การศึกษาเพื่อการ

พัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูล และจะนำเสนอผลการพัฒนาการคิดเชิงระบบและการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้



ภาพ 2 ความสัมพันธ์ของจำนวนนักเรียนกับความสามารถในการคิดเชิงระบบ ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 2 เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนจากแบบวัดการคิดเชิงระบบและข้อมูลจากการสัมภาษณ์ช่วยสนับสนุนทั้ง 3 เรื่อง ได้แก่ รอยเท้าพลาสติก ขยะจากพอลิเมอร์ และการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ พบว่า เรื่อง รอยเท้าพลาสติก นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางคิดเป็นร้อยละ 62.5 รองลงมาคืออยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 37.5 เรื่อง ขยะจากพอลิเมอร์ นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 62.5 รองลงมาคืออยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 37.5 และเรื่อง การแก้ปัญหาขยะพลาสติก นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบมากขึ้นจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องการพัฒนาที่ยั่งยืนในเรื่อง พอลิเมอร์ โดยผู้วิจัยจะแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนเลขที่ 18 ในแบบวัดการคิดเชิงระบบซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตลอดการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. จากข้อมูลข้างต้น นักเรียนสามารถกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์รอยเท้าพลาสติกนี้ได้หรือไม่

ถ้าใช่ให้แสดงคำถามที่สนใจดังนี้

2. ปัจจัยที่มีผลต่อประเด็นปัญหามีอะไรบ้าง

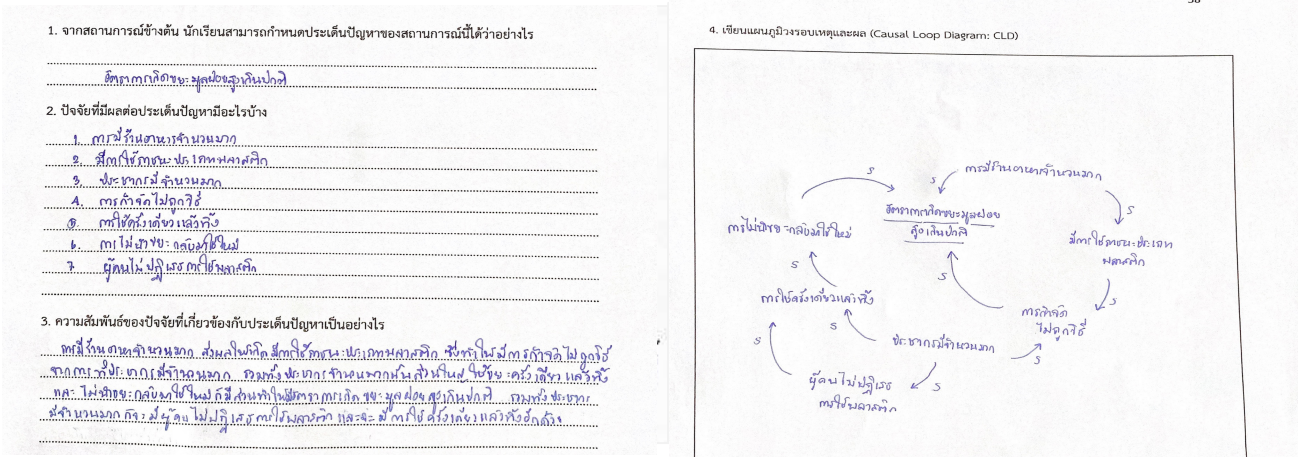
1. สังคมที่มีความสุข
2. ความสะอาดของน้ำดื่ม
3. จำนวนคนดื่มเครื่องดื่ม
4. ดนตรีของครูผู้สอน
5. เป็นสื่อที่มีประสิทธิภาพ
6. กิจกรรมร่วมกันโดยไม่แยก

3. ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาเป็นอย่างไร

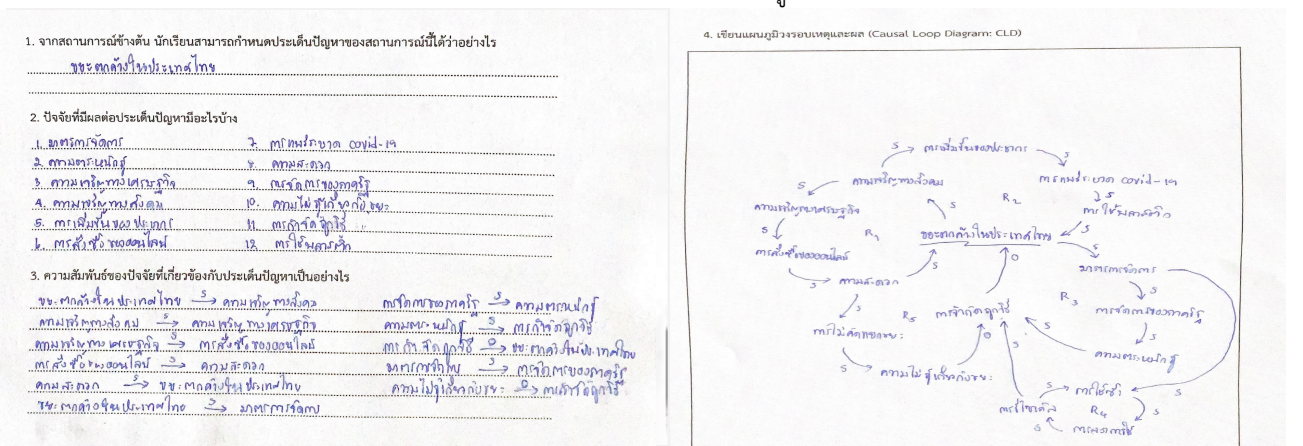
สำหรับคำถามต่อไปนี้คือสิ่งที่นักเรียนสนใจหรือไม่

