

การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

ศุภชัย เจริญสุข

การค้นคว้าอิสระเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มิถุนายน 2562
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์)
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)
หัวหน้าภาควิชาการศึกษา
มิถุนายน 2562

ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์ ที่ปรึกษา และคณะกรรมการทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนทำให้การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน อันประกอบไปด้วย คณาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ศึกษานิเทศก์ และคุณครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ขอขอบพระคุณ คุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำ ในการทำการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนที่ให้ความร่วมมือ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบอบและอุทิศ แต่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การค้นคว้าอิสระนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต่อไป

ศุภชัย เจริญสุข

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา
ผู้วิจัย	ศุภชัย เจริญสุข
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2561
คำสำคัญ	สะเต็มศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติการ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกสะท้อนผล แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบทดสอบ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ต้องเน้นให้ผู้เรียนเกิดการอภิปรายร่วมกันในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ให้มากที่สุด อีกทั้งต้องมีการสะท้อนผลร่วมกัน ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นค้นหาและระบุปัญหา 2) ขั้นสร้างแนวคิด 3) ขั้นวางแผน 4) ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ขั้นทดสอบ 6) ขั้นนำเสนอและอภิปราย และ 7) ขั้นสะท้อนผล นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่มีสมรรถนะอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาสมรรถนะอย่างต่อเนื่อง จึงจะทำให้ผู้เรียนมีสมรรถนะเพิ่มมากขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

Title	DEVELOPMENT OF COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING COMPETENCY OF 11 th GRADE STUDENTS USING STEM LEARNING THROUGH ENGINEERING DESIGN PROCESS IN GEOLOGICAL PHENOMENA
Author	Supachai Charoensuk
Advisor	Assistant Professor Skonchai Chanunan, Ph.D.
Academic Paper	Independent Study M.Ed. in Science Education, Naresuan University, 2018
Keywords	STEM Education, Engineering design process, Collaborative problem solving, Geological phenomena

ABSTRACT

The purposes of this research are to study the STEM approach based on engineering design process to enhance the collaborative problem solving competencies (CPS) and to study the effect of teaching approach to promote CPS in geological phenomena for 11th grade students. The methodology of this research was classroom action research 3cycles consisting of Plan, Action, Observe and Reflect. The research instruments included lesson plans, reflective journal, CPS observation form and CPS test. Data analysis by content analysis and data creditability by triangulation method were used. The research found that STEM approach should emphasized on the most discussion and reflection together and consists of 7 steps as 1) Find and identify problems 2) Creating concepts 3) Planning 4) Constructing model 5) Testing 6) Presentation and discussion and 7) Reflection. In addition, found that students are more developing in CPS and most students are at a high level of competencies. Students need to be continuously developed, that will increase more effectively

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	5
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	10
สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	14
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	30
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	47
รูปแบบการวิจัย.....	47
ผู้เข้าร่วมวิจัย.....	48
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	48
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	62
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	62
4 ผลการวิจัย.....	65
คำถามการวิจัยข้อที่ 1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ เรื่อง ปรัชญาการณทางธรณีวิทยา ควรมีการจัดการเรียนรู้ อย่างไร.....	65

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
คำถามวิจัยข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปრაกฏการณ์ทางธรณีวิทยา สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ได้อย่างไร.....	85
5 บทสรุป.....	102
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย.....	102
ข้อเสนอแนะ.....	116
บรรณานุกรม.....	117
ภาคผนวก.....	123
ประวัติผู้วิจัย.....	211

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงเมตริกสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015.....	18
2 แสดงเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามแนวทางการ ประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ของ ATC21s.....	20
3 แสดงเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015.....	26
4 แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของของ EiE และ STEM - D.....	40
5 แสดงขั้นตอนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	43
6 แสดงโครงสร้างเวลาการจัดการเรียนรู้ ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้และสถานการณ์ ปัญหาที่ใช้.....	52
7 แสดงแนวคิดสะเต็มศึกษาและบริบทของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือใน แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้.....	53
8 แสดงรายการพฤติกรรมของผู้เรียนตามกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือของ PISA 2015 ในแต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	58
9 แสดงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละข้อคำถามของแบบทดสอบ สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	60
10 แสดงการสรุปขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบ ร่วมมือ ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ.....	83
11 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนในแต่ละ สมรรถนะ.....	85
12 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้.....	181
13 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ.....	210

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหาในใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มที่ 6.....	67
2 แสดงตัวอย่างการแบ่งหน้าที่ในใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	68
3 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นค้นหาและระบุปัญหาของวงจร ปฏิบัติการที่ 1.....	68
4 แสดงตัวอย่างการแบ่งบทบาทหน้าที่ของนักเรียนกลุ่มที่ 5.....	69
5 แสดงตัวอย่างการแบ่งบทบาทหน้าที่ในใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	70
6 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นสร้างแนวคิดของวงจรปฏิบัติการที่ 1...	70
7 แสดงตัวอย่างการสืบค้นแหล่งข้อมูลของนักเรียนกลุ่มที่ 1.....	71
8 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นสร้างแนวคิดของวงจรปฏิบัติการที่ 2...	71
9 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นสร้างแนวคิดของวงจรปฏิบัติการที่ 3...	72
10 แสดงตัวอย่างการออกแบบโครงสร้างในใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	72
11 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นวางแผนของวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	73
12 แสดงตัวอย่างการลงมือสร้างชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 6.....	74
13 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นสร้างสรรค์ชิ้นงานของวงจรปฏิบัติการ ที่ 1.....	75
14 แสดงตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	76
15 แสดงตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	76
16 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นสร้างสรรค์ชิ้นงานของวงจรปฏิบัติการ ที่ 2.....	77
17 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นสร้างสรรค์ชิ้นงานของวงจรปฏิบัติการ ที่ 3.....	77
18 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นทดสอบและอภิปรายของวงจร ปฏิบัติการที่ 1.....	78
19 แสดงการทดสอบชิ้นงานของผู้เรียนกลุ่มที่ 6.....	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
20 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นทดสอบและอภิปรายของวงจร ปฏิบัติการที่ 2.....	79
21 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นนำเสนอผลงานของวงจรปฏิบัติการ ที่ 1.....	80
22 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นนำเสนอผลงานของวงจรปฏิบัติการ ที่ 2.....	80
23 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นนำเสนอผลงานของวงจรปฏิบัติการ ที่ 3.....	81
24 แสดงตัวอย่างการสะท้อนผลเกี่ยวกับความรู้ทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนกลุ่มที่ 2	82
25 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	82

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่ทางองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) ได้ให้ความสำคัญคือ สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยในปี 2015 การดำเนินการจัดโครงการประเมินผลผู้เรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ได้มีการเปลี่ยนแปลงจากการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหามาเป็นสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เพราะการแก้ปัญหาโดยการทำงานร่วมกันมีข้อดีมากกว่าการแก้ปัญหาโดยลำพังหลายประการ เช่น สามารถแบ่งงานกันทำในทีม สามารถนำความรู้ความสามารถด้านต่าง ๆ มาใช้แก้ปัญหา และสมาชิกในทีมสามารถกระตุ้นส่งเสริมใจให้แก่อีกคน นำไปสู่การคิดริเริ่มและวิธีแก้ปัญหาที่ดีกว่า ดังนั้น ความสามารถในการทำงานร่วมกันจึงเป็นทักษะที่จำเป็นในยุคปัจจุบัน (โครงการ PISA ประเทศไทย, 2561)

อย่างไรก็ตามจากผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA ในปี 2015 ที่ผ่านมา พบว่า มีนักเรียนถึง 42 เปอร์เซ็นต์ ที่มีความสามารถเพียงที่ระดับ 1 นั่นคือ นักเรียนสามารถปฏิบัติการกิจในระดับที่มีความยากไม่มาก และมีการทำงานร่วมกันเป็นทีมในระดับจำกัด ส่วนมากมักจะเน้นเฉพาะงานที่เป็นหน้าที่ในส่วนของตน และได้รับความช่วยเหลือจากสมาชิกในทีม เมื่อต้องทำการแก้ปัญหาง่าย ๆ ก็สามารถหาวิธีแก้ปัญหาได้ ในขณะที่มีเพียง 11 เปอร์เซ็นต์ ที่มีความสามารถทางการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป (โครงการ PISA ประเทศไทย, 2561) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยได้จากการสังเกตและทดสอบด้วยแบบทดสอบที่อ้างอิงตามกรอบการประเมิน PISA 2015 (OECD, 2013, pp.28 – 30) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ที่ผ่านมา กล่าวคือ นักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ แต่เมื่อสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรมการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม พบว่า นักเรียนค่อนข้างแบ่งแยกกันทำงานส่วนบุคคล มีการสื่อสาร ติดตาม หรือมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมกลุ่มค่อนข้างน้อย ไม่ค่อยมีการสร้างเป้าหมาย และวางแผนก่อนการทำงาน และมักไม่แบ่งหน้าที่กันในการทำงานอย่างเป็นกิจจะลักษณะ ภาระงานจึงค่อนข้างหนักเฉพาะสมาชิกคนใดคนหนึ่งเท่านั้น

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์เนื้อหาในบทเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ในส่วนของโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศที่สามารถนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือของนักเรียนได้ จากการวิเคราะห์พบว่าเนื้อหาเรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือธรณีพิบัติภัยที่เกิดขึ้นบนโลก โดยเริ่มตั้งแต่ การอธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา อันได้แก่ แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด และสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 121) แม้ว่า ประเทศไทยจะมีอันดับความเสี่ยงในการเกิดภัยพิบัติเป็นอันดับที่ 8 ในกลุ่มประเทศอาเซียน และอันดับ 91 ของโลก ถูกจัดเป็นประเทศที่มีระดับความเสี่ยงปานกลาง (Bündnis Entwicklung Hilft, 2018) ซึ่งอาจจะมองว่าเป็นเรื่องที่อยู่ห่างไกลตัวนักเรียน แต่ก็ปฏิเสธไม่ได้ว่าภัยพิบัติเหล่านี้ เคยเกิดขึ้นมาแล้วในประเทศไทย เช่น ดินถล่มที่บ้านน้ำก้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ คลื่นยักษ์สึนามิ ในจังหวัดภาคใต้ (นรินทร์ บุญกันภัย, 2553) แผ่นดินไหวจากประเทศลาวที่ส่งผลกระทบถึงอาคาร บ้านเรือนในจังหวัดเชียงราย (วีระชาติ วิเวกวิน และสุวิทย์ โคสุวรรณ, 2557) แต่สิ่งสำคัญที่ผู้วิจัย ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนคือ เรียนเพื่อรู้และเพื่อเตรียมความพร้อมในการใช้ชีวิตเพื่อจะช่วยเหลือ ตนเองและครอบครัวให้ปลอดภัยเมื่อประสบภัยพิบัติเหล่านี้ ด้วยความตระหนักว่าภัยพิบัติไม่ใช่สิ่ง ที่อยู่ไกลตัว แต่เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ทุกขณะ ซึ่งมีนักวิชาการหลายท่านที่กล่าวถึงความสำคัญของการ ศึกษาปรากฏการณ์และภัยพิบัติทางธรรมชาติไว้ในทัศนะที่คล้ายคลึงกัน เช่น ดร.สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์ (2556) อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กล่าวว่า “ดาราศาสตร์เป็นพื้นฐานความรู้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ ในการเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น ทำให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย บรรลุวิชาดาราศาสตร์ไว้ในสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ซึ่งทุกคนที่อยู่ในสังคมต้องมีความรู้ทางด้านนี้พอสมควร โดยสามารถรับรู้ข่าวสารและเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะไม่จำเป็นต้องเก่งหรือนำไปประกอบอาชีพ แต่อย่างน้อยที่สุดคือเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ นี่คือความสำคัญข้อหนึ่งของดาราศาสตร์ในการปูพื้นฐานเรื่องการเรียนรู้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ อีกหนึ่งข้อที่สำคัญคือ เมื่อเกิดพิบัติภัยทางธรรมชาติต่าง ๆ แล้วไม่ตกใจ รู้ว่า ต้องทำอะไร และทำอย่างไร” เช่นเดียวกับ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระชัย สิริพันธ์วรารณ (2550) อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กล่าวว่า “การเรียนรู้และเข้าใจ ในธรณีวิทยาจะช่วยให้นักเรียนสนใจในวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ มากขึ้น ไม่ใช่เพียงแต่ธรณีวิทยา เท่านั้น เพราะนักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนจากฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยามาใช้

ในทางปฏิบัติได้โดยตรง ใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกหรือใต้พื้นโลก ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้แบบบูรณาการ" นอกจากนี้ความรู้ด้านธรณีวิทยายังช่วยให้ได้คิดถึงส่วนรวมและท้องถิ่น ด้วยการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นสำคัญต่อการดำรงชีวิตของตนเองและชุมชน ผู้ที่มีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการทำงานต่าง ๆ ของโลก สามารถให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจได้เกี่ยวกับสถานที่ที่ปลอดภัยที่จะซื้อหรือก่อสร้างสิ่งปลูกสร้าง สามารถอภิปรายและแก้ไขปัญหา มีการวางแผนและพัฒนาผังเมืองเกี่ยวกับความปลอดภัยจากภัยธรรมชาติ รวมถึงการใช้และการจัดการกับทรัพยากรธรรมชาติได้เป็นอย่างดี (วิชาการธรณีไทย, 2555)

จะเห็นได้ว่าการศึกษาทางธรณีวิทยาจะต้องใช้ความรู้ความเชื่อมโยงทางวิทยาศาสตร์ในหลายด้าน อาทิ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ ภูมิศาสตร์ และใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในบทเรียนนี้จึงเหมาะสมที่จะจัดในรูปแบบที่เน้นการลงมือปฏิบัติ ให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการแก้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาในชีวิตประจำวัน โดยการทำงานร่วมกันเป็นทีมมากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย เพื่อให้ผู้เรียนตระหนัก เห็นคุณค่าและความสำคัญของการปฏิบัติตนเกี่ยวกับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา ตลอดจนสามารถนำความรู้และทักษะกระบวนการที่ได้จากการเรียนรู้ในบทเรียนนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ (ธีรภา ไชยเดช, 2559)

การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมผสานกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชนกานต์ เนตรศรี (2560) พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เป็นอย่างดี และควรเป็นกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และสอดคล้องกับงานวิจัยของจรรยาพร ชลสินธุ์ (2559) ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลาง สามารถแก้ปัญหาได้ดีเมื่ออยู่เป็นกลุ่ม อีกทั้งจำเป็นต้องมีขั้นตอนการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนนำนักเรียนไปสู่การบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และต้องเน้นบทบาทของสมาชิกในกลุ่มให้มีโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างเท่าเทียมกัน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของจรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) พบว่าขั้นตอนการจัดกิจกรรมนั้นมีมากถึง 10 ขั้นตอน และเมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอน ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นขั้นตอนที่มีความซับซ้อนซึ่งไม่เหมาะสมกับบริบทของกลุ่มเป้าหมายของผู้วิจัย เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยดังกล่าวเป็นกลุ่มผู้เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มเป้าหมายของผู้วิจัยที่เป็นกลุ่มผู้เรียนแผนการเรียนศิลป์ – ภาษา และมีผลการเรียนอยู่ในระดับปานกลางไปจนถึงระดับต่ำ (ฝ่ายทะเบียนและวัดผล, 2561) จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ขั้นตอนที่ซับซ้อนจนเกินไป เมื่อผู้วิจัยทำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมพบว่า งานวิจัยของ Sampurno, Sari and Wijaya (2015) ได้ทำการศึกษากิจกรรมบูรณาการสะเต็มศึกษากับภัยพิบัติทางธรรมชาติเพื่อสร้างการรู้เรื่องภัยพิบัติทางธรรมชาติของนักเรียน โดยใช้ขั้นตอนที่เรียกว่า STEM - D (Science, Technology, Engineering, Mathematics and Disaster) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้พัฒนาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ขึ้นมา 6 ขั้นตอน ผู้วิจัยพบว่าในขั้นตอนของ STEM - D จะมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันอย่างลึกซึ้ง ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของจรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ที่กล่าวว่า ต้องมีการเน้นบทบาทของสมาชิกในกลุ่มให้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันมากขึ้น นอกจากนี้ในขั้นตอนสุดท้ายของ STEM - D ยังมีการสะท้อนผลที่ในขั้นนี้จะให้นักเรียนได้สะท้อนหรือได้รับการยืนยันว่ามีความเข้าใจในเรื่องสะเต็มศึกษาและการรู้เรื่องภัยพิบัติจากธรรมชาติ ซึ่งแตกต่างไปจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแบบอื่น ๆ ที่มีมาก่อนหน้านี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบและสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EiE) (Boston the museum of science as defined in Gruber-Hine, 2018) กับขั้นตอนการบูรณาการสะเต็มศึกษากับภัยพิบัติทางธรรมชาติ (STEM - D) (Sampurno, Sari and Wijaya, 2015) เพื่อใช้ในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน ได้เป็น 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นค้นหาและระบุปัญหา 2) ขั้นสร้างแนวคิด 3) ขั้นวางแผน 4) ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ขั้นทดสอบและอภิปราย 6) ขั้นนำเสนอผลงาน และ 7) ขั้นสะท้อนผล เนื่องจากมีขั้นตอนที่เหมาะสม ครอบคลุมต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

จากสภาพปัญหาและแนวทางแก้ไขดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เนื่องจากผู้วิจัยมีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวิชา

วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยต้องการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา เพราะเห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องนี้ทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์ ประเด็นทางสังคมที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ที่สำคัญคือได้ตระหนักถึงการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และจากการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวจะทำให้ผู้วิจัยได้ข้อค้นพบใหม่ ๆ จากวิธีการนี้

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ควรมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ได้อย่างไร

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

2. ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

ขอบเขตของงานวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง ปีการศึกษา 2561 จำนวน 35 คน เป็นนักเรียนชาย 12 คน และนักเรียนหญิง 23 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

1) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

2) สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

1) วิทยาศาสตร์ (Science) คือ ความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้แก่ เรื่องแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด และสึนามิ และการใช้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะ และแก้ปัญหา

2) เทคโนโลยี (Technology) คือ ความรู้ ความเข้าใจในเทคโนโลยีและกระบวนการ เทคโนโลยีในการออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ รวมไปถึงการเลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์หรือพัฒนาชิ้นงานในเรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

3) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คือ กระบวนการที่ใช้ในการวางแผน และ ออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จำนวน 7 ขั้นตอน คือ 1) ค้นหาและระบุปัญหา 2) สร้างแนวคิด 3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ทดสอบและอภิปราย 6) นำเสนอผลงาน และ 7) สะท้อนผล

4) คณิตศาสตร์ (Mathematic) คือ ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ เข้ากับศาสตร์อื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการ เข้าร่วมกระบวนการแก้ปัญหาของกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการแบ่งปันความเข้าใจที่มี และรวบรวมความรู้ ทักษะ และความพยายามเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนด โดยแสดงออกถึงสมรรถนะหลัก 3 ด้าน ได้แก่

1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Establishing and maintaining shared understanding) หมายถึง การรู้ว่าสมาชิกในกลุ่มคนใดรู้หรือเข้าใจเรื่องใดมากที่สุด ในปัญหานั้นแล้วนำมาแบ่งปันกัน ประกอบด้วย

1.1 ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม

1.2 แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน

1.3 สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่ม

1.4 ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน

2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (Taking appropriate action to solve the problem) หมายถึง การกำหนดสิ่งที่จะต้องทำในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

2.1 ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

2.2 ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ

2.3 ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน

2.4 ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงาน

3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (Establishing and maintaining team organization) หมายถึง การติดตามบทบาทของตนเองในกลุ่มที่แก้ปัญหาและตรวจสอบว่าคนอื่น ๆ ทำตามหน้าที่ที่ตกลงกัน ประกอบด้วย

3.1 เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม

3.2 ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้

3.3 อธิบาย และประพจน์ติดตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้

3.4 ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง การจัดการกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการระดับสหวิทยาการประกอบด้วยเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ได้จากการสังเคราะห์ขั้นตอนของ Engineering is Elementary (EiE) (Boston The Museum of Science as defined in Gruber-Hine, 2018) กับขั้นตอนการบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ (Integrating STEM and Disaster) (Sampurno, Sari and Wijaya, 2015) ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1) ค้นหาและระบุปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันทำความเข้าใจสถานการณ์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาที่ครูกำหนด โดยต้องระบุว่าปัญหาคืออะไร มีสาเหตุจากอะไร รวมถึงจะมีวิธีการอย่างไรในการแก้ปัญหา

2) สร้างแนวคิด เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด โดยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ จากนั้นนำข้อมูล แนวคิด หรือวิธีการที่ตนหามาได้มาแบ่งปันกับ

สมาชิกในกลุ่ม แล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด เพื่อที่จะใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

3) วางแผน ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันออกแบบชิ้นงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาตามสถานการณ์และเงื่อนไขที่ครูกำหนด โดยใช้ความรู้จากที่ได้สืบค้นข้อมูลมา ผ่านการวาดภาพและแสดงรายละเอียดข้อมูลการคำนวณต่าง ๆ ที่จำเป็นของชิ้นงาน

4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันสร้างชิ้นงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาตามที่ออกแบบไว้

5) ทดสอบและอภิปราย เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้น มาทดสอบว่ามีประสิทธิภาพหรือสามารถแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ ซึ่งในขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนต่างกลุ่มซักถามหรือให้คำแนะนำกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้ จากนั้นจึงปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพและมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด

6) นำเสนอผลงาน ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องนำชิ้นงานที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไข เรียบร้อยแล้ว มานำเสนอหรือทดสอบจริงหน้าชั้นเรียนภายในเวลาที่ครูกำหนด

7) สะท้อนผล ในขั้นนี้ผู้เรียนและครูผู้สอนจะต้องร่วมกันสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าชิ้นงานของกลุ่มใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะเหตุใด จากนั้นครูผู้สอนเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการป้องกันภัยจากการเกิดปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ซึ่งผู้เรียนจะต้องร่วมกันสะท้อนผลลงในใบบันทึกกิจกรรม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

1.2 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.3 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

1.4 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

2. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.1 ความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.2 ความสำคัญของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.3 วิธีประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.2 ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.4 การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของงานวิจัย

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge - based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, หน้า 3)

1. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

สาระที่ 6 โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

ว 6.1 ม.4 – 6/1 สืบค้นและอธิบายหลักการในการแบ่งโครงสร้างโลก

ว 6.1 ม.4 – 6/2 ทดลองเลียนแบบและอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีภาคของโลก

ว 6.1 ม.4 – 6/3 ทดลองเลียนแบบ และอธิบายกระบวนการเกิดภูเขา รอยเลื่อน รอยคดโค้ง แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด

ว 6.1 ม.4 – 6/4 สืบค้นและอธิบายความสำคัญของปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิดที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ว 6.1 ม.4 – 6/5 สำรวจ วิเคราะห์และอธิบายการลำดับชั้นหิน จากการวางตัวของ ชั้นหิน ซากดึกดำบรรพ์ และโครงสร้างทางธรณีวิทยา เพื่ออธิบายประวัติความเป็นมาของพื้นที่

ว 6.1 ม.4 – 6/6 สืบค้น วิเคราะห์ และอธิบายประโยชน์ของข้อมูลทางธรณีวิทยา

2. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการ สืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบ ที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

ว 8.1 ม.4 – 6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจ ตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.4 – 6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้าง แบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/3 ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัย ที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ

ว 8.1 ม.4 – 6/4 เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจ ตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.4 – 6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสม หรือความผิดพลาดของข้อมูล

ว 8.1 ม.4 – 6/6 จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้องและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.4 – 6/7 วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ว 8.1 ม.4 – 6/8 พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

ว 8.1 ม.4 – 6/10 ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบ การอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่นำเสนอต่อสาธารณชน ด้วยความถูกต้อง

ว 8.1 ม.4 – 6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ว 8.1 ม.4 – 6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

3. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีเป็นกลุ่มสาระที่ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ มีทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง สามารถนำความรู้เกี่ยวกับการดำรงชีวิต การอาชีพ และเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์ในการทำงานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ และแข่งขันในสังคมไทยและสากล เห็นแนวทางในการประกอบอาชีพ รักการทำงาน และมีเจตคติที่ดีต่อการทำงาน สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างพอเพียง และมีความสุข (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, หน้า 3) โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้

เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ง 2.1 ม.4 – 6/3 สร้างและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างปลอดภัย โดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพฉายและแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน หรือถ่ายทอดความคิดของวิธีการเป็นแบบจำลองความคิดและการรายงานผลโดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบหรือนำเสนอผลงาน

ง 2.1 ม.4 – 6/5 วิเคราะห์และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม และมีการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืนด้วยวิธีการของเทคโนโลยีสะอาด

สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มาตรฐาน ง 3.1 เข้าใจ เห็นคุณค่า และใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงาน และอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม

ง 3.1 ม.4 – 6/9 ติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

4. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, หน้า 3) ดังนี้

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ค 6.1 ม.4 - 6/1 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา

ค 6.1 ม.4 - 6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.4 - 6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

1. ความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2558, หน้า 1) ได้อธิบายไว้ว่า การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving) เป็นการแก้ปัญหาร่วมกันตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป โดยนำผลประโยชน์ที่ต้องการเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการคิดเพื่อหาทางออก มากกว่าการประนีประนอมกับทุกฝ่าย ซึ่งการแก้ปัญหามีวิธีการและทางออกมากกว่าหนึ่งทางที่สามารถนำทุกฝ่ายไปสู่จุดที่พอใจ และได้รับผลประโยชน์สูงสุด

PISA 2015 (OECD, 2013) ได้กำหนดความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือว่าหมายถึง ความสามารถของบุคคลในการเข้าร่วมกระบวนการแก้ปัญหาของกลุ่ม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการแบ่งปันความเข้าใจที่มี และรวบรวมความรู้ ทักษะ และความพยายามเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งปัจจัยหลักสองประการที่ส่งผลต่อการเกิดสมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ได้แก่ พื้นฐานของนักเรียน และทักษะที่นักเรียนมี

พื้นฐานของนักเรียน ประกอบด้วย

1) ความรู้ที่ติดตัวนักเรียนมา ได้แก่ ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ การอ่านและการเขียน วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม และการเรียนรู้ในชีวิตประจำวัน

2) บุคลิกลักษณะของนักเรียน ได้แก่ อารมณ์และเจตคติ ประสพการณ์และความรู้ แรงจูงใจ และความสามารถทางการคิด

ทักษะที่นักเรียนมี ประกอบด้วย

1) ทักษะการทำงานแบบร่วมมือ ได้แก่ การสร้างความเข้าใจร่วมกัน การมองจากมุมมองของผู้อื่น การอธิบาย การเข้าถึงผู้ฟัง การประสานงาน การโต้แย้งด้วยเหตุผล การทำตามบทบาทหน้าที่และการมีกฎระเบียบร่วมกัน

2) ทักษะการแก้ปัญหา ได้แก่ การสำรวจและทำความเข้าใจ การนำเสนอและคิดหาวิธีการวางแผนและการดำเนินการ และการติดตามและสะท้อนความเห็น

โดยผู้เรียนต้องใช้สมรรถนะต่อไปนี้ในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2558, หน้า 8)

1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

ผู้เรียนสามารถระบุองค์ความรู้ที่ตรงกัน ทุกคนรับรู้ว่าเป็นปัญหาคืออะไร (mutual knowledge; what each other knows about the problem) สามารถระบุมุมมอง แนวคิดของผู้มีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกัน ร่วมกันสร้างร่วมของสภาพปัญหาและกิจกรรม รวมถึงความสามารถของนักเรียนในการติดตาม การใช้ความสามารถ องค์ความรู้ และมุมมองในการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ร่วมงานในการปฏิบัติภาระงาน

นอกจากนี้ กระบวนการสำคัญเน้นที่ความสำคัญของการสร้างจุดยืนร่วมกัน คือการสื่อสารเพื่อให้บรรลุความสำเร็จ นี่คือการกระทำที่จำเป็นสำหรับเรื่อง CPS นักเรียนสามารถสร้างติดตามและแบ่งปันความเข้าใจอย่างยั่งยืนในการแก้ปัญหาภาระงาน โดยการรับผิดชอบในการค้นหาข้อมูล ส่งต่อข้อมูลที่สำคัญเพื่อให้งานสำเร็จ การสร้างหรือแบ่งปันต่อรองความหมายร่วมกัน ตรวจสอบสิ่งที่ผู้อื่นรู้ และลงมือปฏิบัติเพื่อเติมเต็มความรู้ส่วนที่ขาด ทักษะเหล่านี้รวมถึงความมีสติตระหนักรู้ (self-awareness) ของผู้เรียนในเรื่องที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำภาระงาน การตระหนักรู้ถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเองที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงสัมพันธ์กับภาระงาน และรู้ถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของคนในทีม

2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ผู้เรียนสามารถระบุประเภทของกิจกรรม CPS ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา และปฏิบัติการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อบรรลุผลลัพธ์ รวมถึงมีความพยายามในการทำความเข้าใจข้อจำกัดที่บีบคั้น สร้างเป้าหมายของทีมเพื่อความสำเร็จในการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติภาระงาน และติดตามตรวจสอบความสัมพันธ์ภายในกลุ่มและเป้าหมายของปัญหา

การปฏิบัติงานเหล่านี้อาจรวมถึงการกระทำเพื่อการสื่อสาร เช่น การอธิบาย การตรวจสอบความถูกต้อง การต่อรอง การประนีประนอม การอภิปรายได้ว่าที่ การโต้แย้ง ฯลฯ เพื่อแลกเปลี่ยนถ่ายโอนข้อมูลและแนวคิด มุมมองที่มีความซับซ้อน และเพื่อบรรลุการหาทางออกที่สร้างสรรค์หรือเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

มีข้อจำกัดและกฎที่แตกต่างกันมากมายในการส่งเสริมกิจกรรม CPS แต่ละประเภท เช่น jigsaw problems (แต่ละคนมีความรู้ที่แตกต่างกันนำมาแลกเปลี่ยนกันเพื่อได้ข้อมูลที่สมบูรณ์) การทำงานร่วมกัน (collaborative work) และการอภิปรายถกเถียงกันเพื่อการตัดสินใจ (argumentative debates in decision making) นักแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่มีประสิทธิภาพจะต้องตระหนักรู้ถึงข้อจำกัดเหล่านี้ ปฏิบัติตามข้อตกลงที่เกี่ยวข้อง แก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และประเมินผลความสำเร็จของแผนการแก้ปัญหา

3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ทีมจะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพหากขาดการจัดการกลุ่มที่ดีและการปรับโครงสร้างให้เข้ากับปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้เรียนจะต้องเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและผู้อื่นในทีมเดียวกัน อยู่บนพื้นฐานของความรู้ที่ว่าสมาชิกคนใดในทีมมีความถนัดอะไร ปฏิบัติตามกฎหมายของกลุ่ม คอยตรวจสอบการทำงานตามโครงสร้างของกลุ่ม สามารถปรับเปลี่ยน เปลี่ยนแปลงเพื่อมิให้เกิดปัญหาในการสื่อสารระหว่างสมาชิกมิให้เกิดการแตกหัก สามารถจัดการกับอุปสรรคที่ทำให้เกิดปัญหา มีมุมมองและการปฏิบัติในแง่บวกที่ดี

การแก้ปัญหาบางสถานการณ์ต้องใช้ผู้นำกลุ่มที่มีความเข้มแข็ง ในขณะที่ปัญหาบางอย่างต้องใช้วิธีการประชาธิปไตยในการจัดการ ผู้เรียนที่มีสมรรถนะต้องสามารถดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อให้แน่ใจว่า คนในทีมสามารถทำหน้าที่ของตนเองเสร็จสมบูรณ์ตามภาระงาน และมีการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สำคัญ อันรวมไปถึงการให้ข้อมูลสะท้อนกลับและการสะท้อนผลความสำเร็จของการจัดการของกลุ่มในกระบวนการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2. ความสำคัญของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือถือเป็นทักษะที่มีความสำคัญในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นสมรรถนะที่ครอบคลุมความสามารถในการจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อน คลุมเครือ ไม่แน่นอนและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยอาศัยการร่วมมือกันในการแก้ปัญหาให้ประสบผลสำเร็จ สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในสังคมปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นในบริบทของโรงเรียน เช่น การร่วมกันแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การทำโครงงาน เป็นต้น ที่ทำงาน เช่น การร่วมมือกันทำโครงการของบริษัท เป็นต้น บ้านพักอาศัย เช่น การร่วมกันตัดสินใจของครอบครัว เป็นต้น และโดยเฉพาะในตลาดแรงงานมีความต้องการแรงงานที่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ อีกทั้งความสำคัญของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมีเพิ่มมากขึ้น สังเกตได้จากการบริหารจัดการหรือการทำงานในปัจจุบันจำเป็นต้องมีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มหรือทีมเพื่อให้การทำงานนั้นประสบความสำเร็จ (Valerie, et al., 2014, p.95)

ในทางทฤษฎีแล้วสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นเป็นการร่วมกันของสมรรถนะการแก้ปัญหาขั้นสูงและสมรรถนะการร่วมมือของแต่ละบุคคล ซึ่งสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไม่ได้เป็นสมรรถนะที่เป็นผลจากการรวมกันของสมรรถนะการแก้ปัญหาขั้นสูงและสมรรถนะการร่วมมือ แต่เป็นสมรรถนะที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสมรรถนะการแก้ปัญหาและสมรรถนะการร่วมมือ (OECD, 2014 as defined in Valerie, et al. 2014, p.96)

3. วิธีประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ในการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาและสมรรถนะการร่วมมือกันนั้น ยังเป็นการประเมินในลักษณะแยกกัน ในขณะที่ลักษณะของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกัน ประกอบไปด้วย การแก้ปัญหาและการร่วมมือ ดังนั้น การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกันจะต้องเป็นการประเมินที่ครอบคลุมทั้งสมรรถนะการแก้ปัญหาและสมรรถนะการร่วมมือ ในปัจจุบันก็ได้มีการเริ่มวิจัยเพื่อประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมากขึ้น ดังที่ Krkovic, et al. (2014 as defined in Valerie, et al. 2014, p.96) ได้ระบุไว้ว่า สิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาในการสร้างแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ได้แก่ ความเป็นมาตรฐานของแบบประเมิน ลักษณะของผู้ร่วมมือ (แบบคอมพิวเตอร์หรือมนุษย์) การสื่อสารระหว่างผู้แก้ปัญหาทำอย่างไร และวิธีเก็บวิเคราะห์ข้อมูลทำได้อย่างไร

ณ ปัจจุบันได้มีรูปแบบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ 2 วิธี ได้แก่ การประเมินแบบมนุษย์ - ตัวแทนหรือคอมพิวเตอร์ (human - agent) และการประเมินแบบมนุษย์ - มนุษย์ (human - human) ในการประเมินแบบแรกนั้นผู้เข้าร่วมประเมินจะต้องทำการแก้ปัญหาร่วมกับตัวแทน (agent) ซึ่งก็คือ คอมพิวเตอร์ การประเมินลักษณะนี้นั้นได้ถูกนำมาใช้ในการประเมิน PISA ในปี 2015 นี้ เพื่อการประเมินในลักษณะมนุษย์ - ตัวแทนนั้น การตอบสนองของตัวแทนผู้เข้าร่วมประเมินจะเป็นการตอบสนองในลักษณะเดียวกัน ทำให้มั่นใจได้ว่าการประเมินแบบนี้ค่อนข้างจะมีความเป็นมาตรฐานและการให้คะแนนมีความเหมาะสม (Graesser, Jeon and Duffy, 2008 as defined in Valerie, et al. 2014, p.97) ในขณะที่การประเมินอีกแบบนั้นได้ถูกนำมาใช้ประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในโครงการของ ACT21s (Griffin, Care and McGaw, 2011 as defined in Valerie, et al. 2014, p.97) โดย O'Neil, et al. (2003, Valerie, et al. 2014, p.97) ได้เปรียบเทียบการประเมินทั้ง 2 แบบว่าการประเมินแบบมนุษย์ - ตัวแทนนั้นไม่ว่าผู้เข้าร่วมประเมินจะร่วมมือกันแก้ปัญหามากกว่า 2 คนหรือแม้แต่ทำการแก้ปัญหาเพียงคนเดียว สถานการณ์ที่ผู้เข้าร่วมประเมินเผชิญนั้นจะมีความถูกต้อง อีกทั้งผู้เข้าร่วมสามารถหาข้อมูลในเชิงลึกได้จากกระบวนการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เนื่องจากผู้ร่วมมือหรือตัวแทนนั้นเป็นคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามการประเมินในลักษณะมนุษย์ - มนุษย์ จะเป็นวิธีที่ค่อนข้างมีข้อจำกัด เช่น การประเมินที่ไม่ได้มาตรฐาน การสนทนาหรือการสื่อสารระหว่างผู้เข้าร่วมประเมินและผู้ร่วมมือนั้นเป็นการสนทนาในลักษณะปลายเปิด ซึ่งเป็นเรื่องยากมากในการที่จะเปลี่ยนการสนทนาหรือการสื่อสารเหล่านั้นให้ออกมาเป็นคะแนนได้

1. การประเมินแบบมนุษย์ - ตัวแทน (คอมพิวเตอร์) (human - agent)

จาก Draft PISA collaborative problem solving framework 2015 ได้มีการออกแบบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยแสดงเป็นตารางเมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการแก้ปัญหาส่วนบุคคลจาก PISA 2012 กับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือใน PISA 2015 นี้ (OECD, 2013) ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงเมตริกสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015

ทักษะ กระบวนการ	(1) การสร้างและ เก็บรักษาความเข้าใจ ที่มีร่วมกัน	(2) การเลือก วิธีดำเนินการ ที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	(3) การสร้างและ รักษาระเบียบ ของกลุ่ม
(A) การระบุ และเข้าใจ ปัญหา	(A1) การค้นพบมุมมอง และความสามารถของ สมาชิก	(A2) การค้นพบความ ร่วมมือกันในการ แก้ปัญหาให้เป็นไปตาม เป้าหมาย	(A3) การเข้าใจ บทบาทหน้าที่ในการ แก้ปัญหา
(B) การแสดง และการ กำหนด	(B1) การแบ่งปันข้อมูล และการเจรจาเกี่ยวกับ การทำความเข้าใจ ปัญหาร่วมกัน	(B2) การระบุและอธิบาย สิ่งที่ต้องทำให้สำเร็จ	(B3) การอธิบาย หน้าที่ของตน และ ของกลุ่ม
(C) การ วางแผนและ การดำเนินงาน	(C1) การสื่อสารร่วมกัน กับสมาชิกในทีม ในการ ดำเนินงานเพื่อ แก้ปัญหา	(C2) การวางแผนในการ แก้ปัญหา	(C3) การทำตาม กฎระเบียบของกลุ่มที่ ตกลงร่วมกัน
(D) การ ตรวจสอบและ การสะท้อนผล	(D1) การตรวจสอบและ ปรับปรุงความเข้าใจ เกี่ยวกับปัญหาที่มี ร่วมกัน	(D2) การตรวจสอบผล ของการดำเนินงาน และ ประเมินความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	(D3) การตรวจสอบ ให้คำแนะนำ และ ปรับปรุงบทบาท หน้าที่ของสมาชิก

2. การประเมินแบบมนุษย์ - มนุษย์ (human - human)

โครงการประเมิน ACT21s หรือ The Assessment and Teaching of 21st century Skills โครงการวิจัยและพัฒนา รูปแบบและวิธีการประเมินทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 เป้าหมายของโครงการคือ การสร้างรูปแบบการประเมินแบบใหม่เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 แก่ผู้สอน นักการศึกษา เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 และเตรียมความพร้อมผู้เรียนให้มีทักษะที่จำเป็นดังกล่าวในการประกอบอาชีพในอนาคต (Microsoft in Education Assessment and Teaching of 21st Century Skills (ATC21S, n.d; Care and Griffin, n.d.) ได้นำแนวทางการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 จาก ATC21s มาพัฒนาเป็นวิธีการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยรูปแบบการประเมินแบ่งการประเมินเป็น 2 ส่วน นั่นคือ การประเมินด้านสังคม ได้แก่ การทำงานและการสร้างองค์ความรู้ ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามแนวทางการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ของ ATC21s

ระดับ	องค์ความรู้			สังคม	
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
6	ผู้เรียนมีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ สามารถหาข้อมูล วิเคราะห์ สังเคราะห์ ตรวจสอบข้อมูล และเลือกใช้ข้อมูลเป็น สามารถรู้ได้ว่าข้อมูลไหนมีประโยชน์ต่องานและข้อมูลไหนไม่มีประโยชน์ มีความตระหนักต่อภาระงานที่ได้รับและสามารถทำงานให้สำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดได้	ผู้เรียนสามารถเข้าใจ ลักษณะและองค์ประกอบของปัญหาได้อย่างดี สามารถสร้างองค์ความรู้ และหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย		ผู้เรียนมีการสื่อสารระหว่างเพื่อนในกลุ่ม เกี่ยวกับปัญหาได้อย่างเข้าใจ มีการร่วมมือกันหาแนวทางหรือวิธีสำหรับแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และมีกระบวนการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ	ผู้เรียนมีการแบ่งหน้าที่การทำงานอย่างชัดเจน สามารถบริหารจัดการการทำงาน การแก้ปัญหา ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การแก้ปัญหาหรือการทำงานประสบความสำเร็จ ผู้เรียนแต่ละคนสามารถประเมินและแสดงความสามารถของตนเอง รู้จุดอ่อนจุดแข็งทั้งของตนเองและของเพื่อนในกลุ่มได้

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้			สังคม	
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
5	ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ มีการวางแผนการทำงานในระดับดี มีการตั้งเป้าหมายที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองได้รับ และมีการจดบันทึกข้อมูลที่มีประโยชน์และอาจมีประโยชน์ในอนาคตสำหรับการแก้ไข้ปัญหา	ผู้เรียนสามารถระบุสาเหตุและผลกระทบของปัญหาได้ และสามารถหาวิธีแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ทั้งในปัญหาระดับทั่วไปไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อน ผู้เรียนสามารถปรับปรุงแก้ไขสมมติฐานที่ตนเองตั้งไว้ สามารถหาวิธีตรวจสอบและพิสูจน์สมมติฐานนั้นได้อย่างเหมาะสม	ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงาน ตั้งใจฟังและยอมรับความช่วยเหลือต่างๆไม่ว่าจะเพื่อนในกลุ่มหรือผู้สอน ผู้เรียนมีการปรึกษาและพูดคุยกันในกลุ่มเกี่ยวกับการทำงานและการแก้ปัญหาร่วมกันมากกว่าการทำงานตัวคนเดียว	ผู้เรียนให้ความร่วมมือและยอมรับความเห็นจากเพื่อนในกลุ่มแต่ไม่ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงเป้าหมายในการทำงาน มีการร่วมมือกันทำงานและแก้ปัญหา ร่วมกันได้อย่างเหมาะสม	ผู้เรียนมีความพยายามในการแก้ปัญหาบนความแตกต่างทางความคิดและความเข้าใจของเพื่อนในกลุ่มได้ ผู้เรียนมีการแสดงความคิดเห็นร่วมกัน สามารถตีความรวมถึงบอกข้อจำกัดของเพื่อนในกลุ่ม และข้อจำกัดของปัญหา ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำงานได้อย่างเหมาะสม

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้		สังคม		
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
4	ผู้เรียนมีการนำวิธีการแก้ปัญหาลองผิดลองถูก มีการประยุกต์ดัดแปลงในเชิงลองผิดลองถูกและค่อยๆมีการสืบค้นอย่างเป็นระบบมากขึ้น มีการตั้งเป้าหมายในการทำงานและการแก้ปัญหาคอนข้างแคบและมีข้อจำกัดโดยจะมองแค่การแก้ปัญหาย่อยให้สำเร็จก่อนแล้วค่อยไปวางแผนหาวิธีแก้ปัญห่อื่น ๆ ต่อไป มีความเข้าใจปัญหาแค่ระดับพื้นฐานเท่านั้น และยังขาดการวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนเพื่อการแก้ปัญห การหาวิธีแก้ปัญหาร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่มที่ดี	ผู้เรียนสามารถระบุถึง ความเชื่อมโยงและ รูปแบบของปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่มีและสามารถหาวิธีแก้ปัญหาระดับทั่วไปได้	ผู้เรียนแสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหามากหลาย	ผู้เรียนมีการแก้ไขปรับปรุงจากการสื่อสารร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อนำมาพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาให้มากขึ้นและมีการแลกเปลี่ยนข้อมูล ข้อคิดเห็นร่วมกัน	ผู้เรียนมีการแสดงความคิดเห็นและแบ่งปันข้อมูลสำหรับการทำงานและแก้ปัญหากับเพื่อนในกลุ่มตามความสามารถของตนเอง มีการแบ่งปันความเข้าใจร่วมกันและตระหนักถึงความสามารถและข้อจำกัดในการทำงานของตนเอง

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้		สังคม		
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
3	ผู้เรียนทราบว่าจำเป็นจะต้องมีข้อมูลมากกว่านี้เพื่อที่จะแก้ปัญหาและทำการค้นคว้ารวบรวมข้อมูลมากเท่าที่จะหาได้แต่ก็ยังตระหนักได้ว่าข้อมูลที่ตนเองมีนั้นอาจจะยังไม่เพียงพอจึงมีการจัดสรรแบ่งปันข้อมูลเหล่านั้นกับเพื่อน	ผู้เรียนเริ่มเห็นความเชื่อมโยงของข้อมูลต่างๆ เพื่อการแก้ปัญหาร่วมกันกับเพื่อน	ผู้เรียนแสดงให้เห็นถึงความพยายามในการแก้ปัญหา มีการปรึกษาพูดคุยกันในกลุ่ม มีการสื่อสารในเรื่องที่ตนเองได้รับ เช่น คำชี้แนะ คำสั่ง เป็นต้น	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำความเข้าใจปัญหาร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม	ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการทำงานก็ต่อเมื่อภาระงานนั้นเกี่ยวข้องกับงานที่ตนเองได้รับมาเท่านั้น
2	ผู้เรียนมีการวิเคราะห์ปัญหาอย่างจำกัดและใช้เพียงข้อมูลที่มีอยู่ในมือหรือใช้ข้อมูลจากที่ผู้สอนสอนเท่านั้น ผู้เรียนแสดงให้เห็นการใช้ข้อมูลที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การ	ผู้เรียนมีการตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้ข้อมูลที่ผู้เรียนมี สามารถระบุสาเหตุและผลกระทบที่เป็นไปได้ มีการตรวจสอบซ้ำเพื่อความมั่นใจและ	ผู้เรียนมีส่วนร่วมเฉพาะเมื่อได้รับความช่วยเหลือ มีการสื่อสารพูดคุยกันในกลุ่มแค่ช่วงแรก ๆ หรือมีเหตุการณ์ที่สำคัญ	ผู้เรียนไม่มีการตอบสนองต่อการมีส่วนร่วมของเพื่อนในกลุ่มหรือต้องใช้เวลานานกว่าผู้เรียนจะยอมมีส่วนร่วมร่วมกับเพื่อนใน	ผู้เรียนทำงานคนเดียวเป็นหลักทำตามหน้าที่ของตนเองเท่านั้น และมีความตระหนักถึงความสามารถและขีดจำกัดในการ

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้		สังคม		
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
	ตั้งเป้าหมายในการทำงาน และการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีข้อจำกัด	การได้มาซึ่งข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อการแก้ปัญหา	เกิดขึ้นเกี่ยวกับการแก้ปัญหา ผู้เรียนมีความตระหนักในหน้าที่ของตนเองและเพื่อนในกลุ่ม และมีการส่งข้อมูลหรือ แบ่งปันข้อมูลเฉพาะที่ เกี่ยวข้องให้กับเพื่อนในกลุ่ม ตามหน้าที่ของตนเพื่อให้การทำงานดำเนินต่อไปได้	กลุ่ม และมีแนวโน้มที่จะ ปฏิเสธการร่วมมือใด ๆ จาก เพื่อนในกลุ่ม	ทำงานของตนเอง
1	ผู้เรียนไม่สามารถวิเคราะห์ ปัญหาได้ การทำงาน การ สืบค้นข้อมูลเป็นไปอย่าง ไม่เป็นระบบระเบียบ ไม่มี ความพยายามที่จะ	ผู้เรียนมีความพยายามใน การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีเดิม ซ้ำๆซึ่งขาดหลักฐานที่ น่าเชื่อถือ ขาดความเข้าใจ ในปัญหา ผู้เรียนมีการหา	ผู้เรียนมีการทำงานและการ แก้ปัญหาด้วยตัวคนเดียว ผู้เรียนไม่มีการสื่อสารพูดคุย บริรักษากันในกลุ่มเลย ไม่มี การทำงานร่วมกันในกลุ่ม ไม่		

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้			สังคม	
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
	แก้ปัญหา ใช้วิธีการ แก้ปัญหาอย่างไม่ หลากหลาย มีความ พยายามที่จะแก้ปัญหา ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง	ข้อมูลเป็นรายบุคคลและทำ ตามที่คุณสอนเท่านั้น	มีการแบ่งปันข้อมูล การ สื่อสารระหว่างการเกิดขึ้นแค่ ตอนรับงานหรือรับปัญหา มาแล้วเท่านั้น		

แนวทางการวัดและประเมินผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือใน PISA 2015
(OECD, 2013) แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015

สมรรถนะ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
การสร้างและ เก็บรักษา ความเข้าใจที่มี ร่วมกัน	1. ผู้เรียนมีการระบุปัญหา และองค์ความรู้ที่จำเป็น ต่อการแก้ปัญหา หรือมี การสืบค้นข้อมูลเพื่อ แก้ปัญหาได้น้อยมาก หรือไม่มีความสอดคล้อง ต่อบริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญ	1. ผู้เรียนสามารถระบุ ปัญหาและองค์ความรู้ที่ จำเป็นต่อการแก้ปัญหา สามารถสืบค้นข้อมูล เพื่อสร้างองค์ความรู้เพื่อ การแก้ปัญหาที่ สอดคล้องกับบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญได้ บางส่วน	1. ผู้เรียนสามารถระบุ ปัญหาและองค์ความรู้ ที่จำเป็นต่อการ แก้ปัญหา สามารถ สืบค้นข้อมูลเพื่อสร้าง องค์ความรู้เพื่อการ แก้ปัญหาที่สอดคล้อง ตามบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญได้ อย่างเหมาะสม ครบถ้วน
	2. ผู้เรียนสามารถแบ่งปัน ความรู้ความเข้าใจและ มุมมองที่มีต่อปัญหาของ ตนเองกับกลุ่มได้น้อย มาก หรือไม่มีความ สอดคล้องกับบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	2. ผู้เรียนสามารถ แบ่งปันความรู้ความ เข้าใจและมุมมองที่มีต่อ ปัญหาของตนเองกับ กลุ่มที่สอดคล้องกับ บริบทและสถานการณ์ที่ เผชิญได้บางส่วน	2. ผู้เรียนสามารถ แบ่งปันความรู้ความ เข้าใจและมุมมองที่มี ต่อปัญหาของตนเอง กับกลุ่มได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วน
	3. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความผิดพลาด หรือความคลาดเคลื่อนที่ เกิดขึ้นจากการสื่อสาร หรือการแบ่งปันความ เข้าใจร่วมกันได้น้อยมาก หรือไม่มีความสอดคล้อง ต่อบริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญ	3. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือ ความคลาดเคลื่อนที่ เกิดขึ้นจากการสื่อสาร หรือการแบ่งปันความ เข้าใจร่วมกันและมี ความสอดคล้องต่อ	3. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือ ความคลาดเคลื่อนที่

ตาราง 3 (ต่อ)

สมรรถนะ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
		บริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญบางส่วน	เกิดขึ้นจากการสื่อสาร และสามารถทำการ แก้ไขร่วมกับกลุ่มเพื่อ หาทางออกร่วมกันได้ อย่างเหมาะสมครบถ้วน สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ
การเลือก วิธีการที่ เหมาะสมใน การแก้ปัญหา	1. ผู้เรียนกำหนด เป้าหมายในการ แก้ปัญหา วางแผนใน การแก้ปัญหาได้น้อย มาก ถือเป็นการ แก้ปัญหาในลักษณะ ลองผิดลองถูก หรือเป็น การแก้ปัญหาที่ไม่มี ความสอดคล้องต่อบริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญ	1. ผู้เรียนสามารถ กำหนดเป้าหมายใน การแก้ปัญหา และ วางแผนในการ แก้ปัญหาผ่านการ ร่วมมือกันในกลุ่มที่มี ความสอดคล้องต่อบริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญบางส่วน	1. ผู้เรียนสามารถ กำหนดเป้าหมายในการ แก้ปัญหาและวางแผน ในการแก้ปัญหาที่เป็นไป ได้ผ่านการร่วมมือกัน โดยคำนึงถึงข้อจำกัด และเงื่อนไขของปัญหา และมีความสอดคล้อง ต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ
	2. ผู้เรียนระบุแนว ทางการแก้ปัญหาได้ น้อยมากหรือไม่มีความ สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	2. ผู้เรียนสามารถระบุ แนวทางแก้ปัญหาได้ ผ่านการร่วมมือกันใน กลุ่มและมีความ สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญได้ บางส่วน	2. ผู้เรียนสามารถระบุ แนวทางการแก้ปัญหาที่ ดีที่สุดอันจะนำไปสู่การ บรรลุเป้าหมายหรือ ความสำเร็จในการ แก้ปัญหาได้อย่างมี ประสิทธิภาพผ่านการ
	3. ผู้เรียนดำเนินการ แก้ปัญหาตามแผนที่	3. ผู้เรียนสามารถ ดำเนินการแก้ปัญหา	

ตาราง 3 (ต่อ)

สมรรถนะ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
	วางไว้อย่างไม่เหมาะสม	ตามแผนที่วางไว้และมี ความสอดคล้องต่อ	ร่วมมือกันในกลุ่มและมี ความสอดคล้องต่อ
4. ผู้เรียนไม่สามารถ ตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือผลจาก การดำเนินการ แก้ปัญหาของกลุ่มได้	บริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญบางส่วน	4. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือจากผล การดำเนินการ แก้ปัญหาและประเมิน ความสำเร็จของวิธีการ แก้ปัญหาของกลุ่มได้ และมีความสอดคล้อง ต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	บริบทและสถานการณ์ที่ เผชิญอย่างเหมาะสม ครบถ้วน 3. ผู้เรียนสามารถ ดำเนินการแก้ปัญหา ตามแผนที่วางไว้ได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วน และ มีความสอดคล้องต่อ บริบทและสถานการณ์ที่ เผชิญ 4. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือผลจากการ ดำเนินการแก้ปัญหา และประเมินความสำเร็จ ของวิธีการแก้ปัญหาของ กลุ่ม พร้อมทั้งระบุ แนวทางปรับปรุงแก้ไขได้ อย่างเหมาะสมครบถ้วน และมีความสอดคล้อง ต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ

ตาราง 3 (ต่อ)

สมรรถนะ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
การสร้างและ รักษาระเบียบ ของกลุ่ม	1. ผู้เรียนไม่สามารถ ระบุหน้าที่การทำงาน ของตนเองและสมาชิก ภายใต้ความแตกต่าง ของสมาชิกได้	1. ผู้เรียนสามารถระบุ หน้าที่การทำงานของ ตนเองและสมาชิก ภายใต้ความแตกต่าง ของสมาชิกบางคนได้	1. ผู้เรียนสามารถระบุ หน้าที่การทำงานของ ตนเองและสมาชิก ภายใต้ความแตกต่าง ของสมาชิกแต่ละคนและ ปฏิบัติหน้าที่นั้นได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วน
	2. ผู้เรียนปฏิบัติตาม หน้าที่ข้อตกลงของกลุ่ม อย่างไม่เหมาะสม มี การทำงานคนเดียวเป็น หลัก	2 ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติตามหน้าที่ ข้อตกลงของกลุ่มได้ อย่างเหมาะสม สอดคล้องต่อบทบาท และสถานการณ์ที่เผชิญ	2. ผู้เรียนสามารถปฏิบัติ ตามหน้าที่ข้อตกลงของ กลุ่ม สามารถตรวจสอบ และแจ้งเตือนสมาชิกใน กลุ่มให้ไปให้ปฏิบัติ หน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องต่อบทบาท และสถานการณ์ที่เผชิญ
	3. ผู้เรียนไม่มีการ รายงานปัญหาอันเกิด จากการทำงานของตน และสมาชิก ไม่มีการ วางแผนหรือแสดง ความพยายามในการ ปรับเปลี่ยนโครงสร้าง หน้าที่การทำงานของ กลุ่มเมื่อเกิดปัญหาหรือ มีสมาชิกไม่ปฏิบัติตาม หน้าที่ที่ได้รับ มอบหมายหรือแสดง ความพยายามที่จะผลัก ภาระหน้าที่การทำงาน ของตนเองให้กับ สมาชิกคนอื่นๆ	3 ผู้เรียนสามารถ รายงานปัญหาอันเกิด จากการทำงานของ ตนเองและสมาชิก สามารถร่วมกัน วางแผนหรือ ปรับเปลี่ยนหน้าที่การ ทำงานของตนเองและ สมาชิกเมื่อเกิดปัญหา อุปสรรคหรือเมื่อ สมาชิกในกลุ่มปฏิบัติ หน้าที่ไม่สอดคล้อง หรือไม่เป็นไปตามแผน ที่วางไว้	3. ผู้เรียนสามารถ รายงานปัญหาอันเกิด จากการทำงานของ ตนเองและสมาชิก สามารถร่วมกันวางแผน หรือปรับเปลี่ยนหน้าที่ การทำงานของตนเอง และสมาชิกเมื่อเกิด

ตาราง 3 (ต่อ)

สมรรถนะ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
			ปัญหาอุปสรรคหรือเมื่อสมาชิกในกลุ่มปฏิบัติหน้าที่ไม่สอดคล้องหรือไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ให้การช่วยเหลือและยอมรับการช่วยเหลือจากสระ ในกลุ่มเพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้ง การแตกหัก หรืออุปสรรคต่อการแก้ปัญหาของกลุ่มได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องต่อบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, หน้า 4)

สุทธิดา จำรัส (2560, หน้า 16 – 18) ได้อธิบายไว้ว่า คำว่า “สะเต็ม” เป็นคำทับศัพท์ที่มาจากอักษรภาษาอังกฤษ “STEM” ซึ่งเป็นชื่อย่อของศาสตร์หรือสาขาวิชาการทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดย Oxford Dictionary ได้ให้

ความหมายว่า STEM เป็นคำย่อเชิงวิชาการที่มุ่งเน้นการเรียนการสอนที่ใช้ความเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เมื่อพิจารณาความหมายของแต่ละศาสตร์จะมีคำอธิบายและลักษณะดังนี้

1) S ย่อมาจากคำว่า Science หรือ วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาหลักของหลักสูตรการศึกษาในหลาย ๆ ประเทศโดยเฉพาะระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน อย่างไรก็ตามวิทยาศาสตร์ยังหมายรวมถึงการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกทั้งที่เกิดจากมนุษย์และเกิดขึ้นเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาความเป็นไปของธรรมชาติสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา เนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ และวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

2) T ย่อมาจาก Technology หรือ เทคโนโลยี หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่มนุษย์สร้างขึ้นจากพื้นฐานความเป็นธรรมชาติของสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ซึ่งมักจะทำให้มนุษย์มีความสะดวกสบายหรือปลอดภัยมากขึ้น เทคโนโลยีเป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยเทคโนโลยี มีนัย 3 ประการคือ 1. เทคโนโลยีในฐานะศาสตร์แขนงหนึ่งที่เป็นความรู้และแนวปฏิบัติเพื่อการออกแบบ และนำเทคโนโลยีไปใช้ 2. เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเฉพาะ และ 3. เทคโนโลยีด้านการจัดการเรียนการสอน โดยไม่ว่าจะมองจากนัยใดเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพก็ต้องผ่านกระบวนการออกแบบทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Technological design หรือ Technological design process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

3) E ย่อมาจากคำว่า Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ เป็นการประยุกต์ความรู้ทักษะ กระบวนการและความเชี่ยวชาญในเชิงวิทยาศาสตร์ เศรษฐกิจ สังคมและการนำความรู้ไปสู่การปฏิบัติจริง วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มจึงหมายถึงศาสตร์ด้านกระบวนการ มากกว่าจะเป็นศาสตร์อย่างวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ โดยเน้นการออกแบบ การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา การใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ออกแบบผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบหรือสร้างบางสิ่งขึ้นมาโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วิศวกรรมศาสตร์เป็นแนวคิดที่พัฒนาและประยุกต์มาจากการรวมกันของศาสตร์ที่สำคัญ ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาสู่การออกแบบ การแก้ปัญหา

การสร้าง การจำลอง จนพัฒนาเป็นเครื่องมือ วิธีคิด ระบบ รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น ดิก สะพาน เชื้อน เป็นต้น ในการศึกษาในระดับขั้นพื้นฐาน วิศวกรรมศาสตร์ถือว่าการเตรียมเยาวชนเพื่อการเป็นวิศวกรหรือการคิดอย่างนักวิศวกรในอนาคต ซึ่งเน้นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและสร้างสรรค์ วิศวกรรมศาสตร์ไม่ได้เป็นวิชาหลักที่ปรากฏในหลักสูตรระดับการศึกษาทั้งในสหรัฐอเมริกาและประเทศไทย แต่จะเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ และสามารถใช่วิธีการได้อย่างหลากหลายในการพัฒนานวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ทั้งในการทำงานและชีวิตประจำวัน เป้าหมายของการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษาคือการเรียนรู้เกี่ยวกับการออกแบบหรือแก้ปัญหา และเรียนรู้ว่าจะออกแบบหรือแก้ปัญหาอย่างไร

4) M ย่อมาจาก คำว่า Mathematics หรือ คณิตศาสตร์ หมายถึง ภาษาของจำนวน รูปร่าง และปริมาณ คณิตศาสตร์เป็นวิชาสำคัญอย่างยิ่งวิชาหนึ่ง ที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบระเบียบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม การเรียนรู้คณิตศาสตร์ มี 3 เรื่องหลัก คือ 1. กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical thinking) ได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ 2. ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือ ความเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ และ 3. การส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ขั้นสูง (higher-level mathematical thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

นอกจากนี้ Bruton (2017, p.6) ยังได้กล่าวเพิ่มเติมอีกว่า สะเต็มศึกษาไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับการสอนวิชาหลัก 4 วิชาเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับการบูรณาการข้ามวิทยาการอีกด้วย ซึ่งสร้างขึ้นบนความรู้และความเข้าใจเนื้อหาที่พัฒนาขึ้นจากทั้งสี่สาขา ในขณะที่ทุกกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาล้วนมีรากฐานมาจากวิชาคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ ยังต้องตระหนักว่าสะเต็มศึกษามีความเชื่อมโยงกับวิชาศิลปะ เพราะช่วยส่งเสริมการออกแบบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

จากความหมายของสะเต็มศึกษาสามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้

ในภาคทฤษฎีมาใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต

2. ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภทราชัย (2556, หน้า 50) และสภาวิจัยแห่งประเทศไทย (The National Research Council: NRC) ได้กล่าวถึงแนวคิดและลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือเป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสถสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษามักใช้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem - based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาหรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์ หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มีได้หมายถึง การนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญ ประการแรกคือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ

ประการที่สอง ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิด คณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher - Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลายโดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project - based Learning, Problem - based Learning, Design - based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำสะเต็มศึกษาไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

นอกจาก STEM Education จะเป็นการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 สาขาดังกล่าวข้างต้นแล้วยังเป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context Integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอีกด้วย ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้น ๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสการทำงาน การเพิ่มมูลค่า และสามารถสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศด้านเศรษฐกิจได้

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วนและสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชา ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำ ตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

ในการบูรณาการเพื่อช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาทั้ง 4 สาขาวิชา กับชีวิตประจำวันของการประกอบอาชีพ ทั้งนี้ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2557, หน้า 4 – 5) ได้แก่

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้นี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหา และฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว เช่น ถ้าครูผู้สอนแต่ละวิชากำหนดร่วมกันว่าจะใช้กระต๊อบเป็นหัวข้อหลักในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ครูผู้สอนเทคโนโลยีสามารถเริ่มแนะนำกระต๊อบได้ว่า กระต๊อบจัดเป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกหรือตอบสนองความต้องการที่จะเก็บความร้อนของข้าว ในขณะที่ครูวิทยาศาสตร์ยกตัวอย่างกระต๊อบเพื่อสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน ครูคณิตศาสตร์สามารถใช้กระต๊อบสอนเรื่องรูปทรงและให้นักเรียนหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของกระต๊อบได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ หลังจากการเรียนรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนและฉนวนกันความร้อน ครูกำหนดให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บความร้อนของกระต๊อบข้าว โดยขอให้ครูคณิตศาสตร์สอนเรื่องการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ ก่อนให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นเมื่อนักเรียนทดลองและเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้นำข้อมูลจากการทดลองไปสร้างกราฟและตีความผลการทดลองในวิชาคณิตศาสตร์

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้าง ๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการ

แก้ปัญหา ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่

- 4.1 ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ
- 4.2 ตัวชีวิตในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 4.3 ความรู้เดิมของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานหรือโครงงานเป็นฐาน (Problem/ Project-based Learning) เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางการบูรณาการแบบนี้ หากพิจารณาการใช้กระติบข้าวเป็นหัวข้อหลักในการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ครูสามารถจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา โดยกำหนดกรอบปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา เช่น การใช้กระติบข้าวในร้านอาหารที่มักมีการบรรจุข้าวในถุงพลาสติกก่อนบรรจุลงในกระติบข้าว เพื่อป้องกันข้าวเหนียวติดค้างที่กระติบ ซึ่งจะมีผลทำให้ทำความสะอาดยาก และผู้เรียนต้องออกแบบกระติบข้าวหรือวิธีการที่จะทำให้กระติบข้าวมีคุณสมบัติลดการติดของข้าวเหนียวเพื่อลดการใช้ถุงพลาสติก หลังจากที่ผู้สอนนำเสนอปัญหาดังกล่าวแล้ว ผู้เรียนต้องกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดและทักษะทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานี้ เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการบูรณาการระหว่างสาขาวิชาทั้ง 4 วิชา เพื่อนำมาแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยระดับการบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีอยู่ 4 ระดับด้วยกัน คือ การบูรณาการภายในวิชา การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับการบูรณาการแบบสหวิทยาการ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะที่มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชา โดยผู้วิจัยได้พิจารณาเนื้อหาหรือตัวชีวิตที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ในเรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ซึ่งนักเรียนจะได้ประยุกต์ใช้ความรู้ในการออกแบบและแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมผสานกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งมีได้หลายรูปแบบแต่มีขั้นตอนหลัก ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์, 2557, หน้า 4) ประกอบด้วย

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่ปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหามustกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน รวมถึงออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา โดยผลที่ได้อาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบ และประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว

6. ผู้แก้ปัญหามustนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

อย่างไรก็ตาม ในการทำงานผู้เรียนไม่จำเป็นต้องมีระดับที่แน่นอน โดยขั้นตอนทั้งหมดสามารถกลับไปมาหรือย้อนกลับขั้นตอนได้

National Research Council (NRC) (NRC, 2012 อ้างอิงใน ศูนย์สะเต็มศึกษา แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, หน้า 16 - 17) ได้เสนอ ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน หรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือ วิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา ได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงาน หรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่น เข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

The Museum of Science, Boston (n.d.) ได้คิดค้นโครงการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ด้านวิศวกรรม และเทคโนโลยี (Engineering and technological literacy) หรือเรียกว่า Engineering is Elementary (EiE) เพื่อวิจัยและพัฒนาหลักสูตรมาตรฐาน และนำหลักสูตรไปใช้ ในชั้นเรียน โดยกำหนดให้มีการบูรณาการแนวความคิดด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี และทักษะ ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ค้นหาปัญหา (Ask) ในขั้นนี้ผู้เรียนต้องระบุว่าปัญหาคืออะไร มีวิธีการอย่างไร และมีข้อจำกัดอะไร

ขั้นที่ 2 สร้างแนวคิด (Imagine) ผู้เรียนจะร่วมกันระดมความคิด หาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมด หลังจากนั้นจึงเลือกแนวทางที่ดีที่สุดมา

ขั้นที่ 3 วางแผนลงมือปฏิบัติ (Plan) ในขั้นนี้จะให้ผู้เรียนวาดแผนภาพ รวมถึงทำรายการสิ่งของที่ต้องการ

ขั้นที่ 4 สร้างชิ้นงาน (Create) ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ลงมือปฏิบัติชิ้นงานตามที่ได้วางแผนไว้ จากนั้นจึงนำไปทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพของชิ้นงาน

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบ (Improve) สำหรับในขั้นนี้จะเป็นการตรวจสอบดูว่าชิ้นงานของผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จหรือไม่ หากชิ้นงานของผู้เรียนไม่ประสบผลสำเร็จ ผู้เรียนจะต้องนำชิ้นงานไปปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง

Sampurno, Sari and Wijaya (2015) ได้ทำการศึกษาการบูรณาการสะเต็มศึกษากับภัยพิบัติทางธรรมชาติเพื่อสร้างการรู้เรื่องภัยพิบัติทางธรรมชาติของนักเรียน โดยใช้ขั้นตอนที่เรียกว่า STEM - D (Science, Technology, Engineering, Mathematics and Disaster) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้พัฒนาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ขึ้นมา 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสังเกต (Observing) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สังเกตปรากฏการณ์ภัยพิบัติรอบตัวจากวิดีโอหรือสิ่งที่เกิดขึ้นรอบตัว ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้สังเกตเห็นว่าแนวคิดสะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องกับภัยพิบัติทางธรรมชาติอย่างไร ซึ่งจะถูกอธิบายผ่านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

2. ขั้นระบุปัญหา วางแผน และลงมือปฏิบัติ (Identifying, Planning and Act) ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะระบุปัญหาจากปรากฏการณ์ที่พวกเขาสังเกตเห็น จากนั้นสร้างสมมติฐานและพัฒนากลยุทธ์ในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องเตรียมวางแผนงานวิจัยที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมรอบตัว ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง โดยกิจกรรมที่นักเรียนสามารถทำได้คือ การทำการทดลอง การสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต และการทำโครงงาน

3. ขั้นอภิปราย (Discussion) ขั้นนี้นักเรียนจะต้องอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่พวกเขาได้วางแผนไว้ โดยแต่ละกลุ่มจะต้องนำเสนอผลงานและอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้งานที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ผ่านกระบวนการ Active Learning เช่น การใช้คำถาม การระดมความคิด การสร้างคำถาม การแก้ปัญหาร่วมกัน เพื่อนคู่คิด (Think pair share) การเขียนตอบ (Short write) การสร้างแบบจำลอง การอภิปรายโต้แย้ง และบทบาทสมมติ (Role play)

4. **ชั้นถามตอบ (Question and Answer)** ในชั้นตอนนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นซักถามหรือให้คำแนะนำกับกลุ่มที่นำเสนอผลงาน โดยข้อคำถามหรือคำแนะนำควรมีลักษณะสร้างสรรค์เพื่อทำให้เกิดการคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking)

5. **ชั้นขยายความคิด (Elaboration)** นักเรียนนำเสนอผลงานของตนในแบบต่างๆ แต่ละกลุ่มจะมีความทำงานร่วมกัน ดังนั้นแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันได้ ในชั้นตอนนี้นักเรียนจะได้อภิปรายร่วมกันอย่างลึกซึ้ง มีการจัดการเกี่ยวกับความร่วมมือและการทำงานร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกัน

6. **ชั้นสะท้อนผล (Reflection)** ในชั้นตอนนี้แนวคิดสะเต็มศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติจะถูกทำให้ชัดเจนขึ้น ความรู้พื้นฐานของนักเรียน (STEM concept) จะได้รับการยืนยันว่าไม่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Misconception)

4. การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมพบว่า มีขั้นตอนทั้งที่คล้ายคลึงกันและแตกต่างกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการสังเคราะห์ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EiE) (The Museum of Science, Boston, n.d.) กับขั้นตอนการบูรณาการสะเต็มศึกษากับภัยพิบัติทางธรรมชาติ (STEM - D) (Sampurno, Sari and Wijaya, 2015) เพื่อใช้ในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบขั้นตอน ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของของ EiE และ STEM - D

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ของ EiE	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ของ STEM - D	ขั้นตอนที่ผู้วิจัย สังเคราะห์ขึ้น
ขั้นที่ 1 ค้นหาปัญหา (Ask)	ขั้นที่ 1 สังเกต (Observing)	ขั้นที่ 1 ค้นหาและระบุปัญหา
ขั้นที่ 2 สร้างแนวคิด (Imagine)	ขั้นที่ 2 ระบุปัญหา วางแผน และลงมือปฏิบัติ	ขั้นที่ 2 สร้างแนวคิด
ขั้นที่ 3 วางแผนลงมือปฏิบัติ (Plan)	(Identifying, Planning and Act)	ขั้นที่ 3 วางแผน

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ของ EiE	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ของ STEM - D	ขั้นตอนที่ผู้วิจัย สังเคราะห์ขึ้น
ขั้นที่ 4 สร้างชิ้นงาน (Create)		ขั้นที่ 4 สร้างสรรค์ชิ้นงาน
	ขั้นที่ 3 อภิปราย (Discussion)	ขั้นที่ 5 ทดสอบและอภิปราย
ขั้นที่ 5 ตรวจสอบ (Improve)	ขั้นที่ 4 ถามตอบ (Question and Answer)	ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงาน
	ขั้นที่ 5 ขยายความคิด (Elaboration)	ขั้นที่ 7 สะท้อนผล
	ขั้นที่ 6 สะท้อนผล (Reflection)	

จากการเปรียบเทียบขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EiE) (The Museum of Science, Boston, n.d.) กับขั้นตอนการบูรณาการสะเต็มศึกษากับภัยพิบัติทางธรรมชาติ (STEM - D) (Sampumo, Sari and Wijaya, 2015) แล้วนั้น ปรากฏว่ามีขั้นตอนที่คล้ายคลึงกันและมีบางส่วนที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการสังเคราะห์ขั้นตอนขึ้นใหม่ได้เป็น 7 ขั้นตอน คือ 1) ค้นหาและระบุปัญหา 2) สร้างแนวคิด 3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ทดสอบและอภิปราย 6) นำเสนอผลงาน และ 7) สะท้อนผล เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่เหมาะสม ครอบคลุมต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ นอกจากนี้ในแต่ละขั้นตอนยังมีการให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมถึงมีการวางแผนการทำงานในแต่ละขั้นตอน ทั้งกระบวนการภายในกลุ่มและกระบวนการระหว่างกลุ่ม ซึ่งสามารถนำไปสู่การกำหนดบทบาทของสมาชิกภายในกลุ่ม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความเข้าใจร่วมกัน และที่สำคัญยังส่งเสริมกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ค้นหาและระบุปัญหา

เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด โดยต้องระบุว่าปัญหาคืออะไร มีสาเหตุจากอะไร รวมถึงจะมีวิธีการอย่างไรในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 สร้างแนวคิด

เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด โดยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ จากนั้นนำข้อมูล แนวคิด หรือวิธีการที่ตนหามาได้มาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่ม แล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด เพื่อที่จะใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 3 วางแผน

เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันออกแบบชิ้นงานเพื่อนำมาแก้ไขปัญหามาตามสถานการณ์และเงื่อนไขที่ครูกำหนด โดยใช้ความรู้จากที่ได้สืบค้นข้อมูลมา ผ่านการวาดภาพ และแสดงรายละเอียดข้อมูลการคำนวณต่าง ๆ ที่จำเป็นของชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 สร้างสรรค์ชิ้นงาน

เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันสร้างชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้

ขั้นที่ 5 ทดสอบและอภิปราย

เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมามาทดสอบว่ามีประสิทธิภาพหรือสามารถแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ ซึ่งในขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนต่างกลุ่มซักถามหรือให้คำแนะนำกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้ จากนั้นจึงปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพและมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงาน

เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องนำชิ้นงานที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วมานำเสนอหรือทดสอบจริงหน้าชั้นเรียนภายในเวลาที่ครูกำหนด

ขั้นที่ 7 สะท้อนผล

เป็นขั้นที่ผู้เรียนและครูผู้สอนจะต้องร่วมกันสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าชิ้นงานของกลุ่มใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะเหตุใด จากนั้นครูผู้สอนเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับบทเรียน เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และมีความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในบทเรียนหรือไม่ ซึ่งผู้เรียนจะต้องร่วมกันสะท้อนผลลงในใบบันทึกกิจกรรม

จากขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นทั้ง 7 ขั้นตอนนั้น พบว่าแต่ละขั้นตอนส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 (OECD, 2013) ซึ่งมี 3 สมรรถนะหลัก คือ 1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และ 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ซึ่งได้ผลดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงขั้นตอนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
ขั้นที่ 1 ค้นหาและระบุปัญหา	1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม
ขั้นที่ 2 สร้างแนวคิด	1. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 3 วางแผน	1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 4 สร้างสรรค์ชิ้นงาน	1. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 5 ทดสอบและอภิปราย	1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม
ขั้นที่ 6 นำเสนอชิ้นงาน	1. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม
ขั้นที่ 7 สะท้อนผล	1. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 2. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

จากการวิเคราะห์ถึงการเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้นสามารถส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ทำการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและผลการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อการส่งเสริมสมรรถนะ

โดยใช้รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยปฏิบัติการ ประกอบด้วย ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และ
 ขั้นสะท้อนผล ดำเนินเป็นวงจรต่อเนื่องกัน 3 วงจรปฏิบัติการ มีผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักเรียน
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 21 คน โดยใช้เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึก
 สะท้อนผล แบบทดสอบ และบันทึกประจำวัน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา และ
 ตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ควรประกอบด้วย 10 ขั้นตอน
 ได้แก่ 1) ขั้นตรวจสอบมโนทัศน์พื้นฐาน 2) ขั้นระบุปัญหา 3) ขั้นศึกษาปัญหา 4) ขั้นพัฒนาวิธี
 แก้ปัญหาที่เป็นไปได้ 5) ขั้นเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด 6) ขั้นสร้างชิ้นงาน 7) ขั้นทดสอบและประเมิน
 วิธีแก้ปัญหา/ชิ้นงาน 8) ขั้นนำเสนอวิธีแก้ปัญหา 9) ขั้นปรับปรุงแก้ไข และ 10) ขั้นการสรุปและ
 ประเมินผล ซึ่งช่วยให้นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลาง ทั้งนี้
 นักเรียนไม่สามารถระบุเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาและไม่สามารถรับมือกับความขัดแย้งที่เกิด
 จากการทำงานร่วมกันได้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้มีการนำเสนอข้อมูลเชิงหลักการ
 สนับสนุนวิธีแก้ปัญหาของนักเรียนมากขึ้น และให้ความสำคัญกับบทบาทของสมาชิกกลุ่มแต่ละคน
 ได้มีส่วนร่วม ตลอดจนการสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของสมาชิกและการยอมรับ
 ซึ่งกันและกันให้มากขึ้น

พิมณิชา ทวีปท (2559) ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
 ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการจัดการเรียนรู้
 ด้วยรูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนโครงการห้องเรียนพิเศษ
 วิทยาศาสตร์ จำนวน 35 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่อยู่ในความรับผิดชอบของผู้วิจัยในการจัดการเรียนรู้
 รายวิชาเคมีเพิ่มเติมปีการศึกษา 2559 โดยงานวิจัยนี้เป็นลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการ
 ในชั้นเรียนเชิงคุณภาพเป็นวงจร PAOR ที่ต่อเนื่องกัน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่
 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จำนวน 3 แผน แบบสังเกต
 สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
 ผลการวิจัยพบว่าจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สามารถพัฒนา
 นักเรียนให้มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงขึ้นอย่างเป็นลำดับจากการจัด
 การเรียนรู้ครบทุกวงจรปฏิบัติการ โดยนักเรียนมีการร่วมมือกันในการทำงานกลุ่มเป็นอย่างดี และ
 หลังจากการจัดการเรียนรู้ครบทุกวงจนักเรียนกว่า 97% จัดอยู่ในระดับสูงจากผลการประเมิน
 ด้วยแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามกรอบ
 การประเมินของ PISA 2015

ชนกกานต์ เนตรศรี (2560) ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และศึกษาผลที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง เคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยทำการวิจัยเป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 3 วงจร โดยใช้เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกสะท้อนผล แบบสังเกต และแบบประเมินสมรรถนะพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ควรจะเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนร่วมมือกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นค้นหาปัญหา 2) ขั้นสร้างแนวคิด 3) ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 4) ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติ และ 5) ขั้นตรวจสอบและปรับปรุง และยังพบว่า การจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เป็นอย่างดี คือ ผู้เรียนมีสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหามากที่สุด รองลงมาคือสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มตามลำดับ

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Edy Hafizan Mohd Shahali, et al. (2014) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนเกี่ยวกับวิชาสะเต็มศึกษา และศึกษาความสนใจในการดำเนินอาชีพเกี่ยวกับสะเต็ม หลังจากผ่านการเข้าร่วมหลักสูตรบูรณาการทางสะเต็มศึกษา โดยหลักสูตรดังกล่าวจะให้นักเรียนได้รับการเรียนรู้การบูรณาการสะเต็มศึกษาโดยใช้รูปแบบโครงงานเป็นฐาน ซึ่งใช้ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในปีการศึกษา 2557 และ 2558 จำนวน 242 คน เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง พบว่าโดยรวมมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสำหรับความสนใจต่อวิชาสะเต็มศึกษา และอาชีพหลังจากผ่านการเข้าร่วมหลักสูตร นอกจากนี้ยังพบว่าหลักสูตรนี้มีผลต่อการปรับเปลี่ยนระดับความสนใจของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงในเชิงบวก (ตั้งแต่ระดับปานกลางถึงสูง) สำหรับกลุ่มเป้าหมายทั้งปี 2557 และ 2558 ให้ความสนใจต่ออาชีพเกี่ยวกับสะเต็ม คิดเป็น 42.6% และ 69.9% ตามลำดับ และความสนใจต่อ วิชาสะเต็มศึกษา คิดเป็น 45% และ 82% ตามลำดับ

Sampurno, et al. (2015) ได้ทำการศึกษาการบูรณาการสะเต็มศึกษากับภัยพิบัติทางธรรมชาติเพื่อสร้างการรู้เรื่องภัยพิบัติทางธรรมชาติของนักเรียน โดยใช้ขั้นตอนที่เรียกว่า STEM - D (Science, Technology, Engineering, Mathematics and Disaster) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้พัฒนาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ขึ้นมา 6 ขั้นตอน พบว่า 1) ขั้นสังเกต (Observing) นักเรียน

ได้สังเกตเห็นว่าแนวคิดสะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ ซึ่งถูกอธิบายผ่านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ 2) ชั้นระบุปัญหา วางแผน และลงมือปฏิบัติ (Identifying, Planning and Act) นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านการทำกิจกรรม และได้รับการพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) 3) ชั้นอภิปราย (Discussion) นักเรียนอภิปรายการทำงานผ่านกระบวนการ Active Learning ทำให้เกิดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นั่นคือ มีการทำความเข้าใจความหมายใหม่จากประสบการณ์และข้อมูลที่ได้รับ 4) ชั้นถามตอบ (Question and Answer) นักเรียนเกิดการคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) เกิดกระบวนการค้นคว้าสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง 5) ชั้นขยายความคิด (Elaboration) นักเรียนเกิดการอภิปรายร่วมกันอย่างลึกซึ้ง มีการจัดการเกี่ยวกับความร่วมมือและการทำงานร่วมกัน จนได้ข้อสรุปของการแก้ปัญหาร่วมกันก่อนที่จะได้รับข้อยืนยันจากครู และ 6) ชั้นสะท้อนผล (Reflection) ในชั้นตอนนี้ ความรู้พื้นฐานของนักเรียน (STEM concept) จะได้รับการยืนยันว่าไม่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (Misconception)

Siew, Goh and Sulaiman (2016) ทำการศึกษาประเมินประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาในชนบทของประเทศมาเลเซียสองแห่ง ที่นำการบูรณาการสะเต็มศึกษาเข้ากับวิธีการออกแบบทางวิศวกรรม (STEM - EDP) โดยให้นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมเป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบและสร้างต้นแบบที่แตกต่างกันสามแบบ รวมถึงการตอบคำถามความคิดขั้นสูง โดยเก็บข้อมูลผ่านแบบบันทึกของครูและข้อมูลสะท้อนกลับของผู้เข้าร่วมกิจกรรมในลักษณะของคำถามปลายเปิด พบว่ากิจกรรม STEM - EDP สามารถสร้างความตระหนักแก่นักเรียนเกี่ยวกับศักยภาพของตนเอง ในฐานะนักแก้ปัญหา นักคิด ผู้สร้างและผู้ทำงานร่วมกัน นักเรียนสามารถที่จะขยายขอบเขตของตนไปพร้อม ๆ กันทั้งในด้านความรู้และความสามารถ แม้ว่าจะมีปัญหาในการจัดการกับความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของสะเต็ม นอกจากนี้ยังพบว่าแนวทาง STEM - EDP สามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการคิดของนักเรียนมัธยมศึกษาในชนบท

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ผู้วิจัยใช้ รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) เชิงคุณภาพ เนื่องจากการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันเป็นอย่างมาก ผลของการวิจัยจะสะท้อนและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการปฏิบัติการสอนของครู ให้มีความเหมาะสมกับผู้เรียน นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาวิชาชีพครู ข้อค้นพบที่ได้ จะก่อให้เกิดการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน นอกจากนั้นยังเป็นการพัฒนาผู้ที่มีส่วนร่วม อันจะนำไปสู่การพัฒนาชุมชนแห่งการเรียนรู้ร่วมกัน (พินันท์ คงคาเพชร, 2552, หน้า 12)

รูปแบบการวิจัย

ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนการทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแบบของ Schmuck (2006, หน้า 8 – 12 อ้างอิงใน สิริธนา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 149 – 152) มีขั้นตอนการดำเนินการเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่ครูคิดใคร่ครวญถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อพบว่า ผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ หรือเจตคติ จึงกำหนดเป้าหมายเพื่อ แก้ปัญหา เหล่านั้น และเริ่มทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมเพื่อหาแนวคิด มาแก้ปัญหา ดังกล่าว

2. ขั้นปฏิบัติ (Act) ครูนำวิธีการในขั้นวางแผนไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

3. ขั้นสังเกต (Observe) ครูตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการวิจัยเพื่อหาข้อบกพร่องและ นำมาแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ครูจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนหรือเพื่อนร่วมงานได้แสดง ความ คิดเห็นเกี่ยวกับการปฏิบัติการวิจัยทดลอง โดยในขั้นนี้ต้องใช้เครื่องมือต่างๆ มาเก็บรวบรวม ข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลในขั้นสังเกตกับขั้นวางแผน เพื่อนำไปสู่การได้ข้อสรุปว่า แนวทางปฏิบัติใดดีที่สุด

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ครูนำผลสรุปจากขั้นสังเกตมาระดมสมองกับเพื่อนร่วมงาน และสะท้อนตนเอง เพื่อพิจารณาว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ และควรปรับแนวทางปฏิบัติอย่างไรให้ดีกว่าเดิม เมื่อได้ข้อสรุปแล้วจึงเริ่มดำเนินการในขั้นวางแผนของ วงจรต่อไป

ผู้เข้าร่วมวิจัย

กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียน ขนาดกลางแห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง ปีการศึกษา 2561 มีจำนวน 35 คน เป็นนักเรียนชาย 12 คน และนักเรียนหญิง 23 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ออกแบบตามคำถามการวิจัย ซึ่งมีดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ ทางธรณีวิทยา ควรมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ ทางธรณีวิทยา จำนวน 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

- | | |
|--|----------------|
| 1.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แผ่นดินไหว | เวลา 4 ชั่วโมง |
| 1.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ภูเขาไฟระเบิด | เวลา 4 ชั่วโมง |
| 1.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สึนามิ | เวลา 4 ชั่วโมง |

ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเครื่องมือตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาแนวคิดและวิธีการการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องว่ามีการจัดการเรียนรู้ในลักษณะ ใด ๆ สามารถนำมาพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้หรือไม่

2) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในกลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ในมาตรฐานการเรียนรู้และ ตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ดังนี้

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 6 โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 6.1 ม.4 – 6/1 สืบค้นและอธิบายหลักการในการแบ่งโครงสร้างโลก

ว 6.1 ม.4 – 6/2 ทดลองเลียนแบบและอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีภาคของโลก

ว 6.1 ม.4 – 6/3 ทดลองเลียนแบบ และอธิบายกระบวนการเกิดภูเขา รอยเลื่อน รอยคดโค้ง แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด

ว 6.1 ม.4 – 6/4 สืบค้นและอธิบายความสำคัญของปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิดที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ว 6.1 ม.4 – 6/5 สสำรวจ วิเคราะห์และอธิบายการลำดับชั้นหิน จากการวางตัวของชั้นหิน ชากดักดำบรรพ์ และโครงสร้างทางธรณีวิทยา เพื่ออธิบายประวัติความเป็นมาของพื้นที่

ว 6.1 ม.4 – 6/6 สืบค้น วิเคราะห์ และอธิบายประโยชน์ของข้อมูลทางธรณีวิทยา

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 8. 1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายได้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม.4 – 6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.4 – 6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/3 ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ

ว 8.1 ม.4 – 6/4 เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจ ตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.4 – 6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง ครบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสม หรือความผิดพลาดของข้อมูล

ว 8.1 ม.4 – 6/6 จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับ ความถูกต้องและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.4 – 6/7 วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ว 8.1 ม.4 – 6/8 พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจ ตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

ว 8.1 ม.4 – 6/10 ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบ การอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่นำเสนอต่อสาธารณชน ด้วยความถูกต้อง

ว 8.1 ม.4 – 6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่า ความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้ง จากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ว 8.1 ม.4 – 6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ง 2.1 ม.4 – 6/3 สร้างและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างปลอดภัย โดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพฉายและแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน หรือถ่ายทอดความคิดของวิธีการเป็นแบบจำลองความคิดและการรายงานผลโดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบหรือนำเสนอผลงาน

ง 2.1 ม.4 – 6/5 วิเคราะห์และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม และมีการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืนด้วยวิธีการของเทคโนโลยีสะอาด

สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มาตรฐาน ง 3.1 เข้าใจ เห็นคุณค่า และใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงาน และอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม

ง 3.1 ม.4 – 6/9 ติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ค 6.1 ม.4 - 6/1 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา

ค 6.1 ม.4 - 6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.4 - 6/2 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

3) ศึกษารายละเอียดคำอธิบายรายวิชา และดูว่ามีหัวข้อที่ผู้เรียนจะต้องเรียนอะไรบ้าง จากนั้นเลือกหัวข้อที่จะนำมาทำวิจัย พร้อมทั้งศึกษาตัวชี้วัด วิธีการวัด และการประเมินผล

4) สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมีจำนวน 7 ขั้นตอน ได้แก่

1. ค้นหาและระบุปัญหา
2. สร้างแนวคิด
3. วางแผน
4. สร้างสรรค์ชิ้นงาน
5. ทดสอบและอภิปราย
6. นำเสนอผลงาน
7. สะท้อนผล

5) สร้างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อให้ผู้เรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

6) ผู้วิจัยนำสถานการณ์จากข้อ 5 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบรายละเอียด

7) นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข

8) สร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเวลา 12 ชั่วโมง และสร้างใบกิจกรรม

ตาราง 6 แสดงโครงสร้างเวลาการจัดการเรียนรู้ ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ และสถานการณ์ปัญหาที่ใช้

แผนที่	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	สถานการณ์
1	แผ่นดินไหว	4	ไม่เคยหวั่นไหว
2	ภูเขาไฟระเบิด	4	ลูกไฟมรณะ
3	สึนามิ	4	หายนะคลื่นยักษ์

ตาราง 7 แสดงแนวคิดสะเต็มศึกษาและบริบทของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่	สถานการณ์	แนวคิดสะเต็มศึกษา	บริบทของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
1. แผ่นดินไหว	ไม่เคยเห็นไหว : การออกแบบ โครงสร้างที่ เหมาะสมที่สุดใน การป้องกัน แผ่นดินไหว	S : กระบวนการเกิด แผ่นดินไหว การป้องกัน ภัยจากแผ่นดินไหว T : การเลือกใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ให้ เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ ในการออกแบบชิ้นงาน E : การออกแบบและ พัฒนาชิ้นงาน โดยใช้ กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน 1) ค้นหาและระบุ ปัญหา 2) สร้างแนวคิด 3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ทดสอบและ อภิปราย 6) นำเสนอผลงาน 7) สะท้อนผล M : การคำนวณหา ความสูง และการรับ น้ำหนักถูกราย	โครงเรื่องของปัญหา ประเภทปัญหา : จิ๊กซอว์ ลักษณะ : สาธารณะ เนื้อหา : วิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของกลุ่ม ขนาดกลุ่ม : มากกว่า 2 คน สถานะทีม : เท่าเทียมกัน บทบาท : มีหน้าที่ต่างกัน ลักษณะเฉพาะของงาน รูปแบบ : ให้ข้อมูลไม่ครบ ข้อมูล : ไม่คงที่ การพึ่งพา : สูง จุดมุ่งหมาย : กลุ่ม การแก้ปัญหา : ต่ำ การสื่อสารจากเนื้อเรื่อง ตีความ : ปานกลาง อ้างอิง : สูง ความสามารถในการ แก้ปัญหา : ปานกลาง พื้นที่ปัญหา : ชัดเจน

ตาราง 7 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์	แนวคิดสะเต็มศึกษา	บริบทของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
2. ภูเขาไฟระเบิด	ลูกไฟมรณะ : การสร้างแบบจำลองภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุและลาวา การออกแบบเมืองให้ปลอดภัยจากเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิด	S : กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด การป้องกันภัยจากภูเขาไฟระเบิด T : การเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงาน E : การออกแบบและพัฒนาชิ้นงาน โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน 1) ค้นหาและระบุปัญหา 2) สร้างแนวคิด 3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ทดสอบและอภิปราย 6) นำเสนอผลงาน 7) สะท้อนผล M : การคำนวณหาอัตราส่วนที่เหมาะสมการคำนวณหาต้นทุนในการเลือกวัสดุมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานอย่างคุ้มค่า	โครงเรื่องของปัญหาประเภทปัญหา : จิ๊กซอว์ ลักษณะ : สาธารณะ เนื้อหา : วิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของกลุ่มขนาดกลุ่ม : มากกว่า 2 คน สถานะทีม : เท่าเทียมกัน บทบาท : มีหน้าที่ต่างกัน ลักษณะเฉพาะของงานรูปแบบ : ให้ข้อมูลไม่ครบ ข้อมูล : ไม่คงที่ การพึ่งพา : สูง จุดมุ่งหมาย : กลุ่ม การแก้ปัญหา : ต่ำ การสื่อสารจากเนื้อเรื่อง ตีความ : ปานกลาง อ้างอิง : สูง ความสามารถในการแก้ปัญหา : ปานกลาง พื้นที่ปัญหา : ชัดเจน

ตาราง 7 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์	แนวคิดสะเต็มศึกษา	บริบทของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
3. สีนามิ	หายนะคลื่นยักษ์ : การออกแบบ แบบจำลองการ เกิดสีนามิ และการ ออกแบบชุมชนที่ ปลอดภัยจาก สีนามิ	S : กระบวนการเกิดสีนามิ การป้องกันภัยจากสีนามิ นามิ T : การเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงาน E : การออกแบบและพัฒนาชิ้นงาน โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน 1) ค้นหาและระบุปัญหา 2) สร้างแนวคิด 3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ทดสอบและอภิปราย 6) นำเสนอผลงาน 7) สะท้อนผล M : การคำนวณหาต้นทุนในการเลือกวัสดุมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานอย่างคุ้มค่า	โครงเรื่องของปัญหา ประเภทปัญหา : จีคซอร์ ลักษณะ : สาธารณะ เนื้อหา : วิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของกลุ่ม ขนาดกลุ่ม : มากกว่า 2 คน สถานะทีม : เท่าเทียมกัน บทบาท : มีหน้าที่ต่างกัน ลักษณะเฉพาะของงาน รูปแบบ : ให้ข้อมูลไม่ครบ ข้อมูล : ไม่คงที่ การพึ่งพา : สูง จุดมุ่งหมาย : กลุ่ม การแก้ปัญหา : สูง การสื่อสารจากเนื้อเรื่อง ตีความ : ปานกลาง อ้างอิง : สูง ความสามารถในการ แก้ปัญหา : ปานกลาง พื้นที่ปัญหา : ชัดเจน

9) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปრაกฏการณ์ทางธรณีวิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 แผน และใบกิจกรรมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ศึกษาในเทศก์ชำนาญการ และครูชำนาญการพิเศษผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความสอดคล้องของเนื้อหา และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้มีดังนี้

- จุดประสงค์การเรียนรู้ยังเขียนไม่ครอบคลุมกับมาตรฐานการเรียนรู้ ในส่วนของ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

- การระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านความรู้ ยังไม่ชัดเจน

- ในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่เน้นไปที่ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- ปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้วัดจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้

- ให้นำพฤติกรรมที่ระบุในนิยามศัพท์เฉพาะมาระบุในจุดประสงค์การเรียนรู้ให้เป็นเชิงพฤติกรรมเพื่อที่จะได้มีความชัดเจนขึ้น

- ในขั้นสร้างแนวคิด ให้ครูระบุแหล่งสืบค้นออนไลน์เป็นแนวทางให้นักเรียน เพื่อความสะดวกในการทำกิจกรรมมากขึ้น

- เพิ่มเติมการเน้นย้ำถึงความสำคัญของหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายภายในกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

10) นำแผนการจัดการเรียนรู้ และใบกิจกรรมมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มาหาประสิทธิภาพ ซึ่งพบว่ามีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.74 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.32 ซึ่งอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด

11) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปრაกฏการณ์ทางธรณีวิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

1.2 แบบบันทึกสะท้อนผล

เป็นแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้หลังจากจบหน่วยย่อยแต่ละหน่วย โดยเป็นการเขียนบรรยายตามหัวข้อที่กำหนด เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

4.1 กำหนดขอบเขตสิ่งที่จะบันทึกสะท้อนผล

4.2 สร้างแบบบันทึกสะท้อนผลตามขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยลักษณะแบบบันทึกจะเป็นการเขียนบรรยายเป็นข้อ ๆ ตามคำถามที่ตั้งไว้

4.3 นำแบบบันทึกสะท้อนผลที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบ

4.4 นำแบบบันทึกสะท้อนผลมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

4.5 นำแบบบันทึกสะท้อนผลไปใช้เพื่อสะท้อนผลหลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง โดยผู้บันทึกแบบบันทึกสะท้อนผล ได้แก่ ผู้วิจัย และครูประจำการ