4. เขียนแผนภูมิวงจรเหตุและผล (Causal Loop Diagram: CLD)

ภาพ 3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนเลขที่ 18 ในแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง รอยเท้าพลาสติก โดยนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบจัดอยู่ในระดับปานกลาง



ภาพ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนเลขที่ 18 ในแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ขยะจากพอลิเมอร์ โดยนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบจัดอยู่ในระดับมาก



ภาพ 5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนเลขที่ 18 ในแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง การแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์ โดยนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบจัดอยู่ในระดับมาก

2. ผลการวิเคราะห์ระดับการตระหนักรู้ในตนเองในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ระดับการตระหนักรู้ในตนเองในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้

แบบวัดการตระหนักรู้ในตนเอง	คะแนนเต็ม	การตระหนักรู้ในตนเองในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียน			
		ก่อนจัดการเรียนรู้		หลังจัดการเรียนรู้	
		ค่าเฉลี่ย	ระดับ	ค่าเฉลี่ย	ระดับ
1. การตระหนักรู้อารมณ์ตนเอง	5	4.07	มาก	4.25	มาก
2. การประเมินตนเองตามความเป็นจริง	5	4.11	มาก	4.61	มากที่สุด
3. การมีความมั่นใจในตนเอง	5	4.29	มาก	4.82	มากที่สุด

จากตาราง 3 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับการตระหนักรู้ในตนเองในแต่ละองค์ประกอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งองค์ประกอบของการตระหนักรู้ในตนเองเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การตระหนักรู้อารมณ์ตนเอง การประเมินตนเองตามความเป็นจริง และการมีความมั่นใจในตนเอง พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการตระหนักรู้ในตนเองในแต่ละองค์ประกอบอยู่ในระดับมาก และหลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีการตระหนักรู้ในตนเองในแต่ละองค์ประกอบอยู่ในระดับมากในองค์ประกอบด้านการตระหนักรู้อารมณ์ตนเอง และอยู่ระดับมากที่สุด ในองค์ประกอบด้านการประเมินตนเองตามความเป็นจริงและการมีความมั่นใจในตนเอง

แบบวัดการตระหนักรู้ในตนเอง

1. คุณรู้สึกอย่างไรเมื่อมีการงดจ่ายถุงพลาสติกเมื่อซื้อของที่ห้างหรือมินิมาร์ท

ในช่วงแรกรู้สึกตื่นตัว และแปลกใหม่ที่จะได้ใช้ถุงผ้าในการซื้อของแบบต่างประเทศ ต่อมารู้สึกว่ามันลำบากในการซื้อของ เพราะด้วยความเคยตัวแต่เรื่องนี้มันทำให้รู้ว่าเราควรมีหน้าที่รับผิดชอบต่อตัวเอง เริ่มมีสติพกถุงผ้าติดกระเป๋าไว้แล้วค่ะ

รู้สึกว่าการงดจ่ายถุงพลาสติกเป็นสิ่งที่ดีและช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย

เฉยๆ เพราะพกถุงผ้าติดตัว

ดีครับ เพราะจะได้ไม่ทำลายโลก

ดีค่ะ หนูคิดว่ามันเป็นการลดโลกร้อนที่สามารถทำได้ง่ายๆ ที่ต่ออย่างหนึ่ง

รู้สึกรักโลก

รู้สึกว่าการงดจ่ายถุงพลาสติกในมินิมาร์ทเป็นเรื่องที่มองได้สองด้านเพราะการงดจ่ายถุงพลาสติกเป็นการลดจำนวนขยะพลาสติกก็จริงแต่ยังมีการขายถุงพลาสติกแทนซึ่งหลายคนมองว่าเป็นการลดต้นทุนของนายห้างไม่ได้เป็นการลดและป้องกันปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งการแก้ไขปัญหาหม่อมมองว่าทางห้างควรให้มีการให้สมัครสมาชิกฟรีเพื่อรับถุงผ้าเพื่อเป็นการป้องกันปัญหาอย่างยั่งยืน ขอขอบคุณครับ