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรัชญาการณทางธรณีวิทยา สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ได้อย่างไร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

2.1 แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ มีลักษณะเป็นแบบสังเกตแบบกึ่งโครงสร้าง ผู้วิจัยบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และใช้กับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม โดยมีการสอบถามนักเรียนขณะทำกิจกรรม และดูจากการตอบคำถามในใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

1) ศึกษาความหมาย กรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ จาก PISA 2015

2) ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรม การแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ใช้กรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 ซึ่งมีสมรรถนะย่อยเป็นดังนี้

1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

2. การเลือก วิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

3) สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบสังเกตแบบกึ่งโครงสร้าง คือ มีการกำหนดรายการพฤติกรรมที่จะทำการสังเกตในเบื้องต้น และการเขียนบรรยายลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนเพิ่มเติมที่สังเกตพบระหว่างการจัดการเรียนรู้

ตาราง 8 แสดงรายการพฤติกรรมของผู้เรียนตามกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 ในแต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	รายการพฤติกรรมของผู้เรียน
ขั้นที่ 1 ค้นหาและระบุปัญหา	1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน - ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม - แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน - สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่ม 2. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม - เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม
ขั้นที่ 2 สร้างแนวคิด	1. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา - ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 3 วางแผน	1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน - ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม 2. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา - ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ - ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน 3. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม - เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม

ตาราง 8 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้	รายการพฤติกรรมของผู้เรียน
ขั้นที่ 4 สร้างสรรค์ ชิ้นงาน	1. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา - ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน 2. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม - ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ - อธิบาย และประพุดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้
ขั้นที่ 5 ทดสอบและ อภิปราย	1. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม อธิบาย และประพุดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ 2. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา - ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนิน และประเมินผล ความสำเร็จของงาน 3. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม - อธิบาย และประพุดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ - ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน
ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงาน	1. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม - อธิบาย และประพุดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ - ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน
ขั้นที่ 7 สะท้อนผล	1. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา - ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนิน และประเมินผล ความสำเร็จของงาน 2. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม - ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

4) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่อง

5) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ มาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

6) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไปใช้จริง โดยผู้สังเกตคือผู้วิจัย ซึ่งจะสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) ในขณะที่มีการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

2.2 แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ประกอบด้วย 2 สถานการณ์ปัญหาสถานการณ์ละ 6 ข้อคำถาม รวม 12 ข้อ มีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบสร้างคำตอบอิสระ ซึ่งครอบคลุมสมรรถนะย่อยทั้ง 3 สมรรถนะ โดยอิงตามกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

1) ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2) สร้างแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยมีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบสร้างคำตอบอิสระ

ตาราง 9 แสดงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละข้อคำถามของแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สถานการณ์	ข้อที่	สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
อาคารด้าน แผ่นดินไหว	1	เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม (3.1)
	2	สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่ม (1.3)
	3	ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (2.1)
	4	ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ (2.2)
	5	ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน (1.4)
	6	ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน (3.4)
น้ำป่าไหล	1	แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน (1.2)
หลากหลาย	2	ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม (1.1)
	3	ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน (2.3)

ตาราง 9 (ต่อ)

สถานการณ์	ข้อที่	สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
	4	ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ (3.2)
	5	ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงาน (2.4)
	6	อธิบาย และประพจน์ติดตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ (3.3)

3) นำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่อง

4) นำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมาปรับปรุงตามคำแนะนำของ อาจารย์ที่ปรึกษา และเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำภาควิชา การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ศิษยานิเทศก์ชำนาญการ และครูชำนาญการ พิเศษผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมีดังนี้

- ข้อที่ 5 ของสถานการณ์ที่ 1 ประเด็นข้อขัดแย้งเรื่องไม้หรือเหล็กเป็นประเด็นที่ไม่เกี่ยวข้องกับความรู้ในเรื่องที่ต้องการจะให้นักเรียนได้เรียนรู้

- ข้อที่ 5 ของสถานการณ์ที่ 2 ควรระบุสถานการณ์ที่เป็นข้อผิดพลาดให้ชัดเจน

5) ผลการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 (รายละเอียด ตาราง ภาคผนวก)

6) นำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย หลังจากจบการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โดยการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งดำเนินการตามวงจร PAOR ทั้งหมด 3 วงจร ซึ่งในแต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน จากนั้นนำคำตอบของนักเรียนมาตรวจ ดีความและจัดจำแนกคำตอบออกเป็นกลุ่มตามระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง

2. ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน 4 ขั้นตอน คือ วางแผน (P) ปฏิบัติ (A) สังเกต (O) และสะท้อนผล (R) เป็นจำนวน 3 วงจร โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 1 แผน ต่อ 1 วงจร ได้แก่ วงจรที่ 1 เรื่อง แผ่นดินไหว วงจรที่ 2 เรื่อง ภูเขาไฟระเบิด และวงจรที่ 3 เรื่อง สึนามิ โดยหลังจากที่ผู้วิจัยวางแผนในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรแล้วนั้น ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้น ผู้วิจัยจะสังเกตพฤติกรรมแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน แล้วประเมินลงในแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ จากนั้นนำมาจัดกลุ่มพฤติกรรมตามเกณฑ์การประเมินที่แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาพัฒนาการของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรนั้น ๆ และนำผลการสะท้อนที่ได้มาวางแผนเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป จนครบทั้ง 3 วงจรการจัดการเรียนรู้

3. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังจากจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรแล้ว จากนั้นนำคำตอบของนักเรียนมาตรวจ ดีความและจัดจำแนกคำตอบออกเป็นกลุ่มตามระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนหลังเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย ดังนี้

1. เพื่อปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรางค์การณ

ทางธรณีวิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แหล่งข้อมูลจากแบบบันทึกสะท้อนผล ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ดังนี้

1.1 เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยอ่านข้อมูลทั้งหมดจากเครื่องมือวิจัย ทั้งหมด

1.2 รวบรวมข้อมูลที่สามารถนำมาตอบคำถามวิจัยได้ ให้เป็นหมวดหมู่เดียวกันในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.3 ตีความข้อมูลจากข้อมูลจากแบบบันทึกสะท้อนผลว่าในแต่ละชั้นของการจัดการเรียนรู้เกิดปัญหาอะไรบ้าง มีข้อดี - ข้อเสีย และควรมีการปรับปรุงชั้นการจัดการเรียนรู้แต่ละชั้นอย่างไร

1.4 สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละวงจร

1.5 ตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพของแบบบันทึกสะท้อนผลที่ได้จากผู้วิจัย และจากครูประจำการ ด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) แบบ resource triangulation โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสะท้อนผล มาตีความข้อมูล และประเมินผลว่าผลการดำเนินงานให้ข้อมูลในประเด็น ที่ตรงกัน หรือในทิศทางที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยวิธีการนี้ ถ้าใช้เครื่องมือเดียวกันและผู้เก็บรวบรวมข้อมูลต่างกัน แต่มีผลการประเมินเป็นไปในทิศทางเดียวกันจะแสดงให้เห็นได้ว่าข้อมูลนั้นมีความน่าเชื่อถือ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 181) ซึ่งหมายถึงว่าการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยมีความสอดคล้องต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และส่งผลให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถืออีกด้วย

1.6 วิเคราะห์ในภาพรวมว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือว่าควรมีการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้นเป็นอย่างไร

2. วิเคราะห์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน หลังการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีแหล่งข้อมูล คือ แบบสังเกตพฤติกรรมและการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ใบบันทึกกิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.1 เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือวิจัยทั้งหมดแล้ว ผู้วิจัยอ่านข้อมูลทั้งหมด และแบ่งหมวดหมู่ข้อมูลไว้เป็น 3 ส่วน ตามสมรรถนะย่อยของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ตามกรอบ PISA 2015

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมและการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในชั้นเรียนตามสมรรถนะย่อย โดยดูว่าในแต่ละวงจรปฏิบัติการผู้เรียนมีการพัฒนาสมรรถนะย่อยอย่างไร จากนั้นสรุปว่าผู้เรียนมีการพัฒนาสมรรถนะย่อยนั้นหรือไม่ อย่างไร

2.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยผู้วิจัยจัดข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ตามสมรรถนะย่อยของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามกรอบการประเมินของ PISA 2015

2.4 ผู้วิจัยตีความคำตอบของผู้เรียนว่าตรงกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้จัดแบ่งกลุ่มระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระดับใดบ้าง

2.5 จัดหมวดหมู่ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำของแต่ละสมรรถนะย่อย และนำไปหาคำร้อยละ

2.6 สรุปภาพรวมทั้งหมดว่าผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ได้หรือไม่ อย่างไร

2.7 ตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) แบบ method triangulation โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรม การบันทึกผลในใบบันทึกกิจกรรม และการทำแบบทดสอบ มาตีความข้อมูล และประเมินผลว่าผลการดำเนินงานให้ข้อมูลในประเด็นที่ตรงกัน หรือในทิศทางที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยวิธีนี้เป็นการใช้เครื่องมือวิจัยมากกว่า 1 ชนิดเก็บข้อมูลชนิดเดียวกัน เพื่อดูว่าผลสรุปจะไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 181)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) มีจุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา และ ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ซึ่งดำเนินการวิจัยตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน แต่ละแผน แบ่งเป็น วงจรปฏิบัติการ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) ทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ผู้วิจัยเริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลวิจัย ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2562 ถึงวันที่ 1 มีนาคม 2562 โดยผู้วิจัยจะนำเสนอข้อมูลผลการวิจัยตามคำถามการวิจัย ดังนี้

คำถามการวิจัยข้อที่ 1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ควรมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร

ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งแสดงผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้วางแผนในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไว้จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ เรื่องแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด และสึนามิ ซึ่งแต่ละแผนใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนละ 4 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2562 ถึงวันที่ 1 มีนาคม 2562 โดยจัดการเรียนรู้ทุกวันพฤหัสบดี เวลา 10.20 น. - 12.10 น. และวันศุกร์ เวลา 14.00 น. - 15.50 น. โดยรายละเอียดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกัน

ออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาอาคารหอศิลป์ที่ทนต่อการเกิดแผ่นดินไหวทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้ (รายละเอียดจัดแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กิจกรรม ไม่เคยหวั่นไหว ในภาคผนวก ก) รายละเอียดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบชิ้นงานแบบจำลองภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุและลาวา รวมทั้งออกแบบผังเมืองที่ปลอดภัยจากเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดได้ (รายละเอียดจัดแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กิจกรรม ลูกไฟ มรณะ ในภาคผนวก ก) และรายละเอียดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบชิ้นงานแบบจำลองการเกิดสึนามิ และชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิได้ (รายละเอียดจัดแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กิจกรรม หายนะคลื่นยักษ์ ในภาคผนวก ก)

2. ชั้นปฏิบัติ (Act)

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ผู้วิจัยได้ปฏิบัติตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ค้นหาและระบุปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะแบ่งกลุ่มผู้เรียนโดยความสามารถทางการเรียน มีการให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่าเป็นอย่างไร รวมถึงการแจ้งกฎกติกาต่าง ๆ ที่ต้องปฏิบัติร่วมกันในชั้นเรียนจากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันทำความเข้าใจสถานการณ์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาที่ครูกำหนด โดยต้องระบุว่าปัญหาคืออะไร มีสาเหตุจากอะไร รวมถึงจะมีวิธีการอย่างไรในการแก้ปัญหา

2.2 สร้างแนวคิด

ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด โดยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ จากนั้นนำข้อมูล แนวคิด หรือวิธีการที่ตนหาได้มาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่ม แล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด เพื่อที่จะใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

2.3 วางแผน

ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันออกแบบชิ้นงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาตามสถานการณ์และเงื่อนไขที่ครูกำหนด โดยใช้ความรู้จากที่ได้สืบค้นข้อมูลมา ผ่านการวาดภาพและแสดงรายละเอียดข้อมูลการคำนวณต่าง ๆ ที่จำเป็นของชิ้นงาน

2.4 สร้างสรรค์ชิ้นงาน

ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันสร้างชิ้นงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาตามที่ออกแบบไว้

2.5 ทดสอบและอภิปราย

ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมามาทดสอบว่ามีประสิทธิภาพหรือสามารถแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ ซึ่งในขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนต่างกลุ่มซักถามหรือให้คำแนะนำกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้ จากนั้นจึงปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพและมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด

2.6 นำเสนอผลงาน

ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องนำชิ้นงานที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วมานำเสนอหรือทดสอบจริงหน้าชั้นเรียนภายในเวลาที่ครูกำหนด

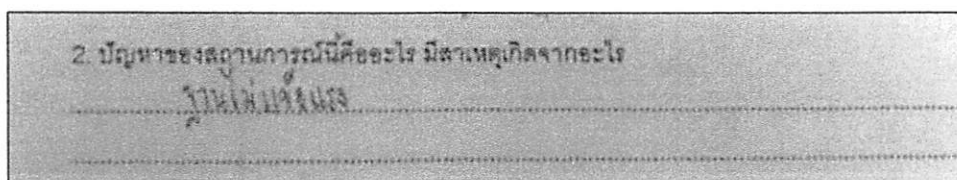
2.7 สะท้อนผล

ในขั้นนี้ผู้เรียนและครูผู้สอนจะต้องร่วมกันสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าชิ้นงานของกลุ่มใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะเหตุใด จากนั้นครูผู้สอนเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการป้องกันภัยจากการเกิดปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือไม่ และมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ซึ่งผู้เรียนจะต้องร่วมกันสะท้อนผลลงในใบบันทึกกิจกรรม

3. ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect)

3.1 ขั้นค้นหาและระบุปัญหา

จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า ในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีปัญหาเกิดขึ้นคือ นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ เช่น ไม่ได้ระบุปัญหาของสถานการณ์ลงในใบบันทึกกิจกรรม มีซักถามผู้วิจัยว่าโจทย์ต้องการให้ทำหรือสร้างอะไรเป็นต้น แม้ว่าผู้วิจัยจะแนะนำให้ช่วยกันทบทวนสถานการณ์ที่กำหนดให้อีกครั้งหนึ่ง แต่ทั้งนี้นักเรียนบางกลุ่มที่ระบุปัญหาลงในใบบันทึกกิจกรรมก็สามารถระบุได้สอดคล้องกับสถานการณ์ ซึ่งสะท้อนได้จากใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน และการสนทนาในชั้นเรียน

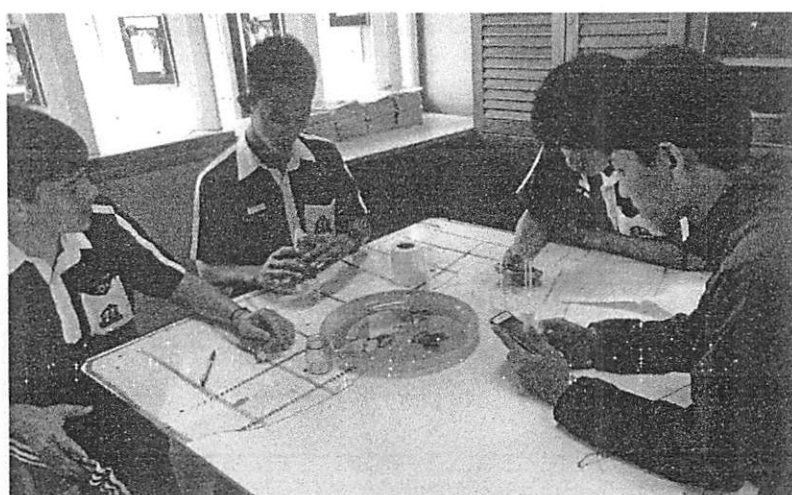


ภาพ 1 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหาในใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มที่ 6

“ครูคะ ตกลงเขาจะให้ทำอะไรกันแน่คะ หนูงง”

(นักเรียน S4, กลุ่มที่ 1, การสนทนาอย่างไม่เป็นทางการ, 7 กุมภาพันธ์ 2562)

ปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์นั้นคืออะไร นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้น มีการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์คืออะไร และมีการแสดงความคิดเห็นอย่างเป็นเหตุผลมากยิ่งขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในครั้งนี้อาจเกิดจากที่นักเรียนมีความคุ้นเคยกับสมาชิกภายในกลุ่มเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้การสื่อสาร และการดำเนินงานภายในกลุ่มดียิ่งขึ้น แต่ก็ยังมีบางกลุ่มที่ยังมีสมาชิกแค่ 2 - 3 คนเท่านั้นที่ร่วมกันอภิปราย เพราะสนใจอยู่กับอุปกรณ์ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ ซึ่งสะท้อนได้จากแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



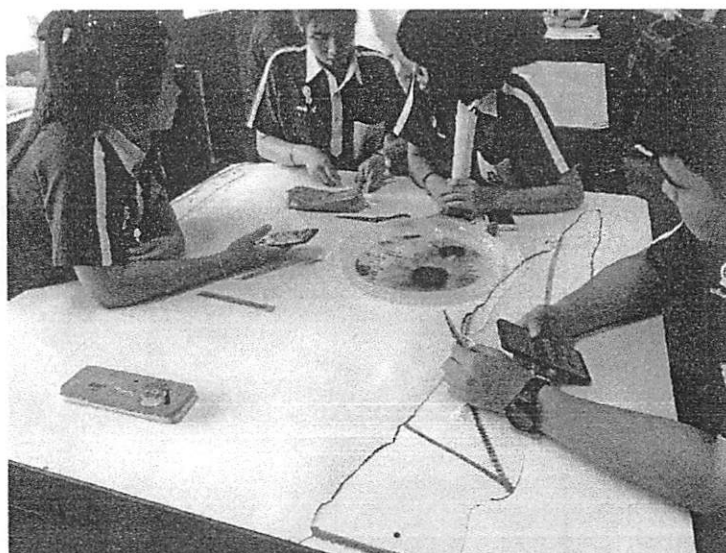
ภาพ 4 แสดงตัวอย่างการแบ่งบทบาทหน้าที่ของนักเรียนกลุ่มที่ 5

เมื่อถึงรอบวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยให้ผู้เรียนได้อยู่กลุ่มเดิม แล้วแบ่งหน้าที่ในการทำงานกันก่อนที่จะเริ่มกิจกรรมในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เช่นเดียวกับในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถแบ่งหน้าที่กันได้อย่างรวดเร็วมาก มีบางกลุ่มที่มีการปรับเปลี่ยนผู้ทำหน้าที่หัวหน้ากลุ่มและนำเสนอผลงาน เมื่อระบุปัญหาปรากฏว่าทุกกลุ่มสามารถระบุปัญหาได้ในทิศทางเดียวกัน ซึ่งสะท้อนได้จากแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน และการสนทนาในชั้นเรียน

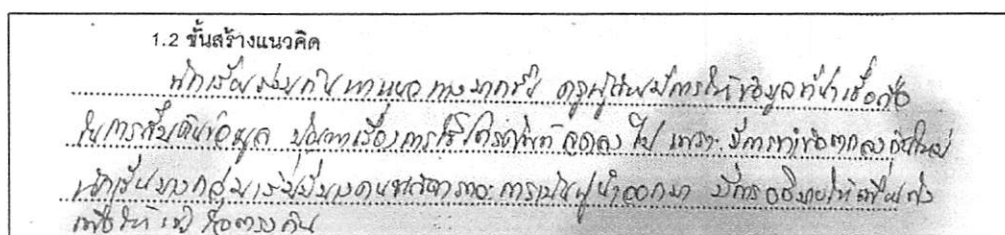
“ตกลงกลุ่มเราจะใช้วิธีไหนดี เลือกไม่ถูกเลย”

(นักเรียน S1, กลุ่มที่ 6, การสนทนาอย่างไม่เป็นทางการ, 7 กุมภาพันธ์ 2562)

ดังนั้นในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยจึงมีการปรับเปลี่ยนโดยการกำหนดให้แต่ละกลุ่มสามารถนำสมาร์ทโฟนเข้ามาใช้ได้เพียง 3 เครื่องต่อกลุ่ม และกำหนดแหล่งสืบค้นข้อมูลให้แคบลง โดยกำหนดแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือให้อย่างน้อย 3 แหล่งข้อมูล แต่ก่อนอนุญาตให้ผู้เรียนสามารถสืบค้นนอกเหนือจากที่กำหนดให้ได้ และจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ช่วยกันสืบค้นหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาใช้ในการแก้ปัญหาให้ความสนใจที่จะสืบค้นข้อมูลมากขึ้น มีการสื่อสารและนำสิ่งที่สืบค้นได้มาเทียบเคียงกันภายในกลุ่มร่วมกัน หลังจากที่ทำการสืบค้นข้อมูลมาได้แล้ว โดยมีบางกลุ่มที่มีสมาชิกหนึ่งคนที่ทำหน้าที่อธิบายสร้างความเข้าใจให้แก่สมาชิกทุกคนทราบ ซึ่งสะท้อนได้จากแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ

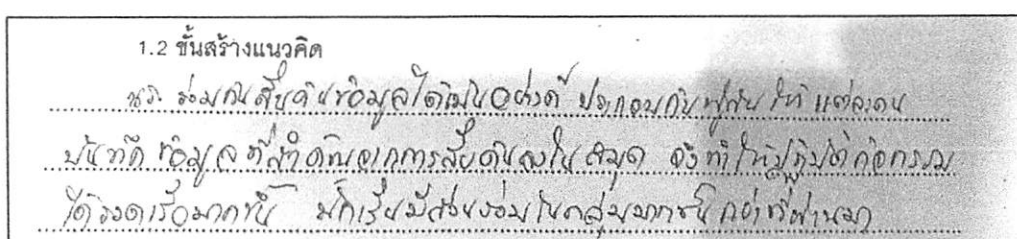


ภาพ 7 แสดงตัวอย่างการสืบค้นแหล่งข้อมูลของนักเรียนกลุ่มที่ 1



ภาพ 8 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นสร้างแนวคิดของวงจรปฏิบัติการที่ 2

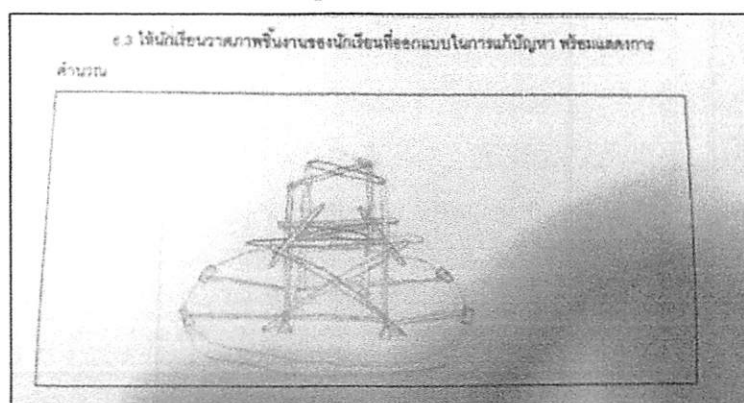
เมื่อถึงรอบวงจรปฏิบัติการที่ 3 จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนพบว่า นักเรียนที่ทำหน้าที่ในการสืบค้นสามารถปฏิบัติหน้าที่ได้เป็นอย่างดี ประกอบกับผู้วิจัยมีการกำหนด แหล่งสืบค้นข้อมูลมาให้ ทำให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมได้รวดเร็วมากขึ้น และมีการกำหนดให้แต่ละคนภายในกลุ่มบันทึกความรู้ลงในสมุดของตน จึงทำให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์ได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งสะท้อนได้จากแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



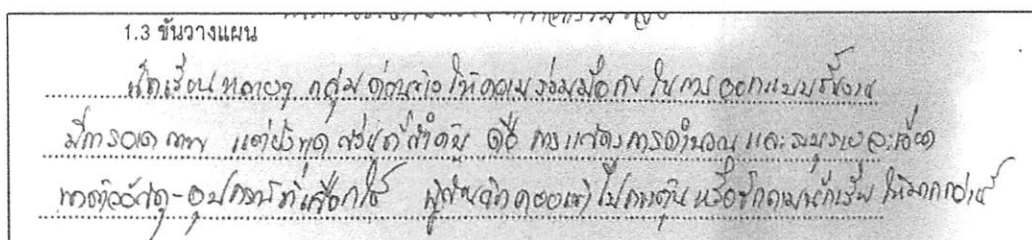
ภาพ 9 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในขั้นสร้างแนวคิดของวงจรปฏิบัติการที่ 3

3.3 ขั้นวางแผน

ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันออกแบบชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหา ตามที่ได้ช่วยกันสืบค้นข้อมูล โดยให้นักเรียนวางภาพร่างของอาคารที่จะสร้างขึ้นลงในใบบันทึกกิจกรรม จากการสังเกตในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีการสื่อสารพูดคุยกัน มีการพูดโน้มน้าวเพื่อนสมาชิกให้เชื่อว่าโครงสร้างอาคารที่สร้างขึ้นควรมีลักษณะอย่างไร และสมาชิกทุกคนในกลุ่มทำหน้าที่ของตนเองได้เป็นอย่างดี แต่ยังพบว่ามีบางกลุ่มไม่มีการออกแบบเพิ่มเติมจากที่สืบค้น ที่สำคัญคือยังไม่มีกระบวนการเรียงละเอียดของโครงสร้างที่ชัดเจนว่าจะใช้อุปกรณ์ใดบ้าง อย่างละกี่ชิ้น พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่เลือกใช้อุปกรณ์ชิ้นนั้น ๆ ซึ่งสะท้อนได้จากใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน และแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



ภาพ 10 แสดงตัวอย่างการออกแบบโครงสร้างในใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มที่ 4



ภาพ 11 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นวางแผนของวงจรปฏิบัติการที่ 1

ในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ทุกกลุ่มมีการสื่อสารเพื่อออกแบบวางแผนการทำงานได้เป็นอย่างดี มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันว่าจากหลักการตามที่หามาได้นั้นจะนำมาออกแบบได้อย่างไรบ้าง ควรจะเลือกวัสดุไหนมาใช้ โดยมีการสื่อสารอย่างเป็นเหตุเป็นผล และร่างภาพลงในใบบันทึกกิจกรรม ผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมาสำรวจวัสดุและสารเคมีที่จะใช้จริงในการสร้างชิ้นงาน และมีการแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนได้ลองทดสอบ ก่อนที่จะคำนวณปริมาณในการใช้จริงในขั้นต่อไป ซึ่งสะท้อนได้จากการสนทนาในชั้นเรียน

“เลือกใช้น้ำยาล้างจาน เพราะราคาถูกกว่า ถ้าใช้เยอะก็ทำให้ลาวาหนืดมากขึ้น”

(นักเรียน S3, กลุ่ม 4, การสนทนาอย่างไม่เป็นทางการ, 21 กุมภาพันธ์ 2562)

“ใช้เบะแซะ เพราะว่ามันหนืดมาก น่าจะทำให้ลาวาไหลช้ากว่าน้ำยาล้างจาน”

(นักเรียน S2, กลุ่ม 2, การสนทนาอย่างไม่เป็นทางการ, 21 กุมภาพันธ์ 2562)

เมื่อถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 จากการสะท้อนผลร่วมกับครูประจำการพบว่า ในขั้นนี้ผู้เรียนมีการวางแผนการดำเนินงานดีขึ้นกว่าเดิมมาก และหัวหน้ากลุ่มมีบทบาทมากที่สุด ในขั้นนี้ นั่นคือ ทำหน้าที่วางแผนการทำงาน และสมาชิกคนอื่นก็ปฏิบัติตามที่ได้เป็นอย่างดี ผู้เรียนสามารถช่วยกันเตรียมอุปกรณ์ ร่วมกันทดลอง และเมื่อเกิดปัญหาขณะทำการออกแบบและทดลองชิ้นงานผู้เรียนก็สามารถแก้ปัญหาได้ทันที แต่ก็มีปัญหาคือผู้เรียนใช้เวลาในการวางแผนมากเกินไป ทำให้เวลาที่เวลาในการทำกิจกรรมเกินกำหนด ดังนั้นจึงควรกำชับเรื่องการรักษาเวลาในการทำงานด้วย

3.4 ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องลงมือสร้างชิ้นงาน สำหรับในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนต้องออกแบบและสร้างอาคารหอดูดาวที่สามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือน และต้องสามารถรับน้ำหนักของถุงทรายได้ เมื่อผู้วิจัยทำการสังเกตในขณะ

ทำกิจกรรมพบว่า นักเรียนให้ความกระตือรือร้นในขั้นตอนนี้เป็นอย่างมาก จนลืมบันทึกสิ่งต่าง ๆ ลงในใบบันทึกกิจกรรม ทำให้ผู้วิจัยต้องกระตุ้นเตือนเป็นระยะ ๆ โดยเฉพาะกลุ่มที่มีนักเรียนชายอยู่หลายคนจะมีความสุขสนุกสนาน และแสดงภาวะความเป็นผู้นำออกมา ในขณะที่เดียวกันก็มีนักเรียนบางกลุ่มที่เกิดปัญหาคือ อุปกรณ์ที่สร้างไม่เพียงพอ จึงไม่สามารถสร้างได้ตามแบบที่วางไว้ เมื่อผู้วิจัยเข้าไปสอบถามพบว่านักเรียนยังไม่ได้ระบุนายละเอียดว่าจะต้องใช้อุปกรณ์ชนิดใดบ้าง และใช้จำนวนเท่าใด เช่น

“ครูคะ ขออุปกรณ์เพิ่มได้ไหมคะ ของกลุ่มหนูไม่น่าจะพอ”

(นักเรียน S2, กลุ่มที่ 1, การสนทนาอย่างไม่เป็นทางการ, 7 กุมภาพันธ์ 2562)

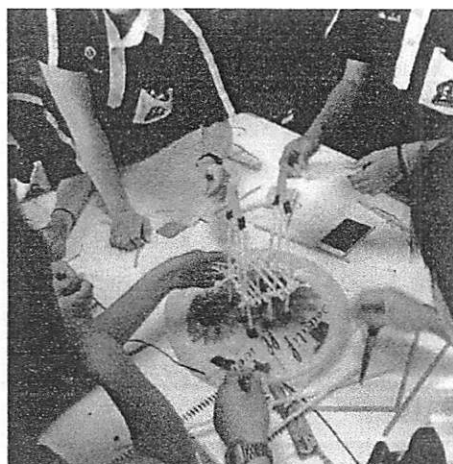
นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่า บางกลุ่มมีข้อค้นพบใหม่ ๆ ในขณะที่กำลังสร้างชิ้นงาน ทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงรูปแบบชิ้นงานไปจากที่ออกแบบไว้ เพราะคิดว่าจะจะเป็นแบบที่มีความเหมาะสมและทนทานมากกว่า แต่บางกลุ่มก็มีข้อโต้แย้งและถกเถียงกันเนื่องจากสมาชิกในกลุ่มมีการเสนอให้เปลี่ยนแปลงการใช้อุปกรณ์ แต่เนื่องจากจะหมดเวลาในการสร้างชิ้นงานจึงไม่สามารถทำได้ ซึ่งสะท้อนได้จากบทสนทนาต่อไปนี้

“เราว่าใช้เชือกซึ่ง เอาไว้สำหรับวางถุงทรายดีกว่าไหม น่าจะพียงยากกว่าใช้หลอดนะ”

(นักเรียน S3, กลุ่มที่ 6, การสนทนาภายในกลุ่ม, 7 กุมภาพันธ์ 2562)

“แล้วทำไมไม่บอกตั้งแต่ตอนแรกละ ใช้เชือกหมดไปแล้วเนี่ย เอาแบบเดิมแหละ แก่ไม่ทันแล้ว”

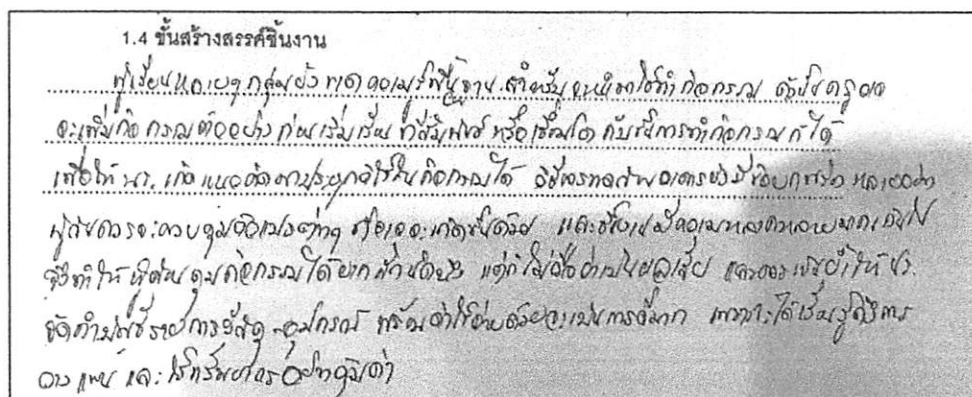
(นักเรียน S6, กลุ่มที่ 6, การสนทนาภายในกลุ่ม, 7 กุมภาพันธ์ 2562)



ภาพ 12 แสดงตัวอย่างการลงมือสร้างชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 6

จากการสะท้อนผล พบว่า ผู้วิจัยเริ่มจากการให้ผู้เรียนศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ในการทำกิจกรรมด้วยตนเอง จึงทำให้ผู้เรียนเกิดการลองผิดลองถูกจากข้อมูลที่ได้รับ ผู้เรียนยังขาด ความรู้พื้นฐานหรือมโนทัศน์เบื้องต้นสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรม และในการสร้างชิ้นงาน นั้นพบว่าชิ้นงานของแต่ละกลุ่มมีความหลากหลายซึ่งก็เป็นข้อดี แต่ผู้สะท้อนผลร่วมเห็นว่าต้นแบบ ชิ้นงานของแต่ละกลุ่มมีความหลากหลายมากเกินไป โดยที่ไม่รู้ว่าวิธีแก้ปัญหา รวมถึงการสร้าง ต้นแบบชิ้นงานนั้นจะประสบความสำเร็จหรือไม่

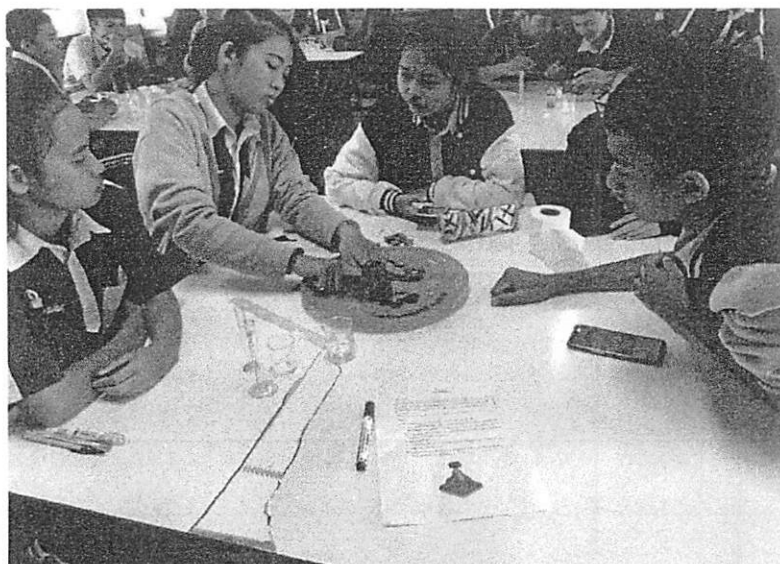
ดังนั้น จึงได้ข้อสรุปว่า ผู้เรียนแต่ละกลุ่มขาดความรู้พื้นฐานเบื้องต้น สำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรม ส่งผลให้ออกแบบและสร้างชิ้นงานรวมถึงวิธีการทดสอบ ชิ้นงาน ขาดความน่าเชื่อถือ ซึ่งผู้วิจัยควรมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ที่นักเรียน สามารถนำมา ประยุกต์ใช้ทำกิจกรรมการบูรณาการ และเพื่อลดความหลากหลายของรูปแบบ ชิ้นงานรวมถึง วิธีการทดสอบชิ้นงาน ควรให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีการอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน ซึ่งจะทำให้ ทิศทางการดำเนินกิจกรรมเป็นไปในทิศทางที่ผู้วิจัยวางแผนไว้และง่ายต่อการควบคุมทิศทางของ กิจกรรม และควรมีการให้ผู้เรียนได้ทำการจดบันทึกหรือจัดทำบัญชีรายการวัสดุที่กลุ่มของตนใช้ รวมถึงค่าใช้จ่ายและรายละเอียดต่าง ๆ ควรเน้นย้ำให้นักเรียนปฏิบัติตามที่กลุ่มได้ออกแบบและ วางแผนไว้ ซึ่งสะท้อนได้จากแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



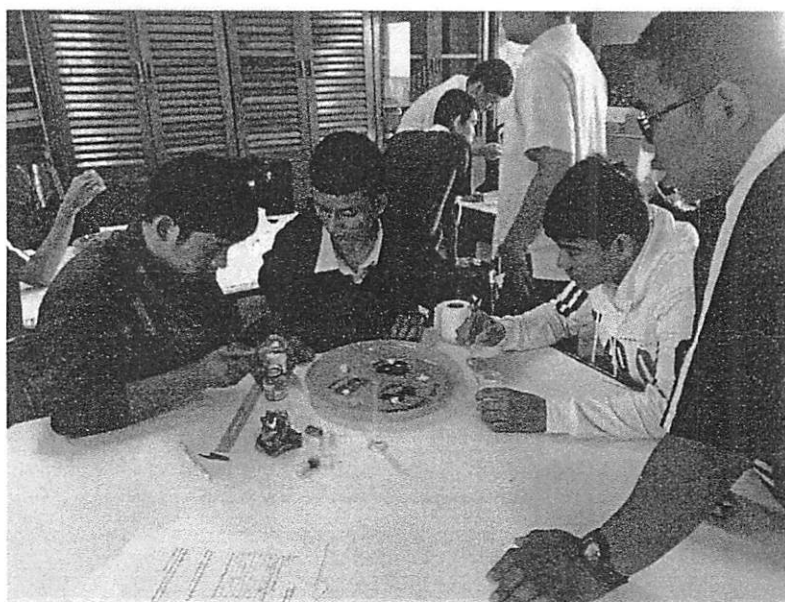
ภาพ 13 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชิ้นสร้างสรรคชิ้นงานของวงจรปฏิบัติการที่ 1

ในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนที่เป็นหัวหน้ากลุ่มเริ่มมี บทบาทมากยิ่งขึ้น โดยมีการวางแผนให้สมาชิกภายในกลุ่มทำงานในด้านต่าง ๆ ตามภาระงานที่มี เพื่อให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนด เช่น มีหน้าที่ไปเตรียมสารเคมีที่จะใช้ทำลาวา หน้าที่เขียน ไปบันทึกกิจกรรม หน้าที่ออกแบบเมืองในถาด เป็นต้น แต่ก็ยังพบว่าบางกลุ่มคำนวณปริมาณสาร ที่จะใช้จริงผิดพลาด ไม่เพียงพอในการสร้างลาวา นอกจากนี้ยังพบว่ามี การสื่อสารกันเกี่ยวกับ

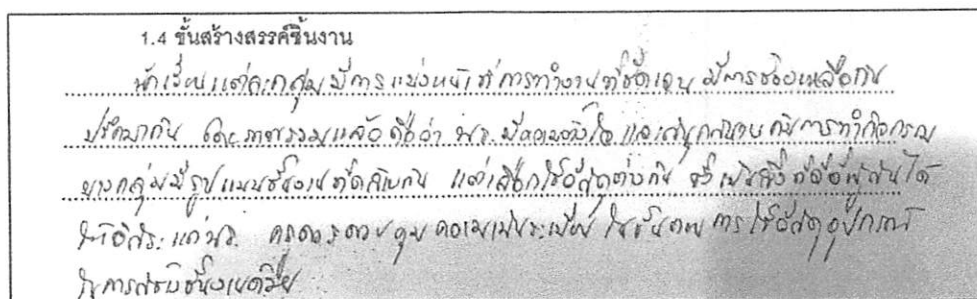
ความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ของแบบจำลองที่สร้างขึ้น เช่น ลักษณะของภูเขาไฟที่จะทำให้ลาวาไหลมาถึงอาคารได้ช้าลง เป็นต้น เมื่อเกิดปัญหาผู้วิจัยจะให้ช่วยกันคิดหาทางแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน เมื่อยังหาวิธีการไม่ได้ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จ สะท้อนได้จากแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



ภาพ 14 แสดงตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3

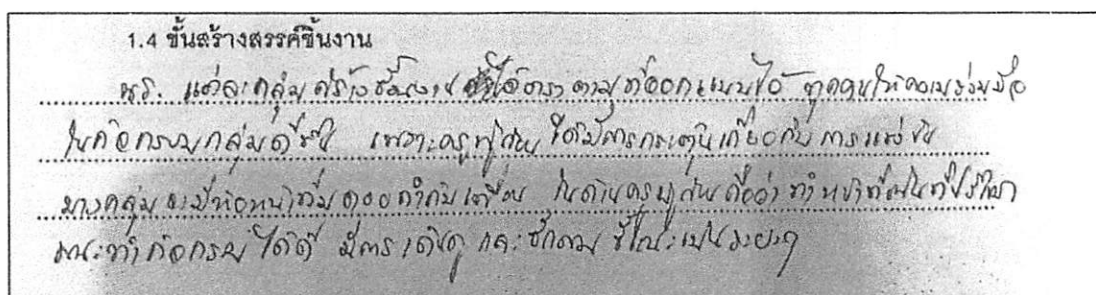


ภาพ 15 แสดงตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 4



ภาพ 16 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงานของวงจรปฏิบัติการที่ 2

ในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 3 ในขั้นนี้นักเรียนได้ลงมือสร้างแบบจำลองสีนามิ ซึ่งทุกกลุ่มได้ปฏิบัติตามที่แบ่งหน้าที่กันไว้ และสร้างชิ้นงานตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยพบว่า หัวหน้ากลุ่มจะทำหน้าที่ในการกระตุ้นเพื่อนสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการรักษาเวลาในการทำงาน และทุกคนตระหนักดีว่าเป็นกิจกรรมที่ต้องแข่งขันกัน ทำให้ทุกคนให้ความร่วมมือ และกระตือรือร้นมากขึ้น ซึ่งสะท้อนได้จากแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



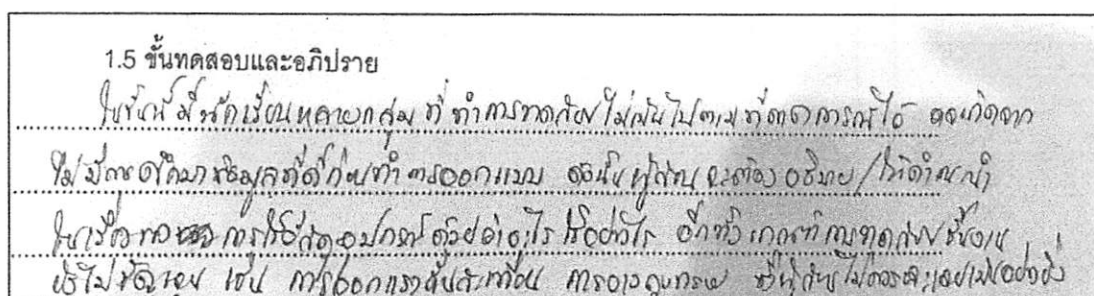
ภาพ 17 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงานของวงจรปฏิบัติการที่ 3

3.5 ขั้นทดสอบและอภิปราย

ในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องทำการทดสอบชิ้นงาน อาคารที่สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบดูว่าชิ้นงานนั้นนำไปใช้งานได้จริง และสามารถรับน้ำหนักได้จริง โดยก่อน จะทำการทดสอบจริงผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าไปให้ข้อเสนอแนะแก่เพื่อน กลุ่มอื่น ๆ ได้ เพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์และนำมาปรับปรุงชิ้นงานของตนเอง ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มที่มีการแก้ไขตามคำแนะนำของเพื่อนต่างกลุ่ม เช่น ใช้เชือกมาซึ่งยึดกับคลิปหนีกระดาษ คล้าย ๆ กัน แต่ก็มีหลายกลุ่มที่เชื่อมั่นในชิ้นงานของตนเอง ไม่ยอมปรับเปลี่ยนตามกลุ่มอื่น ๆ เพราะเชื่อว่าชิ้นงานของตนสามารถรับน้ำหนักของตุ้มน้ำทราย ได้มาก เมื่อผู้วิจัยสอบถามแล้วได้ สะท้อนได้จากบทสนทนา ดังนี้

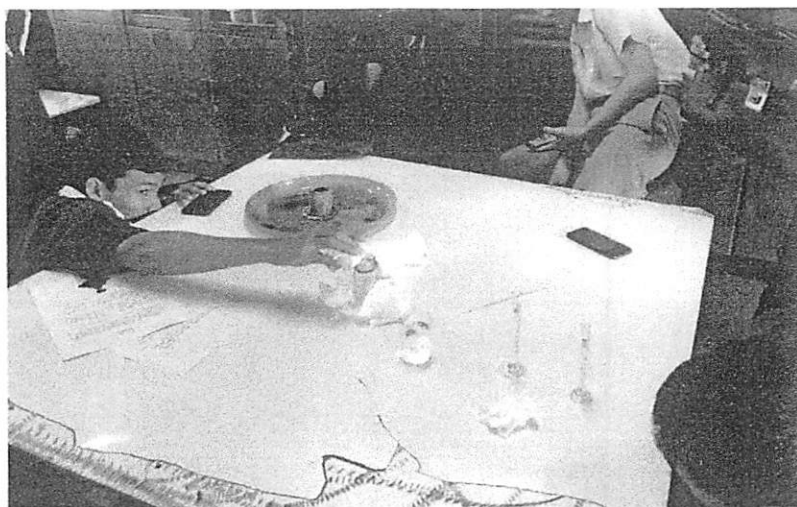
“ผมไม่เปลี่ยนครีบาจารย์ เพราะผมลองทดลองเอาโทรศัพท์กับกล่องดินสอวางข้างบน แล้วมันไม่
พังครับ ผมเลยคิดว่ามันน่าจะรับน้ำหนักถุงทรายได้เหมือนกัน”
(นักเรียน S1, กลุ่มที่ 5, การสนทนาอย่างไม่เป็นทางการ, 8 กุมภาพันธ์ 2562)

และจากการสะท้อนผล พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่พบปัญหาในการทดสอบ
ชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมักจะมาพบปัญหาในขณะที่สร้างชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว
เกิดจากการที่ไม่ได้ศึกษาข้อมูลให้ดี ผู้วิจัยควรมีการอธิบายหรือให้คำแนะนำในเรื่องของการใช้วัสดุ
เป็นตัวยึดหรือความยืดหยุ่นของวัสดุที่สามารถรองรับน้ำหนักได้ให้ชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากแต่ละ
กลุ่มละเลยในจุดนี้ไป นอกจากนี้ ผู้สะท้อนผลร่วมเห็นว่าเกณฑ์ในการทดสอบชิ้นงานยังไม่ชัดเจน
เท่าที่ควร ควรมีการควบคุมตัวแปรหรือปัจจัยแทรกสอดอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทดสอบเพื่อ
ให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด เช่น ขนาดของแรงสั่นสะเทือน ลักษณะการวางถุงทราย เป็นต้น
ซึ่งสะท้อนได้จากแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



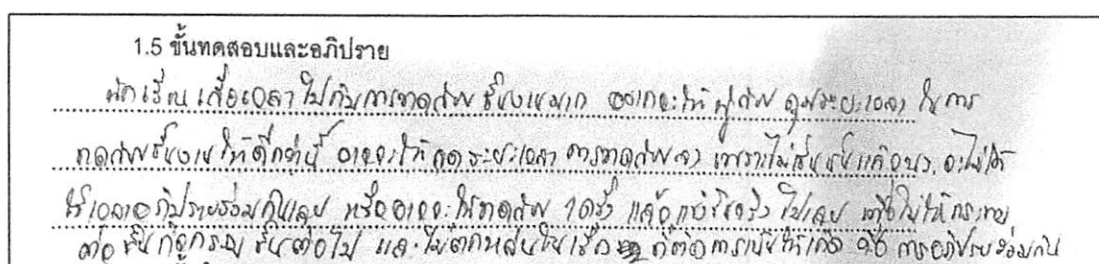
ภาพ 18 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นทดสอบและอภิปรายของวงจรปฏิบัติการที่ 1

ในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นเพราะ
เป็นกิจกรรมที่แปลกใหม่ อีกทั้งยังสามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเลือกใช้สารเคมีในการสร้าง
ลาวา และการจัดวางตำแหน่งอาคารจำลองให้แก่กลุ่มอื่น ๆ จากการสะท้อนผล พบว่า นักเรียน
สามารถสร้างชิ้นงานและทดสอบตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ได้ผลการทดลองตามเกณฑ์ที่กำหนด แม้ว่า
บางกลุ่มจะเลือกใช้สารผิด แต่ก็ได้มีการปรับแก้ไขตามคำแนะนำของเพื่อนต่างกลุ่ม แต่ในขั้นตอนนี้
นักเรียนยังคงใช้เวลาค่อนข้างมาก แม้ว่าผู้วิจัยจะให้นักเรียนทดสอบชิ้นงานแค่ครั้งเดียวก็ตาม
ดังนั้นผู้วิจัยต้องมีการกำชับและติดตามการทำกิจกรรมของนักเรียนอย่างใกล้ชิด