ภาพ 6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดการตระหนักรู้ในตนเองจากคำถามข้อที่ 1
ในองค์ประกอบด้านการตระหนักรู้อารมณ์ตนเอง

จากความสัมพันธ์ของคำถามในแบบวัดการตระหนักรู้ในตนเองกับการจัดการเรียนรู้เรื่อง รอยเท้าพลาสติก ขยะจากพอลิเมอร์ และการแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์ ผู้วิจัยได้มีการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม ดังนี้

ผู้วิจัย : นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับการใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ในปัจจุบันคะ

นักเรียน : หนูคิดว่ามีการใช้เยอะและคนหลายคนขาดความใส่ใจในเรื่องนี้ค่ะ

ผู้วิจัย : นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับรอยเท้าพลาสติกคะ

นักเรียน : หนูคิดว่าคนเรายังหลีกเลี่ยงการใช้พลาสติกได้ยากค่ะ แต่หากเราทุกคนตระหนักในปัญหานี้ ก็จะมีการลดการใช้พลาสติกได้ดีขึ้นค่ะ

ผู้วิจัย : นักเรียนรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับปริมาณของขยะพอลิเมอร์ที่เพิ่มขึ้นในชุมชนคะ

นักเรียน : หนูรู้สึกว่าแต่ละคนควรมีจิตสำนึกที่ดีในเรื่องของขยะ คือ อย่างน้อยก็ช่วยกันลดการใช้ ซึ่งเรื่องนี้เป็นอะไรที่ควบคุมได้ยากจะบอกว่าเริ่มต้นที่ตัวเราก็ดีแต่ควรส่งสัญญาณถึงคนอื่น ๆ ในชุมชนด้วย

ผู้วิจัย : นักเรียนรู้สึกอย่างไร เกี่ยวกับสถานการณ์ขยะตกค้างในประเทศไทยจำนวนหลายล้านตันคะ

นักเรียน : รู้สึกกังวลค่ะ จากประเทศที่มีทรัพยากรที่ดี ธรรมชาติที่ดี กลับกลายเป็นเหมือนบ่อขยะ แต่ทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก็ไม่ได้ปรับการจัดการขยะให้เหมือนต่างประเทศค่ะ

ผู้วิจัย : นักเรียนคิดว่าควรจะทำเนิการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ในปัจจุบันอย่างไรคะ

นักเรียน : สร้างจิตสำนึกให้คนตระหนักถึงผลกระทบที่จะตามมา และควรเริ่มที่ตัวเอง ครอบครั้ว ไปสู่สังคม และอยากให้คนไทยสร้างกฎหมายให้ความสำคัญกับขยะให้เข้มงวดมากขึ้น

จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนได้มีการกล่าวถึงในปัจจุบันที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ปริมาณมากและหลายคนขาดความใส่ใจในเรื่องการใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ ซึ่งมีการหลีกเลี่ยงการใช้ได้ยาก หากทุกคนตระหนักถึงปัญหาขยะพลาสติก ก็

จะช่วยลดการใช้พลาสติกได้ดีขึ้น และการมีจิตสำนึกที่ดีในเรื่องของขยะ คือ การช่วยกันลดการใช้ ซึ่งนอกจากจะมีการเริ่มที่ตัวเองแล้ว ควรส่งสัญญาณถึงคนอื่น ๆ ในชุมชนด้วย ตลอดจนนักเรียนได้แสดงความรู้สึกกังวลเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะตกค้างในประเทศไทยจากประเทศที่มีทรัพยากรที่ดี ธรรมชาติที่ดี กลับกลายเป็นเหมือนบ่อขยะ แต่ทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่ได้มีการปรับการจัดการขยะ และการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ในปัจจุบันนักเรียนได้กล่าวถึงการสร้างจิตสำนึกให้คนตระหนักถึงผลกระทบที่จะตามมา โดยเริ่มที่ตัวเอง ครอบครัว ไปสู่สังคม และการสร้างกฎหมายให้มีความสำคัญกับขยะให้เข้มงวดมากขึ้นในประเทศไทย ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบ พบว่า การคิดเชิงระบบช่วยให้นักเรียนทราบถึงประเด็นปัญหา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย ตลอดจนนักเรียนมีการกล่าวถึงการสร้างจิตสำนึกและการตระหนักถึงปัญหาโดยเริ่มจากตัวเองไปสู่สังคม นั่นคือนักเรียนมีการตระหนักรู้ในตนเองโดยที่นักเรียนสามารถรับรู้อารมณ์ของตนเองได้ ตลอดจนนักเรียนสามารถประเมินตนเองและมีความมั่นใจในตนเองในการแสดงอารมณ์และความคิดเห็นในการตอบคำถาม

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการคิดเชิงระบบและการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ซึ่งประกอบด้วย 3 หัวข้อ ได้แก่ รอยเท้าพลาสติก ขยะจากพอลิเมอร์ และการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ จากนั้นผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบและการตระหนักรู้ในตนเองของนักเรียน ซึ่งสามารถอภิปรายผลการวิจัยออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

1. อภิปรายผลการพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง รอยเท้าพลาสติก

จากการจัดการเรียนรู้ เรื่อง รอยเท้าพลาสติก ซึ่งเป็นกิจกรรมแรกที่นำนักเรียนเข้าสู่ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพอลิเมอร์ โดยนักเรียนแต่ละคนจะมีการคำนวณปริมาณการใช้พลาสติกที่นักเรียนได้ใช้ในชีวิตประจำวันตลอดระยะเวลาหนึ่งปี หรือคาดการณ์การใช้พลาสติกในอนาคตข้างหน้า โดยนักเรียนมีการบันทึกจำนวนของชนิดพลาสติกตามรายการที่อยู่ในใบกิจกรรมและมีการคำนวณรอยเท้าพลาสติกจาก www.omnicalculator.com ที่จะบอกว่ารอยเท้าพลาสติกของนักเรียนเป็นอย่างไร พร้อมทั้งยังมีคำแนะนำให้เลิกทำพฤติกรรมที่ไม่ดีบางอย่างเพื่อเป็นการลดรอยเท้าพลาสติก ซึ่งจากการประเมินแบบวัดการคิดเชิงระบบ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง โดยจากการวิเคราะห์แต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบจะเห็นได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถกำหนดประเด็นปัญหาให้สัมพันธ์กับตัวแปรที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้เล็กน้อย ตัวแปรที่ระบุส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นคำนามมากกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนตัวแปรที่นักเรียนระบุทั้งหมด ตลอดจนการระบุความสัมพันธ์และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ พบว่านักเรียนสามารถสร้างแผนภาพได้ในระดับปานกลางถึงมาก และจากการสังเกตนักเรียนในการทำแบบวัดการคิดเชิงระบบในห้องเรียน พบว่านักเรียนบางส่วนได้มีการระบุตัวแปรก่อนที่จะกำหนดประเด็นปัญหาหรือนักเรียนได้มีการแก้ไขประเด็นปัญหาที่ได้กำหนดไว้ก่อนแล้วหลังจากที่ระบุตัวแปรที่หลัง รวมทั้งนักเรียนยังกล่าวว่า “ทำไมถึงต้องระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรในข้อคำถามที่มีการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแล้วยังต้องมาสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุอีกครั้ง” เพราะทำให้นักเรียนต้องอธิบายซ้ำอีกรอบ หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงได้อธิบายถึงลำดับขององค์ประกอบของการคิดเชิงระบบแต่ละองค์ประกอบเพื่อแสดงให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของประเด็นปัญหาที่จำเป็นต้องกำหนดขึ้นก่อนเพื่อเป็นแนวทางในการระบุตัวแปร ตลอดจนการระบุความสัมพันธ์และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ ซึ่งสอดคล้องกับ ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ (2560) ที่ว่า ความสามารถที่แสดงออกถึงการพิจารณาถึงปัญหา หรือสิ่งต่าง ๆ อย่างเป็นขั้นตอน โดยคำนึงถึงองค์ประกอบทั้งหมด มีลำดับขั้นตอนเป็นเหตุเป็นผล มีเป้าหมายชัดเจน และความเกี่ยวเนื่องเชื่อมโยงขององค์ประกอบย่อย ๆ จะช่วยให้การออกแบบการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมายอย่างรวดเร็ว และสอดคล้องกับ ปิยะพรรณ ปลาโสม (2564) ที่ว่า การคิดเชิงระบบมีกรอบที่มองเห็นความสัมพันธ์และเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันอย่างเป็นขั้นตอน และมีความสัมพันธ์กับ

ความคิดหลายแบบ เช่น การคิดขั้นสูง การคิดเชิงเหตุผล การคิดวิเคราะห์ จึงมีการนำความคิดต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยการเชื่อมโยงองค์ประกอบหลักเข้ากับองค์ประกอบย่อย ๆ อย่างสัมพันธ์กันเป็นลำดับขั้นตอน ช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพรวมของปัญหาได้ทั้งหมดและทำให้การคิดเชิงระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. อภิปรายผลการพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ขยะจากพอลิเมอร์

จากการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ขยะจากพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นำนักเรียนเข้าสู่ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปริมาณการใช้พลาสติกในระดับชุมชน โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลของปริมาณขยะมูลฝอยที่รวบรวมโดยรถเก็บขนขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เก็บได้ของเทศบาลเมืองชุมแพในปี พ.ศ. 2559 มาใช้ในการทำกิจกรรมในการหาปริมาณขยะมูลฝอย (ตัน/วัน) และอัตราการเกิดขยะมูลฝอย (กก./คน/วัน) เทียบกับตัวชี้วัดอัตราการเกิดขยะมูลฝอยชุมชนของสำนักงานนโยบายและแผนการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากการประเมินแบบวัดการคิดเชิงระบบ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับมาก โดยจากการวิเคราะห์แต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบจะเห็นได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถกำหนดประเด็นปัญหาให้สัมพันธ์กับตัวแปรที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้เล็กน้อย รวมทั้งลักษณะของตัวแปรที่ระบุส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นคำนามมากกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนตัวแปรที่นักเรียนระบุทั้งหมด ตลอดจนการระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนน้อย และนักเรียนสามารถสร้างแผนภาพได้ในระดับมาก ซึ่งการวิเคราะห์แต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบจะเห็นได้ว่า เมื่อมีสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างจากเดิมหรือมีความต่อเนื่องจากสถานการณ์เดิม นักเรียนก็จะมีการกำหนดประเด็นปัญหา กำหนดตัวแปรที่สัมพันธ์กับประเด็นปัญหา บอกความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรและเขียนแผนภาพวงจรสาเหตุได้ตามสถานการณ์นั้น ๆ ได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับ ปริญานันท์ เทินโรสง (2558) ที่ได้เสนอแนะสำหรับการฝึกกระบวนการคิดให้กับนักเรียน เช่น ควรมีการฝึกอย่างต่อเนื่อง และควรมีกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้คิดอย่างหลากหลายเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยเมื่อนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา มีความสามารถในการใช้กระบวนการคิดเชิงระบบในการกำหนดปัญหา นักเรียนทุกคนจะสามารถกำหนดปัญหา ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา สามารถเขียนแผนภาพแสดงแบบแผนพฤติกรรมเกี่ยวกับปัญหาและแผนภาพวงจรสาเหตุ โดยที่นักเรียนสามารถประเมินกระบวนการคิดและสะท้อนการคิดเกี่ยวกับปัญหาได้

3. อภิปรายผลการพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์

จากการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นำนักเรียนเข้าสู่ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับขยะที่ตกค้างในประเทศไทย จากความกังวลที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับสัดส่วนที่เพิ่มสูงขึ้นของขยะพลาสติกที่มีการจัดการไม่ดีและการเพิ่มขึ้นของมลพิษพลาสติก (Ryan, Perold, Osborne, & Moloney, 2018) ซึ่งระยะเวลาในการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์จัดได้ว่ามีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการกับขยะที่ถ้ามีการกำจัดไม่ทันหรือขยะพอลิเมอร์มีมากเกินไปก็จะนำไปสู่การมีขยะตกค้างที่ต้องรอกำจัดต่อไป และในปัจจุบันได้มีการประกาศใช้โรดแมปการจัดการขยะพลาสติกภายในปี พ.ศ. 2562-2570 เพื่อนำผลิตภัณฑ์-บรรจุภัณฑ์พลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ 100 % และการลด/เลิกใช้ผลิตภัณฑ์-บรรจุภัณฑ์พลาสติก 7 ประเภท ซึ่งในระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้ทำกิจกรรมในการสำรวจว่าตัวนักเรียนใช้พลาสติกไปเท่าไรในอาหารหนึ่งมื้อ และขยะพลาสติกที่นักเรียนใช้มีอายุในการย่อยสลายนานเท่าใด ตลอดจนประเภทของขยะพลาสติกที่นักเรียนผลิตขึ้นมีความสอดคล้องกับโรดแมปการจัดการขยะพลาสติกหรือไม่ ซึ่งจากการประเมินแบบวัดการคิดเชิงระบบ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับมาก โดยจากการวิเคราะห์แต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบจะเห็นได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถกำหนดประเด็นปัญหาให้สัมพันธ์กับตัวแปรที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้สัมพันธ์ตัวแปรมากที่สุด รวมทั้งลักษณะของตัวแปรที่ระบุส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นคำนามมากกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวน

ตัวแปรที่นักเรียนระบุทั้งหมด ตลอดจนการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ถูกต้องทั้งหมด และนักเรียนสามารถสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุได้ครบถ้วนและมีความสัมพันธ์กันทุกตัวแปร จากการเปรียบเทียบแบบวัดการคิดเชิงระบบเรื่อง รอยเท้าพลาสติก และขยะจากพอลิเมอร์ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบที่สูงขึ้นเมื่อวิเคราะห์ในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบที่พบว่านักเรียนตอบคำถามได้อยู่ในระดับมากขึ้นกว่าแบบวัดการคิดเชิงระบบ 2 เรื่องที่ผ่านมา ซึ่งสอดคล้องกับ สราวุช พชรชมพู (2559) ที่ว่า เมื่อผู้เรียนมีพัฒนาการทางความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับหนึ่งหรือจนชำนาญ เมื่อพบปัญหาที่ทำให้ต้องคิด ผู้เรียนจะวิเคราะห์ประเด็นปัญหา หาปัจจัยสาเหตุ หาความสัมพันธ์เชิงโยงของปัจจัยสาเหตุด้วยหลักการและเหตุผล และนำมาสร้างแบบแผนความคิดของตนเองเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ดังนั้นเมื่อผู้เรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบแล้ว ก็จะทำให้มีเหตุผลทุกครั้งในการที่จะคิดทำอะไร ทำไปแล้วส่งผลกระทบต่อใคร จะแก้ปัญหาอย่างไร ผลที่ตามมาคือผู้เรียนมีพัฒนาการทางการคิดสูงขึ้น และส่งผลให้การเรียนมีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วย

4. อภิปรายผลการพัฒนาการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ 3 แผนการจัดการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์แบบวัดการตระหนักรู้ในตนเองของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการตระหนักรู้ในตนเองทั้ง 3 องค์ประกอบอยู่ในระดับมาก อาจเนื่องมาจากสถานการณ์เกี่ยวกับพอลิเมอร์มีบทบาทในชีวิตประจำวันและนักเรียนได้พบเห็นหรือเผชิญกับสถานการณ์นั้น ๆ ทำให้นักเรียนมีการรู้สภาวะอารมณ์ มุมมองความคิด และความมั่นใจในตนเองได้เป็นอย่างดี และหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการตระหนักรู้ในตนเองในด้านการตระหนักรู้อารมณ์ตนเองอยู่ในระดับมาก และนักเรียนส่วนใหญ่มีการตระหนักรู้ในตนเองในด้านการประเมินตนเองตามความเป็นจริงและการมีความมั่นใจในตนเองอยู่ระดับมากที่สุด อาจเนื่องมาจากนักเรียนรู้สภาวะอารมณ์ของตัวเองและสามารถจัดการกับสภาวะอารมณ์ของตนเองได้ ซึ่งนำไปสู่การประเมินตนเองและการมีความมั่นใจในตนเองที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ทศนีย์ สุริยะไชย (2554) ที่ว่า การประเมินตนเองตามความเป็นจริงเป็นทักษะที่ต้องอาศัยการคิดเชิงวิเคราะห์ตนเองอย่างรอบด้าน หลายแง่มุม ทั้งในด้านที่ดีและไม่ดี ส่วนด้านการตระหนักรู้อารมณ์ของตนเองและการมีความมั่นใจในตนเองอาจเกิดจากอิทธิพลของประสบการณ์การเรียนรู้และสิ่งแวดล้อมมากกว่าระดับสติปัญญา และ ัญญะ บุปผเวส และคณะ (เพ็ญทิมา คูศิริวิเชียร, 2553: 108; อ้างอิงจาก ัญญะ บุปผเวส และคณะ, 2534) ที่ว่า บุคคลที่มองเห็นตนเองตามความเป็นจริงจะมีความพึงพอใจในตนเองอยู่มาก ดังนั้นประสบการณ์การเรียนรู้และสิ่งแวดล้อมของนักเรียนจึงทำให้นักเรียนรู้จักอารมณ์ของตนเองที่มีต่อสถานการณ์นั้นได้เป็นอย่างดี และเมื่อนักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ตนเองอย่างรอบด้านตามความเป็นจริงได้มากขึ้นแล้ว นักเรียนจะมีความมั่นใจในตนเองมากขึ้นเช่นกัน

5. อภิปรายผลการพัฒนาการคิดเชิงระบบร่วมกับการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานภายใต้การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาการคิดเชิงระบบและการตระหนักรู้ในตนเองของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย 3 หัวข้อ ได้แก่ รอยเท้าพลาสติก ขยะจากพอลิเมอร์ และการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ พบว่า ในด้านการคิดเชิงระบบนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางของแผนการเรียนรู้ เรื่อง รอยเท้าพลาสติก และนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับมากของแผนการเรียนรู้ เรื่องขยะจากพอลิเมอร์และการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ และในด้านการตระหนักรู้ในตนเอง พบว่าในการจัดการเรียนรู้เรื่องรอยเท้าพลาสติก นักเรียนมีการแสดงความรู้สึกหรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับรอยเท้าพลาสติกที่นอกจาก “คิดว่าคนเรายังหลีกเลี่ยงการใช้พลาสติกได้ยาก แต่หากเราทุกคนตระหนักในปัญหานี้ ก็จะมีการลดการใช้พลาสติกได้ดีขึ้น” ยังมีนักเรียนแสดงความคิดเห็นไว้ว่า “ทำให้รู้ว่าตอนนี้เราเริ่มจะเห็นถึงโทษของพลาสติกและอนาคตมันก็จะเพิ่มขึ้นไปอีกเรื่อย ๆ กลบไม่ได้แล้ว ขยะพลาสติกจะมั่งง่ายบอกว่าไม่เห็นคือไม่มี ไม่ได้แล้วมันยังคงอยู่นับร้อย ๆ ปี” และจากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับ

รอยเท้าพลาสติก นักเรียนได้กล่าวถึงว่า “การที่เรารู้ว่าในแต่ละปีมีการใช้พลาสติกและทำให้เกิดขยะมากเท่าไร เราก็ควรตระหนักได้ว่าเราควรมีการลดการใช้หรือใช้วัสดุอื่นทดแทนเพื่อลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้น” ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนได้เห็นถึงความสำคัญของการลดการใช้พลาสติกที่ไม่ได้แค่ทำให้ทราบปริมาณการใช้พลาสติกเท่านั้น แต่ยังแสดงถึงความตระหนักเกี่ยวกับการใช้พลาสติกอีกด้วย ส่วนการจัดการเรียนรู้เรื่องขยะจากพอลิเมอร์ พบว่านักเรียนมีการแสดงความรู้สึกหรือแสดงความคิดเห็นนอกเหนือจาก “เรื่องนี้เป็นอะไรที่ควบคุมได้ยากจะบอกว่าเริ่มต้นที่ตัวเราก็น่าดีแต่ควรส่งสัญญาณถึงคนอื่น ๆ ในชุมชนด้วย” ยังมีนักเรียนแสดงความคิดเห็นไว้ว่า “รู้สึกว่าจะแต่ละคนควรมีจิตสำนึกที่ดีในเรื่องของขยะ คือ อย่างน้อยก็ช่วยกันลดการใช้” และจากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับขยะจากพอลิเมอร์ นักเรียนได้กล่าวถึงว่า “รู้สึกไม่ติดต่อกับปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นในชุมชน เพราะคนส่วนมากไม่คำนึงถึงผลกระทบที่จะตามมา ทำได้เพียงปรับที่ตัวเอง” ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนได้เห็นถึงความสำคัญของการตระหนักรู้หรือมีจิตสำนึกในการใช้พลาสติกที่ทุกคนต้องช่วยกัน และการจัดการเรียนรู้เรื่องการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ พบว่านักเรียนมีการแสดงความรู้สึกหรือแสดงความคิดเห็นนอกเหนือจาก “ทำให้อยากลดการใช้ถุงพลาสติกลง เพราะประเทศไทยมีระบบกำจัดขยะที่ไม่มีประสิทธิภาพ และคนในประเทศไม่เห็นถึงความสำคัญในการแยกทิ้งขยะ” ยังมีนักเรียนแสดงความคิดเห็นไว้ว่า “รู้สึกแย่มากเพราะปลูกฝังการทิ้งขยะให้ลงถังแต่ทำไมขยะถึงยังตักค้างหลายตัน” และ “รู้สึกเศร้าและกังวลว่าจะแก้ไขปัญหาอย่างไร” และจากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์นักเรียนได้กล่าวถึงว่า “ทำให้หนักใจที่ไม่สามารถช่วยให้ขยะลดลงได้ แต่การที่รับรู้เกี่ยวกับสถานการณ์ขยะตักค้างในประเทศก็น่าจะทำให้มีการใช้พลาสติกลดลง” ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนได้กล่าวถึงการที่คนไม่ให้ความสำคัญในการจัดการกับขยะ ถึงแม้ว่าจะมีการปลูกฝังให้มีการทิ้งขยะให้ถูกที่แต่ยังคงเกิดปัญหาขยะขึ้น และเนื่องจากประเด็นเกี่ยวกับพอลิเมอร์ค่อนข้างมีบทบาทในชีวิตประจำวันและเป็นประเด็นที่มีการปลูกฝังในเรื่องจิตสำนึกในการจัดการกับขยะพอลิเมอร์อย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และจากการวิเคราะห์แบบวัดการตระหนักรู้ในตนเองของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการตระหนักรู้ในตนเองทั้ง 3 องค์ประกอบอยู่ในระดับมาก และหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการตระหนักรู้ในตนเองในด้านการตระหนักรู้อารมณ์ตนเองอยู่ในระดับมาก ส่วนด้านการประเมินตนเองตามความเป็นจริงและการมีความมั่นใจในตนเองอยู่ระดับมากที่สุด ซึ่งจากการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนระหว่าง การจัดการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้และผลการวิเคราะห์แบบวัดการตระหนักรู้ในตนเองแสดงให้เห็นว่าการตระหนักรู้ในตนเองเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินชีวิต รวมทั้งการคิดเชิงระบบจะทำให้บุคคลได้ตระหนักว่าเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ตัวเราเองก็เป็นสาเหตุหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นั้น (ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล, 2560, น. 209-224) และการคิดเชิงระบบถือว่าเป็นความสามารถที่สำคัญในด้านการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน เนื่องจากสามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจความซับซ้อนและพลวัตของระบบธรรมชาติ สังคม และเศรษฐกิจ (Stephan, Daniela, Frank & Werner, 2018) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาที่ยั่งยืนจึงช่วยส่งเสริมการคิดเชิงระบบและการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ควรให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อย ๆ เพื่อให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือเพิ่มโอกาสให้นักเรียนได้แนวทางในการตอบคำถามได้มากขึ้น
2. ในขั้นการเตรียมการ ผู้สอนควรเลือกประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นใกล้ตัวของนักเรียนก่อนนำไปสู่ระดับที่ใหญ่ขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้มีการคิดอย่างเป็นระบบที่กว้างขึ้นและมีความต่อเนื่องกันตลอดการจัดการเรียนรู้
3. การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแบบวัดการคิดเชิงระบบ ครูควรชี้แจงให้ชัดเจนว่านักเรียนควรระบุความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรโดยใช้ลูกศรที่แสดงเหตุและผล หรือให้นักเรียนอธิบายแบบบรรยาย เพื่อให้ลักษณะของการตอบคำถามของนักเรียนไปในทิศทางเดียวกัน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากแบบวัดการตระหนักรู้ในตนเองพบว่านักเรียนได้กล่าวถึงประชากร จิตสำนึกต่อส่วนรวมหรือสังคม ดังนั้นควรทำวิจัยเพื่อศึกษาความตระหนักรู้ต่อสังคมโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน
2. ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพอลิเมอร์นั้นมีหลายรูปแบบ ดังนั้น ยังมีอีกหลายเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืนที่สามารถนำมาบูรณาการในการเรียนรู้ได้ เช่น เป้าหมายที่ 3 คือสร้างหลักประกันการมีสุขภาพที่ดีและส่งเสริมความเป็นอยู่ที่ดีสำหรับทุกช่วงวัย เป้าประสงค์ที่ 3.8 คือ ลดจำนวนการตายและการเจ็บป่วยจากสารเคมีอันตรายและจากมลพิษและการปนเปื้อนทางอากาศ น้ำ และดินให้ลดลงอย่างมาก ภายในปี พ.ศ. 2573 เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ สุริยะไชย. (2554). *ความสัมพันธ์ระหว่างการตระหนักรู้ในตนเองกับการร่วมรู้สึกในวัยรุ่น* (สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). สาขาจิตวิทยาพัฒนาการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญเลี้ยง ทุมทอง. (2553). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบวิชาคณิตศาสตร์ระดับช่วงชั้นที่ 4* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต). สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปิยะพรรณ ปลาโสม. (2564). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ปริยานันท์ เหมไธสง. (2558). *การพัฒนารายวิชาเพิ่มเติมเพื่อเสริมสร้างกระบวนการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* (วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). สาขาวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เพ็ญพิมาะ ดุศิริวิเชียร. (2553). *ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความฉลาดทางอารมณ์ของนักเรียนและปัจจัยส่วนบุคคลที่เป็นตัวพยากรณ์ความฉลาดทางอารมณ์ของนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ. (2560). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- มนตรี แยมกสิกร. (2546). *การพัฒนาแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการศึกษา* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต). สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 5*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สรารัฐ พัชรวงมพู. (2559). *การพัฒนาแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดเชิงระบบสำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต). สาขาวิชาการจัดการ การศึกษาและการเรียนรู้ บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล. (2560). การคิดเชิงระบบ: ประสพการณ์การสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ. *วารสารครุศาสตร์*, 45(2), 209-224.