ภาพ 19 แสดงการทดสอบชิ้นงานของผู้เรียนกลุ่มที่ 6

จากรอบวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 ผู้วิจัยและผู้สะท้อนผลร่วมพบว่านักเรียนมักจะเสียเวลาอยู่กับขั้นตอนนี้มาก ดังนั้นในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยจึงได้ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการจัดกิจกรรม โดยให้นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงานที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งให้อภิปรายร่วมกันระหว่างกลุ่ม ก่อนที่จะมีการปรับเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดแล้วจึงทำการแข่งขันจริงให้เสร็จเรียบร้อยในขั้นตอนนี้ เพื่อที่จะได้ไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการนำเสนอผลงาน ซึ่งสะท้อนได้จากแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ

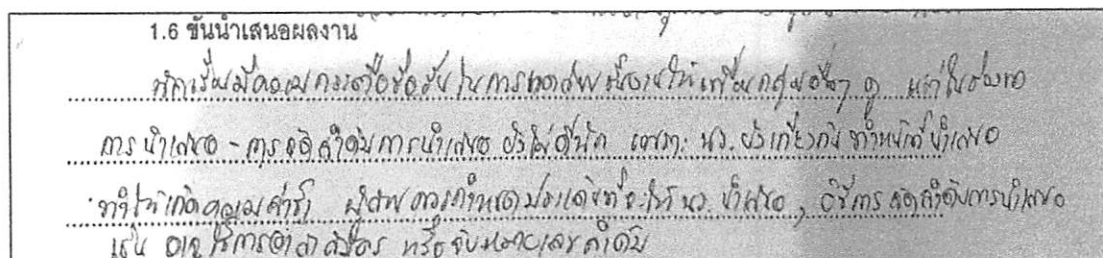


ภาพ 20 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในขั้นตอนทดสอบและอภิปรายของวงจรปฏิบัติการที่ 2

3.6 ชี้นำเสนอผลงาน

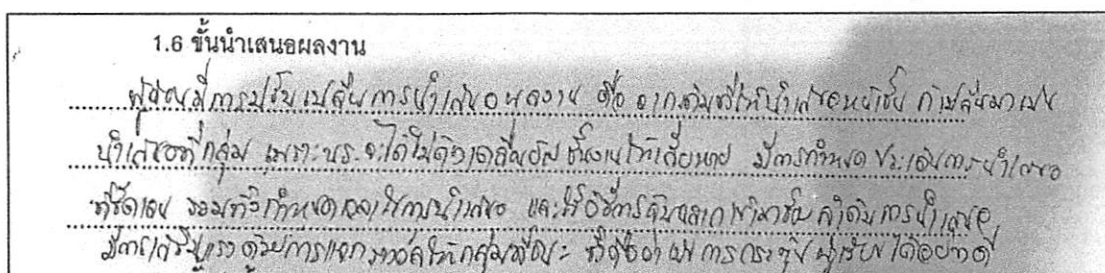
จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า ในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีปัญหาเกิดขึ้น คือ ชิ้นงานที่สร้างขึ้นไม่สามารถเคลื่อนย้าย เพื่อนำไปนำเสนอหน้าชั้นเรียนได้ เนื่องจากอาจเกิดความเสียหายเกิดขึ้น ผู้เรียนจึงขออนุญาตนำเสนอที่โต๊ะประจำกลุ่มของตนเอง นอกจากนี้ในช่วงของการเลือกกลุ่มที่จะนำเสนอตามลำดับนั้น พบว่า มีความวุ่นวายเกิดขึ้น เพราะผู้เรียนเกี่ยงกันเป็นผู้นำเสนอชิ้นงาน จึงทำให้เวลาในการนำเสนอชิ้นงานล่าช้ากว่าที่กำหนดไว้ และในขณะที่

นำเสนอมีนักเรียนบางกลุ่มที่ไม่ได้ให้ความสนใจ และมีส่วนร่วมในการอภิปรายผล หลังจากที
นักเรียนนำเสนอชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะทำการทดสอบชิ้นงานจริง ซึ่งสามารถสร้าง
ความสนุกสนานให้เกิดขึ้นในชั้นเรียนได้ จนเกินเวลาที่กำหนดไปพอสมควร ซึ่งสะท้อนได้จาก
แบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



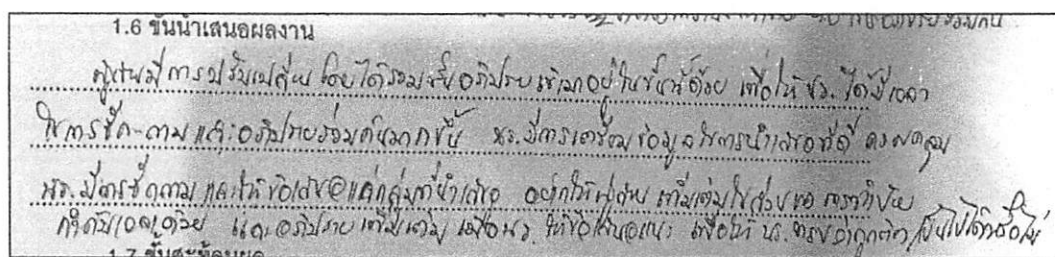
ภาพ 21 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชี้นำเสนอผลงานของวงจรปฏิบัติการที่ 1

เมื่อถึงรอบวงจรปฏิบัติการที่ 2 จากเดิมที่มีการกำหนดให้ออกมานำเสนอหน้าชั้น
เรียน ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนให้นำเสนอที่โต๊ะกลุ่มของตนเอง เพราะไม่ต้องการให้มีการเคลื่อนย้าย
ชิ้นงาน โดยนักเรียนจะต้องนำเสนอลักษณะของโครงสร้างที่สร้างขึ้นวัสดุที่เลือกใช้ พร้อมทั้งบอก
ด้วยว่าได้มีการปรับแก้ชิ้นงานตรงไหนบ้างในชั้นของการทดสอบ นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการ
จับฉลากเลขที่นักเรียนแทนเพื่อความรวดเร็วในการนำเสนอและทดสอบชิ้นงาน เพื่อแก้ปัญหา
การเกี่ยงกันออกมานำเสนอก่อน – หลัง รวมทั้งมีการกระตุ้นว่า จะมีการแข่งขันและลงคะแนนกัน
ว่ากลุ่มใดจะชนะเลิศ และมีรางวัลให้ จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ให้ความสนใจ
และตั้งใจฟังการนำเสนอชิ้นงานของกลุ่มอื่น ๆ มีบางกลุ่มที่มีการปรับเปลี่ยนหน้าที
การนำเสนอไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในตอนต้นชั่วโมง และบางกลุ่มเกี่ยงกันนำเสนอ เพราะไม่ได้กำหนด
บทบาทคนนำเสนอจนไวตั้งแต่ต้น ซึ่งสะท้อนได้จากแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



ภาพ 22 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชี้นำเสนอผลงานของวงจรปฏิบัติการที่ 2

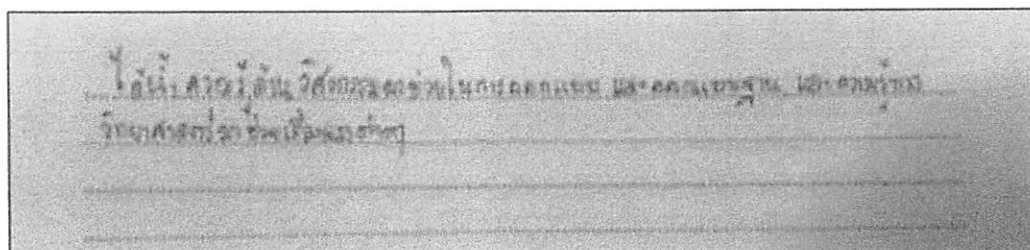
และในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้รวบชั้นอภิปรายเข้ากับชั้นนำเสนอผลงาน เนื่องจากเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีเวลาในการนำเสนอและอภิปรายซึ่งงานร่วมกันมากขึ้น ผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนมีการเตรียมข้อมูลในการนำเสนอดีกว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 สามารถนำเสนอได้ครอบคลุมทุกประเด็นที่ผู้วิจัยกำหนด เช่น ลักษณะของแนวป้องกัน และหมู่บ้านที่สร้างขึ้น สาเหตุที่เลือกใช้วัสดุเหล่านี้ในการก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายที่ใช้ทั้งหมด และได้มีการปรับแก้ชิ้นงานอย่างไรบ้าง เป็นต้น และในชั้นนี้ผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามกันได้ หรือให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่าควรใช้วัสดุใดในการสร้างแนวกันจึงจะได้ประสิทธิภาพมากที่สุดซึ่งก็สามารถกระชับเวลาในการจัดการเรียนรู้ รวมถึงการตรวจใบบันทึกกิจกรรมก็พบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบและสามารถระบุแนวทางการแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานของกลุ่มตนเองได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสะท้อนได้จากใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน และแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



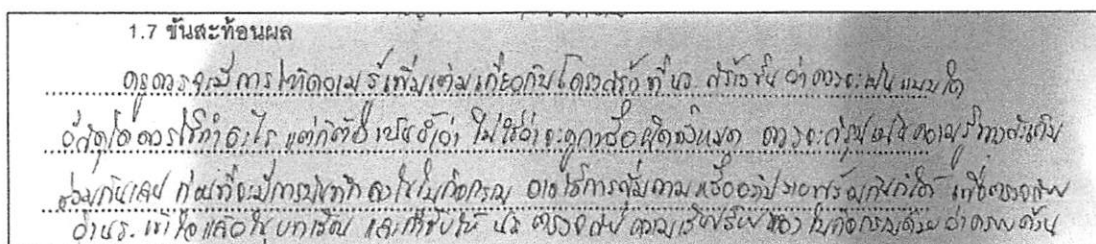
ภาพ 23 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในชั้นนำเสนอผลงานของวงจรปฏิบัติการที่ 3

3.7 ชั้นสะท้อนผล

ในรอบวงจรปฏิบัติการที่ 1 ในชั้นนี้จะเป็นการร่วมกันสรุปกิจกรรมร่วมกันระหว่างผู้วิจัยและนักเรียน จากนั้นจะร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับการออกแบบอาคารที่ต้านทานแผ่นดินไหว การป้องกันภัยจากแผ่นดินไหว ซึ่งนักเรียนจะต้องสะท้อนผลลงไปใบบันทึกกิจกรรมพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถระบุความรู้ทางสะเต็มศึกษาได้ และก็มีบางส่วนที่ตอบไม่ตรงประเด็น ซึ่งจากการสะท้อนผลร่วม พบว่า ผู้วิจัยควรมีการให้ความรู้เพิ่มเติมและเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับเรื่องการจัดกิจกรรมก่อนที่จะสรุปผลลงในใบบันทึกกิจกรรม และมีการสุ่มถามนักเรียนเพื่อประเมินและตรวจสอบองค์ความรู้ที่นักเรียนได้รับ รวมทั้งกำชับให้นักเรียนสะท้อนผลกิจกรรมที่ได้ทำร่วมกันลงในใบบันทึกกิจกรรม ซึ่งเป็นสิ่งที่ จะช่วยให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงผลการจัดกิจกรรมและสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการถัดไปได้ สะท้อนได้จากใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน และแบบบันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ



ภาพ 24 แสดงตัวอย่างการสะท้อนผลเกี่ยวกับความรู้ทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนกลุ่มที่ 2



ภาพ 25 แสดงการสะท้อนผลของครูประจำการในขั้นสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 1

สำหรับรอบวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยได้ทำการสรุปความรู้ทางสะเต็มศึกษาเข้าไปในตอนท้ายของกิจกรรมด้วย เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกันมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากการสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาได้ครบทั้ง 4 สาขาวิชาได้ครอบคลุมทั้งหมด แต่ก็มีเพียง 1 - 2 กลุ่มเท่านั้นที่ยังไม่สามารถระบุความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาได้ครอบคลุมทั้งหมด นอกจากนี้ในการสะท้อนผล หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรม นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่ได้แสดงความคิดเห็นว่ากิจกรรมนี้ทำให้ทราบว่าการดำเนินงานของกลุ่มมีข้อบกพร่อง หรือข้อผิดพลาดได้บ้างเพิ่มมากขึ้น สะท้อนได้จากใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน

จากผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ในส่วนของขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงการสรุปขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา
แบบร่วมมือ ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการ			แนวทางปฏิบัติที่ดี
วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
1. ขั้นค้นหาและระบุ ปัญหา	1. ขั้นค้นหาและระบุ ปัญหา	1. ขั้นค้นหาและระบุ ปัญหา	1. ขั้นค้นหาและระบุ ปัญหา
2. ขั้นสร้างแนวคิด	2. ขั้นสร้างแนวคิด	2. ขั้นสร้างแนวคิด	2. ขั้นสร้างแนวคิด
3. ขั้นวางแผน	3. ขั้นวางแผน	3. ขั้นวางแผน	3. ขั้นวางแผน
4. ขั้นสร้างสรรค์ ชิ้นงาน	4. ขั้นสร้างสรรค์ ชิ้นงาน	4. ขั้นสร้างสรรค์ ชิ้นงาน	4. ขั้นสร้างสรรค์ ชิ้นงาน
5. ขั้นทดสอบและ อภิปราย	5. ขั้นทดสอบและ อภิปราย	5. ขั้นทดสอบ	5. ขั้นทดสอบ
6. ขั้นนำเสนอผลงาน	6. ขั้นนำเสนอผลงาน	6. ขั้นนำเสนอและ อภิปราย*	6. ขั้นนำเสนอและ อภิปราย
7. ขั้นสะท้อนผล	7. ขั้นสะท้อนผล	7. ขั้นสะท้อนผล	7. ขั้นสะท้อนผล

หมายเหตุ * คือ มีการปรับเปลี่ยนขั้นตอน

จากที่ข้อค้นพบที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน
ได้ มีการจัดการเรียนรู้ใน 7 ขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขั้นค้นหาและระบุปัญหา

อาจจะใช้การแบ่งกลุ่มผู้เรียนโดยความสามารถทางการเรียนก่อนที่จะเริ่มกิจกรรม
ผู้สอนจะต้องแนะนำกิจกรรมให้ผู้เรียนทราบว่าคุณลักษณะการดำเนินกิจกรรมเป็นอย่างไร ฝึกให้
ผู้เรียนคุ้นเคยกับสมาชิกกลุ่มของตนเองผ่านการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความใกล้เคียงหรือกิจกรรมที่จะ
เชื่อมโยงมาสู่กิจกรรมหลักของกิจกรรมการเรียนรู้ เลือกใช้สถานการณ์ปัญหาที่กระตุ้นให้ผู้เรียน
อยากเรียนรู้ น่าสนใจ มีความท้าทายในการแก้ปัญหา อีกทั้งผู้สอนต้องให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ของ
สมาชิกในกลุ่มให้เรียบร้อยก่อนการระบุปัญหาจากสถานการณ์

2. ขั้นสร้างแนวคิด

ใช้แหล่งสืบค้นข้อมูลออนไลน์ในการให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อความหลากหลายของข้อมูล ผู้สอนต้องให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเข้าถึงแหล่งสืบค้นข้อมูลออนไลน์ เพื่อเป็นการลดเวลาในการสืบค้นข้อมูล โดยกำหนดตัวอย่างเว็บไซต์ที่น่าเชื่อถือให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูล เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลได้นอกเหนือจากที่กำหนด

3. ขั้นวางแผน

ก่อนที่จะเริ่มการวางแผนผู้สอนต้องชี้แจงเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่จัดเตรียมไว้ให้ว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง มีเงื่อนไขการใช้งานอย่างไร โดยใช้การวาดภาพโครงร่างและระบุรายละเอียดต่าง ๆ ในการออกแบบชิ้นงาน มีการกำหนดระยะเวลาในการออกแบบชิ้นงานของผู้เรียน ให้อิสระในออกแบบชิ้นงาน ผู้สอนจะต้องไม่ชี้นำแนวทางที่ให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง ควรให้ผู้เรียนได้ระดมความคิดภายในกลุ่ม

4. ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ผู้สอนจะต้องให้อิสระแก่ผู้เรียนในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ต้องคอยย้ำเตือนเกี่ยวกับเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของชิ้นงานที่กำหนด มีเข้าไปตรวจสอบความคืบหน้าระหว่างการทำงานเป็นระยะ ๆ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับชิ้นงานบ้าง รวมทั้งกำชับเกี่ยวกับการรักษาเวลาในการทำกิจกรรม

5. ขั้นทดสอบ

ผู้สอนกำหนดเงื่อนไข และเกณฑ์ต่าง ๆ ในการทดสอบชิ้นงานเพื่อให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันและเหมาะสม ใช้กิจกรรมการแข่งขันเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และผู้สอนต้องทำหน้าที่เป็นผู้ทดสอบชิ้นงานให้แก่ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม

6. ขั้นนำเสนอและอภิปราย

ต้องมีการตกลงกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนเกี่ยวกับรูปแบบและประเด็นที่จะนำเสนอ โดยเน้นไปที่กระบวนการที่ใช้ในการแก้ไข ปรับปรุงชิ้นงาน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกัน หลังจากที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานจบ อีกทั้งผู้สอนเองก็ต้องมีส่วนร่วมในการอภิปรายกับผู้เรียนด้วย และต้องมีการกำกับด้านเวลาในการนำเสนอและอภิปรายให้เหมาะสม

7. ขั้นสะท้อนผล

ผู้สอนจะต้องใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้มีส่วนร่วมในการสะท้อนผล โดยผู้สอนต้องเป็นผู้นำในการอภิปรายร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปจากผลการทดสอบชิ้นงาน มีการให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการป้องกันภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน มีการสะท้อนผลในประเด็นของ

สิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ และสิ่งที่ป็นข้อเสนอแนะหรือข้อปรับปรุงของกิจกรรม และมีการสะท้อนผลเกี่ยวกับความรู้ทางสะเต็มศึกษาที่ใช้ในการทำกิจกรรม เพื่อการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

คำถามการวิจัยข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ได้อย่างไร

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน ขณะมีการจัดการเรียนรู้ว่ามีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือไม่ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้เป็นวงจรปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ใบบันทึกกิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งผลที่ได้แสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนในแต่ละสมรรถนะ

สมรรถนะย่อย	ระดับสมรรถนะ (ร้อยละ)					
	จำนวน (คน)	สูง	จำนวน (คน)	กลาง	จำนวน (คน)	ต่ำ
1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน						
- ค้นพบมุมมองและ						
ความสามารถของสมาชิก	22	62.86	12	34.29	1	2.86
ภายในกลุ่ม						
- แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน	24	68.57	11	31.43	0	0.00
- สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึง						
ปัญหา และการดำเนินงาน	27	77.14	8	22.86	0	0.00
ภายในกลุ่ม						

ตาราง 11 (ต่อ)

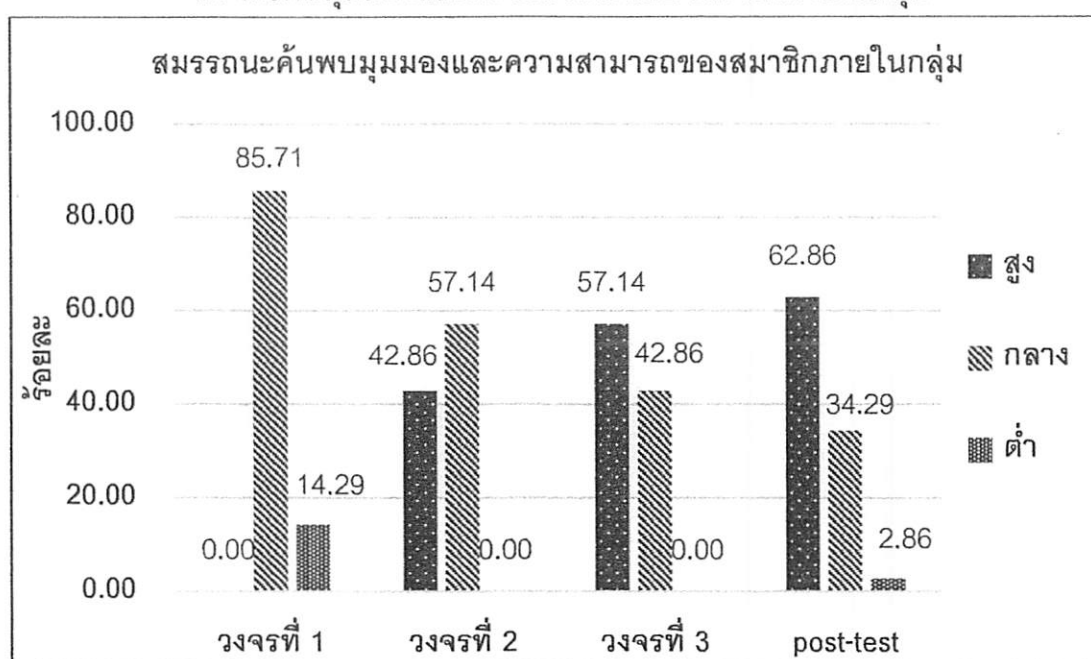
สมรรถนะย่อย	ระดับสมรรถนะ (ร้อยละ)					
	จำนวน (คน)	สูง	จำนวน (คน)	กลาง	จำนวน (คน)	ต่ำ
- ตรวจสอบและแก้ไขความ เข้าใจร่วมกัน	25	71.43	10	28.57	0	0.00
2. สมรรถนะเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา						
- ร่วมมือกันระบุเพื่อหา แนวทางที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	32	91.43	3	8.57	0	0.00
- ระบุและอธิบายภาระงานที่ ต้องปฏิบัติให้เสร็จ	30	85.71	5	14.29	0	0.00
- ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน	28	80.00	7	20.00	0	0.00
- ร่วมกันตรวจสอบผลการ ดำเนินงาน และประเมินผล ความสำเร็จของงาน	26	74.29	9	25.71	0	0.00
3. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม						
- เข้าใจบทบาทหน้าที่ของ ตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม	27	77.14	8	22.86	0	0.00
- ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับ มอบหมายได้	28	80.00	7	20.00	0	0.00
- อธิบาย และประพฤติตนตาม กฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้	25	71.43	10	28.57	0	0.00
- ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อ ปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน	31	88.57	4	11.43	0	0.00

จากตาราง 11 สรุปได้ว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจ ที่มีร่วมกันอยู่ในระดับสูง โดยสมรรถนะย่อยที่ผู้เรียนพัฒนาได้มากที่สุด คือ ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน สำหรับสมรรถนะเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา สมรรถนะย่อยที่ผู้เรียนพัฒนาได้มากที่สุดคือ ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงาน ส่วนสมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม มีสมรรถนะย่อยที่ผู้เรียนพัฒนาได้มากที่สุด คือ ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการและทดสอบด้วยแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แสดงผลได้ ดังต่อไปนี้

1.1 ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม



จากแผนภูมิพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 62.86 แสดงว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ยอมรับความสามารถเพิ่มเติมของเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม นอกเหนือจากที่ได้วางแผนไว้ และสามารถแลกเปลี่ยนหน้าที่กับเพื่อนร่วมงานได้ เพื่อให้งานดำเนินต่อไปได้และประสบความสำเร็จดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

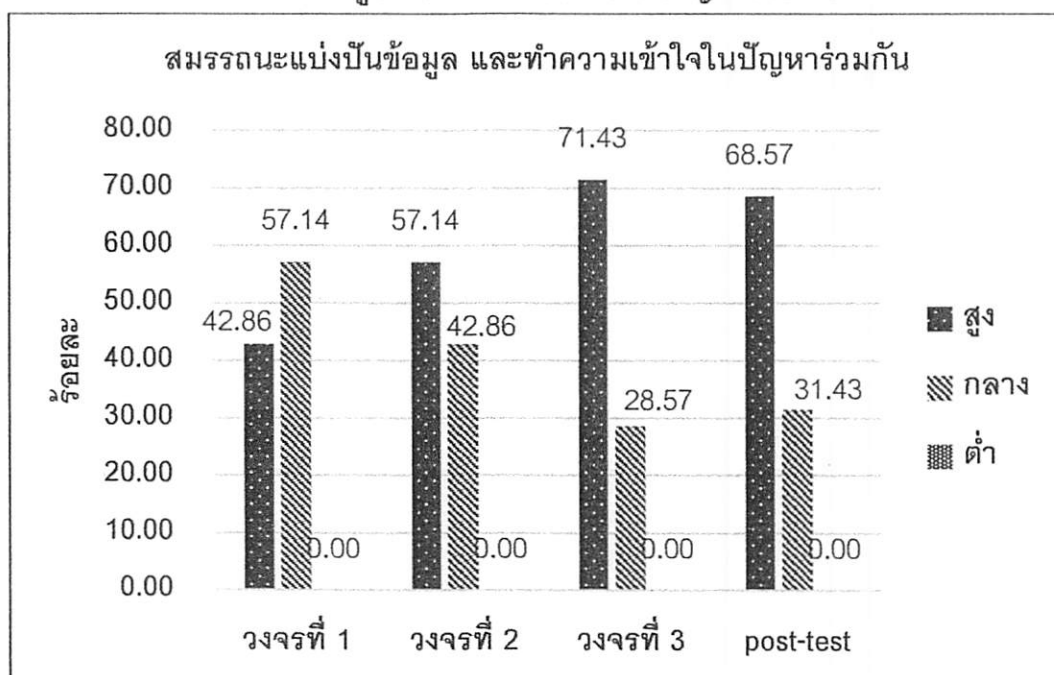
2. ในระหว่างที่ทำการแบ่งหน้าที่ในการดำเนินการ แล้วสรุปว่าเพื่อนสมาชิกส่วนใหญ่ให้นักเรียนทำหน้าที่ในการเตรียมอุปกรณ์ แต่ในขณะนั้นนักเรียนรู้สึกว่าการทำภาระกิจที่รับผิดชอบได้ ดีกว่าเพื่อนสมาชิกอีกคน และนักเรียนคิดว่าเพื่อนสมาชิกคนนี้เป็นคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ดี จึงควรที่จะทำหน้าที่ร่างแบบชิ้นงานมากกว่า นักเรียนจะทำอย่างไร จึงอธิบาย
เหตุผลกับเพื่อนที่กลับมานี้ว่า วิชาวิทยาศาสตร์ที่เราได้เรียนมานี้มันไม่ใช่แค่การจำชื่อสัตว์ที่เจอได้

(นักเรียน S5, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

2. ในระหว่างที่ทำการแบ่งหน้าที่ในการดำเนินการ แล้วสรุปว่าเพื่อนสมาชิกส่วนใหญ่ให้นักเรียนทำหน้าที่ในการเตรียมอุปกรณ์ แต่ในขณะนั้นนักเรียนรู้สึกว่าการทำภาระกิจที่รับผิดชอบได้ ดีกว่าเพื่อนสมาชิกอีกคน และนักเรียนคิดว่าเพื่อนสมาชิกคนนี้เป็นคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ดี จึงควรที่จะทำหน้าที่ร่างแบบชิ้นงานมากกว่า นักเรียนจะทำอย่างไร จึงอธิบาย
เหตุผลกับเพื่อนที่กลับมานี้ว่า วิชาวิทยาศาสตร์ที่เราได้เรียนมานี้มันไม่ใช่แค่การจำชื่อสัตว์ที่เจอได้

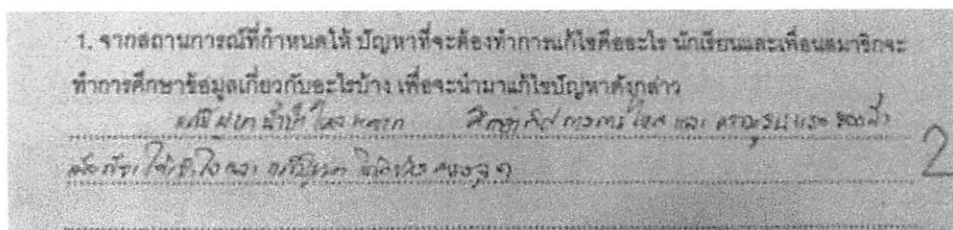
(นักเรียน S6, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

1.2 แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน

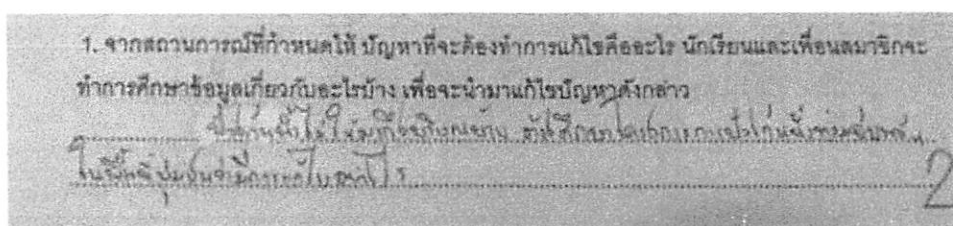


จากแผนภูมิพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะแบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 68.57 แสดงว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถระบุ

และทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ รวมทั้งบอกได้ว่าจะต้องสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในเรื่องใดบ้างเพื่อจะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา นั้น ๆ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

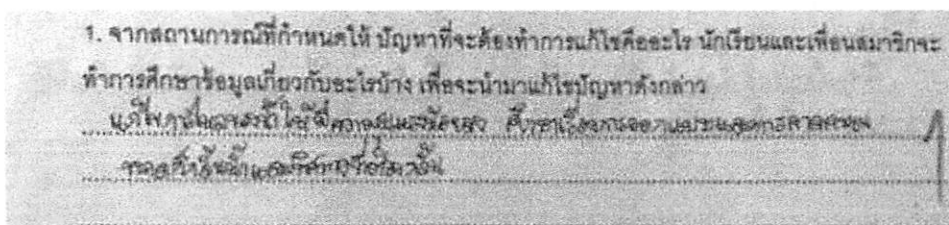


(นักเรียน S7, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

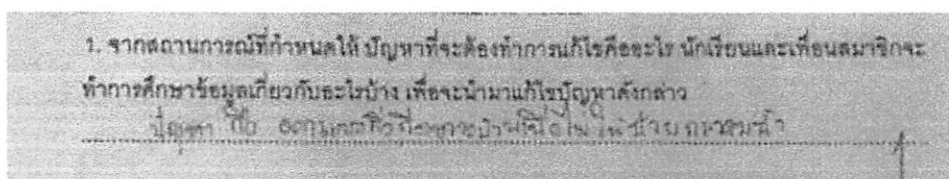


(นักเรียน S14, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

แต่ก็ยังมีผู้เรียนบางส่วนที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง นั่นคือ ผู้เรียนสามารถระบุ และทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าจะต้องสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในเรื่องใดบ้าง หรือระบุในสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

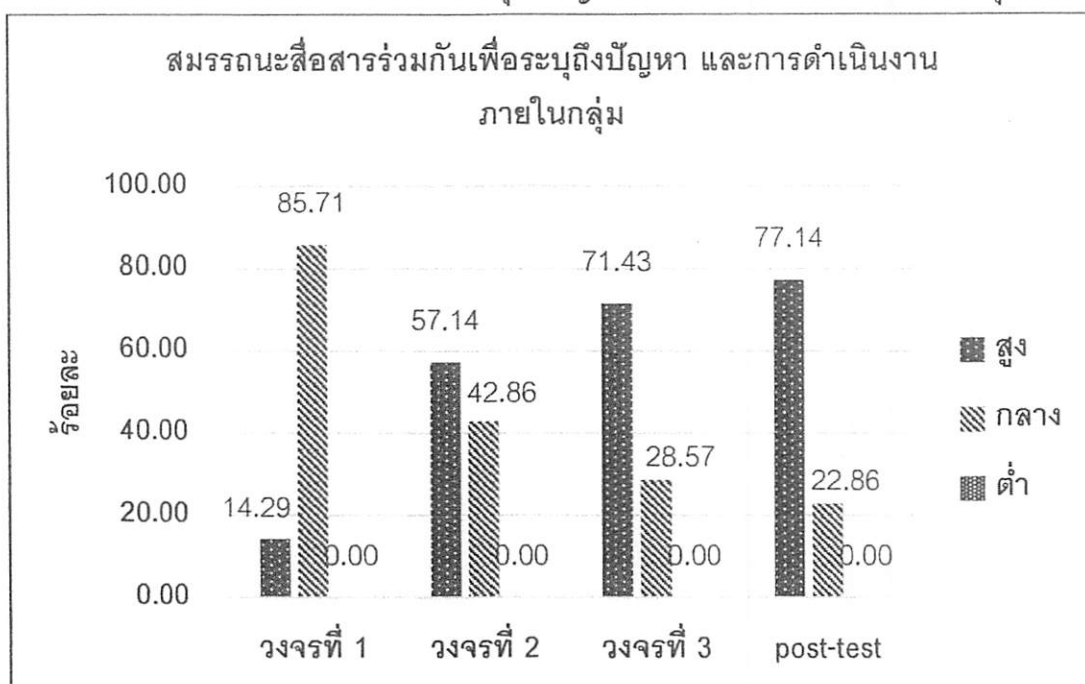


(นักเรียน S8, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

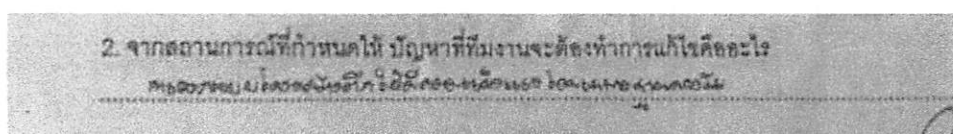


(นักเรียน S9, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

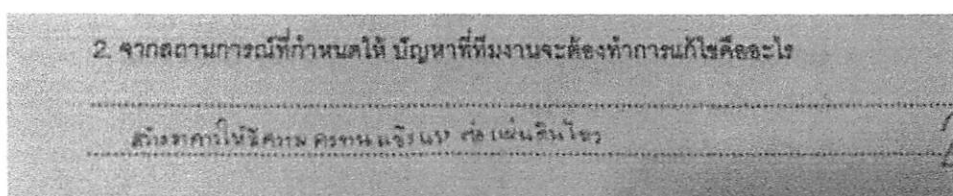
1.3 สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่ม



จากแผนภูมิพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่มอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 77.14 แสดงว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถสื่อสาร แบ่งปันความคิดเห็นได้อย่างมีเหตุผล เพื่อระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วน ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

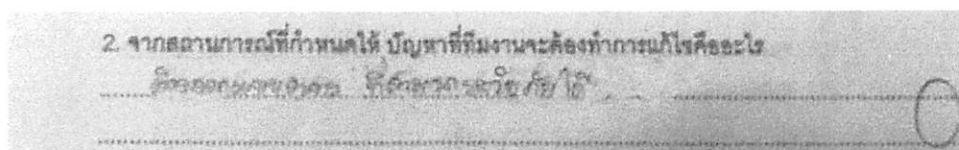


(นักเรียน S3, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)



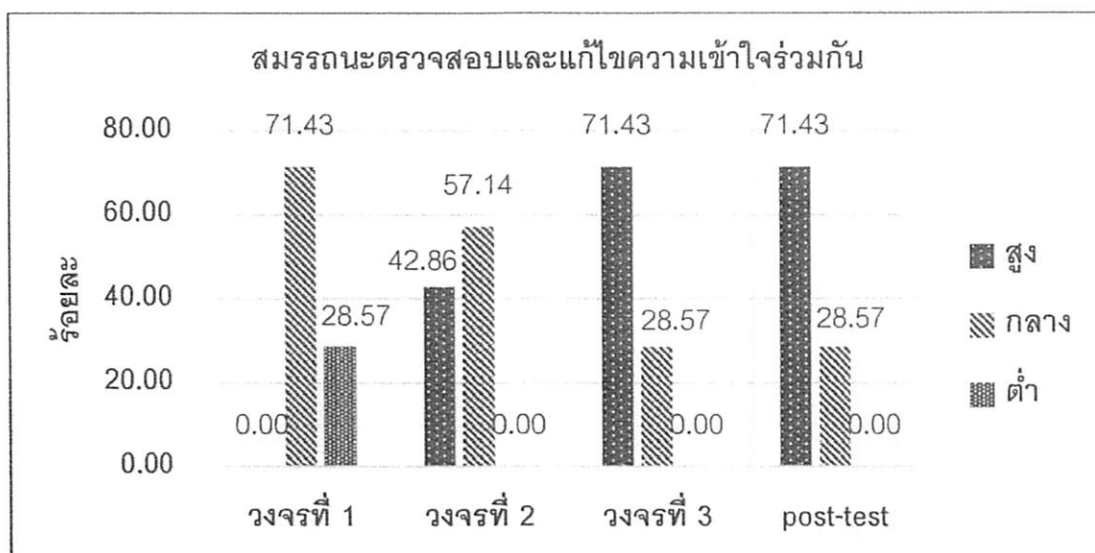
(นักเรียน S4, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

ในขณะเดียวกันก็มีผู้เรียนจำนวนร้อยละ 22.86 ที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง คือ สามารถสื่อสาร แบ่งปันความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล โดยระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้บางส่วน ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

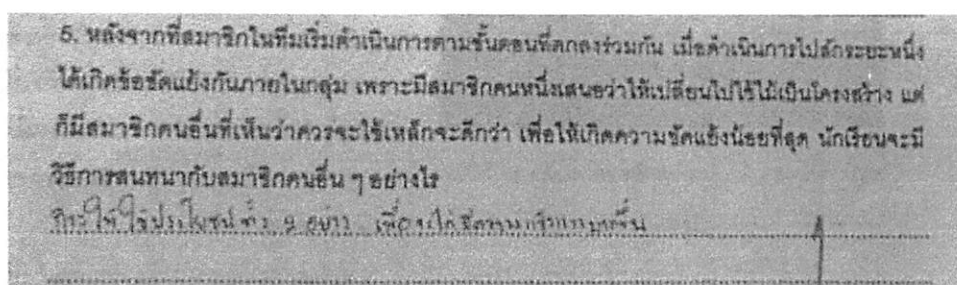


(นักเรียน S13, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

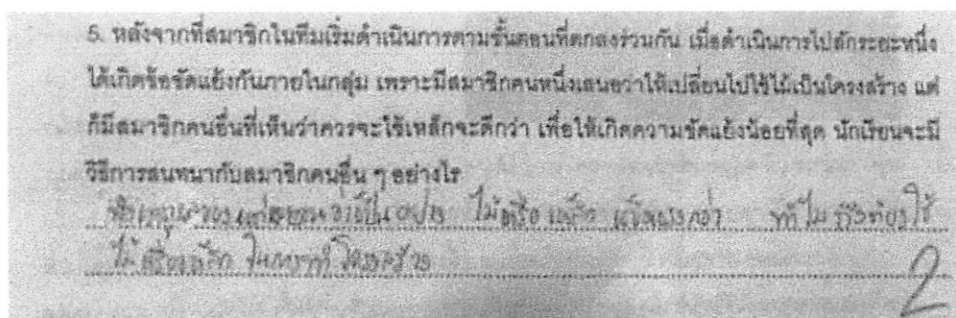
1.4 ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน



จากแผนภูมิพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกันอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 71.43 แสดงว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถใช้วิธีการอธิบายสื่อสารได้อย่างประนีประนอม และมีการเสนอแนะแนวทางที่เกิดจากการตกลงร่วมกันของสมาชิกคนอื่น ๆ ภายในกลุ่ม ซึ่งมีเพียงร้อยละ 28.57 ที่สามารถอธิบายสื่อสารได้อย่างประนีประนอม แต่ยังไม่มีการเสนอแนะแนวทางที่เกิดจากการตกลงร่วมกันของสมาชิกคนอื่น ๆ ภายในกลุ่ม หรือมีเพียงการให้ข้อเสนอแนะเพียงอย่างเดียว แต่ไม่ได้ใช้หลักการประนีประนอม ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



(นักเรียน S15, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

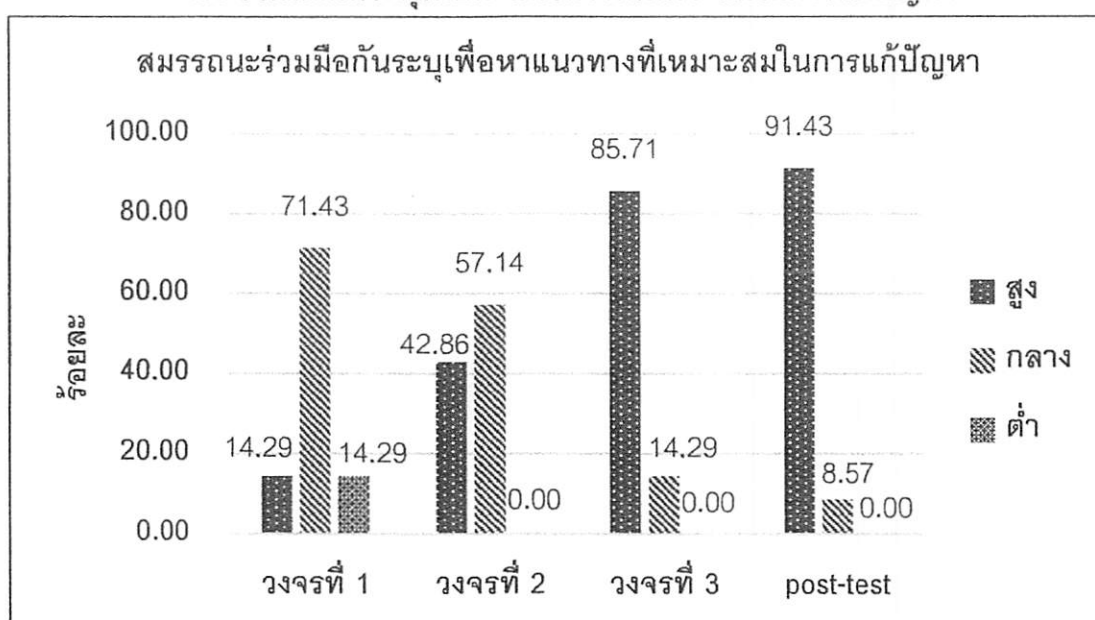


(นักเรียน S16, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

2. สมรรถนะเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการและทดสอบด้วยแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แสดงผลได้ ดังต่อไปนี้

2.1 ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา



จากแผนภูมิพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหายู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 91.43 แสดงว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถระบุวิธีที่จะแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างเหมาะสม และสามารถบอกถึงข้อดีของวิธีนั้นได้ แต่ก็มีผู้เรียนบางส่วน ร้อยละ 8.57 ที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง นั่นคือ ผู้เรียนสามารถระบุวิธีที่จะแก้ไขปัญหาได้ แต่ยังไม่สามารถบอกถึงประโยชน์หรือข้อดีของวิธีนั้นได้ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

3. นักเรียนจะต้องศึกษาข้อมูลเรื่องใดบ้าง ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพราะเหตุใด

ด้านจิตวิทยา เพราะ จะได้ทำความเข้าใจตนเอง

ด้านพฤติกรรมวิทยา จะได้เข้าใจพฤติกรรมในการออกแบบ

ด้านวิศวกรรมศาสตร์ เพราะ จะได้ใช้ในการออกแบบ อย่างไว้ใจได้จริงๆ

2

(นักเรียน S19, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

3. นักเรียนจะต้องศึกษาข้อมูลเรื่องใดบ้าง ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพราะเหตุใด

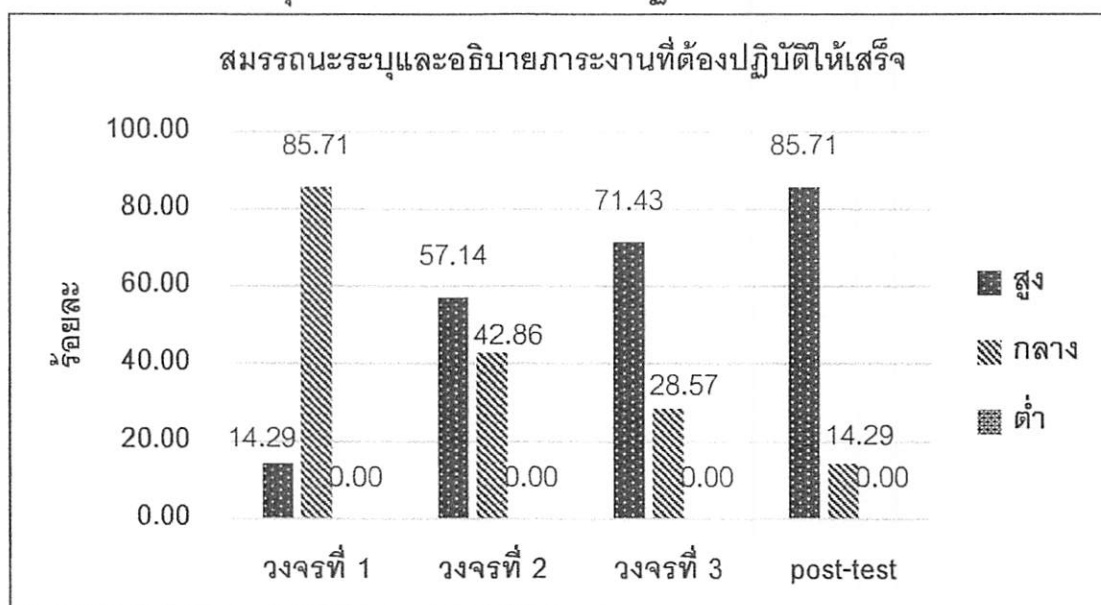
1. ทฤษฎีจิตวิทยา

2. ด้าน การออกแบบ 6250519

3. ด้าน จิตวิทยา

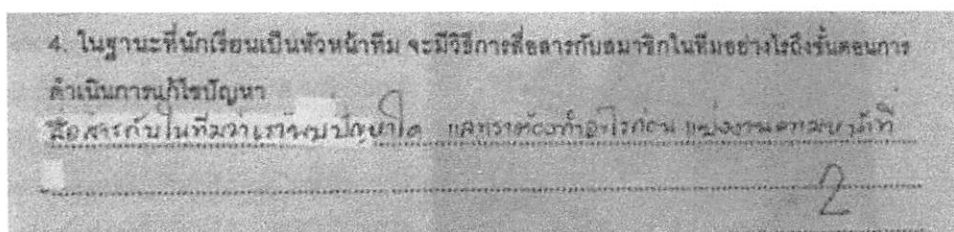
(นักเรียน S18, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

2.2 ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ

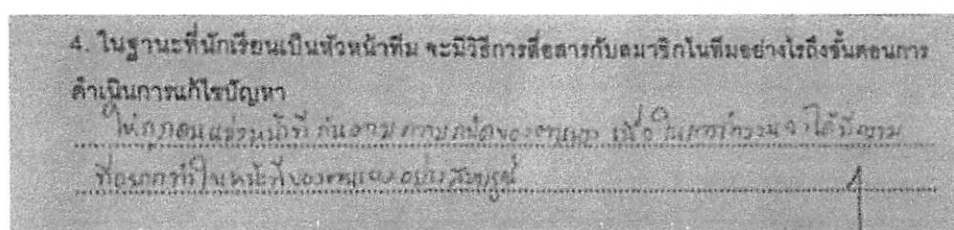


จากแผนภูมิพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 85.71 แสดงว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถบอกวิธีการวางแผนในการแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ว่าต้องทำอะไรก่อน – หลัง โดยเฉพาะการแบ่งหน้าที่ตามความถนัดของสมาชิกแต่ละคน ในขณะที่มีผู้เรียนร้อยละ 14.29 ที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง นั่นคือ ผู้เรียนสามารถบอกวิธีการวางแผนในการแก้ปัญหาได้เพียงบางส่วน เช่น

บอกเพียงว่ามีการแบ่งหน้าที่กันทำงานตามความถนัด แต่ไม่ได้ระบุว่าต้องดำเนินการอย่างไรต่อไป เพื่อแก้ปัญหา ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

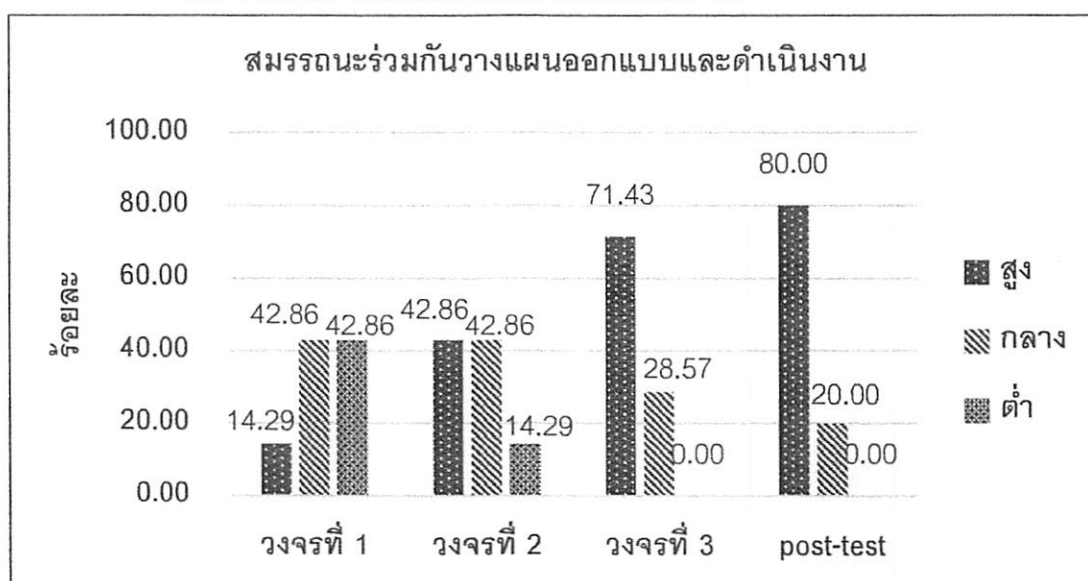


(นักเรียน S22, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)



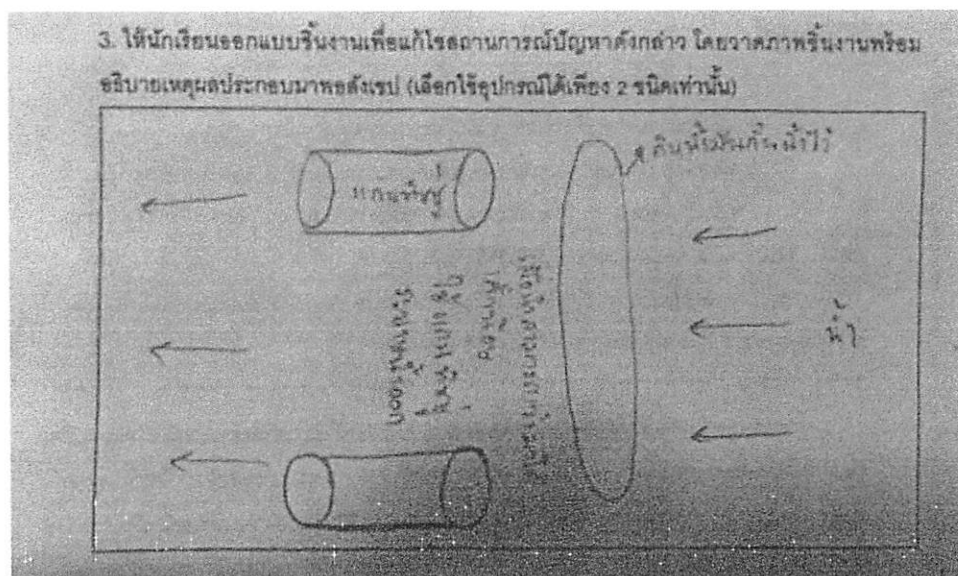
(นักเรียน S17, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

2.3 ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน

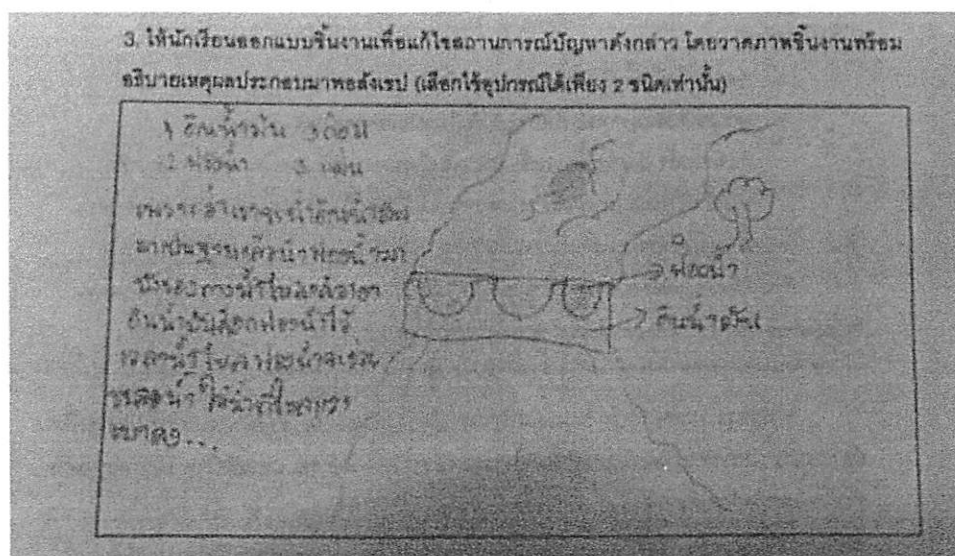


จากแผนภูมิพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงานอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 80.00 แสดงว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถวาดภาพแสดงเค้าโครงของชิ้นงานได้ และสามารถบอกเหตุผลของการเลือกใช้วัสดุ – อุปกรณ์ได้อย่างเข้าใจ

ขณะที่ผู้เรียนเพียงร้อยละ 20.00 ที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง ซึ่งสามารถวาดภาพแสดงเค้าโครงของชิ้นงานได้ แต่ไม่สามารถบอกเหตุผลของการเลือกใช้วัสดุ – อุปกรณ์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

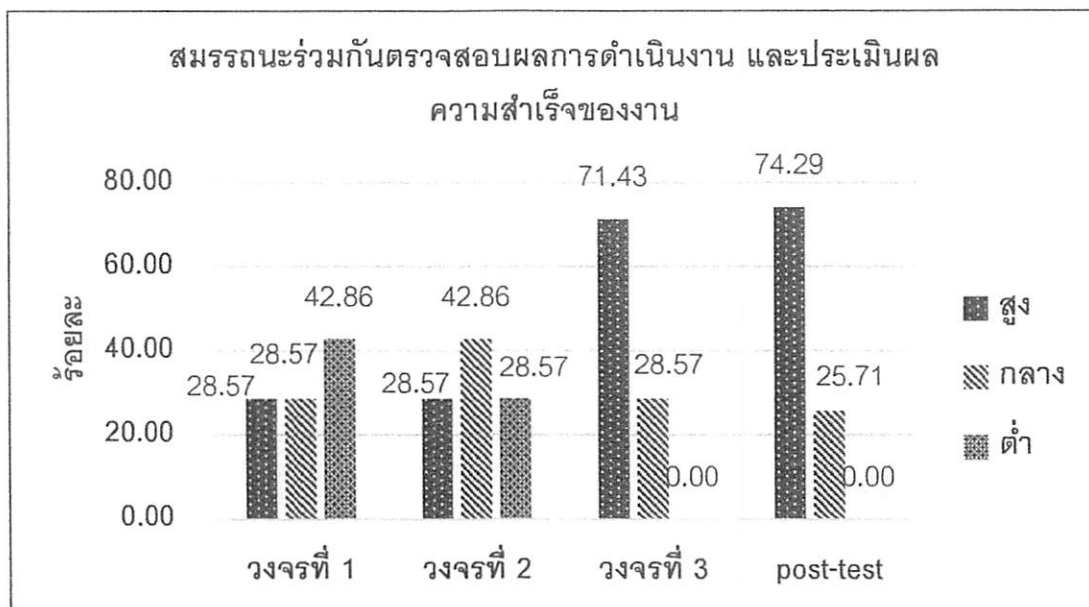


(นักเรียน S23, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)



(นักเรียน S24, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

2.4 ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงาน



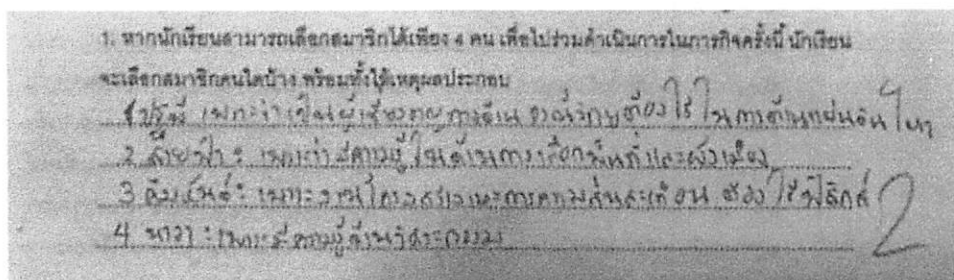
จากแผนภูมิพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงานอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 74.29 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถให้คำแนะนำแก่สมาชิกในกลุ่มเพื่อร่วมกันพิจารณาตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินการว่าสอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ รวมทั้งมีการให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าข้อผิดพลาดน่าจะเกิดขึ้นในขั้นตอนใดได้ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

5. ในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ นักเรียนพบว่าระหว่างการดำเนินงานมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งทำให้ชิ้นงานไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ นักเรียนและเพื่อนในกลุ่มจะทักทายให้ทราบและช่วยกันแก้ไขข้อผิดพลาดจนได้ชิ้นงานที่ถูกต้อง

(นักเรียน S20, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

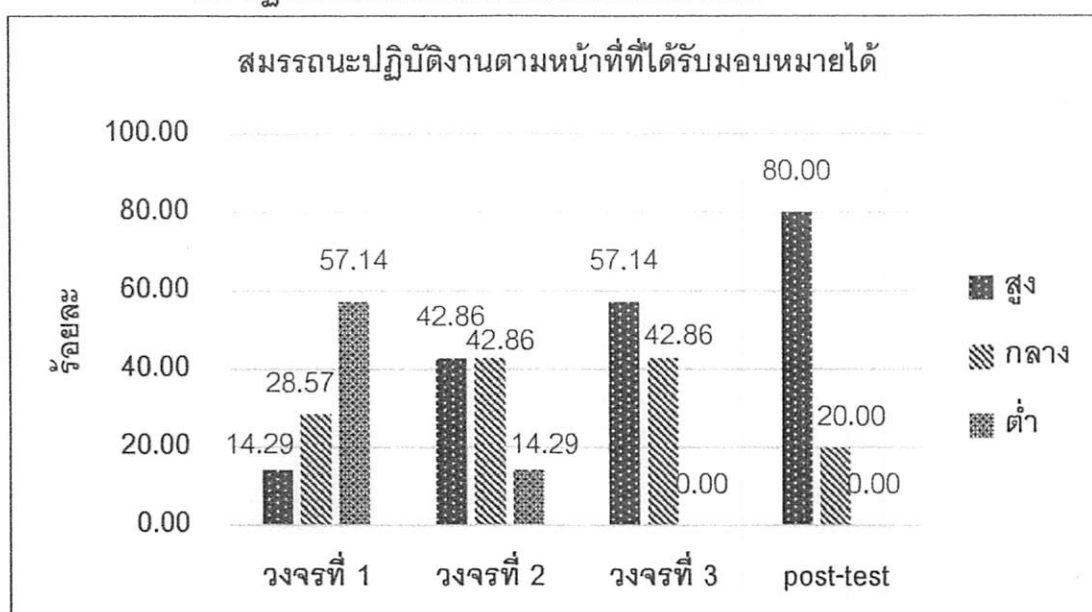
5. ในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ นักเรียนพบว่าระหว่างการดำเนินงานมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งทำให้ชิ้นงานไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ นักเรียนและเพื่อนในกลุ่มจะทักทายให้ทราบและช่วยกันแก้ไขข้อผิดพลาดจนได้ชิ้นงานที่ถูกต้อง

(นักเรียน S25, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)



(นักเรียน S27, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

3.2 ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้



จากแผนภูมิพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้อยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 80.00 แสดงว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถให้คำแนะนำกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มได้ โดยให้เหตุผลเกี่ยวกับการทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้ทำงานประสบความสำเร็จ แต่ก็มีผู้เรียนร้อยละ 20.00 ที่สามารถให้คำแนะนำกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มได้ แต่ไม่ได้ให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

4. ถ้าในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนสังเกตเห็นว่าเพื่อนสมาชิกคนหนึ่งไม่ได้ดำเนินการตามที่วางแผนไว้ คือ เพื่อนที่ได้รับมอบหมายได้เป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง แต่เพื่อนสมาชิกคนนั้นไปช่วยเพื่อนอีกคนหนึ่งสืบค้นข้อมูล ในฐานะที่นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม นักเรียนจะทำอย่างไร เพราะเหตุใด

ผมจึงเห็นว่า มีปัญหาให้เขา ทำอะไรก็ได้ที่ช่วยได้ แล้วเขาจะรีบารีทำทันที
เพื่อนที่ไปช่วยคนอื่นก็ไปช่วยคนอื่นกับเขาด้วย แต่ถ้ามีปัญหาก็ช่วยกัน
อุปกรณ์ก็ให้เขา กับเพื่อนที่ช่วยกัน แล้วอุปกรณ์

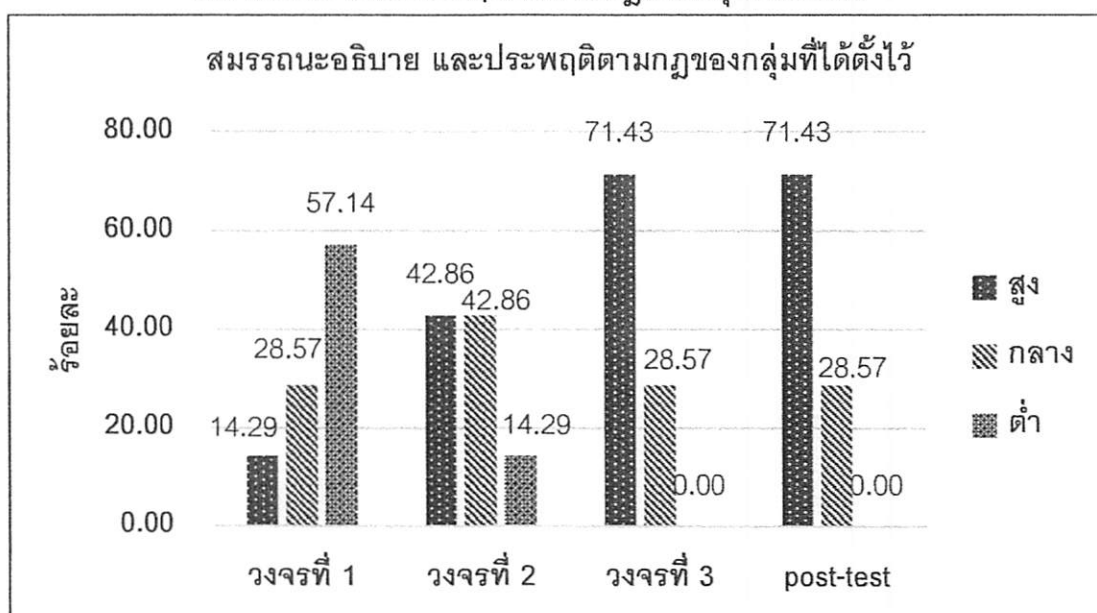
(นักเรียน S1, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

4. ถ้าในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนสังเกตเห็นว่าเพื่อนสมาชิกคนหนึ่งไม่ได้ดำเนินการตามที่วางแผนไว้ คือ เพื่อนที่ได้รับมอบหมายได้เป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง แต่เพื่อนสมาชิกคนนั้นไปช่วยเพื่อนอีกคนหนึ่งสืบค้นข้อมูล ในฐานะที่นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม นักเรียนจะทำอย่างไร เพราะเหตุใด

ในกลุ่มนี้ผมคิดว่าเพื่อนที่ไปช่วยคนอื่นก็ไปช่วยคนอื่นกับเขาด้วย แต่ถ้ามีปัญหาก็ช่วยกัน
อุปกรณ์ก็ให้เขา กับเพื่อนที่ช่วยกัน แล้วอุปกรณ์

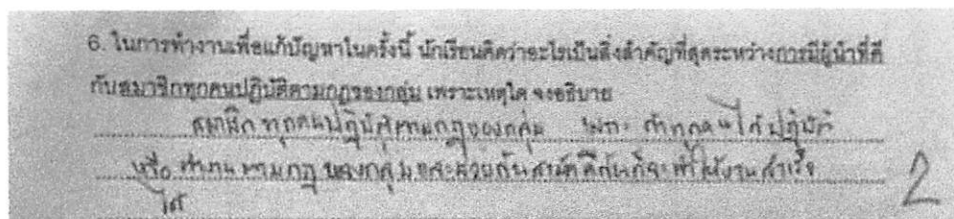
(นักเรียน S28, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

3.3 อธิบาย และประพัตติตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้

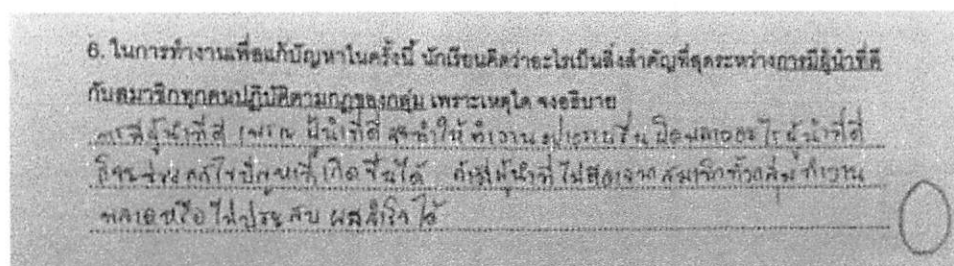


จากแผนภูมิพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะอธิบาย และประพัตติตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้อยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 71.43 แสดงว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่คิดว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำงานกลุ่มคือการที่สมาชิกทุกคนปฏิบัติตามกฎของกลุ่ม และให้เหตุผลได้ว่า

การที่ปฏิบัติตามกฎจะทำให้งานดำเนินไปได้ดี ไม่เกิดอุปสรรค หรือข้อขัดแย้งภายในกลุ่ม และงานที่ได้จะประสบผลสำเร็จ และมีผู้เรียนจำนวนหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.57 ที่มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง นั่นคือ นักเรียนคิดว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำงานกลุ่มคือการมีผู้นำที่ดี ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

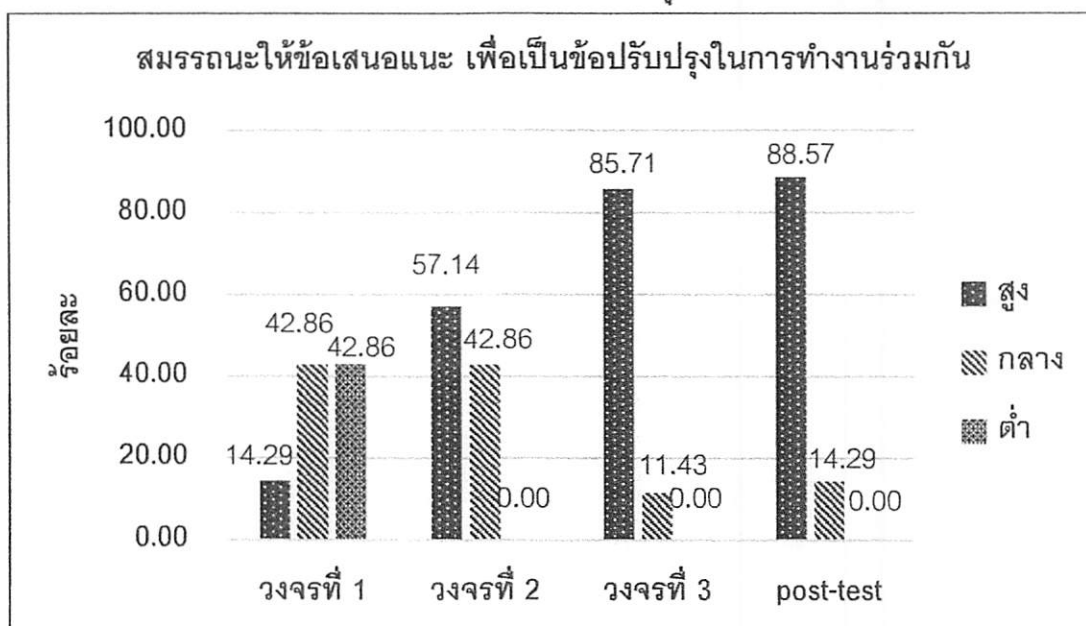


(นักเรียน S29, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)



(นักเรียน S5, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

3.4 ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน



จากแผนภูมิพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็น
ข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกันอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 88.57 แสดงว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่
สามารถให้ข้อเสนอแนะหรือแนวทางอื่น ๆ ที่จะช่วยแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

6. หลังจากที่นักเรียนออกแบบโครงสร้างอาคารเรียบร้อยแล้ว กลับได้ข้อเสนอเพิ่มเติมมาว่าพื้นที่
ก่อสร้างอาคารเป็นบริเวณราบลุ่มแม่น้ำ น้ำสามารถท่วมถึงได้หากเกิดฝนดินไหว นักเรียนจะมีการ
ปรับแก้โครงสร้างที่ออกแบบไว้หรือไม่
ปรับให้สูงขึ้น ใช้วัสดุที่แข็งแรง และ ปลูกต้นไม้ ใต้ถุนบ้าน ให้สูงขึ้น ปลูกต้นไม้
เพื่อให้สามารถรับน้ำท่วมได้

(นักเรียน S16, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

6. หลังจากที่นักเรียนออกแบบโครงสร้างอาคารเรียบร้อยแล้ว กลับได้ข้อเสนอเพิ่มเติมมาว่าพื้นที่
ก่อสร้างอาคารเป็นบริเวณราบลุ่มแม่น้ำ น้ำสามารถท่วมถึงได้หากเกิดฝนดินไหว นักเรียนจะมีการ
ปรับแก้โครงสร้างที่ออกแบบไว้หรือไม่
ทำให้เสาเข็มยาวลงสู่ก้นดินน้ำ และ ปลูกต้นไม้ให้สูงขึ้น

(นักเรียน S31, แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 1 มีนาคม 2562)

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ซึ่งดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 35 คน ดำเนินการวิจัยแบบวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง 2) แบบบันทึกสะท้อนผล 3) แบบสังเกตพฤติกรรม การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และ 4) แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ จำนวน 12 ข้อ โดยแบ่งการสรุปและอภิปรายผลตามคำถามการวิจัย ดังนี้

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

คำถามการวิจัยข้อที่ 1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ควรมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นค้นหาและระบุปัญหา 2) ขั้นสร้างแนวคิด 3) ขั้นวางแผน 4) ขั้นสร้างสรรคชิ้นงาน 5) ขั้นทดสอบ 6) ขั้นนำเสนอ และอภิปราย และ 7) ขั้นสะท้อนผล โดยอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ขั้นค้นหาและระบุปัญหา

เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันศึกษาสถานการณ์ปัญหาร่วมกัน เพื่อทำการวิเคราะห์และระบุปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนด กล่าวคือ ในขั้นนี้ผู้สอนควรให้ผู้เรียนแต่ละคนได้ระบุปัญหาเป็นรายบุคคล ว่าปัญหาคืออะไร มีสาเหตุจากอะไร ก่อนที่จะนำไปอภิปรายร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อให้เกิดความเข้าใจต่อปัญหาในมุมมองของตนเองเสียก่อน ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหาร่วมกันภายในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลและทำความเข้าใจปัญหาร่วมกัน ในมุมมองของกลุ่ม เพื่อให้ได้ข้อสรุปของการระบุปัญหาที่ตรงกัน สอดคล้องกับ Capraro,

Capraro and Morgan (2013) ที่ระบุว่า การระบุปัญหาในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเป็นสิ่งที่สำคัญ นักเรียนจะต้องเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหาที่เผชิญผ่านการร่วมมือของกลุ่ม และร่วมกันกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม โดยสมาชิกทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมต่อการกำหนดปัญหาและมีมุมมองต่อปัญหาในทิศทางเดียวกัน

สำหรับการจัดการปัญหาที่ผู้สอนกำหนดต้องเป็นสถานการณ์ปัญหาที่กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ มีความน่าสนใจ ใกล้เคียงกับชีวิตจริงและสอดคล้องกับรายวิชา และต้องมีความท้าทายในการแก้ปัญหา ปัญหาที่ใช้ควรเป็นปัญหาปัจจุบันซึ่งส่งผลกระทบต่อสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน ครอบครัว และชุมชน และนักเรียนจะต้องไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง (Wang, et al., 2012 as defined in Householder and Hailey, 2012, p.22) ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนต้องออกแบบหมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ โดยการสร้างแนวปราการบริเวณชายหาด และออกแบบบ้านที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นให้น้อยที่สุด เป็นต้น เพราะการที่ผู้สอนสร้างหรือให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาทางวิศวกรรมที่ท้าทาย จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์ อภิปราย ชักถาม แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น ๆ (พิเชฐ ศรีสังข์งาม, 2561) ซึ่งสถานการณ์ปัญหาเหล่านี้จะต้องเป็นปัญหาที่สามารถหาคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาได้จากแหล่งสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ นอกจากนี้ควรเลือกใช้สถานการณ์ที่เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายของผู้วิจัยเป็นกลุ่มนักเรียนที่ไม่เน้นวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาและกิจกรรมจะต้องไม่เน้นทางด้านเนื้อหาวิชาการหรือมีความซับซ้อนมากเกินไป และที่สำคัญควรมีการกำหนดภาระงานให้กับผู้เรียน ซึ่งในที่นี้คือการสร้างชิ้นงานเพื่อตรวจสอบผลการดำเนินการแก้ปัญหา

สำหรับบทบาทของผู้สอนนั้น ควรจะแบ่งกลุ่มผู้เรียนโดยความสามารถทางการเรียนก่อนที่จะเริ่มกิจกรรมทั้งหมด จะต้องแนะนำกิจกรรมให้ผู้เรียนทราบว่าลักษณะการดำเนินกิจกรรมเป็นอย่างไร โดยก่อนที่จะดำเนินกิจกรรมควรฝึกให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับสมาชิกกลุ่มของตนเองเสียก่อน อาจจะให้ปฏิบัติกิจกรรมที่มีความใกล้เคียงหรือกิจกรรมที่จะเชื่อมโยงมาสู่กิจกรรมหลักของกิจกรรมการเรียนรู้ และก่อนที่จะให้ผู้เรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ ผู้สอนต้องให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้เรียบร้อย

ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ในประเด็นของการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม การแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน และการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและ

การดำเนินงานภายในกลุ่ม และส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม
ในประเด็นของการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกกลุ่ม

2. ขั้นสร้างแนวคิด

เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันระบุนวัตกรรมที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยอาศัยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ ซึ่งในขั้นนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แหล่งสืบค้นข้อมูลออนไลน์ เนื่องจากเป็นการสืบค้นข้อมูลที่เปิดกว้างและสร้างความสนใจได้มากกว่าการสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียนหรือห้องสมุด อีกทั้งยังมีความสะดวกและรวดเร็ว สอดคล้องกับ Kamenetz (2009, as defined in Tucker and Courts, 2010, p.37) ที่ระบุว่า ความพร้อมของแหล่งข้อมูลออนไลน์จะช่วยให้จัดการศึกษาที่ให้บริการนักเรียนได้มากขึ้น ในลักษณะที่รวดเร็ว ราคาถูก และมีประสิทธิภาพมากกว่าการจัดการศึกษาแบบดั้งเดิมในอดีต

ในการสืบค้นข้อมูลนี้จะเป็นการสืบค้นข้อมูลโดยสมาชิกที่ทำหน้าที่ในการสืบค้น โดยสมาชิกที่สืบค้นข้อมูลแต่ละคนจะต้องสืบค้นว่ามีข้อมูลใดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ มีใครเคยสร้างนวัตกรรมใดขึ้นมาบ้าง วิธีที่จะใช้แก้ปัญหานั้นมีข้อดีหรือข้อจำกัดอย่างไร ดังที่ Capraro, Capraro and Morgan (2013) กล่าวว่า ในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม จะต้องมีการสืบค้นหาข้อมูลภูมิหลังที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือศึกษาวิธีการแก้ปัญหาที่เคยมีมาในอดีตอย่างครอบคลุมและเข้าใจลึกซึ้ง นำไปสู่การออกแบบและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ หลังจากนั้นผู้เรียนจะต้องนำวิธีการแก้ปัญหาที่สืบค้นมาได้ทั้งหมดมานำเสนอและแบ่งปันร่วมกันในกลุ่ม เพื่อหาข้อสรุปที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งกลุ่มสามารถประยุกต์วิธีการแก้ปัญหานั้นให้เป็นวิธีการของกลุ่มตนเองได้ ในการตัดสินใจเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหานั้นจะทำให้ผู้เรียนเกิดการสื่อสารระหว่างกันในกลุ่ม เกิดการอภิปรายโต้แย้งกันด้วยเหตุและผล ส่งผลให้เกิดทักษะในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม

สำหรับบทบาทของผู้สอน จะต้องมีการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเข้าถึงแหล่งสืบค้นข้อมูลออนไลน์แก่ผู้เรียนเพื่อเป็นการลดเวลาในการสืบค้นข้อมูล ผู้สอนอาจกำหนดตัวอย่างเว็บไซต์ที่น่าเชื่อถือให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูล แต่จะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลได้นอกเหนือจากที่ผู้สอนกำหนด นอกจากนี้ผู้สอนต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนหาข้อมูลที่หลากหลายเพราะจะทำให้ได้แนวทางแก้ไขปัญหาลายวิธีเพื่อนำไปสู่แนวทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในประเด็นของการร่วมมือการระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

3. ขั้นวางแผน

เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันออกแบบชิ้นงานหลังจากที่ได้ระดมความคิดเพื่อหาแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดแล้ว การวางแผนเพื่อสร้างชิ้นงานในขั้นตอนนี้จะถูกนำเสนอผ่านการวาดภาพร่างชิ้นงาน เช่น ภาพร่างแสดงโครงสร้างอาหารหอดิลปี ภาพร่างรูปทรงภูเขาไฟ และตำแหน่งอาคารที่ตั้งอยู่บริเวณรอบ ๆ เป็นต้น ซึ่งการวาดภาพร่างนี้ถือว่าเป็นขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรูปแบบหนึ่ง ที่มีความสามารถในการแสดงความคิดหรือแนวคิดของวัตถุจริงหรือการออกแบบที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคต (Verstijnen, et al., 1998, pp. 519–546. As defined in Martin-Erro, Dominguez and Espinosa, 2016) ซึ่งสอดคล้องกับ Tytler (2016) ที่ระบุว่า การวาดภาพถือเป็นจุดเน้นที่มีประสิทธิภาพสำหรับการให้เหตุผลร่วมกัน และการสร้างความหมาย ซึ่งการวาดภาพมักใช้เพื่อเสริมความหมายของการเจรจาโดยใช้การพูดคุย ทำทาง และการเป็นตัวแทน การวาดภาพจะช่วยให้นักเรียนเจรจาต่อรองกันได้อย่างยืดหยุ่น โดยเฉพาะการวาดภาพที่สามารถแก้ไขปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา

ในการวางแผนเพื่อออกแบบชิ้นงานนี้ ผู้เรียนจะต้องระบุนายละเอียดและมีการจดบันทึกด้วยว่าจะเลือกใช้วัสดุ - อุปกรณ์ที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้จำนวนเท่าใดบ้าง ซึ่งหากกิจกรรมใดที่มีหลักการทางคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องผู้เรียนจะต้องแสดงการคำนวณด้วย เช่น การระบุความสูงของอาคารหอดิลปีในกิจกรรมเรื่องแผ่นดินไหว อัตราส่วนของปริมาณน้ำส้มชงชู และผงฟูที่ใช้ในการสร้างลาวา เป็นต้น การที่ผู้เรียนได้วาดภาพโครงร่างและจดบันทึกการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ จะทำให้ผู้เรียนเกิดการอภิปรายโต้แย้งกันภายในกลุ่มถึงความเป็นไปได้ของชิ้นงานที่จะสร้างขึ้นว่ามีความคงทนหรือสอดคล้องกับเงื่อนไขที่ตั้งไว้หรือไม่ รวมทั้งผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและคุ้มค่าเพื่อให้ได้มาซึ่งชิ้นงานที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้การให้ผู้เรียนได้วางแผนผ่านการวาดภาพจะเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยในการตรวจสอบความผิดพลาดของชิ้นงานได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะในขั้นทดสอบชิ้นงานเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ

สำหรับบทบาทของผู้สอนจะต้องกำหนดเวลาในการออกแบบชิ้นงานของผู้เรียน มีการสอบถามความคืบหน้าเป็นระยะ เปิดกว้างให้ผู้เรียนออกแบบชิ้นงานได้อย่างเต็มที่ ผู้สอนจะต้องไม่ชี้แนะว่าควรออกแบบอย่างไรหรือควรใช้อุปกรณ์ใดบ้าง ควรให้ผู้เรียนได้ระดมความคิดภายในกลุ่ม และก่อนที่จะเริ่มการวางแผนผู้สอนต้องชี้แจงถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จัดเตรียมไว้ เช่น อุปกรณ์ประกอบด้วยอะไรบ้าง สามารถเลือกใช้ได้อย่างละกี่ชิ้น เป็นต้น

ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในประเด็นของการระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ และการร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงาน

4. ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน

เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องดำเนินการสร้างชิ้นงานตามที่ได้วางแผนและออกแบบไว้ ในขั้นนี้จะเป็นการนำกระบวนการทางเทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการสร้างชิ้นงาน เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาของสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น นักเรียนสร้างรูปทรงภูเขาไฟด้วยดินน้ำมันกับบีกเกอร์ สร้างลาวาด้วยน้ำส้มสายชูผสมกับผงฟู และเพิ่มสารที่ทำให้ลาวาหนืดมากขึ้นด้วยน้ำยาล้างจานหรือเบะแซ เป็นต้น การที่ให้ผู้เรียนไม่เพียงแต่ออกแบบผ่านการวาดโครงร่างชิ้นงานแต่ให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานจริงออกมาด้วยนั้น จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง อีกทั้งทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดและแก้ปัญหาในขั้นที่สูงขึ้นด้วย สอดคล้องกับ Brophy, et al. (2008, อ้างอิงใน จรุงพงษ์ ชลสินธุ์, 2559) ที่ศึกษาการประยุกต์ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมในชั้นเรียน พบว่าในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมโดยมีการให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างโมเดลหรือชิ้นงานขึ้นมาภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด สามารถส่งเสริมทักษะในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาขั้นสูงของนักเรียนได้ ชิ้นงานจะทำให้การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมสามารถจับต้องและพิสูจน์ได้ อย่างเป็นรูปธรรม นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ สามารถออกแบบ วิเคราะห์ ตรวจสอบและประเมินการทำงานและผลงานที่ได้ออกแบบไว้โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุด

ในขณะเดียวกันระหว่างที่ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมการสร้างชิ้นงานนั้น ผู้สอนก็จะได้สังเกตพฤติกรรมและเกิดข้อค้นพบต่าง ๆ เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาภายในกลุ่มที่ผู้เรียนแสดงออกมาหลายประการ เช่น การปฏิบัติหน้าที่ตามข้อตกลงของกลุ่ม การเกิดข้อถกเถียงโต้แย้งขณะสร้างชิ้นงาน การพูดคุยประสานงานกันภายในกลุ่ม เป็นต้น สอดคล้องกับ Coyle and Schwartz (2000, as defined in Householder and Hailey, 2012, p.27) ที่กล่าวว่า ความท้าทายในการสร้างชิ้นงานจะช่วยให้ผู้เรียนสังเกตเห็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้าง อีกทั้งยังช่วยฝึกให้ผู้เรียนเกิดความร่วมมือกันพัฒนาความคิดเชิงตรรกะและทักษะการสื่อสาร ทั้งนี้การสร้างชิ้นงานยังเป็นเสมือนการตรวจสอบว่าโครงสร้างที่ออกแบบไว้สามารถสร้างขึ้นมาได้จริงหรือไม่

สำหรับบทบาทของผู้สอนในชั้นนี้จะต้องให้อิสระแก่ผู้เรียนในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และต้องคอยย้าเตือนเกี่ยวกับเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของชิ้นงานที่กำหนด มีการเข้าไปตรวจสอบความคืบหน้าระหว่างการทำกิจกรรมเป็นระยะ ๆ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับชิ้นงานบ้าง รวมทั้งกำกับเกี่ยวกับการรักษาเวลาในการทำกิจกรรมด้วย

ดังนั้นในชั้นนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในประเด็นของการร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงาน และส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ในประเด็นของการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และการอธิบายและประพุดิตตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้

5. ขั้นตอนทดสอบ

ในชั้นตอนนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาทดสอบเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งจะเป็นการทดสอบว่ามีความเป็นไปได้ตามที่วางแผนไว้หรือไม่ จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากข้อค้นพบและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดสอบชิ้นงาน โดยในการทดสอบชิ้นงานนี้ผู้สอนอาจจะกำหนดจำนวนครั้งในการทดสอบชิ้นงานตามความซับซ้อนของชิ้นงานก็ได้ เพื่อเป็นการจัดการด้านเวลาให้มีความเหมาะสม เช่น ในกิจกรรมการสร้างหมู่บ้านต้านภัยสึนามิ ชิ้นงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมีขนาดใหญ่และต้องใช้เวลามาก ผู้สอนอาจจะให้มีการทดสอบเพียงครั้งเดียว เป็นต้น ในขณะที่ผู้เรียนทำการทดสอบจะต้องมีสมาชิกในกลุ่มที่ทำหน้าที่จดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับผลการทดสอบชิ้นงานด้วย เพื่อนำไปนำเสนอในชั้นนำเสนอและอภิปรายในชั้นเรียน สอดคล้องกับ Capraro, Capraro and Morgan (2013) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนได้ตรวจสอบและประเมินการออกแบบชิ้นงานของตนเอง มีการซ่อมแซมปรับปรุง หรือทำซ้ำ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหามากขึ้น และทราบถึงประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหาว่าเป็นไปตามที่วางแผนหรือไม่

หลังจากที่ผู้เรียนทดสอบชิ้นงานแล้วจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายถึงผลและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม จะทำให้ผู้เรียนได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาทั้งของกลุ่มตนเองเปรียบเทียบกับกลุ่มเพื่อน เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงชิ้นงานให้ดีที่สุด หลังจากผู้เรียนปรับปรุงชิ้นงานเรียบร้อยแล้วจะมีการแข่งขันกันภายในชั้นเรียนว่ากลุ่มใดที่สามารถสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหามีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งการใช้วิธีการจัดการแข่งขันในชั้นเรียนนี้จะช่วยสร้างความสนใจและความตื่นตัวในหัวข้อหรืองานที่ดูมีข้อจำกัดสำหรับผู้เรียน การแข่งขันแบบทีม เช่น เกมที่มีการแข่งขันกันทั้งชั้นเรียน จะทำให้การสอนมีความสนุกสนานและนักเรียนได้มีส่วนร่วมมากขึ้น Good and Brophy (1978) ซึ่งให้เห็นว่ากิจกรรมในห้องเรียนที่มีการแข่งขัน

อาจเหมาะสมถ้านักเรียนทุกคนมีโอกาสชนะ และเมื่อใช้วิธีการประเมินแบบที่มากกว่า ใช้การประเมินแบบรายบุคคล ซึ่งการแข่งขันเช่นนี้จะช่วยลดโอกาสที่จะมีนักเรียนเพียงคนเดียวเป็นผู้ชนะหรือแพ้ ซึ่งเมื่อแพ้ก็จะรู้สึกอับอายและรู้สึกเสียเกียรติ นอกจากนี้การแข่งขันระหว่างกลุ่ม (ใช้วิธีการทำงานเป็นทีม) อาจเพิ่มความร่วมมือภายในกลุ่มเมื่อนักเรียนรวมกันเป็นหนึ่งเดียวในการทำงานให้บรรลุเป้าหมาย

สำหรับบทบาทของผู้สอนในชั้นนี้ มีหน้าที่ทำการทดสอบชิ้นงานต่าง ๆ ของผู้เรียน แต่ละกลุ่ม ที่สำคัญคือจะต้องมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่อาจจะส่งผลต่อการทดสอบชิ้นงานของผู้เรียนได้ เช่น การวางถุงทรายลงบนโครงสร้างอาคารหอคิลปีในกิจกรรมไม่เคยห้วนไหว การจับเวลาการไหลของลาวาไปยังสิ่งปลูกสร้างในกิจกรรมลูกไฟมรณะ หรือการสร้างคลื่นสึนามิมายังสิ่งปลูกสร้างของผู้เรียนในกิจกรรมหายนะคลื่นยักษ์ เป็นต้น เพราะอาจจะทำให้ผลการทดสอบเกิดความคลาดเคลื่อน และไม่เท่าเทียมกันในแต่ละกลุ่ม รวมทั้งการตั้งเกณฑ์ในการประเมินชิ้นงานก็ต้องมีความชัดเจนและครอบคลุมด้วย

ดังนั้นในชั้นนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ในประเด็นของการตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน และส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในประเด็นของการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

6. ชี้นำเสนอและอภิปราย

ในชั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องนำเสนอเกี่ยวกับชิ้นงานของกลุ่มตนเองโดยมีตัวแทนในการนำเสนอ ซึ่งในการนำเสนอนี้แต่ละกลุ่มจะต้องรายงานเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ รูปแบบของชิ้นงานที่สร้างขึ้น วัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ และการแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานในชั้นทดสอบที่ผ่านมา จากนั้นจะให้ผู้เรียนกลุ่มอื่น ๆ ได้อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลสำเร็จของชิ้นงานหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนมุมมองเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาซึ่งจะทำให้ได้มุมมองที่หลากหลายขึ้น สอดคล้องกับ National Research Council (2012, p.92) ระบุว่านักเรียนควรมีโอกาสที่จะมีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับการสังเกตและอธิบายเพื่อนำเสนอผลงานด้วยวาจาเกี่ยวกับผลลัพธ์และข้อสรุปของตนเอง รวมถึงการมีส่วนร่วมในการสนทนาที่เหมาะสมกับนักเรียนคนอื่น ๆ โดยการถามคำถามและอภิปรายประเด็นต่าง ๆ ซึ่งการพัฒนาการพูดและการเขียนได้แย่งทางวิทยาศาสตร์ควรได้รับการดำเนินการควบคู่กัน

ในชั้นตอนการนำเสนอนี้ผู้วิจัยได้ผนวกรวมกับชั้นการอภิปรายในชั้นเรียนลงไปด้วย ซึ่งแต่เดิมชั้นอภิปรายได้รวมอยู่กับชั้นทดสอบชิ้นงาน โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 ผู้วิจัยพบว่า

มีข้อจำกัดด้านเวลาทำให้ผู้เรียนไม่ได้อภิปรายร่วมกันเท่าที่ควร ดังนั้นจึงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกันหลังจากที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงาน เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการโต้แย้งหรือตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมากขึ้น และผู้สอนเองก็จะได้มีส่วนร่วมในการอภิปรายร่วมกับผู้เรียนเช่นเดียวกัน เนื่องจากปัญหาเชิงวิศวกรรมนั้นไม่มีคำตอบหรือวิธีการที่ถูกต้องที่สุด แต่ต้องอาศัยการพัฒนาและปรับปรุงให้เหมาะสมมากขึ้น (Householder and Hailey, 2012, p.16)

สำหรับบทบาทของผู้สอนในขั้นนี้ควรจะกำหนดวิธีการนำเสนอให้กับผู้เรียนหรืออาจให้ผู้เรียนทำข้อตกลงร่วมกันเพื่อเลือกวิธีการนำเสนอที่เหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนด อีกทั้งควรจะกำหนดประเด็นในการนำเสนอที่ชัดเจนเพื่อให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และควรมีการจัดการอย่างเป็นระบบ อาทิ ให้มีช่วงถาม - ตอบหลังการนำเสนอของผู้เรียนที่แต่ละกลุ่ม มีป้ายกำกับเวลาในการนำเสนอ เป็นต้น

ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มในประเด็นของการอธิบายและประพจน์ตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ และการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

7. ขั้นสะท้อนผล

ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรม โดยผู้สอนจะเป็นผู้นำการอภิปรายร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปจากผลการทดสอบชิ้นงานและการนำเสนอจากทั้ง 2 ชั้นที่ผ่านมา (ชั้นทดสอบและชั้นนำเสนอและอภิปราย) ว่าสรุปแล้วแนวทางที่มีความเหมาะสมมากที่สุดควรมีลักษณะอย่างไร จากนั้นจะมีการให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการป้องกันภัยพิบัติทางธรรมชาติในบทเรียนนั้น ๆ เช่น หากผู้เรียนต้องอยู่ในสถานที่ที่เกิดแผ่นดินไหวจะมีวิธีการป้องกันภัยอย่างไร เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสถานการณ์ที่ปฏิบัติในกิจกรรมเข้ากับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ หลังจากนั้นจะเป็นการสะท้อนผลบทเรียนในประเด็นของสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ และสิ่งที่ข้อเสนอแนะหรือข้อปรับปรุงของกิจกรรม นอกจากนี้ยังมีการสะท้อนผลเกี่ยวกับความรู้ทางสะเต็มศึกษาที่ผู้เรียนนำมาใช้ในการทำกิจกรรมด้วยเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่ อย่างไร ก่อนที่จะทำการบันทึกผลลงในใบบันทึกกิจกรรม สอดคล้องกับ Brookfield (1995, อ้างอิงใน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, ม.ป.ป.) ที่กล่าวว่า การสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของครูโดยให้ผู้เรียนให้ข้อมูลย้อนกลับ การใช้แบบสอบถาม หรือการอภิปรายกลุ่ม เพื่อรวบรวมข้อมูลซึ่งใช้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ข้อมูลที่ได้จากมุมมองของผู้เรียนจะช่วยให้ครูเข้าใจปัจจัยที่ส่งผล

ต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการจัดการเรียนรู้มากขึ้น เนื่องจากผู้เรียนเป็นกลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยตรง การรับทราบและทำความเข้าใจความรู้สึก ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะจากผู้เรียนจึงนับเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อกระบวนการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของคุณครู

สำหรับบทบาทของผู้สอนจะต้องใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้มีส่วนร่วมในการสะท้อนผลให้มากที่สุด นอกจากนี้ผู้สอนจะต้องให้คำชี้แนะในประเด็นที่ผู้เรียนอาจเกิดข้อสงสัยหรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไป

ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในประเด็นของการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงาน และส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ในประเด็นของการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

จะเห็นได้ว่าจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 7 ขั้นตอนจะมุ่งเน้นไปที่ให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มมากที่สุด เริ่มตั้งแต่การสร้างความเข้าใจด้วยมุมมองของตนเองหรือของกลุ่มก่อน จากนั้นจึงนำไปสู่มุมมองของกลุ่มและระหว่างกลุ่มต่อไป เนื่องจากการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเน้นที่กระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งย่อมได้มาจากการอภิปรายที่กว้างขวางเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ดีที่สุดนั่นเอง

ในส่วนของผู้สอนนั้นจะต้องมีบทบาทมากที่สุดในช่วงแรกของกิจกรรมนั่นคือ ต้องให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ กำกับติดตามเป็นระยะ เพื่อให้ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมได้ตามกรอบระยะเวลา แต่ทั้งนี้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ก็สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของบริบทและสถานการณ์ ดังที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า "การแก้ปัญหาตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอาจมีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานแตกต่างจากนี้ โดยอาจมีการกลับขั้นตอนหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ และโดยทั่วไปการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือการแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้" จะเห็นได้จากที่ผู้วิจัยได้นำขั้นอภิปรายผลการทดสอบชิ้นงานมารวมกับขั้นนำเสนอชิ้นงานนั่นเอง นอกจากนี้ในช่วงท้ายของกิจกรรมผู้สอนจะต้องเป็นผู้นำในการสรุปและสะท้อนผลการจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ร่วมกันระบุปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา ร่วมกันวางแผน

ออกแบบ และสร้างชิ้นงาน รวมไปถึงมีกระบวนการทดสอบ ตรวจสอบ และแก้ไขปัญหาร่วมกัน โดยมีการอภิปรายร่วมกันในทุกขั้นตอน จะทำให้สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้

คำถามการวิจัยข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปรางค์การณทางธรณีวิทยา สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ได้อย่างไร

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ดังนี้

1. จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในชั้นเรียน พบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการในสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลางและระดับต่ำ จะมีเพียงนักเรียน 1 - 2 กลุ่มเท่านั้นที่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูง กล่าวคือ จากการสังเกตในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนยังไม่ค่อยมีการสื่อสารและทำงานร่วมกัน ที่สำคัญคือยังไม่มี การกำหนดหรือแบ่งบทบาทหน้าที่ในการทำงาน ส่งผลให้เมื่อดำเนินกิจกรรมจะพบข้อผิดพลาด และเกิดข้อขัดแย้งในการทำงานบ่อยครั้ง อาจเป็นเพราะนักเรียนยังไม่มี ความคุ้นเคยกับสมาชิกในกลุ่ม เนื่องจากผู้สอนเป็นผู้แบ่งกลุ่มนักเรียนเองโดยละความสามารถทางการเรียน แต่เมื่อถึงวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้เรียนมีความคุ้นเคยกับสมาชิกในกลุ่มมากขึ้นจึงทำให้ปฏิบัติงานได้คล่องตัวขึ้น กล่าวที่พุดคุย แลกเปลี่ยนมุมมองและอภิปรายร่วมกัน ทิศทางการแก้ปัญหาของกลุ่มจึงดำเนินไปในทิศทางเดียวกัน แต่ในขณะเดียวกันก็ยังพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มที่ยังมีสมรรถนะการแก้ปัญหาอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะในประเด็นของการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม และการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน แต่เมื่อถึงวงจรปฏิบัติการสุดท้าย ผู้เรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพิ่มขึ้น นั่นคือ ไม่พบผู้เรียนที่อยู่ในระดับต่ำ ผู้เรียนสามารถอภิปรายร่วมกันเพื่อระบุงค์ความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหา มีการวางแผนและสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปดำเนินการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้

2. จากผลทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูง นั่นคือ ด้านสมรรถนะสร้างและรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน คิดเป็นร้อยละ 70.00 โดยผู้เรียนมีสมรรถนะการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่มมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 77.14 ด้านสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการ

ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 82.86 โดยผู้เรียนมีสมรรถนะร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 91.43 และด้านสมรรถนะสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน คิดเป็นร้อยละ 79.29 โดยผู้เรียนมีสมรรถนะให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกันมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 88.57

นอกจากนี้ยังพบว่าผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนมีความแตกต่างจากผลการทดสอบด้วยแบบทดสอบเล็กน้อย นั่นคือ สมรรถนะสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันในด้านการแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน พบว่าค่าร้อยละของผู้เรียนที่อยู่ในระดับสูงจากการทำแบบทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าร้อยละของผู้เรียนที่อยู่ในระดับสูงของวงจรปฏิบัติการที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากในการทำแบบทดสอบเป็นการทดสอบรายบุคคล แต่ในการปฏิบัติการกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการเป็นการทำงานเป็นกลุ่มซึ่งต้องอาศัยการสื่อสารและอภิปรายร่วมกันจึงจะได้คำตอบ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ผลของสมรรถนะที่ได้มีความแตกต่างกัน ซึ่งอภิปรายผลได้ดังนี้