- Black, Rhonda S. & Rojewski, J. W. (1998). The Role of Social Awareness in the Employment Success of Adolescents with Mild Mental Retardation. *Education and Training in Mental Retardation and Development Disabilities*, 33(2), 144-161.
- Goleman, D. (1998). *Working with emotional intelligence*. New York: Bantam Books.
- Kaplan, A. O., & Çavus, R. (2016). Perspectives of 8th Grade Students with Different Epistemological Beliefs on Genetic Themed Socio-scientific Issues. *International Online Journal of Educational Sciences*, 8 (4), 178-198.
- Levinson. (2003). *Space in Language and Cognition: Explorations in Cognitive Diversity*. Cambridge University Press.
- Naveenkumar, R., & Baskar, G. (2021). Process optimization, green chemistry balance and techno-economic analysis of biodiesel production from castor oil using heterogeneous nanocatalyst. *Bioresour Technol*, 320, 124347.
- Plastic – the Facts. (2017). *An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Retrieved from <http://www.plasticseurope.org>.
- Ratchliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science Education For Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues*. Milton Keynes: Open University Press.
- Ryan, P., Perold, V., Osborne, A., & Moloney, C. (2018). Consistent patterns of debris on South African beaches indicate that industrial pellets and other mesoplastic items mostly derive from local sources. *Environmental Pollution*, 238, 1008-1016.
- Sadler, T.D., & Zeidler, D. (2003). Teaching bad science: Highlighting the past to understand the Present. *The Science Teacher*, 70(9), 36-40.
- Senge, P.M. (1993). *The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization*. London: Century Business.
- Stephan S., Daniela F., Frank R. & Werner R. (2018). Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD) - a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*. 42(2), 192 - 204.
- UNESCO. (2014). *Shaping the Future We Want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014) Final Report*. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002301/230171e.pdf>.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>.
- Weinert, F. E. (2001). Concept of competence: A conceptual clarification. In Rychen, D. S. & Salganik, L. H. (eds.). *Defining and selecting key competencies*. (pp. 45-65). Ashland: Hogrefe & Huber Publishers.