2.1 สมรรถนะสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

ผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะย่อยอยู่ในระดับสูง นั่นคือ ผู้เรียนสามารถค้นพบความสามารถเพิ่มเติมของสมาชิกในกลุ่มได้ตามความสามารถนอกเหนือจากหน้าที่ที่ทุกคนร่วมกันวางแผนไว้ มีการแบ่งปันข้อมูลของแต่ละคนร่วมกัน มีการระบุปัญหาที่ผู้สอนกำหนดว่าคืออะไร ระบุวิธีการดำเนินงานที่สอดคล้องเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา และมีการสื่อสารอภิปรายเพื่อตรวจสอบความเข้าใจที่มีร่วมกันเมื่อเกิดความไม่เข้าใจภายในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินสมรรถนะสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันของ PISA 2015 (OECD, 2013) ในระดับสูงคือ ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาและองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา สามารถสืบค้นข้อมูลเพื่อสร้างองค์ความรู้เพื่อการแก้ปัญหาที่สอดคล้องตามบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญ แบ่งปันความรู้ความเข้าใจและมุมมองที่มีต่อปัญหาของตนเองกับกลุ่มได้อย่างเหมาะสม มีการตรวจสอบความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการสื่อสาร และสามารถทำการแก้ไขร่วมกับกลุ่มเพื่อหาทางออกร่วมกันได้อย่างเหมาะสมครบถ้วนสอดคล้องต่อบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญ

สำหรับสมรรถนะสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันนี้จะเกิดขึ้นในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ขั้นค้นหาและระบุปัญหา เมื่อผู้เรียนได้แบ่งบทบาทหน้าที่การทำงานภายในกลุ่ม มีการทำความเข้าใจปัญหาแล้วนำมาแบ่งปันร่วมกัน 2) ขั้นสร้างแนวคิด เมื่อผู้เรียนได้ระบุวิธีการที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาร่วมกัน และ 3) ขั้นทดสอบ เมื่อผู้เรียนได้ทำการตรวจสอบชิ้นงานเกี่ยวกับข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ทั้งนี้ในด้านค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม จากประเด็นข้อคำถามที่ว่า “ในระหว่างที่ทำการแบ่งหน้าที่ในการดำเนินการ แล้วสรุปว่าเพื่อนสมาชิกส่วนใหญ่ให้นักเรียนทำหน้าที่ในการเตรียมอุปกรณ์ แต่ในขณะนั้นนักเรียนรู้สึกว่่านักเรียนสามารถทำการสืบค้นข้อมูลได้ดีกว่าเพื่อนสมาชิกอีกคน และนักเรียนคิดว่าเพื่อนสมาชิกคนนั้นเป็นคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ดีจึงควรที่จะทำหน้าที่ร่างแบบชิ้นงานมากกว่า นักเรียนจะทำอย่างไรจึงอธิบาย” พบว่าผู้เรียนสามารถยอมรับความสามารถเพิ่มเติมนอกเหนือที่ได้วางแผนไว้ของเพื่อนสมาชิกในกลุ่มได้ แต่เมื่อต้องให้เปลี่ยนหน้าที่กับเพื่อนร่วมงาน ผู้เรียนยังคงยึดตามหน้าที่เดิมโดยไม่ได้นำถึงเป้าหมายหรือความสำเร็จของกลุ่ม ดังนั้นผู้สอนควรเน้นย้ำให้ผู้เรียนตระหนักว่างานที่จะประสบความสำเร็จได้นั้นต้องมาจากความร่วมมือและศักยภาพของสมาชิกในกลุ่มที่ได้รับการยอมรับและแสดงออกอย่างเต็มที่

2.2 สมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา

ผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะย่อยอยู่ในระดับสูง คือ ผู้เรียนมีการอภิปรายเพื่อระบุหาแนวทางที่เหมาะสมที่ใช้ในการแก้ปัญหาร่วมกัน สามารถระบุและอธิบายขั้นตอนในการปฏิบัติงานได้ มีการสื่อสารพูดคุยเพื่อวางแผนและออกแบบชิ้นงาน มีการตรวจสอบผลการดำเนินงานว่ามีความสอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ รวมทั้งเมื่อมีข้อโต้แย้งเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมก็สามารถอธิบายทำความเข้าใจได้อย่างมีเหตุผล และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหของ PISA 2015 (OECD, 2013) ในระดับสูง คือ ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหาและวางแผนในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ผ่านการร่วมมือกัน โดยคำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหา สามารถระบุแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดอันจะนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายหรือความสำเร็จในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านการร่วมมือกันในกลุ่ม ดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ได้อย่างเหมาะสมครบถ้วน และสามารถตรวจสอบความผิดพลาดหรือผลจากการดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินความสำเร็จของวิธีการแก้ปัญหากลุ่ม พร้อมทั้งระบุแนวทางปรับปรุงแก้ไขได้อย่างเหมาะสมครบถ้วนและมีความสอดคล้องต่อบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญ

สำหรับสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหานี้จะเกิดขึ้นในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ขั้นสร้างแนวคิด เมื่อผู้เรียนได้ร่วมกันระบุแนวทางที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา 2) ขั้นวางแผนและขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน เมื่อผู้เรียนได้ร่วมกันร่างภาพชิ้นงาน และสร้างชิ้นงานขึ้นมาเพื่อใช้แก้ปัญหา และ 3) ขั้นนำเสนอและอภิปรายและขั้นสะท้อนผล

เมื่อผู้เรียนได้นำเสนอผลการทดสอบชิ้นงานภายในชั้นเรียน ได้อภิปรายเพื่อตอบข้อซักถามต่าง ๆ และได้ร่วมกันสะท้อนผลถึงการดำเนินกิจกรรมและความสำเร็จของชิ้นงานที่สร้างขึ้น

ทั้งนี้ด้านที่ผู้เรียนพัฒนาได้น้อยที่สุดคือ การร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงาน ผู้เรียนสามารถให้คำแนะนำจากสมาชิกกลุ่มเพื่อให้ร่วมกันพิจารณาตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานว่าสอดคล้องกับเป้าหมายหรือไม่ แต่เมื่อต้องให้ข้อมูลหรือเหตุผลเพิ่มเติมถึงข้อผิดพลาดนั้น ผู้เรียนยังไม่สามารถให้ข้อมูลที่ถูกต้องหรือชัดเจนได้ ดังนั้นผู้สอนควรมีส่วนช่วยในการสรุปและชี้แจงให้ผู้เรียนเห็นว่าเหตุผลของผู้เรียนถูกต้องตามเกณฑ์หรือไม่ ขาดตกบกพร่องอย่างไร

2.3 สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะย่อยอยู่ในระดับสูง นั่นคือ สามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ของทุกคนได้ตามความสามารถของแต่ละคน และระบุน้ำที่ของตนกับของสมาชิกในกลุ่มได้ ผู้เรียนมีความรับผิดชอบ ปฏิบัติงานได้ตามที่ได้รับมอบหมายอย่างตั้งใจภายในเวลาที่วางแผนไว้ รวมทั้งสามารถรายงานปัญหาที่เกิดจากตนเองหรือสมาชิกคนอื่นได้ มีการปรับเปลี่ยนหน้าที่ในการทำงานร่วมกันเมื่อเกิดปัญหาหรืออุปสรรค เพื่อป้องกันความขัดแย้งที่อาจจะเกิดขึ้นภายในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินสมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มของ PISA 2015 (OECD, 2013) คือ ผู้เรียนสามารถระบุน้ำที่การทำงานของตนเองและสมาชิกภายใต้ความแตกต่างของสมาชิกแต่ละคนและปฏิบัติหน้าที่นั้นได้อย่างเหมาะสม ปฏิบัติตามหน้าที่ข้อตกลงของกลุ่ม สามารถตรวจสอบและแจ้งเตือนสมาชิกในกลุ่มให้ไปให้ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้สามารถรายงานปัญหาอันเกิดจากการทำงานของตนเองและสมาชิก สามารถร่วมกันวางแผนหรือปรับเปลี่ยนหน้าที่การทำงานของตนเองและสมาชิกเมื่อเกิดปัญหาอุปสรรคหรือเมื่อสมาชิกในกลุ่มปฏิบัติหน้าที่ไม่สอดคล้องหรือไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ให้การช่วยเหลือและยอมรับการช่วยเหลือจากสมาชิกในกลุ่มเพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้ง การแตกหัก หรืออุปสรรคต่อการแก้ปัญหาของกลุ่มได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องต่อบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญ

สำหรับสมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มนี้จะเกิดขึ้นในทุก ๆ ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ นั่นคือ ผู้เรียนจะต้องเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และปฏิบัติตามข้อตกลงของกลุ่มเสมอขณะที่ปฏิบัติกิจกรรม โดยเฉพาะในขั้นการนำเสนอและอภิปรายและขั้นสะท้อนผล จะส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม เมื่อผู้เรียนได้ให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขชิ้นงานของเพื่อนต่างกลุ่ม

ทั้งนี้ในด้านการอธิบายและประพจน์ตามกฎของกลุ่มที่ตั้งไว้ยังต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมเนื่องจากในข้อคำถามที่ระบุว่า “ในการทำงานเพื่อแก้ปัญหาในครั้งนี้ นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสิ่งสำคัญที่สุดระหว่างการมีผู้นำที่ดี กับสมาชิกทุกคนปฏิบัติตามกฎของกลุ่ม เพราะเหตุใดจึงอธิบาย” พบว่าผู้เรียนบางส่วนยังไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าการที่สมาชิกทุกคนปฏิบัติตามกฎของกลุ่มจะทำให้งานดำเนินการไปได้ได้อย่างไร หรือบางส่วนยังมีความคิดเห็นว่ามีผู้นำเป็นผู้มีบทบาทสำคัญที่สุดในการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งผู้สอนต้องเน้นย้ำให้ผู้เรียนตระหนักว่าการทำงานเป็นกลุ่ม สมาชิกทุกคนย่อมมีความเท่าเทียมกันแม้ว่าทุกคนจะปฏิบัติหน้าที่ต่างกัน อีกทั้งชี้ให้เห็นว่างานที่ประสบความสำเร็จไม่ได้ขึ้นอยู่กับสมาชิกคนใดคนหนึ่ง แต่ต้องขึ้นอยู่กับความร่วมมือกันของสมาชิกทุกคน

ดังนั้นจากพฤติกรรมการแก้ปัญหาที่เปลี่ยนไปในแต่ละวงจรปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงจะทำให้ผู้เรียนมีสมรรถนะเพิ่มมากขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ดีขึ้น ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 สมรรถนะ ได้แก่ สมรรถนะเก็บและรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และสมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม อยู่ในระดับสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของจตุรพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ที่ศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและผลการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ประกอบไปด้วย ขั้นระบุปัญหา ขั้นศึกษาปัญหา ขั้นพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ขั้นเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ขั้นสร้างชิ้นงาน ขั้นทดสอบและประเมินวิธีแก้ปัญหา/ชิ้นงาน ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา และขั้นปรับปรุงแก้ไข พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลาง ทั้งนี้ นักเรียนไม่สามารถระบุเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาและไม่สามารถรับมือกับความขัดแย้งที่เกิดจากการทำงานร่วมกันได้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้มีการนำเสนอข้อมูลเชิงหลักการสนับสนุนวิธีแก้ปัญหานักเรียนมากขึ้น และให้ความสำคัญกับบทบาทของสมาชิกกลุ่มแต่ละคนได้มีส่วนร่วม ตลอดจนการสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของสมาชิกและการยอมรับซึ่งกันและกันให้มากขึ้น สอดคล้องกับชนกกานต์ เนตรรัศมี (2560) ที่ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และศึกษาผลที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง เคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนหาปัญหา ขั้นสร้างแนวคิด ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติ และขั้นตรวจสอบและปรับปรุง พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ควรจะเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนร่วมมือกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ และการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เป็นอย่างดี คือ ผู้เรียนมีสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหามากที่สุด รองลงมาคือ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มตามลำดับ และสอดคล้องกับ Siew (2017) ที่ศึกษาประเมินประสพการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาที่นำการบูรณาการสะเต็มศึกษาเข้ากับวิธีการออกแบบทางวิศวกรรม (STEM - EDP) พบว่ากิจกรรม STEM - EDP สามารถสร้างความตระหนักแก่นักเรียนเกี่ยวกับศักยภาพของตนเอง ในฐานะนักแก้ปัญหา นักคิด ผู้สร้างและผู้ทำงานร่วมกัน นักเรียนสามารถที่จะขยายขอบเขตของตนไปพร้อม ๆ กันทั้งในด้านความรู้และความสามารถ แม้ว่าจะมีปัญหาในการจัดการกับความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของสะเต็มศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าแนวทาง STEM - EDP สามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการคิดของนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 สถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ควรเป็นสถานการณ์ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ มีความน่าสนใจ ใกล้เคียงกับชีวิตจริงและสอดคล้องกับรายวิชา ต้องมีความท้าทายในการแก้ปัญหา

1.2 ชิ้นงานที่จะให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติต้องมีความเหมาะสมกับระยะเวลาของการทำกิจกรรม

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

2.1 ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในส่วนของกาให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษาเจตคติของผู้เรียนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและการทำงานร่วมกัน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ ฯ: ชุมนุมเกษตรสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. (ม.ป.ป.). การสะท้อนการจัดการเรียนรู้ Reflective Teaching. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2562, จาก <http://edu.pbru.ac.th/e-media/16.pdf>.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving) บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. กรุงเทพฯ ฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์. (2559). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาตรสารสัมพันธ์ ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ชนกกานต์ เนตรรัศมี. (2560). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่องเคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ธีรญา ไชยเดช. (2559). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- นรรัตน์ บุญกันภัย. (2553). ธรณีพิบัติภัย คืออะไร. สืบค้นเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2561, จาก <http://www.dmr.go.th/download/teacher/Phichit/Geohazards.pdf>.
- ผู้จัดการออนไลน์. (4 มิถุนายน 2556). จำเป็นหรือ? ที่เด็กต้องเรียน "ดาราศาสตร์". สืบค้นเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2561, จาก <https://mgronline.com/qol/detail/9560000067158>.
- ผู้จัดการออนไลน์. (23 พฤษภาคม 2550). แผ่นดินไหว สอนอะไรให้เด็กไทยได้บ้าง. สืบค้นเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2561, จาก <https://mgronline.com/science/detail/9500000059303>.
- ฝ่ายทะเบียนและวัดผล โรงเรียนวชิรปราการวิทยาคม. (2561). สรุปผลการเรียน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561. กำแพงเพชร: สำนักงานวิชาการ โรงเรียนวชิรปราการวิทยาคม.

- พรทิพย์ ศิริภักทธราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสาร
นักบริหาร (Executive Journal). 33(2), 49-56.
- พิเชฐ ศรีสังข์งาม. (2561). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบ
เสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดอย่าง
มีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. Veridian E-Journal, Silpakorn
University ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ และศิลปะ. 11(2),
2448-60.
- พินันท์ คงคาเพชร. (2552). การวิจัยปฏิบัติการชั้นเรียน. กรุงเทพฯ ฯ: แดเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตเซอร์โพร
เรชั่น.
- พิมณิชา ทวีปท. (2559). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน
ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์โดยการจัดการเรียนรู้ด้วย
รูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร,
พิษณุโลก.
- วิชาการธรณีไทย. (2555). ธรณีวิทยาคืออะไร?. สืบค้นเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2561, จาก
<http://www.geothai.net/what-is-geology/>.
- วีระชาติ วิเวกวิน และ สุวิทย์ ไคสุวรรณ. (2557). แผ่นดินไหว 5.5.57 เชียงราย. สืบค้นเมื่อ 22
พฤศจิกายน 2561, จาก [http://library.dmr.go.th/Document/Proceedings-
Yearbooks/M_1/2557/10400.pdf](http://library.dmr.go.th/Document/Proceedings-Yearbooks/M_1/2557/10400.pdf).
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). คู่มือ
เครือข่ายสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ ฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). คู่มือ
หลักสูตรอบรมครูสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ ฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). สะเต็ม
ศึกษา Science Technology Engineering and Mathematics Education (STEM
Education). (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ ฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ ฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ ฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ ฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2558). **ชุดฝึกอบรมการยกระดับคุณภาพผู้เรียนสู่ความพร้อมในการประเมินระดับนานาชาติ**. กรุงเทพฯ ฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21**. เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.

สุทธิดา จำรัส. (2560). **นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา**. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ. 10(2), 13-34.

Boston the museum of science. **The engineering design process**. Retrieved November 22, 2018, from <http://eie.org/overview/engineering-design-process>.

Bruton R. (2017). **STEM education policy statement 2017–2026**. Dublin: Department of Education and Skills.

Bündnis Entwicklung Hilft. (2018). **World risk report analysis and prospects 2017**. Berlin: Bündnis Entwicklung Hilft.

Capraro M., Capraro M. and Morgan R. (2013). **STEM project-based learning an integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach**. (2nd ed.). Rotterdam: Sense publishers.

- Care E. and Griffin P. (n.d.). **Assessing collaborative problem solving**. Retrieved November 22, 2018, from <https://sodas.ugdome.lt/bylos/GENERAL/02d1225f-81a3-4507-805f-0e0bae2355a2.pdf>.
- Good T. and Brophy J. (1978). **Looking in classrooms**. (2nd ed.). New York: Harper & Row
- Householder L. and Hailey E. (2012). **Incorporating engineering design challenges into STEM courses**. Retrieved April 10, 2019, from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED537386.pdf>
- Lora Gruber-Hine. (2018). **Engineering is elementary: identifying instances of collaboration during the engineering design process**. Thesis Ph.D., Syracuse University, New York.
- Martin-Erro A., Dominguez M. and Espinosa M. (2016). **The role of sketching in engineering design and its presence on engineering education**. Retrieved April 10, 2019, from <https://www.researchgate.net/publication/298786612>
- National Research Council. (2012). **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD. (2013). **PISA 2015 draft collaborative problem solving framework**. Paris: OECD.
- Sampurno P., Sari Y. and Wijaya A. (June 2015). **Integrating STEM (science, technology, engineering, mathematics) and disaster (STEM-D) education for building students' disaster literacy**. Retrieved November 22, 2018, from <https://www.researchgate.net/publication/281775230>.
- Siew N., Goh H. and Sulaiman F. (2016). **Integrating STEM in an engineering design process: the learning experience of rural secondary school students in an outreach challenge program**. *Journal of Baltic Science Education*. 15(4), 477-93.
- Tucker J. and Courts B. (2010). **Utilizing the internet to facilitate classroom learning**. *Journal of college teaching & learning*. 7(7), 37-44.

- Tytler R. (2016). **Drawing to learn in STEM**. Retrieved April 10, 2019, from https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1286&context=research_conference
- Valerie M., Tobias E., Greiff S., Krkovic K. and Ras E. (2014). Moving towards the assessment of collaborative problem solving skills with a tangible user interface. **The Turkish Online Journal of Educational Technology**. 13(4), 95-104.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์
อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
2. นางสาวณัฏฐิกา แก้วศรี
ศึกษานิเทศก์ชำนาญการ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 41
3. นายสุระศักดิ์ ยอดหงษ์
ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษา
จังหวัดกำแพงเพชร

ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ว32104 วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปรัชญาการณทางธรณีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561
 เรื่อง แผ่นดินไหว เวลา 4 ชั่วโมง
 ผู้สอน นายสุภชัย เจริญสุข สอนวันที่...../...../.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

วิทยาศาสตร์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก

ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และ
 ฐานฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ
 ความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 6.1 ม.4 – 6/4 สืบค้นและอธิบายความสำคัญของปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา
 แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิดที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8. 1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหา
 ความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน
 สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า
 วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ว 8.1 ม.4 – 6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้าง
 แบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/4 เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจ
 ตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.4 – 6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด
 กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

เทคโนโลยี

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ง 2.1 ม.4 – 6/5 วิเคราะห์และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม และมีการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืนด้วยวิธีการของเทคโนโลยีสะอาด

สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มาตรฐาน ง 3.1 เข้าใจ เห็นคุณค่า และใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงาน และอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม

ง 3.1 ม.4 – 6/9 ติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

คณิตศาสตร์

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ค 6.1 ม.4 - 6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.4 - 6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

- 1) อธิบายความสำคัญถึงผลกระทบของแผ่นดินไหวที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้
- 2) อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวได้

ด้านทักษะ

- 1) ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวได้
- 2) ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวได้

3) วาดภาพชิ้นงานพร้อมรายละเอียดโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวตามที่ยกแบบไว้ได้

4) สร้างชิ้นงานโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวตามที่ยกแบบไว้ได้
ด้านจิตพิสัย

- 1) สามารถสื่อสารเพื่อระบุปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่มได้
- 2) สามารถร่วมกันวางแผนเพื่อหาแนวทางดำเนินงานที่เหมาะสมได้
- 3) รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเอง และปฏิบัติตนได้อย่างเหมาะสม

3. สำคัญ

แผ่นดินไหว คือ การสั่นสะเทือนของแผ่นดินที่รับรู้ได้ ณ จุดใดจุดหนึ่งบนโลก เกิดจากการปลดปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ในเปลือกโลกออกมาในรูปของคลื่นไหวสะเทือน ซึ่งมีสาเหตุจากกระบวนการในธรรมชาติ และกิจกรรมของมนุษย์ ส่งผลให้สิ่งก่อสร้างเสียหาย เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

4. สำคัญการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์

แผ่นดินไหวเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ของเปลือกโลกในรูปของคลื่นไหวสะเทือน แผ่นดินไหวมีขนาดและความรุนแรงแตกต่างกัน มักเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณี และพื้นที่ภายใต้อิทธิพลของการเคลื่อนของแผ่นธรณี ทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว ซึ่งส่งผลให้สิ่งก่อสร้างเสียหาย เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

เทคโนโลยี

กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาเรื่องแผ่นดินไหว

วิศวกรรมศาสตร์

การออกแบบและพัฒนาชิ้นงานเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมี 7 ขั้นตอนดังนี้ 1) ค้นหาและระบุปัญหา 2) สร้างแนวคิด 3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ทดสอบและอภิปราย 6) นำเสนอผลงาน และ 7) สะท้อนผล

คณิตศาสตร์

การคำนวณหาความสูง และการรับน้ำหนักบรรทุก

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1 - 2

ชั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และมีมีโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องแผ่นดินไหว ดังนี้

1) นักเรียนชมคลิปวิดีโอ เรื่อง Why Do Earthquakes Occur? จาก

https://www.youtube.com/watch?v=ICSX3Wn8_rc ซึ่งเป็นคลิปวิดีโอที่อธิบายถึงสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

2) หลังจากชมคลิปวิดีโอ ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิดโดยให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดในการตอบคำถาม ตัวอย่างเช่น

- ประเทศไทยเคยเกิดแผ่นดินไหวหรือไม่

(แนวตอบ : นักเรียนส่วนมากอาจตอบว่าแผ่นดินไหวเคยเกิดขึ้นในประเทศไทยหลายครั้ง ตามรายงานข่าวทางโทรทัศน์ที่นักเรียนเคยได้รับฟัง หรือจากรายงานการเกิดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา)

- แผ่นดินไหวเกิดขึ้นได้อย่างไร

(แนวตอบ: แผ่นดินไหวเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ในเปลือกโลกออกมาในรูปของคลื่นไหวสะเทือน ซึ่งมีสาเหตุจากกระบวนการในธรรมชาติ และกิจกรรมของมนุษย์) 3) ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดแผ่นดินไหว ดังนี้

แผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีสาเหตุมาจากการปลดปล่อยพลังงานจากความเครียดที่เก็บอยู่ในหินใต้ผิวโลกอย่างทันทีทันใด กล่าวคือเป็นกระบวนการที่พื้นที่ยบนโลกเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเด่นชัด เมื่อแรงเค้น (stress) ที่เกิดขึ้นตามรอยแตก หรือรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นบนเปลือกโลก ภายในโลกถูกปลดปล่อยขึ้นมาสู่พื้นผิวโลกแผ่นดินไหวจากธรรมชาติเป็นธรณีพิบัติภัยชนิดหนึ่ง โดยปกติเกิดจากการเคลื่อนไหวของรอยเลื่อน ภายในชั้นเปลือกโลกที่อยู่ด้านนอกสุดของโครงสร้างของโลก มีการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ อยู่เสมอ แผ่นดินไหวจะเกิดขึ้นเมื่อความเค้นอันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงมีมากเกินไป ภาวะนี้เกิดขึ้นบ่อยในบริเวณขอบเขตของแผ่นเปลือกโลก

แผ่นดินไหวจากธรรมชาติแผ่นดินไหวจากการกระทำของมนุษย์มีทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การระเบิด การทำเหมือง สร้างอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนใกล้รอยเลื่อน การทำงานของเครื่องจักรกล การจลาจล เป็นต้นผลที่เกิดจากแผ่นดินไหวมีหลายประการ ที่สำคัญ ได้แก่ พื้นดินสั่นสะเทือน เกิดไฟไหม้ (ที่อาจมีสาเหตุมาจากท่อแก๊สแตกรั่วและไฟฟ้าลัดวงจร) แผ่นดินถล่ม (landslide) แผ่นดิน

เลื่อนจากกันอย่างถาวร แผ่นดินไหวระลอกหลัง (after shock) ซึ่งเป็นแผ่นดินไหวขนาดเล็กเกิดตามมาหลังจากการเกิดแผ่นดินไหวระลอกแรก สำหรับประเทศไทยซึ่งไม่ได้อยู่แนวเขตแผ่นดินไหวรุนแรง พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวจึงมาจากพื้นที่ที่อยู่ใกล้แนวรอยเลื่อนที่มีพลัง ภูมิลักษณะที่เกิดจากรอยเลื่อน และอาจจะเกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวในอดีตของไทย ได้แก่ แนวรอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนแม่ปิง รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และรอยเลื่อนระนอง เป็นต้น การพยากรณ์แผ่นดินไหวแผ่นดินไหวเป็นภัยธรรมชาติที่ยังคงไม่สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ทั้งเรื่องตำแหน่ง ขนาด และเวลาเกิด ด้วยเทคโนโลยีและอุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัดที่มีอยู่ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ได้มีความพยายามอย่างยิ่งในการศึกษาวิเคราะห์ถึงคุณลักษณะต่างๆ ของบริเวณแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์แผ่นดินไหว

4) นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน ปฏิบัติกิจกรรมสังเกตการณ์เกิดแผ่นดินไหว จากชุดทดลองสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว ตามขั้นตอน ดังนี้

- จัดวางแผ่นไม้รูปทรงต่างๆ จำนวน 9 ชิ้น ลงในฐานรองรับชุดทดลองสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว โดยจัดวางแผ่นไม้แต่ละแผ่นให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

- ออกแรงดันข้างแผ่นไม้ โดยค่อยๆ หมุนสกรู ขณะที่หมุนให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงของแผ่นไม้แต่ละแผ่น

5) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการปฏิบัติกิจกรรม โดยใช้คำถาม เช่น

- เมื่อออกแรงดันด้านข้างแผ่นไม้โดยค่อยๆ หมุนสกรู แผ่นไม้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ลักษณะใด

(แนวตอบ: แผ่นไม้มีการเปลี่ยนแปลง โดยขอบแผ่นไม้แต่ละชิ้นจะชนกันและกระทบกระทั่งกัน ขอบของแผ่นไม้บางแผ่นจะโก่งตัวขึ้น บางแผ่นจะมุดเข้าได้อีกแผ่นหนึ่ง)

- ถ้าออกแรงดันแผ่นไม้โดยให้แรงดันขึ้นจากพื้นล่างของแผ่นไม้ในแนวตั้ง แผ่นไม้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะใด

(แนวตอบ: แรงดันในแนวตั้งจะทำให้แผ่นไม้สั่นสะเทือนและเคลื่อนที่เข้าชนกัน)

- แผ่นไม้ในกิจกรรมนี้เปรียบได้กับสิ่งใดในธรรมชาติ

(แนวตอบ: แผ่นเปลือกโลก)

6) ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวของโลก แล้วสรุปลงในสมุดของตนเอง ตามประเด็นต่อไปนี้

- แนวการเกิดแผ่นดินไหวอยู่บริเวณใดบ้าง

- ประเทศใดบ้างที่มีแนวโน้มการเกิดแผ่นดินไหว

- ประเทศใดบ้างที่ไม่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหว หรือเกิดแต่น้อยมาก
- ผลกระทบที่เกิดจากแผ่นดินไหวมีอะไรบ้าง

ขั้นสอน

ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

1. ขั้นค้นหาและระบุปัญหา

1) ครูแบ่งนักเรียนเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยคละความสามารถทางการเรียนจากภาคเรียนที่ 1 คือ ผลการเรียนรู้ดี ปานกลาง และต่ำ จากนั้นให้นักเรียนตั้งชื่อกลุ่ม

2) ครูแจกใบกิจกรรมและใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ไม่เคยหวั่นไหว ซึ่งในใบกิจกรรมประกอบด้วยสถานการณ์ที่ระบุประเด็นปัญหาและเงื่อนไข เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเพื่อร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหา ดังนี้

สถานการณ์ : คุณและทีมงานของคุณได้รับการว่าจ้างให้เป็นวิศวกรโยธาที่รับผิดชอบในการออกแบบหอศิลป์ 2 ชั้น ซึ่งมีข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารหลายประการที่คุณต้องปฏิบัติตาม ได้แก่ แต่ละชั้นของอาคารต้องรองรับน้ำหนักอย่างน้อย 250 กรัม และอาคารนี้ยังตั้งอยู่ใกล้แนวการเกิดแผ่นดินไหว ดังนั้นอาคารของคุณต้องสามารถทนต่อการเกิดแผ่นดินไหวทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากอาคารจะใช้สำหรับจัดแสดงงานศิลปะ ซึ่งคุณสามารถออกแบบรูปทรงของอาคารอย่างไรก็ได้ (ไม่จำเป็นต้องเป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยม)

เงื่อนไข :

1. อาคารต้องพอดีกับฐาน สามารถยึดอาคารกับฐานโดยใช้เข็มหมุด คลิปหนีบกระดาษ หรือเชือกฝ้ายก็ได้

2. อาคารต้องสูงอย่างน้อย 36 ซม.

3. อาคารต้องมี 2 ชั้น แต่ละชั้นมีความสูงอย่างน้อย 18 ซม. (สูงประมาณ 1 หลอดกาแฟ)

4. แต่ละชั้นต้องรองรับน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักอย่างน้อย 1 ถัง (250 กรัม) โดยไม่ยุบตัว

5. ต้องมีการจัดทำแบบก่อสร้างพร้อมด้วยการวัดและการวิเคราะห์ก่อนที่จะมีการทดสอบการเกิดแผ่นดินไหว

6. เพื่อให้ปลอดภัยในการทดสอบการเกิดแผ่นดินไหว อาคารจะต้องไม่ยุบตัวลงเกินเวลา 10 วินาทีหลังจากเกิดแผ่นดินไหว น้ำหนัก (ตุ้มน้ำหนัก) ยังต้องอยู่บนตึก และคุณมีเวลา 1 นาทีในการซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอาคารของคุณก่อนที่จะมีการเกิดแผ่นดินไหวครั้งต่อไป

3) ครูอธิบายกฎและข้อกำหนดเกี่ยวกับชิ้นงานที่นักเรียนต้องออกแบบและสร้างขึ้น ซึ่งในที่นี้คือ โครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหว

4) ครูอธิบายให้นักเรียนเห็นถึงขั้นตอนการทดสอบและสถิติการสั่นสะเทือนของภาคใต้เจลาตินที่ครูจำลองขึ้นแทนการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว เพื่อใช้ในการทดสอบโครงสร้างที่นักเรียนสร้างขึ้นว่ามีการทำงานอย่างไร

5) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาของสถานการณ์พร้อมทั้งระบุสาเหตุ และวิธีการแก้ปัญหา และบันทึกลงในใบบันทึกกิจกรรม

2. ขั้นสร้างแนวคิด

1) ครูให้แนวคิดว่า ในการออกแบบอาคารให้ต้านทานแผ่นดินไหวได้ จะต้องพิจารณา รูปแบบของอาคารก่อน โดยต้องคำนึงถึงระบบโครงสร้าง, การยึดชิ้นส่วนต่างๆ, การยึดโยงโครงสร้าง, ข้อต่อ และความเหนียวของโครงสร้างเป็นสำคัญ และก่อนการก่อสร้างจะต้องพิจารณาพื้นที่ สภาพดินด้วยว่ามีลักษณะอย่างไร

2) นักเรียนร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาโดยการศึกษาจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ แล้วบันทึกลงในใบบันทึกกิจกรรม โดยครูแนะนำแหล่งสืบค้นออนไลน์แก่นักเรียน ดังนี้

- <https://www.ddproperty.com/ข่าวอสังหาริมทรัพย์-บทความ/2016/4/123095/>

อาคารต้านแผ่นดินไหว

- http://www.thaiseismic.com/engr_design_menu/

- <https://www.lee architect.co.th/th/knowledge/113-การออกแบบบ้านและอาคารต้านแผ่นดินไหว.html>

- <http://asa.or.th/handbook/earthquake-resistant-building-design-for-architects/>

3) สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนร่วมกันนำข้อมูล แนวคิด หรือวิธีการที่ตนหาได้มาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่ม จากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

4) ครูสังเกตพฤติกรรมการทำงาน และตอบคำถามนักเรียนที่มีข้อสงสัย แต่ต้องเป็นลักษณะชี้แนวทาง ไม่ใช่บอกคำตอบ

5) นักเรียนร่วมกันสรุปหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เพื่อนำมาออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหว

3. ขั้นวางแผน

1) ครูแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ดังนี้

- ภาตใส่เจลาติน 1 ใบ (ขนาด 25 ซม. x 25 ซม.)

- หลอดกาแฟ 30 หลอด

- คลิปหนีบกระดาษ 1 กล้อง

- เข็มหมุด 20 อัน

- เชือกฝ้ายยาว 2 เมตร

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหว โดยใช้ความรู้จากที่ได้สืบค้นข้อมูลมา โดยจะต้องใช้อุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานตามที่ครูแจกให้ เท่านั้น พร้อมทั้งบันทึกผลลงในใบบันทึกกิจกรรม

3) ครูเน้นย้ำถึงการทำงานแบบร่วมมือ และการทำงานให้เหมาะกับความสามารถของตนเอง

4) นักเรียนร่างภาพโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวลงในใบบันทึกกิจกรรม

4. ขึ้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างสรรค์ชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้

2) ขณะที่นักเรียนสร้างชิ้นงาน ครูสังเกตพฤติกรรมการทำงานร่วมกัน พร้อมทั้งคอยเน้นย้ำเงื่อนไขต่างๆ เช่น ความสูงของหอศิลป์ ความสามารถในการรองรับน้ำหนักของตุ้มน้ำ ต้องเป็นไปตามที่ครูกำหนด เป็นต้น

ชั่วโมงที่ 3 - 4

ขั้นสรุป

5. ขึ้นทดสอบและอภิปราย

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบชิ้นงานของตนเองว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นซักถามหรือให้คำแนะนำกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อให้ได้โครงสร้างที่เหมาะสม และมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด ก่อนที่จะนำเสนอและแข่งขันจริง

6. ขึ้นนำเสนอผลงาน

1) นักเรียนที่ได้รับมอบหมายหน้าที่นำเสนอของของแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน โดยเรียงตามลำดับกลุ่ม พร้อมทำการทดสอบชิ้นงานที่สร้างขึ้น เป็นเวลากลุ่มละไม่เกิน 5 นาที โดยประเด็นที่นักเรียนต้องนำเสนอมีดังนี้

- ลักษณะของโครงสร้างที่สร้างขึ้น

- วัสดุและตัวยึดที่เลือกใช้ เพราะเหตุใด

- ก่อนนำเสนอชิ้นงาน ได้มีการปรับแก้ชิ้นงานหรือไม่ อย่างไร

2) นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ และครูร่วมกันตั้งคำถามหรือให้ข้อเสนอแนะชิ้นงานของกลุ่มที่นำเสนอว่าสาเหตุที่แก้ปัญหาได้ หรือไม่ประสบผลสำเร็จ ว่ามาจากสาเหตุใดบ้าง

7. ขั้นตอนผล

1) นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลคะแนนว่าโครงสร้างอาคารของกลุ่มใดที่มีความเหมาะสม มีประสิทธิภาพในการต้านทานแผ่นดินไหว และสามารถรับน้ำหนักของตุ้มน้ำทรายได้มากที่สุด

2) ครูแจกรางวัลแก่นักเรียนกลุ่มที่ชนะเลิศ

3) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ว่า การเตรียมพร้อมในด้านการออกแบบ และก่อสร้าง โครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ของอาคาร เพื่อรับมือกับแผ่นดินไหว เพื่อให้ความเสียหายที่จะเกิดขึ้น ส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินน้อยที่สุด เป็นมาตรการบรรเทาภัยอย่างหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึง เป็นอย่างยิ่ง ถ้าหากต้องการออกแบบอาคารเพื่อให้มีความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวอาจทำได้ ดังนี้ คือ จะต้องมีการจัดให้ความสูงของเสาชั้นล่างไม่แตกต่างจากชั้นสูงขึ้นไปมากนัก เสาชั้นล่าง ไม่สูงชะลูดมาก ควรจัดให้เสาชั้นล่างมีจำนวนมากขึ้น อาจมีการเสริมค้ำยันด้านข้างทางแนวทแยง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง เป็นต้น

4) ครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลเกี่ยวกับผลกระทบและการป้องกันภัยจากการเกิด แผ่นดินไหว หากต้องอยู่ในบริเวณที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ดังนี้

แผ่นดินไหวสามารถสร้างความเสียหายได้อย่างมากถ้าเกิดขึ้นบริเวณที่มีชุมชนมีประชาชน อยู่อาศัยหนาแน่น จะทำให้เกิดความสูญเสียมากมาย ความสั่นสะเทือนทำให้อาคารถล่มลงมาทับ ผู้คนที่อยู่อาศัย ทำให้เส้นทางคมนาคมเสียหายระบบสาธารณูปโภคเสียหาย ทำให้เกิดอุทกภัย อย่างฉับพลันไว้ ซึ่งผลกระทบของแผ่นดินไหวจะก่อให้เกิดความเสียหายในลักษณะต่าง ๆ กัน ดังต่อไปนี้

1. ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

- ประชาชนได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตจากเศษสิ่งปรักหักพังและการล้มทับของ สิ่งก่อสร้างต่าง

- ที่อยู่อาศัยพังเสียหายไม่สามารถเข้าไปอยู่อาศัยได้ ทำให้ไร้ที่อยู่อาศัย

- ระบบสาธารณูปโภคได้รับความเสียหาย อาจเกิดการระบาดของโรคต่าง ๆ

- เกิดเหตุอัคคีภัยหรือไฟฟ้าลัดวงจร ทำให้ประชาชนบาดเจ็บหรือเสียชีวิต

2. ผลกระทบต่อเศรษฐกิจ

- ระบบธุรกิจหยุดชะงักเนื่องจากระบบการคมนาคมสื่อสารถูกทำลาย

- รัฐต้องใช้งบประมาณในการดูแลสุขภาพการรักษาพยาบาลผู้ประสบภัยการ พ้นทุพพบบสาธารณูปโภคและบริการสาธารณะต่าง ๆ ตลอดจนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยของ ประชาชน

- พืชผลทางการเกษตรเสียหาย

ซึ่งถ้าหากเราต้องอยู่ในบริเวณที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ควรมีการปฏิบัติตน ดังนี้

- อย่าตื่นตกใจ พยายามควบคุมสติอยู่อย่างสงบ
- ถ้าอยู่ในบ้านให้ยืนหรือหมอบอยู่ในส่วนของบ้านที่มีโครงสร้างแข็งแรง ที่สามารถรับน้ำหนักได้มาก และให้อยู่ห่างจากประตู ระเบียง และหน้าต่าง
- หากอยู่ในอาคารสูง ให้รีบออกจากอาคารโดยเร็วหนีให้ห่างจากสิ่งที่จะล้มทับได้
- ถ้าอยู่ในที่โล่งแจ้ง ให้อยู่ห่างจากเสาไฟฟ้า และสิ่งห้อยแขวนต่าง ๆ
- อย่าใช้สิ่งที่จะทำให้เกิดประกายไฟ เพราะอาจมีแก๊สรั่วอยู่บริเวณนั้น
- หากกำลังขับรถ ให้หยุดรถและอยู่ภายในรถ จนกระทั่งการสั่นสะเทือนจะหยุดลง
- หากอยู่ใกล้ชายหาดให้อยู่ห่างจากชายฝั่งให้มากที่สุด เพราะอาจเกิดคลื่น

ขนาดใหญ่ชุดเข้าหาฝั่งได้

5) นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในใบบันทึกกิจกรรม

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6.1 คลิปวิดีโอ เรื่อง Why Do Earthquakes Occur? จาก https://www.youtube.com/watch?v=ICSX3Wn8_rc

6.2 Power point เรื่อง แผ่นดินไหว

6.3 ชุดทดลองสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

6.4 ใบกิจกรรมและใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ไม่เคยหวั่นไหว

6.5 วัสดุ – อุปกรณ์ในการสร้างอาคารหอคิลปี (ระบุในใบกิจกรรม)

7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัดผล	เครื่องมือที่ใช้	การประเมินผล
ด้านความรู้ 1) อธิบายความสำคัญถึงผลกระทบของแผ่นดินไหวที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้ 2) อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวได้	- ตรวจสมุดบันทึก - ตรวจใบบันทึกกิจกรรม	- สมุดบันทึก - ใบบันทึกกิจกรรม	- ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ - ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัดผล	เครื่องมือที่ใช้	การประเมินผล
ด้านทักษะ 1) ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวได้ 2) ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวได้ 3) วาดภาพชิ้นงานพร้อมระบุรายละเอียดโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวตามที่ออกแบบไว้ได้ 4) สร้างชิ้นงานโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันแผ่นดินไหวตามที่ออกแบบไว้ได้	- ตรวจใบบันทึกกิจกรรม - ตรวจชิ้นงาน	- ใบบันทึกกิจกรรม - แบบประเมินชิ้นงาน	- ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ - ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านจิตพิสัย 1) สามารถสื่อสารเพื่อระบุปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่มได้ 2) สามารถร่วมกันวางแผนเพื่อหาแนวทางดำเนินงานที่เหมาะสมได้ 3) รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเองและปฏิบัติตนได้อย่างเหมาะสม	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	- ระดับสูง กลาง และต่ำ

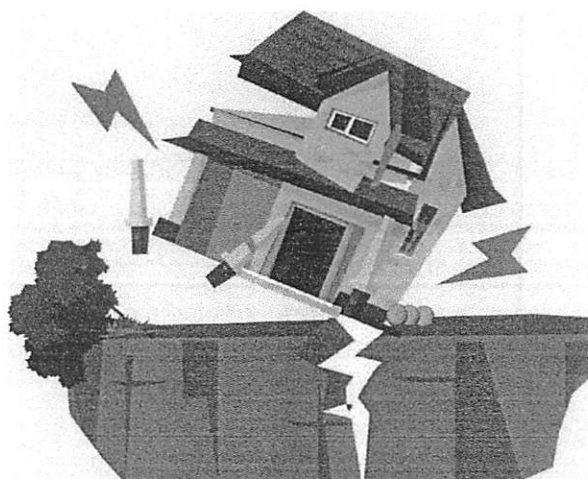
ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ไม่เคยหวั่นไหว

สถานการณ์

คุณและทีมงานของคุณได้รับการว่าจ้างให้เป็นวิศวกรโยธาที่รับผิดชอบในการออกแบบหอศิลป์ 2 ชั้น ซึ่งมีข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารหลายประการที่คุณต้องปฏิบัติตาม ได้แก่ แต่ละชั้นของอาคารต้องรองรับน้ำหนักอย่างน้อย 250 กรัม และอาคารนี้ยังตั้งอยู่ใกล้แนวการเกิดแผ่นดินไหว ดังนั้นอาคารของคุณต้องสามารถทนต่อการเกิดแผ่นดินไหวทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากอาคารจะใช้สำหรับจัดแสดงงานศิลปะ ซึ่งคุณสามารถออกแบบรูปทรงของอาคารอย่างไรก็ได้ (ไม่จำเป็นต้องเป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยม)

เงื่อนไข

- อาคารต้องพอดีกับฐาน สามารถยึดอาคารกับฐานโดยใช้เข็มหมุด คลิปหนีบกระดาษ หรือเชือกฝ้ายก็ได้
- อาคารต้องสูงอย่างน้อย 36 ซม.
- อาคารต้องมี 2 ชั้น แต่ละชั้นมีความสูงอย่างน้อย 18 ซม. (สูงประมาณ 1 หลอดกาแฟ)
- แต่ละชั้นต้องรองรับน้ำหนักของตุลทรายอย่างน้อย 1 ถุง (250 กรัม) โดยไม่ยุบตัว
- ต้องมีการจัดทำแบบก่อสร้างพร้อมด้วยการวัดและการวิเคราะห์ก่อนที่จะมีการทดสอบการเกิดแผ่นดินไหว
- เพื่อให้ปลอดภัยในการทดสอบการเกิดแผ่นดินไหว อาคารจะต้องไม่ยุบตัวลงเกินเวลา 10 วินาทีหลังจากเกิดแผ่นดินไหว น้ำหนัก (ตุลทราย) ยังต้องอยู่บนตึก และคุณมีเวลา 1 นาทีในการซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอาคารของคุณก่อนที่จะมีการเกิดแผ่นดินไหวครั้งต่อไป



วัสดุ – อุปกรณ์ในการก่อสร้าง

- ภาดใส่เจลาติน 1 ใบ (ขนาด 25 ซม. x 25 ซม.)
- หลอดกาแฟ 30 หลอด
- คลิปหนีบกระดาษ 1 กล่อง
- เชื่อมหมุด 20 อัน
- เชือกฝ้ายยาว 2 เมตร

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	รายละเอียด
25	อาคารพอดีกับฐานยึด มีความสูงอย่างน้อย 36 ซม. และมี 2 ชั้น แต่ละอันมีความสูงอย่างน้อย 18 ซม.
10	ชั้นที่ 1 ของอาคารสามารถรับน้ำหนักของทราย 1 ถุงได้
10	ชั้นบนของอาคารสามารถรับน้ำหนักของทราย 1 ถุงได้
15	มีการร่างภาพวาดที่ละเอียดและสมบูรณ์ มีการระบายละเอียดลงไว้ในร่าง
5	อาคารยังคงตั้งอยู่ได้พร้อมกับถุงทราย 1 ถุงที่ชั้นบนของอาคาร หลังจากแผ่นดินไหวไม่รุนแรง
5	อาคารยังคงตั้งอยู่ได้พร้อมกับถุงทราย 1 ถุงที่ชั้นบนของอาคาร หลังจากแผ่นดินไหวครั้งใหญ่
5	อาคารยังคงตั้งอยู่ได้พร้อมกับถุงทราย 1 ถุงที่ชั้นบนและถุงทราย 1 ถุงที่ชั้น 1 ของอาคาร หลังเกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่
10	อาคารยังคงตั้งอยู่ได้พร้อมกับถุงทราย 2 ถุงที่ชั้นบนและถุงทราย 1 ถุงที่ชั้น 1 ของอาคาร หลังเกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่
15	อาคารยังคงตั้งอยู่ได้พร้อมกับถุงทราย 2 ถุงที่ชั้นบนและถุงทราย 2 ถุงที่ชั้น 1 ของอาคาร หลังเกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่
คะแนนโบนัส 20 คะแนน	อาคารในแต่ละชั้นที่สามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุด และยังคงตั้งอยู่ได้หลังเกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่

ระดับคุณภาพ

คะแนน 0 - 25 คะแนน	หมายถึง ต้องปรับปรุง
คะแนน 26 - 50 คะแนน	หมายถึง พอใช้
คะแนน 51 - 75 คะแนน	หมายถึง ดี
คะแนน 76 - 100 คะแนน	หมายถึง ดีมาก

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1
เรื่อง ไม่เคยหวั่นไหว

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น.....

สมาชิก.....

จงร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. หน้าที่ของสมาชิก (หัวหน้ากลุ่ม, เลขานุการ, ผู้ค้นคว้าข้อมูล, ผู้นำเสนอผลงาน)

ชื่อ	หน้าที่	เหตุผล

2. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร มีสาเหตุเกิดจากอะไร

.....

.....

.....

3. แนวทางหรือเครื่องมือที่จะช่วยในการแก้ปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งหมดที่เป็นไปได้ มีอะไรบ้าง พร้อมอธิบายหลักการอย่างคร่าวๆ

.....

.....

.....

4. นักเรียนจะมีวิธีการสร้างอาคารหอคิลปิอย่างไรให้ต้านทานการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้มากที่สุด และอาคารพังเสียหายน้อยที่สุด โดยจะเลือกใช้วัสดุใดบ้างตามที่ครูกำหนด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนได้นำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อะไรบ้าง มาช่วยในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

.....

6. การวางแผนและดำเนินการ

6.1 เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้

เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์	จำนวน	เหตุผล

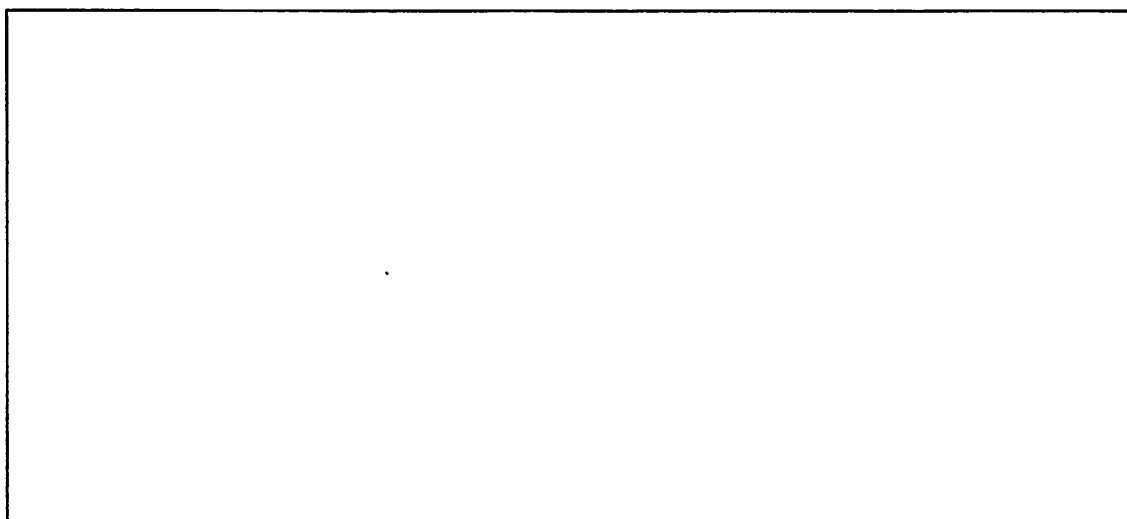
6.2 จงบอกวิธีหรือขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

6.3 ให้นักเรียนวาดภาพชิ้นงานของนักเรียนที่ออกแบบในการแก้ปัญหา พร้อมแสดงการคำนวณ



7. หลังจากการนำเสนอและอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนทุกกลุ่มแล้ว ให้นักเรียนสรุปวิธีการแก้ปัญหา
ที่ดีที่สุดของสถานการณ์ดังกล่าว

.....

.....

.....

8. หลังจากการนำเสนอและอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนทุกกลุ่มแล้ว นักเรียนคิดว่าชิ้นงานที่นักเรียน
ออกแบบมีข้อควรปรับปรุงหรือไม่ ถ้ามีควรปรับปรุงอย่างไร

.....

.....

.....

9. นักเรียนคิดว่าในการแบ่งหน้าที่ในการทำงานครั้งนี้ มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

10. หลังจากเรียนและทำกิจกรรมนี้แล้ว นักเรียนมีความคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ว32104 วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปรัชญาการค้นคว้าทางธรณีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561
 เรื่อง ภูเขาไฟระเบิด เวลา 4 ชั่วโมง
 ผู้สอน นายศุภชัย เจริญสุข สอนวันที่...../...../.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

วิทยาศาสตร์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก
 ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และ
 ลักษณะของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ
 ความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 6.1 ม.4 – 6/4 สืบค้นและอธิบายความสำคัญของปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา
 แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8. 1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหา
 ความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน
 สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า
 วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ว 8.1 ม.4 – 6/2 สร้างสมมติฐานที่มีพื้นฐานรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่พบ หรือสร้าง
 แบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/4 เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจ
 ตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.4 – 6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด
 กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

เทคโนโลยี

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ง 2.1 ม.4 – 6/5 วิเคราะห์และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม และมีการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืนด้วยวิธีการของเทคโนโลยีสะอาด

สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มาตรฐาน ง 3.1 เข้าใจ เห็นคุณค่า และใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงาน และอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม

ง 3.1 ม.4 – 6/9 ติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

คณิตศาสตร์

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ค 6.1 ม.4 - 6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.4 - 6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

- 1) อธิบายความสำคัญถึงผลกระทบของภูเขาไฟระเบิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้
- 2) อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับการสร้างแบบจำลองภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุและลาวา รวมทั้งการออกแบบเมืองให้ปลอดภัยจากเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดได้

ด้านทักษะ

- 1) ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วน ในการสร้างลาวาจำลองและสามารถคำนวณหาต้นทุนในการเลือกวัสดุมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานอย่างคุ้มค่าได้

2) ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุและลาวา รวมทั้งการออกแบบเมืองให้ปลอดภัยจากเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดได้

3) วาดภาพชิ้นงานพร้อมบรรยายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลองภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุและลาวา รวมทั้งระบุที่ตั้งของเมืองที่ปลอดภัยจากเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดได้

4) สร้างชิ้นงานแบบจำลองภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุและลาวา รวมทั้งเมืองที่ปลอดภัยจากเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดตามที่ออกแบบไว้ได้

ด้านจิตพิสัย

1) สามารถสื่อสารเพื่อระบุปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่มได้

2) สามารถร่วมกันวางแผนเพื่อหาแนวทางดำเนินงานที่เหมาะสมได้

3) รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเอง และปฏิบัติตนได้อย่างเหมาะสม

3. สาระสำคัญ

ภูเขาไฟ คือ ลักษณะธรณีสัณฐานที่เกิดจากการปะทุของแมกมา แก๊ส และเถ้าภูเขาไฟจากภายในโลก ภูเขาไฟมีรูปร่างแตกต่างกันหลายลักษณะขึ้นอยู่กับความรุนแรงในการปะทุ มักพบหนาแน่นบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นธรณี ซึ่งผลจากการระเบิดของภูเขาไฟมีทั้งประโยชน์และโทษ จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

4. สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์

ภูเขาไฟระเบิด เกิดจากการแทรกดันของแมกมาขึ้นมาตามส่วนแปราะบาง หรือรอยแตกบนเปลือกโลก มักพบหนาแน่นบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นธรณีทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เสี่ยงภัย ความรุนแรงของการปะทุและรูปร่างของภูเขาไฟที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแมกมา ผลจากการระเบิดของภูเขาไฟมีทั้งประโยชน์และโทษ จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

เทคโนโลยี

กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาเรื่องภูเขาไฟระเบิด

วิศวกรรมศาสตร์

การออกแบบและพัฒนาชิ้นงานเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมี 7 ขั้นตอนดังนี้ 1) ค้นหาและระบุปัญหา 2) สร้างแนวคิด 3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ทดสอบและอภิปราย 6) นำเสนอผลงาน และ 7) สะท้อนผล

คณิตศาสตร์

การคำนวณหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสร้างลาวาจำลองจากเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิด
การคำนวณหาต้นทุนในการเลือกวัสดุมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานอย่างคุ้มค่า

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1 - 2

ชั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และมีมีโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องภูเขาไฟระเบิด ดังนี้

1) นักเรียนชมคลิปวิดีโอ เรื่อง เรื่อง Volcano - video for kids || Volcano eruptions จาก <https://www.youtube.com/watch?v=yWXd21yaci8&t=278s> ซึ่งเป็นคลิปวิดีโอที่อธิบายถึง

สาเหตุการเกิดภูเขาไฟระเบิด

2) หลังจากชมคลิปวิดีโอ ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิดโดยให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดในการตอบคำถาม ตัวอย่างเช่น

- ภูเขาไฟระเบิดพบได้ทุกพื้นที่บนโลกหรือไม่ และบริเวณใดที่พบภูเขาไฟระเบิดหนาแน่น

(แนวตอบ ภูเขาไฟระเบิดสามารถพบได้ทุกพื้นที่บนโลกทั้งบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี และบริเวณกลางแผ่นธรณี ทั้งบนแผ่นดินและใต้มหาสมุทร บริเวณที่พบภูเขาไฟระเบิดหนาแน่นคือบริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี)

- ในประเทศไทยมีภูเขาไฟระเบิดหรือไม่

(แนวตอบ ภูเขาไฟที่พบในประเทศไทยเป็นภูเขาไฟที่ดับสนิทแล้ว แต่มีหลักฐานที่แสดงว่าในอดีตเคยมีภูเขาไฟระเบิด เช่น ร่องรอยการไหลของลาวา แนวแตกเสาะเหลี่ยมในหินบะซอลต์)

3) ครูให้นักเรียนนับจำนวน 1 - 6 วนไปเรื่อย ๆ จนครบทุกคน เพื่อแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 - 6 คน โดยให้คนที่นับจำนวนเดียวกันให้อยู่กลุ่มเดียวกัน

4) ครูแจ้งจุดประสงค์ของการทำกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนทำการทดลองเลียนแบบและอธิบายการเกิดภูเขาไฟระเบิด โดยทำกิจกรรม แบบจำลองการปะทุของภูเขาไฟ

5) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมตามขั้นตอน ดังนี้

- เปิดขวดน้ำอัดลม ใช้นิ้วปิดปากขวดให้สนิทแล้วเขย่าขวด จากนั้นปล่อยนิ้วออกจากปากขวด สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

- เตรียมนมชั้นหวานและน้ำเปล่าปริมาณเท่ากัน ใส่ลงในบีกเกอร์ชนิดละ 1 บีกเกอร์ จากนั้นนำหลอดพลาสติกจุ่มลงไปในส่วนทั้งสองแล้วเป่าลมเข้าไปให้เกิดฟองอากาศ สังเกตและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

6) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม โดยครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่า

- เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อปล่อยน้ำออกจากปากขวดน้ำอัดลม และเปรียบเทียบได้กับการระเบิดของภูเขาไฟได้อย่างไร

(แนวตอบ เมื่อปล่อยน้ำออกจากปากขวดน้ำอัดลม น้ำอัดลมจะพุ่งขึ้นมาล้นปากขวด ซึ่งเปรียบเทียบได้กับการเคลื่อนที่ของแก๊สออกจากแมกมา ซึ่งทำให้เกิดการปะทุของภูเขาไฟ)

- ระหว่างนมชั้นหวานกับน้ำเปล่า สารชนิดใดสามารถเป่าลมลงไปได้ง่ายกว่ากัน และเปรียบเทียบได้กับการระเบิดของภูเขาไฟได้อย่างไร

(แนวตอบ สามารถเป่าลมลงไปในน้ำได้ง่ายกว่าในนมชั้นหวาน โดยเมื่อเป่าลมลงไปในน้ำจะเกิดฟองอากาศที่ทำให้น้ำกระเพื่อมเล็กน้อย เปรียบได้กับแมกมาที่มีความหนืดน้อย แก๊สจะเคลื่อนออกจากแมกมาได้ง่าย ส่งผลให้เกิดภูเขาไฟที่มีการปะทุไม่รุนแรง ในทางกลับกันเมื่อเป่าลมลงไปในนมชั้นหวานจะต้องใช้แรงเป่ามาก เกิดฟองอากาศที่ทำให้นมชั้นหวานกระเพื่อมมาก เปรียบได้กับแมกมาที่มีความหนืดมาก แก๊สเคลื่อนออกจากแมกมาได้ยาก ทำให้เกิดภูเขาไฟที่มีการปะทุรุนแรงมาก)

7) ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อน ร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเรื่อง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภูเขาไฟระเบิด ดังนี้

- รูปร่างของภูเขาไฟและลักษณะการปะทุ
- ตำแหน่งของภูเขาไฟบนโลก
- ประโยชน์ และโทษของภูเขาไฟระเบิด
- แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากภูเขาไฟระเบิด

จากนั้นสรุปลงในสมุดของตนเอง

ขั้นสอน

ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

1. ขั้นค้นหาและระบุปัญหา

1) ครูแบ่งนักเรียนเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยลดความสามารถทางการเรียนจากภาคเรียนที่ 1 คือ ผลการเรียนรู้ดี ปานกลาง และต่ำ จากนั้นให้นักเรียนตั้งชื่อกลุ่ม

2) ครูแจกใบกิจกรรมและใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ลูกไฟมรณะ ซึ่งในใบกิจกรรมประกอบด้วยสถานการณ์ที่ระบุประเด็นปัญหาและเงื่อนไข เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเพื่อร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหา ดังนี้

สถานการณ์ : คุณและทีมงานจะต้องสร้างแบบจำลองของภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุ รวมทั้งสร้างลาวาที่มีความหนืดในระดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด เมื่อพ่นออกมาและไหลไปยังเมืองจำลองของคุณ ซึ่งเมืองจำลองนี้จะต้องตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับคามเสียหายจากภูเขาไฟระเบิดน้อยที่สุดภายในขอบเขตที่กำหนด

เงื่อนไข :

1. แบบจำลองภูเขาไฟจะต้องสร้างขึ้นจากดินน้ำมันที่กำหนดให้เท่านั้น (120 กรัม)
2. ปีกเกอร์จะต้องถูกใช้เป็นที่ผสมแมกมา และต้องวางอยู่ภายในแบบจำลองภูเขาไฟที่สร้างขึ้น ซึ่งปีกเกอร์นี้จะต้องอยู่เสมอกับปากปล่องภูเขาไฟ โดยไม่มีช่องว่างหรือรูเพื่อดักลาวาไว้
3. แบบจำลองภูเขาไฟต้องสร้างขึ้นภายในขอบเขตที่กำหนด คือ ภายในได้ความสูง 7 เซนติเมตร และความกว้างฐานไม่เกิน 10 เซนติเมตร
4. ห้ามสร้างคุน้ำเพื่อดักลาวา
5. รูปร่างของภูเขาไฟต้องเป็นรูปทรงกระบอก แต่สามารถมีสันเขาและธารน้ำแข็งด้านข้างได้ แต่ต้องไม่ดักการไหลของลาวา
6. แบบจำลองภูเขาไฟจะต้องอยู่กึ่งกลางภาค โดยแบ่งภาคเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน และจัดวางตำแหน่งของบ้านและตึกจำลองลงไปให้เหมาะสม โดยอยู่ห่างจากฐานภูเขาไฟไม่เกิน 10 เซนติเมตร

7. เริ่มนับมูลค่าความเสียหายหลังจากลาวาปะทุ 1 นาที

3) ครูอธิบายกฎและข้อกำหนดเกี่ยวกับชิ้นงานที่นักเรียนต้องออกแบบและสร้างขึ้น ซึ่งในที่นี้คือ แบบจำลองของภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุ เมืองจำลอง และลาวาที่มีความหนืดในระดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะต้องใช้ผงฟูและน้ำส้มสายชูในการสร้างลาวา และอาจจะใช้สารที่ครูเตรียมมาให้เพื่อเพิ่มความหนืดของลาวา เพื่อให้ลาวาไหลไปยังเมืองจำลองได้ช้าที่สุด

4) ครูชี้แจงเพิ่มเติมว่า “นักเรียนสามารถซื้ออุปกรณ์เพิ่มเติมได้ แต่ต้องนำไปคิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในตอนสรุปผลท้ายกิจกรรม ดังนี้

- น้ำยาล้างจาน 1 มิลลิลิตร ราคา 1,000 บาท
- แบะแซ 1 กรัม ราคา 3,000 บาท
- น้ำส้มสายชู 1 มิลลิลิตร ราคา 500 บาท

- ผงฟู 1 กรัม ราคา 500 บาท
- ดินน้ำมัน 1 กรัม ราคา 1,000 บาท

5) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุนิยามของสถานการณ์พร้อมทั้งระบุสาเหตุ และวิธีการแก้ปัญหา และบันทึกลงในใบบันทึกกิจกรรม

2. ขั้นสร้างแนวคิด

1) ครูให้แนวคิดว่าการที่ลาวาจะไหลออกมาได้ช้าหรือเร็วนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณแก๊สและองค์ประกอบของสารภายในลาวาแล้ว ลักษณะของภูเขาไฟ ความชันของภูเขาไฟ ก็ยังส่งผลต่ออัตราการไหลของลาวาด้วยเช่นกัน

2) นักเรียนร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาโดยการศึกษาจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ แล้วบันทึกลงในใบบันทึกกิจกรรม โดยครูแนะนำแหล่งสืบค้นออนไลน์แก่นักเรียน ดังนี้

- <https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/61342/-blo-sciar-sci->

- <http://www.lesa.biz/earth/lithosphere/geological-phenomenon/volcano>

- <https://www.blastosaurus.com/ธรณีพิบัติภัย/ภูเขาไฟ/volcano/>

3) สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนร่วมกันนำข้อมูล แนวคิด หรือวิธีการที่ตนหามาได้มาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่ม จากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

4) ครูสังเกตพฤติกรรมการทำงาน และตอบคำถามนักเรียนที่มีข้อสงสัย แต่ต้องเป็นลักษณะชี้แนวทาง ไม่ใช่บอกคำตอบ

5) นักเรียนร่วมกันสรุปหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เพื่อนำมาออกแบบแบบจำลองของภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุ เมืองจำลอง และลาวาที่มีความหนืดในระดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด

3. ขั้นวางแผน

1) ครูแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ดังนี้

- ถาดพลาสติกทรงกลม 1 ใบ
- โมเดลบ้าน 4 หลัง และตึก 1 หลัง
- ดินน้ำมัน 120 กรัม
- ปีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร 2 ใบ
- กระบอกตวง ขนาด 10 มิลลิลิตร 3 อัน
- เบกกิ้งโซดา (ผงฟู) 50 กรัม
- น้ำส้มสายชู 50 มิลลิลิตร

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบแบบจำลองของภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุ เมืองจำลอง และลาวาที่มีความหนืดในระดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด โดยใช้ความรู้จากที่ได้สืบค้นข้อมูลมา โดยจะต้องใช้อุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานตามที่ครูแจกให้ และสามารถซื้อได้เพิ่มเติมแต่ต้องคิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมร่วมกับมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งบันทึกผลลงในใบบันทึกกิจกรรม

3) ครูเน้นย้ำถึงการทำงานแบบร่วมมือ และการทำงานให้เหมาะสมกับความสามารถของตนเอง

4) นักเรียนร่างภาพแบบจำลองของภูเขาไฟ ที่ตั้งของเมืองจำลอง และระบุอัตราส่วนของสารที่ใช้ในการสร้างลาวาลงในใบบันทึกกิจกรรม

ชั่วโมงที่ 3 - 4

ขั้นสรุป

4. ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน

- 1) นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างสรรค์ชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้
- 2) ขณะที่นักเรียนสร้างชิ้นงาน ครูสังเกตพฤติกรรมการทำงานร่วมกัน พร้อมทั้งคอยเน้นย้ำเงื่อนไขต่างๆ เช่น ความสูง ความกว้าง ลักษณะของภูเขาไฟ ต้องไม่เกินจากที่ครูกำหนด เป็นต้น

5. ขั้นทดสอบและอภิปราย

- 1) นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบชิ้นงานของตนเองว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นซักถามหรือให้คำแนะนำกับเพื่อนต่างกลุ่มได้
- 2) นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อให้ได้โครงสร้างที่เหมาะสมและมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด ก่อนที่จะนำเสนอและแข่งขันจริง

6. ขั้นนำเสนอผลงาน

- 1) นักเรียนที่ได้รับมอบหมายหน้าที่นำเสนอของของแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน โดยเรียงตามลำดับกลุ่ม พร้อมทำการทดสอบชิ้นงานที่สร้างขึ้น เป็นเวลากลุ่มละไม่เกิน 5 นาที โดยประเด็นที่นักเรียนต้องนำเสนอมีดังนี้
 - ลักษณะของภูเขาไฟที่สร้างขึ้น
 - สารที่ใช้ในการสร้างลาวามีอะไรบ้าง และใช้ในปริมาณเท่าใด เพราะเหตุใด
 - ก่อนนำเสนอชิ้นงาน ได้มีการปรับแก้ชิ้นงานหรือไม่ อย่างไร
- 2) นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ และครูร่วมกันตั้งคำถามหรือให้ข้อเสนอแนะชิ้นงานของกลุ่มที่นำเสนอว่าสาเหตุที่แก้ปัญหาได้ หรือไม่ประสบผลสำเร็จ ว่ามาจากสาเหตุใดบ้าง

7. ขั้นตอนผล

1) นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลคะแนนว่าหลังจากการระเบิดของภูเขาไฟ ขั้นตอนการออกแบบเมืองจำลองของกลุ่มใดที่มีค่าความเสียหายและใช้ค่าใช้จ่ายรวมมากที่สุดและน้อยที่สุด ซึ่งพิจารณาจากปริมาณของลาวาที่เข้าสู่บ้านและตึก

2) ครูแจกรางวัลแก่นักเรียนกลุ่มที่ชนะเลิศ

3) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ว่า ภูเขาไฟที่มีลักษณะความชันมาก มีผลต่อการไหลของลาวา นั่นคือ จะทำให้เกิดการปะทุอย่างรุนแรง ลาวาไหลได้เร็วขึ้น แต่ทั้งนี้ความหนืดของลาวาก็ขึ้นอยู่กับปริมาณแก๊สที่สะสมอยู่ในลาวาด้วยเช่นกัน ซึ่งถ้ามีแก๊สอยู่มากก็จะทำให้มีการปะทุที่รุนแรง

3) ครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลเกี่ยวกับผลกระทบและการป้องกันภัยจากการเกิดภูเขาไฟระเบิด หากนักเรียนอยู่ในพื้นที่ที่มีการระเบิดของภูเขาไฟ ดังนี้

ภูเขาไฟระเบิดจะทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือนที่รุนแรง จนทำให้ประชาชนที่ตั้งถิ่นฐานอยู่บนเชิงภูเขาไฟอาจหนีไม่ทันเกิดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินมหาศาล การเคลื่อนที่ของลาวาก็อาจไหลออกมาจากปากปล่องภูเขาไฟเคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็วถึง 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พวกมนุษย์และสัตว์อาจหนีภัยไม่ทันเกิดความสูญเสียอย่างใหญ่หลวง ส่วนถ้าภูเขาไฟเมื่อมีการระเบิดขึ้นสู่บรรยากาศ จะครอบคลุมอาณาบริเวณใกล้ภูเขาไฟ และลมอาจพัดพาไปไกลจากแหล่งภูเขาไฟระเบิดหลายพันกิโลเมตร ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศและแหล่งน้ำกินน้ำใช้ของประชาชน รวมทั้งฝุ่นภูเขาไฟจะขึ้นไปถึงบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ซึ่งต้องใช้เวลานานหลายปีกว่าฝุ่นเหล่านั้นจะตกลงบนพื้นโลกหมด นอกจากนี้อาจทำให้เกิดคลื่นสึนามิ ในขณะที่เกิดภูเขาไฟระเบิด โดยเฉพาะภูเขาไฟใต้ท้องมหาสมุทร

ซึ่งถ้าหากเราต้องอยู่ในบริเวณที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ควรมีการปฏิบัติตน ดังนี้

- สวมเสื้อคลุม กางเกงขายาว ถูงมือเพื่อป้องกันถ้าภูเขาไฟ และความร้อนจากการระเบิด

การระเบิด

- ใส่หน้ากากอนามัย และแว่นตา เพื่อป้องกันถ้าภูเขาไฟ

- เตรียมเครื่องใช้ที่จำเป็น ยารักษาโรค รวมทั้งเครื่องมือสื่อสาร เช่น โทรศัพท์ วิทยุ

- ติดตามข่าวสารจากทางราชการอย่างเคร่งครัด และเมื่อทางการสั่งอพยพ ให้

อพยพออกจากพื้นที่ทันที โดยอาจจะไปรวมตัวกันที่สถานที่หลบภัย

- ไม่หลบอยู่ในอาคาร สิ่งก่อสร้าง เพราะอาจถล่มลงมาจากแผ่นดินไหว หรือถ้า

ภูเขาไฟ

4) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเขียนสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในใบบันทึก

กิจกรรม

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6.1 คลิปวิดีโอ เรื่อง Volcano - video for kids || Volcano eruptions จาก

<https://www.youtube.com/watch?v=yWXd21yaci8&t=278s>

6.2 Power point เรื่อง ภูเขาไฟระเบิด

6.3 ใบกิจกรรมและใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ลูกไฟมรณะ

6.4 วัสดุ – อุปกรณ์ กิจกรรม แบบจำลองการปะทุของภูเขาไฟ

6.5 วัสดุ – อุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลองของภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุ เมืองจำลอง และ

ลาวา (ระบุในใบกิจกรรม)

7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัดผล	เครื่องมือที่ใช้	การประเมินผล
ด้านความรู้ 1) อธิบายความสำคัญถึงผลกระทบของภูเขาไฟระเบิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้ 2) อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับการสร้างแบบจำลองภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุและลาวา รวมทั้งการออกแบบเมืองให้ปลอดภัยจากเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดได้	- ตรวจสอบสมุดบันทึก - ตรวจใบบันทึกกิจกรรม	- สมุดบันทึก - ใบบันทึกกิจกรรม	- ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ - ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะ 1) ให้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน ในการสร้างลาวาจำลองและสามารถคำนวณหาต้นทุนในการเลือก	- ตรวจใบบันทึกกิจกรรม - ตรวจชิ้นงาน	- ใบบันทึกกิจกรรม - แบบประเมินชิ้นงาน	- ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ - ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัดผล	เครื่องมือที่ใช้	การประเมินผล
วัสดุมาใช้ในการออกแบบ ชิ้นงานอย่างคุ้มค่าได้ 2) ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อนำมาใช้ในการสร้าง แบบจำลองภูเขาไฟที่กำลังจะ ปะทุและลาวา รวมทั้งการ ออกแบบเมืองให้ปลอดภัยจาก เหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดได้ 3) วาดภาพชิ้นงานพร้อมระบุ รายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลอง ภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุและลาวา รวมทั้งระบุที่ตั้งของเมืองที่ ปลอดภัยจากเหตุการณ์ภูเขาไฟ ระเบิดได้ 4) สร้างชิ้นงานแบบจำลองภูเขา ไฟที่กำลังจะปะทุและลาวา รวมทั้งเมืองที่ปลอดภัยจาก เหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดตามที่ ออกแบบไว้ได้			
ด้านจิตพิสัย 1) สามารถสื่อสารเพื่อระบุ ปัญหา และการดำเนินงาน ภายในกลุ่มได้ 2) สามารถร่วมกันวางแผนเพื่อ หาแนวทางดำเนินงานที่ เหมาะสมได้ 3) รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเอง และปฏิบัติตนได้อย่างเหมาะสม	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกต พฤติกรรมการ แก้ปัญหาแบบ ร่วมมือ	- ระดับสูง กลาง และ ต่ำ

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง ลูกไฟพระณะ

สถานการณ์

คุณและทีมงานจะต้องสร้างแบบจำลองของภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุ รวมทั้งสร้างลาวาที่มีความหนืดในระดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด เมื่อพ่นออกมาและไหลไปยังเมืองจำลองของคุณ ซึ่งเมืองจำลองนี้จะต้องตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายจากภูเขาไฟระเบิดน้อยที่สุดภายในขอบเขตที่กำหนด

เงื่อนไข

- แบบจำลองภูเขาไฟจะต้องสร้างขึ้นจากดินน้ำมันที่กำหนดให้เท่านั้น
- ปีกเกอร์จะต้องถูกใช้เป็นที่ผสมแมกมา และต้องวางอยู่ภายในแบบจำลองภูเขาไฟที่สร้างขึ้น ซึ่งปีกเกอร์นี้จะต้องอยู่เสมอกับปากปล่องภูเขาไฟ โดยไม่มีช่องว่างหรือรูเพื่อดักลาวาไว้
- แบบจำลองภูเขาไฟต้องสร้างขึ้นภายในขอบเขตที่กำหนด คือ ภายใต้อาณัติความสูง 7 เซนติเมตร และความกว้างฐานไม่เกิน 10 เซนติเมตร
- ห้ามสร้างคุน้ำเพื่อดักลาวา
- รูปร่างของภูเขาไฟต้องเป็นรูปทรงกระบอก แต่สามารถมีสันเขาและธารน้ำแข็งด้านข้างได้ แต่ต้องไม่ดักการไหลของลาวา
- แบบจำลองภูเขาไฟจะต้องอยู่กึ่งกลางถาด โดยแบ่งถาดเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน และจัดวางตำแหน่งของบ้านและตึกจำลองลงไปให้เหมาะสม โดยอยู่ห่างจากฐานภูเขาไฟไม่เกิน 10 เซนติเมตร
- เริ่มนับมูลค่าความเสียหายหลังจากลาวาปะทุ 1 นาที



สินค้าเพิ่มเติม

✓ น้ำยาล้างจาน	1 มิลลิลิตร	ราคา 1,000 บาท
✓ แปะแซ	1 กรัม	ราคา 3,000 บาท
✓ น้ำส้มสายชู	1 มิลลิลิตร	ราคา 500 บาท
✓ ผงฟู	1 กรัม	ราคา 500 บาท
✓ ดินน้ำมัน	1 กรัม	ราคา 1,000 บาท

เกณฑ์การให้คะแนน

ความเสียหาย	มูลค่าความเสียหาย (บาท)	
	บ้าน	ตึก
หยดของลาวาที่กระทบส่วนใดส่วนหนึ่งของสิ่งปลูกสร้าง	3,200	9,600
ลาวาสัมผัสกับพื้นที่บางส่วนของด้านล่างของสิ่งปลูกสร้าง	8,000	16,640
ลาวาล้อมรอบด้านล่างทั้งหมดของสิ่งปลูกสร้าง	12,800	24,000
ลาวาพาสิ่งปลูกสร้างให้เคลื่อนที่ไป	32,000	41,600
ลาวาทำให้สิ่งปลูกสร้างล้มลง	40,000	56,000
ลาวาเข้าปกคลุมสิ่งปลูกสร้างอย่างฉับพลัน	80,000	128,000

ระดับคุณภาพ

มูลค่าความเสียหาย 200,000 บาท ขึ้นไป	หมายถึง ต้องปรับปรุง
มูลค่าความเสียหาย 110,000 – 200,000 บาท	หมายถึง พอใช้
มูลค่าความเสียหาย 51,000 – 100,000 บาท	หมายถึง ดี
มูลค่าความเสียหาย 0 – 50,000 บาท	หมายถึง ดีมาก

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2

เรื่อง ลูกไฟมรณะ

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น.....

สมาชิก.....

จงร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. หน้าที่ของสมาชิก (หัวหน้ากลุ่ม, เลขานุการ, ผู้ค้นคว้าข้อมูล, ผู้นำเสนอผลงาน)

ชื่อ	หน้าที่	เหตุผล

2. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร มีสาเหตุเกิดจากอะไร

.....

.....

.....

3. แนวทางหรือเครื่องมือที่จะช่วยในการแก้ปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งหมดที่เป็นไปได้ มีอะไรบ้าง พร้อมอธิบายหลักการอย่างคร่าวๆ

.....

.....

.....

4. นักเรียนจะมีวิธีการออกแบบแบบจำลองของภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุ เมืองจำลอง และลาวาที่มีความหนืดในระดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด โดยจะเลือกใช้วัสดุใดบ้าง ในปริมาณเท่าใด ตามที่ครูกำหนด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนได้นำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อะไรบ้าง มาช่วยในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

.....

6. การวางแผนและดำเนินการ

6.1 เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้

เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์	จำนวน	เหตุผล

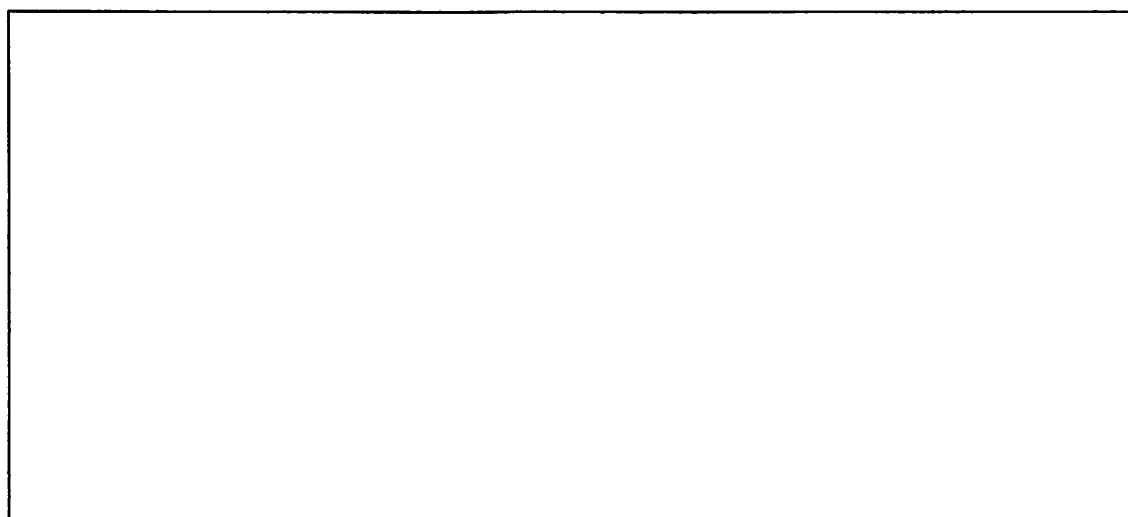
6.2 จงบอกวิธีหรือขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

6.3 ให้นักเรียนวาดภาพชิ้นงานของนักเรียนที่ออกแบบในการแก้ปัญหา พร้อมแสดงการคำนวณ



7. หลังจากการนำเสนอและอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนทุกกลุ่มแล้ว ให้นักเรียนสรุปวิธีการแก้ปัญหา
ที่ดีที่สุดของสถานการณ์ดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

8. หลังจากการนำเสนอและอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนทุกกลุ่มแล้ว นักเรียนคิดว่าชิ้นงานที่นักเรียน
ออกแบบมีข้อควรปรับปรุงหรือไม่ ถ้ามีควรปรับปรุงอย่างไร

.....

.....

.....

.....

9. นักเรียนคิดว่าการแบ่งหน้าที่ในการทำงานครั้งนี้ มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

10. หลังจากเรียนและทำกิจกรรมนี้แล้ว นักเรียนมีความคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ว32104 วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปรัชญาการณทางธรณีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561
 เรื่อง สีนามิ เวลา 4 ชั่วโมง
 ผู้สอน นายศุภชัย เจริญสุข สอนวันที่...../...../.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

วิทยาศาสตร์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก

ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และ
 พื้นฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ
 ความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 6.1 ม.4 – 6/4 สืบค้นและอธิบายความสำคัญของปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8. 1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหา

ความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน
 สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า
 วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ว 8.1 ม.4 – 6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้าง
 แบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/4 เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจ
 ตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.4 – 6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด
 กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

เทคโนโลยี

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ง 2.1 ม.4 – 6/5 วิเคราะห์และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืนด้วยวิธีการของเทคโนโลยีสะอาด

สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มาตรฐาน ง 3.1 เข้าใจ เห็นคุณค่า และใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงาน และอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม

ง 3.1 ม.4 – 6/9 ติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

คณิตศาสตร์

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ค 6.1 ม.4 - 6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.4 - 6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

- 1) อธิบายความสำคัญถึงผลกระทบของสึนามิที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้
- 2) อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับการออกแบบแบบจำลองการเกิดสึนามิ และการออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิ

ด้านทักษะ

- 1) ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณต้นทุนในการเลือกวัสดุ – อุปกรณ์มาใช้ในการออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิมากที่สุด

- 2) ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบแบบจำลองการเกิดสึนามิ และการออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิ
- 3) วาดภาพชิ้นงานพร้อมบรรยายละเอียดแบบจำลองการเกิดสึนามิ และชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิตามที่ออกแบบไว้ได้
- 4) สร้างชิ้นงานแบบจำลองการเกิดสึนามิ และชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิตามที่ออกแบบไว้ได้

ด้านจิตพิสัย

- 1) สามารถสื่อสารเพื่อระบุปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่มได้
- 2) สามารถร่วมกันวางแผนเพื่อหาแนวทางดำเนินงานที่เหมาะสมได้
- 3) รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเอง และปฏิบัติตนได้อย่างเหมาะสม

3. สาระสำคัญ

สึนามิ คือ คลื่นน้ำที่เกิดจากมวลน้ำถูกแทนที่ในปริมาณมหาศาล มีลักษณะที่แตกต่างจากคลื่นน้ำทั่วไป คือ คลื่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง มีความยาวคลื่นยาวมาก ความสูงคลื่นน้อยเมื่ออยู่ในน้ำลึก ส่วนมากจะเกิดในทะเลหรือมหาสมุทร และสามารถเคลื่อนที่ในมหาสมุทรได้เป็นระยะทางหลายพันกิโลเมตร เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้าสู่ชายฝั่งความเร็วจะลดลง และความสูงคลื่นจะเพิ่มขึ้นจึงทำให้พื้นที่บริเวณชายฝั่งบางบริเวณเป็นพื้นที่เสี่ยงภัย จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

4. สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์

สึนามิ คือ คลื่นน้ำที่เกิดจากการแทนที่มวลน้ำในปริมาณมหาศาล ส่วนมากจะเกิดในทะเลหรือมหาสมุทร โดยคลื่นมีลักษณะเฉพาะ คือ ความยาวคลื่นมากและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เมื่ออยู่กลางมหาสมุทรจะมีความสูงคลื่นน้อย และอาจเพิ่มความสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณน้ำตื้น จึงทำให้พื้นที่บริเวณชายฝั่งบางบริเวณเป็นพื้นที่เสี่ยงภัย สึนามิก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสิ่งก่อสร้างในบริเวณชายหาด จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

เทคโนโลยี

กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาเรื่องสึนามิ

วิศวกรรมศาสตร์

การออกแบบและพัฒนาชิ้นงานเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมี 7 ขั้นตอนดังนี้ 1) ค้นหาและระบุปัญหา 2) สร้างแนวคิด 3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ทดสอบและอภิปราย 6) นำเสนอผลงาน และ 7) สะท้อนผล

คณิตศาสตร์

การคำนวณหาต้นทุนในการเลือกวัสดุมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานอย่างคุ้มค่า

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1 - 2

ชั้นนำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และมีมโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องสึนามิ ดังนี้

1) นักเรียนชมคลิปวิดีโอ เรื่อง กลไกของคลื่นสึนามิ - Alex Gendler จาก

<https://www.youtube.com/watch?v=Z1rDX8eqNcM> ซึ่งเป็นคลิปวิดีโอที่อธิบายถึงสาเหตุการเกิดสึนามิ

2) หลังจากชมคลิปวิดีโอ ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิดโดยให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดในการตอบคำถาม ตัวอย่างเช่น

- จะทราบได้อย่างไรว่าเกิดขึ้นสึนามิขึ้นในมหาสมุทร

(แนวตอบ : หน่วยงานของรัฐในหลายประเทศมีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดในมหาสมุทร และมีระบบเตือนภัยเพื่อแจ้งให้ประชาชนอพยพได้ทันก่อนที่สึนามิจะเคลื่อนที่เข้าสู่ชายฝั่ง)

3) ครูสาธิตกิจกรรมให้นักเรียนดูตามขั้นตอน ดังนี้

- นำตู้ปลาหรือกล่องพลาสติกใสทรงยาว มาใส่ทรายกองไว้ติดขอบด้านหนึ่ง แล้วเติมน้ำให้มีความสูงของระดับน้ำประมาณครึ่งหนึ่งของกองทราย

- นำขวดพลาสติกขนาด 300 มิลลิลิตร ใส่น้ำให้เต็ม แล้วหย่อนลงในตู้ปลาด้านตรงข้ามกับกองทราย สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

4) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม โดยครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่า

- เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อปล่อยขวดพลาสติกลงในตู้ปลา และเปรียบเทียบได้กับการเกิด สึนามิอย่างไร

(แนวตอบ : เมื่อปล่อยขวดลงในตู้ปลา ขวดตกลงในน้ำเกิดการแทนที่มวลน้ำทำให้เกิดคลื่นน้ำเคลื่อนที่ออกไปกระทบกับด้านที่เป็นกอนทราย ซึ่งเปรียบได้กับการเกิดสึนามิในธรรมชาติ)

- ขวดพลาสติกเปรียบเทียบกับสิ่งใดในธรรมชาติ และสึนามิยังเกิดจากสาเหตุอื่นได้หรือไม่

(แนวตอบ : ขวดพลาสติกเปรียบเทียบกับ อุกกาบาตที่ตกลงในมหาสมุทร สึนามิยังเกิดจากสาเหตุอื่นได้อีก เช่น แผ่นดินไหวใต้ทะเลที่ทำให้มีการเคลื่อนที่ของเปลือกโลกในแนวตั้ง ภูเขาไฟระเบิดใต้ทะเล แผ่นดินถล่มขนาดใหญ่ใต้ทะเล ซึ่งทำให้เกิดการแทนที่มวลน้ำในปริมาณมหาศาลเกิดเป็น สึนามิ)

5) ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อน จากนั้นร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเรื่อง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสึนามิ ดังนี้

- ระบบเตือนภัยสึนามิ
- พื้นที่เสี่ยงภัยสึนามิ
- คาบอุบัติซ้ำของสึนามิ
- แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากสึนามิ

จากนั้นบันทึกข้อมูลลงในสมุดบันทึกของตนเอง

ขั้นสอน

ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

1. ขั้นค้นหาและระบุปัญหา

1) ครูแบ่งนักเรียนเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยคลาะความสามารถทางการเรียนจากภาคเรียนที่ 1 คือ ผลการเรียนรู้ดี ปานกลาง และต่ำ จากนั้นให้นักเรียนตั้งชื่อกลุ่ม

2) ครูแจกใบกิจกรรมและใบบันทึกกิจกรรมที่ 3 เรื่อง หายนะคลื่นยักษ์ ซึ่งในใบกิจกรรมประกอบด้วยสถานการณ์ที่ระบุประเด็นปัญหาและเงื่อนไข เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเพื่อร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหา ดังนี้

สถานการณ์ : ในการประกวดการออกแบบ “หมู่บ้านสู้ภัยสึนามิ” ในฐานะที่คุณเป็นวิศวกรและการออกแบบทางวิศวกรรมโยธา คุณและทีมงานจะมีวิธีการพิจารณาทางเลือกต่าง ๆ ผ่านการวิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์เพื่อช่วยชุมชนเตรียมรับมือกับภัยธรรมชาติอย่างสึนามิอย่างไร เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าและเกิดความปลอดภัยมากที่สุด

เงื่อนไข :

1. แต่ละกลุ่มจะได้รับ กล้องพลาสติก พลาสติกลูกฟูก และทรายละเอียด โดยไม่ต้องนำมาคำนวณค่าใช้จ่ายร่วมกับอุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ
2. ต้องบรรจุทรายลงในกล่องประมาณ $\frac{1}{4}$ ของกล่อง และเติมน้ำลงไปจนเต็ม $\frac{1}{2}$ ของกล่อง เพื่อให้ทรายเปียก แล้วดันทรายไปที่ปลายข้างหนึ่งเพื่อสร้างความลาดชันของชายหาด
3. ใช้พลาสติกลูกฟูกในการสร้างคลื่น โดยต้องวางไว้ในช่องด้านหลังที่ห่างจากทรายแล้วเลื่อนไปทางทิศใต้จนสุดเพื่อให้เกิดคลื่นสึนามิ
4. ต้องเลือกใช้วัสดุ – อุปกรณ์เพื่อนำมาสร้างแนวป้องกันหรือออกแบบหมู่บ้านจากสึนามิได้อย่างประหยัดและเกิดความปลอดภัยมากที่สุด โดยจะคำนวณจากป้ายราคาของวัสดุแต่ละชิ้นที่ติดประกาศไว้ ดังนี้

- ไม้เสียบลูกชิ้น (ผ่าครึ่ง ตัดปลายแหลมทิ้ง) ราคาไม้ละ 100 บาท
- หลอดกาแฟ ราคาหลอดละ 200 บาท
- กรวด ราคากรัมละ 300 บาท
- ก้อนหิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 – 4 นิ้ว ราคากรัมละ 1,000 บาท
- ดินไม้จালอง ต้นละ 500 บาท

3) ครูอธิบายกฎและข้อกำหนดเกี่ยวกับชิ้นงานที่นักเรียนต้องออกแบบและสร้างขึ้น ซึ่งในที่นี้คือ แบบจำลองการเกิดสึนามิ และการออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิ

4) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุนโยบายของสถานการณ์พร้อมทั้งระบุสาเหตุ และวิธีการแก้ปัญหา และบันทึกลงในใบบันทึกกิจกรรม

2. ขั้นสร้างแนวคิด

1) ครูให้แนวคิดที่ว่า สึนามิ เป็นคลื่นที่มีความรุนแรงสูงมาก ดังนั้นการจัดวางตำแหน่งของอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ลักษณะชายหาด สิ่งปลูกสร้างในบริเวณรอบๆ จึงมีผลต่อการลดแรงปะทะของคลื่นได้

2) นักเรียนร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาโดยการศึกษาจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ แล้วบันทึกลงในใบบันทึกกิจกรรม โดยครูแนะนำแหล่งสืบค้นออนไลน์แก่นักเรียน ดังนี้

- <http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/tsunami-and-earthquake/item/211-ความมั่นคงของระบบนิเวศชายฝั่ง-ในพื้นที่ประสบภัยพิบัติสึนามิ>
- <https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/68149/-blo-sci-ar-sci->
- <http://www.marutbunnag.com/article/601/>

3) สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนร่วมกันนำข้อมูล แนวคิด หรือวิธีการที่ตนหามาได้มาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่ม จากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

4) ครูสังเกตพฤติกรรมการทำงาน และตอบคำถามนักเรียนที่มีข้อสงสัย แต่ต้องเป็นลักษณะชี้แนวทาง ไม่ใช่บอกคำตอบ

5) นักเรียนร่วมกันสรุปหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เพื่อนำมาออกแบบแบบจำลองการเกิดสึนามิ และการออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิ

3. ขั้นวางแผน

1) ครูจัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อให้ นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกซื้อ ดังนี้

- กล่องพลาสติก (ขนาดประมาณ 35 นิ้ว x 16 นิ้ว x 6 นิ้ว)*
- พลาสติกลูกฟูก 1 แผ่น สำหรับสร้างคลื่น*
- โมเดลบ้านจำลองขนาดเล็ก 5 หลัง*
- ทรายละเอียด*
- ไม้อัด แผ่นบางขนาด 2 x 2 นิ้ว*
- ไม้เสียบลูกชิ้น (ผ่าครึ่ง ตัดปลายแหลมทิ้ง)
- หลอดกาแฟ
- กรวด
- ก้อนหิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 – 4 นิ้ว

หมายเหตุ : * ไม่นำมาคิดค่าใช้จ่าย

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบแบบจำลองการเกิดสึนามิ และการออกแบบหมู่บ้านที่ปลอดภัยจากสึนามิ โดยใช้ความรู้จากที่ได้สืบค้นข้อมูลมา โดยจะต้องใช้อุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานตามที่ครูแจกให้เท่านั้น พร้อมทั้งบันทึกผลลงในใบบันทึกกิจกรรม

3) ครูเน้นย้ำถึงการทำงานแบบร่วมมือ และการทำงานให้เหมาะสมกับความสามารถที่ตนเองมี

4) นักเรียนร่างภาพแบบจำลองการเกิดสึนามิ และออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิลงในใบบันทึกกิจกรรม

4. ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างสรรค์ชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้

2) ขณะที่นักเรียนสร้างชิ้นงาน ครูสังเกตพฤติกรรมการทำงานร่วมกัน พร้อมทั้งคอยเน้นย้ำเงื่อนไขต่างๆ เช่น วัสดุ – อุปกรณ์ที่นำมาสร้างแนวป้องกันหรือออกแบบหมู่บ้านจากสึนามิจะต้องเลือกใช้อย่างประหยัดและเกิดความปลอดภัยมากที่สุด เป็นต้น

ชั่วโมงที่ 3 - 4

ขั้นสรุป

5. ขั้นทดสอบและอภิปราย

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบชิ้นงานของตนเองว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นซักถามหรือให้คำแนะนำกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อให้ได้โครงสร้างที่เหมาะสมและมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด ก่อนที่จะนำเสนอและแข่งขันจริง

6. ขั้นนำเสนอผลงาน

1) นักเรียนที่ได้รับมอบหมายหน้าที่นำเสนอของงานของแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน พร้อมทำการทดสอบชิ้นงานที่จำลองขึ้น เป็นเวลากลุ่มละไม่เกิน 5 นาที โดยประเด็นที่นักเรียนต้องนำเสนอมีดังนี้

- ลักษณะของแนวป้องกัน และหมู่บ้านที่สร้างขึ้น
- เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้วัสดุเหล่านี้ในการก่อสร้าง รวมค่าใช้จ่ายเป็นเท่าใด
- ก่อนนำเสนอชิ้นงาน ได้มีการปรับแก้ชิ้นงานหรือไม่ อย่างไร

2) นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ และครูร่วมกันตั้งคำถามหรือให้ข้อเสนอแนะชิ้นงานของกลุ่มที่นำเสนอว่าสาเหตุที่แก้ปัญหาได้ หรือไม่ประสบผลสำเร็จ ว่ามาจากสาเหตุใดบ้าง

7. ขั้นสะท้อนผล

1) นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลคะแนนว่าการออกแบบชุมชนของกลุ่มใดที่มีความคุ้มค่า และมีความปลอดภัยจากสึนามิมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากค่าใช้จ่ายทั้งหมดและความเสียหายที่เกิดขึ้น

2) ครูแจกรางวัลแก่นักเรียนกลุ่มที่ชนะเลิศ

3) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ว่า เราสามารถเสริมแนวป้องกันสึนามิ ด้วยการสร้างปราการธรรมชาติขึ้นมา เพื่อลดแรงปะทะของน้ำจากสึนามิได้ เช่น การปลูกต้นไม้ริมหาด ไม่ว่าจะ เป็นป่าชายเลน หรือแนวต้นสน เป็นต้น และการรักษาสันทรายก็สามารถลดแรงปะทะของคลื่นได้เช่นกัน เพราะการที่มีสันทรายสูงจะช่วยลดแรงคลื่นได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การออกแบบอาคารในบริเวณที่อาจจะประสบเหตุการณ์สึนามิควรจะออกแบบให้ด้านล่างยกสูง สามารถปล่อยให้น้ำไหลผ่านได้ เพราะการที่น้ำปะทะอาคารทำให้สิ่งปรักหักพังกระแทกร่างคนที่ติดอยู่ข้างใน ฐานรากและการวางตำแหน่งอาคารก็ควรหันข้างเข้าหาทะเล เพราะจะได้รับความเสียหายน้อยกว่าอาคารที่วางตัวขนานกับทะเล

4) ครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลเกี่ยวกับผลกระทบและการป้องกันภัยจากการเกิดคลื่น
มี หากนักเรียนอยู่ในพื้นที่ที่มีการเกิดคลื่นสึนามิ ดังนี้

เมื่อเกิดคลื่นสึนามิ หากขาดการป้องกันจะทำให้เกิดผลกระทบตามมาหลายด้าน
ผลกระทบที่สำคัญมีดังนี้

- ทำให้มีผู้เสียชีวิต บาดเจ็บ และสูญหายเป็นจำนวนมาก ผู้ประสบภัยเกิดอาการ
หวาดผวา หลายคนสูญเสียคนใกล้ชิด ญาติพี่น้อง ไม่มีที่อยู่อาศัย การประกอบอาชีพต้อง
หยุดชะงัก สภาพจิตใจของผู้ที่ได้รับผลกระทบโดยตรงอยู่ในภาวะที่เสี่ยงต่อการเกิดปัญหาทางด้าน
สุขภาพจิต

- คลื่นสึนามิทำลายทรัพย์สิน บ้านเรือน และสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ โดยเป็นความ
เสียหายบริเวณกว้าง

- ก่อให้เกิดความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจอย่างมหาศาล โดยเฉพาะธุรกิจการ
ท่องเที่ยวในบริเวณทะเล ทำให้ประชาชนในท้องถิ่นและนักท่องเที่ยวไม่มั่นใจในความปลอดภัย

- ทำให้แนวปะการังบางส่วนถูกคลื่นซัดแตกหัก สัตว์ทะเลอาจมีปริมาณลดน้อยลง
ในบางพื้นที่ที่เคยมีความอุดมสมบูรณ์

ซึ่งถ้าหากเราต้องอยู่ในบริเวณที่เกิดเหตุการณ์สึนามิ ควรมีการปฏิบัติตน ดังนี้

- สังเกตปรากฏการณ์ของชายฝั่ง ถ้าน้ำทะเลลดระดับลงมามากหลังเกิด
แผ่นดินไหว ให้สันนิษฐานว่า อาจเกิดคลื่นสึนามิตามมาได้ ให้รีบอพยพให้อยู่ห่างจากชายฝั่งให้
มากที่สุด ควรอยู่ในที่ดอนหรือที่สูงน้ำท่วมไม่ถึง

- อย่าลงไปชายหาดเพื่อไปดูคลื่นสึนามิ เพราะเมื่อเห็นคลื่นแล้วก็จะไม่สามารถวิ่ง
หลบหนีได้ทัน

- คลื่นสึนามิสามารถเกิดขึ้นได้อีกหลายระลอก จากการเกิดแผ่นดินไหวครั้งเดียว
เนื่องจากการแกว่งไปมาของน้ำทะเล ถ้าจะลงไปชายหาดให้รอสักระยะหนึ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าปลอดภัย
จากคลื่นแล้ว

5) นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในใบบันทึกกิจกรรม

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6.1 คลิปวิดีโอ เรื่อง กลไกของคลื่นสึนามิ - Alex Gendler จาก

<https://www.youtube.com>

[/watch?v=Z1rDX8eqNcM](https://www.youtube.com/watch?v=Z1rDX8eqNcM)

6.2 Power point เรื่อง สึนามิ

6.3 ใบกิจกรรมและใบบันทึกกิจกรรมที่ 3 เรื่อง หายนะคลื่นยักษ์

6.4 วัสดุ – อุปกรณ์กิจกรรมสร้างคลื่นสึนามิจำลอง

6.5 วัสดุ – อุปกรณ์ในการออกแบบแบบจำลองการเกิดสึนามิ และออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิ (ระบุในใบกิจกรรม)

7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัดผล	เครื่องมือที่ใช้	การประเมินผล
ด้านความรู้ 1) อธิบายความสำคัญถึงผลกระทบของสึนามิที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้ 2) อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับการออกแบบแบบจำลองการเกิดสึนามิ และการออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิได้	- ตรวจสมุดบันทึก - ตรวจใบบันทึกกิจกรรม	- สมุดบันทึก - ใบบันทึกกิจกรรม	- ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ - ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะ 1) ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณต้นทุนในการเลือกวัสดุ – อุปกรณ์มาใช้ในการออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิมากที่สุด 2) ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบแบบจำลองการเกิดสึนามิ และการออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิ 3) วาดภาพชิ้นงานพร้อมบรรยายละเอียดแบบจำลองการ	- ตรวจใบบันทึกกิจกรรม - ตรวจชิ้นงาน	- ใบบันทึกกิจกรรม - แบบประเมินชิ้นงาน	- ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ - ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัดผล	เครื่องมือที่ใช้	การประเมินผล
เกิดสึนามิ และชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิตามที่ออกแบบไว้ได้ 4) สร้างชิ้นงานแบบจำลองการเกิดสึนามิ และชุมชนที่ปลอดภัยจากสึนามิตามที่ออกแบบไว้ได้			
ด้านจิตพิสัย 1) สามารถสื่อสารเพื่อระบุปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่มได้ 2) สามารถร่วมกันวางแผนเพื่อหาแนวทางดำเนินงานที่เหมาะสมได้ 3) รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเอง และปฏิบัติตนได้อย่างเหมาะสม	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	- ระดับสูง กลาง และต่ำ

ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง หายนะคลื่นยักษ์

สถานการณ์

ในการประกวดการออกแบบ “หมู่บ้านสู้ภัยสึนามิ” ในฐานะที่คุณเป็นวิศวกรและการออกแบบทางวิศวกรรมโยธา คุณและทีมงานจะมีวิธีการพิจารณาทางเลือกต่าง ๆ ผ่านการวิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์เพื่อช่วยชุมชนเตรียมรับมือกับภัยธรรมชาติอย่างสึนามิ อย่างไร เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าและเกิดความปลอดภัยมากที่สุด

เงื่อนไข

- แต่ละกลุ่มจะได้รับ ก่อ่งพลาสติก พลาสติกลูกฟูก และทรายละเอียด โดยไม่ต้องนำมาคำนวณค่าใช้จ่ายร่วมกับอุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ
- ต้องบรรจุทรายลงในก่อก่อประมาณ $\frac{1}{4}$ ของก่อก่อ และเติมน้ำลงไปจนเต็ม $\frac{1}{2}$ ของก่อก่อ เพื่อให้ทรายเปียก แล้วดันทรายไปที่ปลายข้างหนึ่งเพื่อสร้างความลาดชันของชายหาด
- ใช้พลาสติกลูกฟูกในการสร้างคลื่น โดยต้องวางไว้ในช่องด้านหลังที่ห่างจากทรายแล้วเลื่อนไปทางทิศใต้จนสุดเพื่อให้เกิดคลื่นสึนามิ
- ต้องเลือกใช้วัสดุ – อุปกรณ์เพื่อนำมาสร้างแนวป้องกันหรือออกแบบหมู่บ้านจากสึนามิได้อย่างประหยัดและเกิดความปลอดภัยมากที่สุด โดยจะคำนวณจากป้ายราคาของวัสดุแต่ละชิ้นที่ติดประกาศไว้



วัสดุ – อุปกรณ์ในการก่อสร้าง (หมายเหตุ : * ไม่นำมาคิดค่าใช้จ่าย)

- ก่อสร้างพลาสติก (ขนาดประมาณ 35 นิ้ว x 16 นิ้ว x 6 นิ้ว)*
- พลาสติกลูกฟูก 1 แผ่น สำหรับสร้างคลื่น*
- โมเดลบ้านจำลองขนาดเล็ก 5 หลัง*
- ทรายละเอียด*
- ไม้อัด แผ่นบางขนาด 2 x 2 นิ้ว*
- ไม้เสียบลูกชิ้น (ผ่าครึ่ง ตัดปลายแหลมทั้ง) ราคาไม้ละ 100 บาท
- หลอดกาแฟ ราคาหลอดละ 200 บาท
- กรวด ราคากรัมละ 300 บาท
- ก้อนหิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 – 4 นิ้ว ราคากรัมละ 1,000 บาท
- ดินไม้จำลอง ดินละ 500 บาท

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการ	คะแนน
กลุ่มที่มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด	+ 100 คะแนน
กลุ่มที่มีค่าใช้จ่ายน้อย เป็นลำดับที่ 2	+ 90 คะแนน
กลุ่มที่มีค่าใช้จ่ายน้อย เป็นลำดับที่ 3	+ 80 คะแนน
กลุ่มที่มีค่าใช้จ่ายน้อย เป็นลำดับที่ 4	+ 60 คะแนน
กลุ่มที่มีค่าใช้จ่ายน้อย ตั้งแต่ลำดับที่ 5 ขึ้นไป	+ 50 คะแนน
บ้านจำลองไม่เกิดความเสียหายเลย	+ 100 คะแนน
บ้านจำลองเกิดความเสียหาย 1 หลัง	- 10 คะแนน
บ้านจำลองเกิดความเสียหาย 2 หลัง	- 20 คะแนน
บ้านจำลองเกิดความเสียหาย 3 หลัง	- 30 คะแนน
บ้านจำลองเกิดความเสียหาย 4 หลัง	- 40 คะแนน
บ้านจำลองเกิดความเสียหายทั้งหมด	- 50 คะแนน

ระดับคุณภาพ

คะแนนน้อยกว่า 30 คะแนน	หมายถึง ต้องปรับปรุง
คะแนน 30 - 60 คะแนน	หมายถึง พอใช้
คะแนน 70 – 90 คะแนน	หมายถึง ดี
คะแนน 100 คะแนนขึ้นไป	หมายถึง ดีมาก

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 3
เรื่อง หายนะคลื่นยักษ์

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น.....

สมาชิก.....

จงร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. หน้าที่ของสมาชิก (หัวหน้ากลุ่ม, เลขานุการ, ผู้ค้นคว้าข้อมูล, ผู้นำเสนอผลงาน)

ชื่อ	หน้าที่	เหตุผล

2. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร มีสาเหตุเกิดจากอะไร

.....

.....

.....

3. แนวทางหรือเครื่องมือที่จะช่วยในการแก้ปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งหมดที่เป็นไปได้ มีอะไรบ้าง พร้อมอธิบายหลักการอย่างคร่าว ๆ

.....

.....

.....

4. นักเรียนจะมีวิธีการออกแบบหมู่บ้านอย่างไรให้ได้รับความปลอดภัยจากสึนามิมากที่สุด และใช้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยจะเลือกใช้วัสดุใดบ้างตามที่ครูกำหนด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนได้นำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อะไรบ้าง มาช่วยในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

6. การวางแผนและดำเนินการ

6.1 เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้

วัสดุ - อุปกรณ์	จำนวน	รวมเงิน	เหตุผล
รวมทั้งสิ้น			

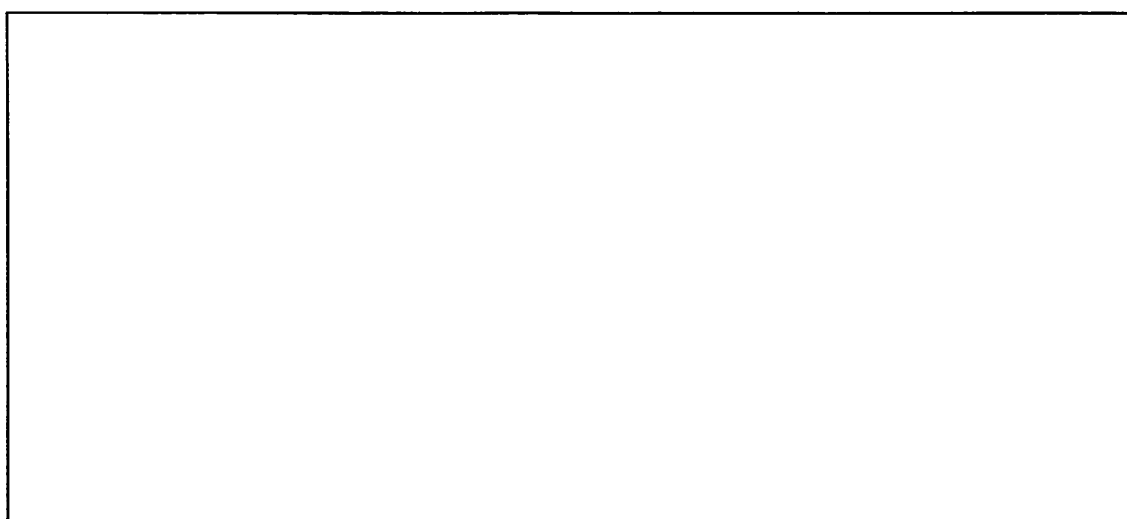
6.2 จงบอกวิธีหรือขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

6.3 ให้นักเรียนวาดภาพชิ้นงานของนักเรียนที่ออกแบบในการแก้ปัญหา พร้อมแสดงการคำนวณ



.....

.....

.....

.....

8. หลังจากการนำเสนอและอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนทุกกลุ่มแล้ว นักเรียนคิดว่าชิ้นงานที่นักเรียน
ออกแบบมีข้อควรปรับปรุงหรือไม่ ถ้ามีควรปรับปรุงอย่างไร

.....

.....

.....

.....

9. นักเรียนคิดว่าในการแบ่งหน้าที่ในการทำงานครั้งนี้ มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

10. หลังจากเรียนและทำกิจกรรมนี้แล้ว นักเรียนมีความคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเข้าร่วมกระบวนการแก้ปัญหาของกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการแบ่งปันความเข้าใจที่มีและรวบรวมความรู้ทักษะและความพยายามเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนด โดยแสดงออกถึงสมรรถนะหลัก 3 ด้าน ได้แก่

1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Establishing and maintaining shared understanding) หมายถึง การรู้ว่าสมาชิกในกลุ่มคนใดรู้หรือเข้าใจเรื่องใดมากที่สุดในเรื่องปัญหานั้น แล้วนำมาแบ่งปันกัน ประกอบด้วย

- 1.1 ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม
- 1.2 แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน
- 1.3 สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่ม
- 1.4 ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน

2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (Taking appropriate action to solve the problem) หมายถึง การกำหนดสิ่งที่จะต้องทำในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

- 2.1 ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
- 2.2 ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ
- 2.3 ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน
- 2.4 ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงาน

3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (Establishing and maintaining team organization) หมายถึง การติดตามบทบาทของตนเองในกลุ่มที่แก้ปัญหาและตรวจสอบว่าคนอื่น ๆ ทำตามหน้าที่ที่ตกลงกัน ประกอบด้วย

- 3.1 เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม
- 3.2 ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้
- 3.3 อธิบาย และประพจน์ตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้
- 3.4 ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง การจัดการกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการระดับสหวิทยาการประกอบด้วยเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ได้จากการสังเคราะห์ขั้นตอนของ Engineering is Elementary (EiE) (The Museum of Science, Boston, 2018) กับขั้นตอนการบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ (Integrating STEM and Disaster) (Pandu J. Sampurno, et al., 2015) ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1) ค้นหาและระบุปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันทำความเข้าใจสถานการณ์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาที่ครูกำหนด โดยต้องระบุว่าปัญหาคืออะไร มีสาเหตุจากอะไร รวมถึงจะมีวิธีการอย่างไรในการแก้ปัญหา

2) สร้างแนวคิด เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด โดยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ จากนั้นนำข้อมูล แนวคิด หรือวิธีการที่ตนหาได้มาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่ม แล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด เพื่อที่จะใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

3) วางแผน ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันออกแบบชิ้นงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาตามสถานการณ์และเงื่อนไขที่ครูกำหนด โดยใช้ความรู้จากที่ได้สืบค้นข้อมูลมา ผ่านการวาดภาพและแสดงรายละเอียดข้อมูลการคำนวณต่าง ๆ ที่จำเป็นของชิ้นงาน

4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันสร้างชิ้นงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาตามที่ออกแบบไว้

5) ทดสอบและอภิปราย เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาทดสอบว่ามีประสิทธิภาพหรือสามารถแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ ซึ่งในขั้นนี้จะเปิดโอกาส

ให้ผู้เรียนต่างกลุ่มซักถามหรือให้คำแนะนำกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้ จากนั้นจึงปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพและมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด

6) นำเสนอผลงาน ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องนำชิ้นงานที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว มานำเสนอหรือทดสอบจริงหน้าชั้นเรียนภายในเวลาที่ครูกำหนด

7) สะท้อนผล ในขั้นนี้ผู้เรียนและครูผู้สอนจะต้องร่วมกันสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าชิ้นงานของกลุ่มใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะเหตุใด จากนั้นครูผู้สอนเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการป้องกันภัยจากการเกิดปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ซึ่งผู้เรียนจะต้องร่วมกันสะท้อนผลลงในใบบันทึกกิจกรรม

ตารางแสดงแนวคิดสะเต็มศึกษาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	สถานการณ์	แนวคิดสะเต็มศึกษา	บริบทของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
1. แผ่นดินไหว	ไม่เคยหวั่นไหว : การออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดใน การป้องกัน แผ่นดินไหว	S : กระบวนการเกิด แผ่นดินไหว การป้องกัน ภัยจากแผ่นดินไหว T : การเลือกใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ให้ เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ ในการออกแบบชิ้นงาน E : การออกแบบและ พัฒนาชิ้นงาน โดยใช้ กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน 1) ค้นหาและระบุ ปัญหา 2) สร้างแนวคิด	โครงเรื่องของปัญหา ประเภทปัญหา : จีควอร์ ลักษณะ : สาธารณะ เนื้อหา : วิทยาศาสตร์
			องค์ประกอบของกลุ่ม ขนาดกลุ่ม : มากกว่า 2 คน สถานะทีม : เท่าเทียมกัน บทบาท : มีหน้าที่ต่างกัน
			ลักษณะเฉพาะของงาน รูปแบบ : ให้ข้อมูลไม่ครบ ข้อมูล : ไม่คงที่ การพึ่งพา : สูง จุดมุ่งหมาย : กลุ่ม การแก้ปัญหา : ต่ำ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	สถานการณ์	แนวคิดสะเต็มศึกษา	บริบทของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
		3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ทดสอบและอภิปราย 6) นำเสนอผลงาน 7) สะท้อนผล M : การคำนวณหา ความสูง และการรับ น้ำหนักอุทกทราย	การสื่อสารจากเนื้อเรื่อง ดีความ : ปานกลาง อ้างอิง : สูง ความสามารถในการ แก้ปัญหา : ปานกลาง พื้นที่ปัญหา : ชัดเจน
2. ภูเขาไฟระเบิด	ลูกไฟมรณะ : การสร้าง แบบจำลองภูเขาไฟที่กำลังจะปะทุ และลาวา การ ออกแบบเมืองให้ ปลอดภัยจาก เหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิด	S : กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด การป้องกันภัยจากภูเขาไฟระเบิด T : การเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงาน E : การออกแบบและพัฒนาชิ้นงาน โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน 1) ค้นหาและระบุปัญหา 2) สร้างแนวคิด 3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน	โครงเรื่องของปัญหา ประเภทปัญหา : จิ๊กซอว์ ลักษณะ : สาธารณะ เนื้อหา : วิทยาศาสตร์
			องค์ประกอบของกลุ่ม ขนาดกลุ่ม : มากกว่า 2 คน สถานะทีม : เท่าเทียมกัน บทบาท : มีหน้าที่ต่างกัน
			ลักษณะเฉพาะของงาน รูปแบบ : ให้ข้อมูลไม่ครบ ข้อมูล : ไม่คงที่ การพึ่งพา : สูง จุดมุ่งหมาย : กลุ่ม การแก้ปัญหา : ต่ำ
			การสื่อสารจากเนื้อเรื่อง ดีความ : ปานกลาง อ้างอิง : สูง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	สถานการณ์	แนวคิดสะเต็มศึกษา	บริบทของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
		5) ทดสอบและอภิปราย 6) นำเสนอผลงาน 7) สะท้อนผล M : การคำนวณหาอัตราส่วนที่เหมาะสม การคำนวณหาต้นทุนในการเลือกวัสดุมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานอย่างคุ้มค่า	ความสามารถในการแก้ปัญหา : ปานกลาง พื้นที่ปัญหา : ชัดเจน
3. สีนามิ	หายนะคลื่นยักษ์ : การออกแบบแบบจำลองการเกิดสึนามิ และการออกแบบชุมชนที่ปลอดภัยจาก สีนามิ	S : กระบวนการเกิดสึนามิ การป้องกันภัยจากสึนามิ T : การเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงาน E : การออกแบบและพัฒนาชิ้นงาน โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน 1) ค้นหาและระบุปัญหา 2) สร้างแนวคิด 3) วางแผน 4) สร้างสรรค์ชิ้นงาน	โครงเรื่องของปัญหา ประเภทปัญหา : จีคซอร์ ลักษณะ : สาธารณะ เนื้อหา : วิทยาศาสตร์
			องค์ประกอบของกลุ่ม ขนาดกลุ่ม : มากกว่า 2 คน สถานะทีม : เท่าเทียมกัน บทบาท : มีหน้าที่ต่างกัน
			ลักษณะเฉพาะของงาน รูปแบบ : ให้ข้อมูลไม่ครบ ข้อมูล : ไม่คงที่ การพึ่งพา : สูง จุดมุ่งหมาย : กลุ่ม การแก้ปัญหา : สูง
			การสื่อสารจากเนื้อเรื่อง ความสำเร็จ : ปานกลาง อ้างอิง : สูง

แผนการจัดการเรียนรู้ ที่	สถานการณ์	แนวคิดสะเต็มศึกษา	บริบทของสมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบร่วมมือ
		5) ทดสอบและ อภิปราย 6) นำเสนอผลงาน 7) สะท้อนผล M : การคำนวณหา ต้นทุนในการเลือกวัสดุ มาใช้ในการออกแบบ ชิ้นงานอย่างคุ้มค่า	ความสามารถในการ แก้ปัญหา : ปานกลาง พื้นที่ปัญหา : ชัดเจน

ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1. จุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1	มีความสอดคล้องและครอบคลุมกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด						
1.2	มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ						
1.3	สามารถระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน						
1.4	มีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้							
2.1	กิจกรรมมีความสอดคล้องและครอบคลุมมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด						
2.2	กิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ						
2.3	กิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
2.4	กิจกรรมกำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับเวลา						
2.5	กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้จริง						
2.6	กิจกรรมส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ						
2.7	กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของผู้เรียน						
2.8	กิจกรรมมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม						
2.9	กิจกรรมที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติ						
2.10	วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรม						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
3. การวัดและประเมินผล							
3.1	มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
3.2	มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ						
3.3	มีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย						
3.4	มีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง						
3.5	มีการวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
ตำแหน่ง.....

ภาคผนวก ง ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด
 สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะ
 การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

ตาราง 12 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 มีความสอดคล้องและครอบคลุมกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
1.2 มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 สามารถระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน	5	4	4	4.33	0.58	มาก
1.4 มีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
2.1 กิจกรรมมีความสอดคล้องและครอบคลุมมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	5	3	4	4.00	1.00	มาก
2.2 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 กิจกรรมกำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.5 กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้จริง	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3			
2.6 กิจกรรมส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.7 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของผู้เรียน	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.8 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.9 กิจกรรมที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.10 วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรม	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. การวัดและการประเมินผล						
3.1 มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	3	5	4.33	1.15	มาก
3.2 มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 มีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	5	3	4	4.00	1.00	มาก
3.4 มีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง	5	4	4	4.33	0.58	มาก
3.5 มีการวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	5	3	5	4.33	1.15	มาก
ผลรวมเฉลี่ย				4.74	0.32	มากที่สุด

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบบันทึกสะท้อนผล

แบบบันทึกสะท้อนผล

เรื่อง.....เวลา.....ชั่วโมง

คำชี้แจง : ให้ผู้สะท้อนผลทำการบันทึกถึงปัญหา ความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

1. การจัดการเรียนรู้

1.1 ขั้นค้นหาและระบุปัญหา

.....

.....

.....

1.2 ขั้นสร้างแนวคิด

.....

.....

.....

1.3 ขั้นวางแผน

.....

.....

.....

1.4 ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน

.....

.....

.....

1.5 ขั้นตอนทดสอบและอภิปราย

.....

.....

.....

1.6 ชี้นำเสนอผลงาน

.....

.....

.....

1.7 ชี้นำสะท้อนผล

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

5. การจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้นสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้หรือไม่
อย่างไร

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สะท้อนผล

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

เรื่อง.....วันที่.....

กลุ่ม.....ผู้สังเกต.....

คำชี้แจง : ให้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่แสดงออกถึงสมรรถนะการ

แก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ขั้นที่ 1 ค้นหาและระบุปัญหา

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน				
ค้นพบมุมมองและความสามารถ ของสมาชิกภายในกลุ่ม				
แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจ ในปัญหาร่วมกัน				
สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่ม				
2. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และ ของสมาชิกกลุ่ม				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 สร้างแนวคิด

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				
ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 วางแผน

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน				
ค้นพบมุมมองและความสามารถ ของสมาชิกภายในกลุ่ม				
2. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				
ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้อง ปฏิบัติให้เสร็จ				
ร่วมกันวางแผนออกแบบ และ ดำเนินงาน				
3. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และ ของสมาชิกกลุ่ม				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 สร้างสรรค์ชิ้นงาน

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				
ร่วมกันวางแผนออกแบบ และ ดำเนินงาน				
2. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้				
อธิบาย และประพจน์ติดตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5 ทดสอบและอภิปราย

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน				
ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจ ร่วมกัน				
2. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				
ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนิน และประเมินผลความสำเร็จของงาน				
3. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
อธิบาย และประพจน์ติดตามกฎ ของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้				
ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุง ในการทำงานร่วมกัน				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงาน

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
อธิบาย และประพาดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้				
ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

ขั้นที่ 7 สะท้อนผล

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				
ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนิน และประเมินผลความสำเร็จของงาน				
2. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุง ในการทำงานร่วมกัน				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

รายการประเมิน พฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ		
	สูง	กลาง	ต่ำ
สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน			
ค้นพบมุมมองและ ความสามารถของ สมาชิกภายในกลุ่ม	สมาชิกทุกคนสามารถพบ ความสามารถเพิ่มเติมของ สมาชิกในกลุ่มได้ตาม ความสามารถของคนนั้น นอกเหนือจากหน้าที่ที่ทุก คนร่วมกันวางแผนไว้	สมาชิก 2 – 3 คนสามารถ พบความสามารถเพิ่มเติม ของสมาชิกในกลุ่มได้ ตามความสามารถของ คนนั้น นอกเหนือจาก หน้าที่ที่ทุกคนร่วมกัน วางแผนไว้	สมาชิกทุกคนไม่สามารถ พบความสามารถเพิ่มเติม ของสมาชิกในกลุ่มได้ แม้ว่าสมาชิกคนนั้นจะมี ความสามารถ นอกเหนือจากหน้าที่ที่ทุก คนร่วมกันวางแผนไว้
แบ่งปันข้อมูล และทำ ความเข้าใจในปัญหา ร่วมกัน	สมาชิกทุกคนแบ่งปันข้อมูล ของแต่ละคนร่วมกัน รวมถึงสื่อสารร่วมกัน เพื่อ ระบุและทำความเข้าใจกับ ปัญหา สอดคล้องกับที่ ผู้สอนกำหนดให้	สมาชิก 2 – 3 คนแบ่งปัน ข้อมูลของแต่ละคน ร่วมกัน รวมถึงสื่อสาร ร่วมกัน เพื่อระบุและทำ ความเข้าใจกับปัญหา สอดคล้องกับผู้สอน กำหนดให้	สมาชิกไม่สื่อสารพูดคุย ถึงปัญหาที่สอดคล้องกับ ที่ผู้สอนกำหนดให้ รวมถึง ไม่มีการแบ่งปันข้อมูล ของใด ๆ
สื่อสารร่วมกันเพื่อ ระบุถึงปัญหา และ การดำเนินงาน ภายในกลุ่ม	สมาชิกทุกคนร่วมกัน สื่อสารพูดคุยร่วมกันเพื่อ ระบุว่าปัญหาที่ผู้สอน กำหนดคืออะไร และ ร่วมกันระบุวิธีการ ดำเนินงานที่สอดคล้อง เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้	สมาชิก 2 – 3 คนร่วมกัน สื่อสารพูดคุยร่วมกันเพื่อ ระบุว่าปัญหาที่ผู้สอน กำหนดคืออะไร และ ร่วมกันระบุวิธีการ ดำเนินงานที่สอดคล้อง เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้	สมาชิกไม่สื่อสารพูดคุย ร่วมกันเพื่อระบุว่าปัญหา ที่ผู้สอนกำหนดคืออะไร และไม่ร่วมกันระบุวิธีการ ดำเนินงานที่สอดคล้อง เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้
ตรวจสอบและแก้ไข ความเข้าใจร่วมกัน	สมาชิกทุกคนร่วมกันพูดคุย สื่อสารอภิปรายเพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจที่มี ร่วมกัน และสามารถ แก้ปัญหาร่วมกันเมื่อเกิด ความไม่เข้าใจภายในกลุ่ม	สมาชิก 2 – 3 คนร่วมกัน พูดคุย สื่อสารอภิปราย เพื่อตรวจสอบความ เข้าใจที่มีร่วมกัน และ สามารถแก้ปัญหาร่วมกัน เมื่อเกิดความไม่เข้าใจ ภายในกลุ่ม	สมาชิกไม่ร่วมกันพูดคุย สื่อสารอภิปรายเพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจที่มี ร่วมกัน และไม่สามารถ แก้ปัญหาร่วมกันเมื่อเกิด ความไม่เข้าใจภายใน กลุ่ม

รายการประเมิน พฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ		
	สูง	กลาง	ต่ำ
สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา			
ร่วมมือกันระบุเพื่อหา แนวทางที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา	สมาชิกทุกคนร่วมกัน อภิปรายเพื่อระบุหา แนวทางที่เหมาะสมที่ใช้ใน การแก้ปัญหาร่วมกัน รวมถึงเมื่อมีข้อโต้แย้งก็ สามารถอธิบายได้อย่างมี เหตุผล และยอมรับความ คิดเห็นของผู้อื่น	สมาชิก 2 – 3 คนร่วมกัน อภิปรายเพื่อระบุหา แนวทางที่เหมาะสมที่ใช้ ในการแก้ปัญหาร่วมกัน รวมถึงเมื่อมีข้อโต้แย้งก็ สามารถอธิบายได้อย่างมี เหตุผล และยอมรับความ คิดเห็นของผู้อื่น	สมาชิกไม่ร่วมกัน อภิปรายเพื่อระบุหา แนวทางที่เหมาะสมที่ใช้ ในการแก้ปัญหาร่วมกัน รวมถึงไม่มีข้อโต้แย้งใด ๆ และไม่มี การแสดง ความ คิดเห็นภายในกลุ่ม
ระบุและอธิบายภาระ งานที่ต้องปฏิบัติให้ เสร็จ	สมาชิกทุกคนสามารถระบุ อธิบายและเข้าใจขั้นตอน ในการปฏิบัติงานเพื่อให้ บรรลุผลสำเร็จได้	สมาชิก 2 – 3 คนสามารถ ระบุ อธิบายและเข้าใจ ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จได้	สมาชิกไม่สามารถระบุ อธิบายและไม่เข้าใจ ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จได้
ร่วมกันวางแผน ออกแบบ และ ดำเนินงาน	สมาชิกทุกคนร่วมกันพูดคุย สื่อสารเพื่อวางแผนการ ดำเนินงานและการ ออกแบบชิ้นงานร่วมกัน	สมาชิก 2 – 3 คนร่วมกัน พูดคุย สื่อสารเพื่อวาง แผนการดำเนินงานและ การออกแบบชิ้นงาน ร่วมกัน	มีสมาชิกเพียงคนเดียว เท่านั้นที่วางแผนการ ดำเนินงานและการ ออกแบบชิ้นงาน ส่วน สมาชิกที่เหลือเพียง ปฏิบัติตามเท่านั้น
ร่วมกันตรวจสอบผล การดำเนินงาน และ ประเมินผล ความสำเร็จของงาน	สมาชิกในกลุ่มสามารถ ตรวจสอบผลการ ดำเนินงานอย่างสม่ำเสมอ ว่าสอดคล้องกับเป้าหมาย ที่ตั้งไว้หรือไม่ และสามารถ ประเมินความสำเร็จของ งานได้ว่าสอดคล้องกับ เป้าหมายที่ตั้งไว้	สมาชิกในกลุ่มสามารถ ตรวจสอบผลบางครั้งว่า การดำเนินงานอย่าง สม่ำเสมอว่าสอดคล้อง กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ หรือไม่ และไม่สามารถ ประเมินความสำเร็จของ งานได้ว่าสอดคล้องกับ เป้าหมายที่ตั้งไว้	สมาชิกในกลุ่มไม่ ตรวจสอบผลการ ดำเนินงานว่าสอดคล้อง กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ หรือไม่ และไม่สามารถ ประเมินความสำเร็จของ งานได้ว่าสอดคล้องกับ เป้าหมายที่ตั้งไว้

รายการประเมิน พฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ		
	สูง	กลาง	ต่ำ
สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม			
เข้าใจบทบาทหน้าที่ ของตนเอง และของ สมาชิกกลุ่ม	สามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ ของทุกคนได้ตาม ความสามารถของแต่ละคน และระบุหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกทุกคนได้	สามารถแบ่งบทบาท หน้าที่ของทุกคนได้ตาม ความสามารถของแต่ละ คน และระบุหน้าที่ของ ตนเอง และของสมาชิก บางคนได้	ไม่สามารถแบ่งบทบาท หน้าที่ของทุกคนได้ตาม ความสามารถของแต่ละ คน รวมถึงไม่สามารถ ระบุหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกทุกคนได้
ปฏิบัติงานตามหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายได้	สมาชิกทุกคนมีความ รับผิดชอบ ปฏิบัติงานตาม หน้าที่ที่ตนได้รับมอบหมาย อย่างตั้งใจและเสร็จภายใน เวลาที่วางแผนไว้	สมาชิกบางคนมีความ รับผิดชอบ ปฏิบัติงาน ตามหน้าที่ที่ตนได้รับ มอบหมายอย่างตั้งใจ และเสร็จภายในเวลาที่ วางแผนไว้	สมาชิกไม่มีความ รับผิดชอบ ไม่ปฏิบัติงาน ตามหน้าที่ที่ตนได้รับ มอบหมาย และงานไม่ เสร็จภายในเวลาที่ วางแผนไว้
อธิบาย และประพฤติ ตนตามกฎหมายของกลุ่มที่ ได้ตั้งไว้	สมาชิกทุกคนสามารถ ปฏิบัติตามกฎหมายของกลุ่มที่ตั้ง ไว้ได้	สมาชิกบางคนสามารถ ปฏิบัติตามกฎหมายของกลุ่ม ที่ตั้งไว้ได้	สมาชิกทุกคนไม่สามารถ ปฏิบัติตามกฎหมายของกลุ่ม ที่ตั้งไว้ได้
ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อ เป็นข้อปรับปรุงใน การทำงานร่วมกัน	สมาชิกสามารถรายงาน ปัญหาที่เกิดจากตนเองหรือ จากสมาชิกคนอื่นได้ และ สามารถร่วมกันวางแผน หรือปรับเปลี่ยนหน้าที่ใน การทำงานร่วมกันเมื่อเกิด ปัญหา อุปสรรค เพื่อ ป้องกันข้อขัดแย้งที่จะ เกิดขึ้นภายในกลุ่ม	สมาชิกสามารถรายงาน ปัญหาที่เกิดจากตนเอง หรือจากสมาชิกคนอื่นได้ แต่ไม่สามารถร่วมกัน วางแผนหรือปรับเปลี่ยน หน้าที่ในการทำงาน ร่วมกันเมื่อเกิดปัญหา อุปสรรค เพื่อป้องกันข้อ ขัดแย้งที่จะเกิดขึ้นภายใน กลุ่ม	สมาชิกไม่สามารถ รายงานปัญหาที่เกิดจาก ตนเองหรือจากสมาชิกคน อื่นได้ และไม่สามารถ ร่วมกันวางแผนหรือ ปรับเปลี่ยนหน้าที่ในการ ทำงานร่วมกันเมื่อเกิด ปัญหา อุปสรรค เพื่อ ป้องกันข้อขัดแย้งที่จะ เกิดขึ้นภายในกลุ่ม

ภาคผนวก ช ตัวอย่างแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้

สถานการณ์ที่ 1 อาคารด้านแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหว เป็นภัยธรรมชาติที่ไม่ใช่เรื่องไกลตัวอีกต่อไปหลังจากเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2557 ได้เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขึ้น จุดศูนย์กลางอยู่ที่ จ.เชียงราย มีความแรงขนาด 6.3 ริคเตอร์ โดยเหตุการณ์ดังกล่าวส่งผลให้อาคาร บ้านเรือนเกิดความเสียหายอย่างมาก



เมื่อย้อนดูในประเทศไทยเรา เคยมีประวัติการเกิดแผ่นดินไหวในระดับ 5 - 6 ริคเตอร์มาแล้ว โดยมีรอยเลื่อนหลัก ๆ สองแห่งคือ รอยเลื่อนแม่ทา บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ และรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ บริเวณจังหวัดกาญจนบุรี จนทำให้ประเทศไทยเปลี่ยนสถานะจากประเทศที่ค่อนข้างปลอดภัยจากภัย

ธรรมชาติ เป็นประเทศที่มีภัยธรรมชาติอีกประเทศหนึ่งที่เดียว ดังนั้น การเตรียมพร้อมในด้านการออกแบบ และก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ของอาคาร เพื่อรับมือกับแผ่นดินไหว เพื่อให้ความเสียหายที่จะเกิดขึ้น ส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินน้อยที่สุด จึงเป็นมาตรการบรรเทาภัยที่จะต้องคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่ง

ปัญหาที่มักจะพบในรูปแบบอาคารทั่วไปคือ ระดับความสูงของเสาในชั้นล่างของอาคารจะมีความสูงมากกว่าเสาในชั้นสองขึ้นไป เนื่องจากความต้องการให้ชั้นล่างมีพื้นที่เปิดโล่งเป็น Soft Story เพื่อเป็นห้องโถงเอนกประสงค์ หรือเป็นพื้นที่จอดรถและมีการวางจำนวนเสาน้อยกว่าในชั้นสูงขึ้นไป เพื่อให้มีพื้นที่ใช้สอย กว้างขวาง อาคารลักษณะนี้ จะมีโอกาสที่จะเกิดการวิบัติแบบชั้นอ่อนได้ เนื่องจากเสาอาคารในชั้นล่างมีความอ่อนตัวต่อการโยกไหวทางด้านข้างได้มากกว่าในชั้นสูงขึ้นไป ประกอบกับแรงแผ่นดินไหวที่กระทำต่อเสาชั้นล่างจะมีค่าสูงมากซึ่งพบว่าในประเทศไทยมีอาคารลักษณะดังกล่าวเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอาคารโรงเรียน โรงพยาบาล และอาคารสาธารณะอื่น ๆ ดังนั้นหากต้องการออกแบบอาคารเพื่อให้มีความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวอาจทำได้ดังนี้

1. จะต้องมีการจัดให้ความสูงของเสาชั้นล่างไม่แตกต่างจากชั้นสูงขึ้นไปมากนัก
2. จัดให้เสาชั้นล่างมีจำนวนมากขึ้น

3. ขยายขนาดหน้าต่างเสาชั้นล่างให้ใหญ่ขึ้น

4. เสริมค้ำยันด้านข้างทางแนวทแยง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง

ที่มา <https://www.applicadthai.com/art-inspire/การออกแบบบ้านและอาคารด้านแผ่นดินไหว/>

จากข้อมูลข้างต้น ถ้านักเรียนได้รับมอบหมายให้เป็นหัวหน้าทีมในการออกแบบอาคารและเสริมกำลังอาคารเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว โดยสมาชิกในองค์กรของนักเรียนประกอบด้วยสมาชิกที่มีความถนัดแตกต่างกันออกไป ดังนี้

ธรา : มีความเชี่ยวชาญด้านอุปกรณ์ไอที ระบบเทคโนโลยีซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์

ปฐพี : เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านธรณีวิทยา และอุตุนิยมวิทยา

วายุ : ผ่านการทำงานก่อสร้างมา 20 ปี ชำนาญในเรื่องงานติดตั้ง และซ่อมบำรุง

อัคนี : เป็นนักสถิติ ซึ่งเคยทำงานพัฒนาระบบข้อมูลต่าง ๆ ในภาคเอกชนมาก่อน

สายฟ้า : ได้รับรางวัลการออกแบบผังเมืองในโครงการ “แบบบ้านเพื่อประชาชน” ของ
รัฐบาล

คิมหันต์ : เป็นนักวิทยาศาสตร์ดีเด่น สาขาฟิสิกส์

นาวา : เป็นวิศวกรโยธาที่เคยรับผิดชอบงานก่อสร้างตึก สะพาน ถนน มาหลายสิบแห่ง

เมฆา : อดีตนักกู้ภัย มีประสบการณ์ช่วยเหลือผู้ที่ติดอยู่ใต้ซากตึกในเหตุการณ์
แผ่นดินไหว ประเทศฟิลิปปินส์

ศิลา : นักธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ เจ้าของบริษัทรับเหมาก่อสร้างรายใหญ่ของประเทศ

1. หากนักเรียนสามารถเลือกสมาชิกได้เพียง 4 คน เพื่อไปร่วมดำเนินการในภารกิจครั้งนี้ นักเรียน
จะเลือกสมาชิกคนใดบ้าง พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

.....

2. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาที่ทีมงานจะต้องทำการแก้ไขคืออะไร

.....

.....

.....

3. นักเรียนจะต้องศึกษาข้อมูลเรื่องใดบ้าง ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

4. ในฐานะที่นักเรียนเป็นหัวหน้าทีม จะมีวิธีการสื่อสารกับสมาชิกในทีมอย่างไรถึงขั้นตอนการดำเนินการแก้ไขปัญา

.....

.....

.....

5. หลังจากที่สมาชิกในทีมเริ่มดำเนินการตามขั้นตอนที่ตกลงร่วมกัน เมื่อดำเนินการไปถึงระยะหนึ่ง ได้เกิดข้อขัดแย้งกันภายในกลุ่ม เพราะมีสมาชิกคนหนึ่งเสนอว่าให้เปลี่ยนไปใช้ไม้เป็นโครงสร้าง แต่ก็มีสมาชิกคนอื่นที่เห็นว่าควรจะใช้เหล็กจะดีกว่า เพื่อให้เกิดความขัดแย้งน้อยที่สุด นักเรียนจะมีวิธีการสนทนากับสมาชิกคนอื่น ๆ อย่างไร

.....

.....

.....

6. หลังจากที่นักเรียนออกแบบโครงสร้างอาคารเรียบร้อยแล้ว กลับได้ข้อเสนอเพิ่มเติมมาว่าพื้นที่ก่อสร้างอาคารเป็นบริเวณราบลุ่มแม่น้ำ น้ำสามารถท่วมถึงได้หากเกิดแผ่นดินไหว นักเรียนจะมีการปรับแก้ไขโครงสร้างที่ออกแบบไว้อย่างไร

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2 น้ำป่าไหลหลาก

จากปัญหาดินโคลนถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในพื้นที่ตำบลตาลชุม อำเภอท่าวัง ฝาย จังหวัดน่านในอดีต ส่งผลให้เกิดความสูญเสียต่อชาวบ้านในพื้นที่ แต่หลังจากที่กลุ่มอาสา โครงการปิดทองหลังพระได้น้อมนำแนวทางพระราชดำริด้วยการสร้างฝายแม้วหรือฝายอนุรักษ์มา ปรับใช้ ทำให้แก้ปัญหาน้ำป่าหลากได้ และยังฟื้นฟูธรรมชาติให้อุดมสมบูรณ์



สภาพพื้นที่บนเขาเนินกระจก มองเห็น บ้านน้ำปาก ตำบลตาลชุม จังหวัดน่าน ที่มี ลักษณะ เป็นแอ่งกระทะ มีภูเขาล้อมรอบทุก ทิศทาง ส่งผลให้ชาวบ้านที่นี่ได้รับผลกระทบ จากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มสร้างความเสียหายอย่างรุนแรง เพราะเป็นพื้นที่ รับน้ำโดยตรง จากภัยพิบัติในครั้งนั้น ทำให้ บ้านน้ำปาก อำเภอท่าวังฝาย เป็นอีกหนึ่ง

หมู่บ้านน้ำร่อง ที่กลุ่มอาสาปิดทองหลังพระ ได้น้อมนำแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระ ประมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มาปรับใช้ ด้วยการทำฝายแม้วขึ้นเพื่อขวางทางน้ำไหล

ลักษณะของฝายแม้ว ถือเป็นวิศวกรรมแบบพื้นบ้าน ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น กิ่งไม้ มากั้นชะลอทางน้ำให้ไหลช้าลง และไหลอยู่ในพื้นที่ได้นานพอที่จะให้พื้นที่ป่าโดยรอบสามารถดูด ซึมน้ำไปใช้ เป็นการฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรมให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ บริเวณนี้เป็นเพียง 1 ใน 3,000 กว่าฝายที่ชาวบ้านตาลชุมช่วยกันสร้างขึ้นมา ซึ่งนอกจากการสร้างฝายแม้วชะลอน้ำป่าแล้ว กลุ่ม อาสาปิดทองหลังพระยังให้ความรู้กับชาวบ้านในการทำเกษตรทฤษฎีใหม่ มีการทำบ่อพวงคันเขา รองรับการใช้น้ำได้ในระยะยาว ฟื้นฟูวิถีชีวิตของชาวบ้านให้มีกิน เพื่อที่จะพัฒนาชุมชนไปสู่การ ดูแลป่าต้นน้ำอย่างยั่งยืน

โดยวิธีการอื่นๆ ที่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ได้พระราชทาน พระราชดำริในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมไว้ก็คือ

1. การก่อสร้างคันกันน้ำ เพื่อป้องกันน้ำท่วมซึ่งเป็นวิธีการดั้งเดิมแต่ครั้งโบราณโดยการ ก่อสร้างคัน ดินกันน้ำขนาดที่เหมาะสมขนานไปตามลำน้ำห่างจากขอบตลิ่งพอสมควร เพื่อป้องกัน มิให้น้ำล้นตลิ่งไปท่วมในพื้นที่ต่างๆ ด้านใน

2. การก่อสร้างทางผันน้ำ เพื่อผันน้ำทั้งหมดหรือบางส่วนที่ล้นตลิ่งท่วมทันให้ออกไป โดย การก่อสร้างทางผันน้ำหรือชุดคลองสายใหม่เชื่อมต่อกับลำน้ำที่มีปัญหาน้ำท่วมโดยให้น้ำไหลไป ตามทางผันน้ำที่ขุดขึ้นใหม่ไปลงลำน้ำสายอื่น หรือระบายออกสู่ทะเลตามความเหมาะสม

3. การปรับปรุงและตกแต่งสภาพลำน้ำ เพื่อให้ลำน้ำที่ท่วมทะลักสามารถไหลไปตามลำน้ำได้สะดวกหรือช่วยให้กระแสไหลเร็วยิ่งขึ้น อันเป็นการบรรเทาความเสียหายจากน้ำท่วมซึ่งได้ โดยใช้วิธีการดังนี้

- ขุดลอกลำน้ำตื้นเขินให้น้ำไหลสะดวกขึ้น
- ตกแต่งดินตามลาดตลิ่งให้เรียบมิให้เป็นอุปสรรคต่อทางเดินของน้ำ
- กำจัดวัชพืช ผักตบชวา และรื้อทำลายสิ่งกีดขวางทางน้ำไหลให้ออกไปจนหมดสิ้น
- หากลำน้ำคุดโค้งมาก ให้หาแนวทางขุดคลองใหม่เป็นลำน้ำสายตรงให้น้ำไหลสะดวก

ที่มา : <http://www.mediastudio.co.th/2016/10/21/62977/>

http://www.chaipat.or.th/site_content/item/248-theory-of-flooding-problems-due-to-royal-by-way-of-management-of-flood-overflow.html

จากข้อมูลข้างต้น ถ้านักเรียนและเพื่อนสมาชิกได้รับมอบหมายให้ออกแบบสิ่งกีดขวางเพื่อป้องกันน้ำป่าไหลหลาก โดยกำหนดให้กล่องกระดาษขนาด 9 x 9 ซม. แทนตัวบ้าน ซึ่งวางอยู่กลางอ่างน้ำ และนักเรียนต้องออกแบบสิ่งกีดขวางเพื่อไม่ให้อ่างน้ำได้รับผลกระทบเมื่อเทน้ำปริมาณ 1/3 ของอ่างลงไป (บ้านต้องไม่เปียก และไม่เคลื่อนที่ไปจากเดิม) จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

แกนกระดาษทิชชู 3 แกน	ฟองน้ำ 3 แผ่น	ดินน้ำมัน 3 ก้อน
กระดาษเปล่า 4 แผ่น	ลวด 1 ม้วน	กล่องโฟม 1 กล่อง
แก้วน้ำกระดาษ 2 ใบ	เทปกาว 1 ม้วน	

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาที่จะต้องทำการแก้ไขคืออะไร นักเรียนและเพื่อนสมาชิกจะทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับอะไรบ้าง เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาดังกล่าว

.....

.....

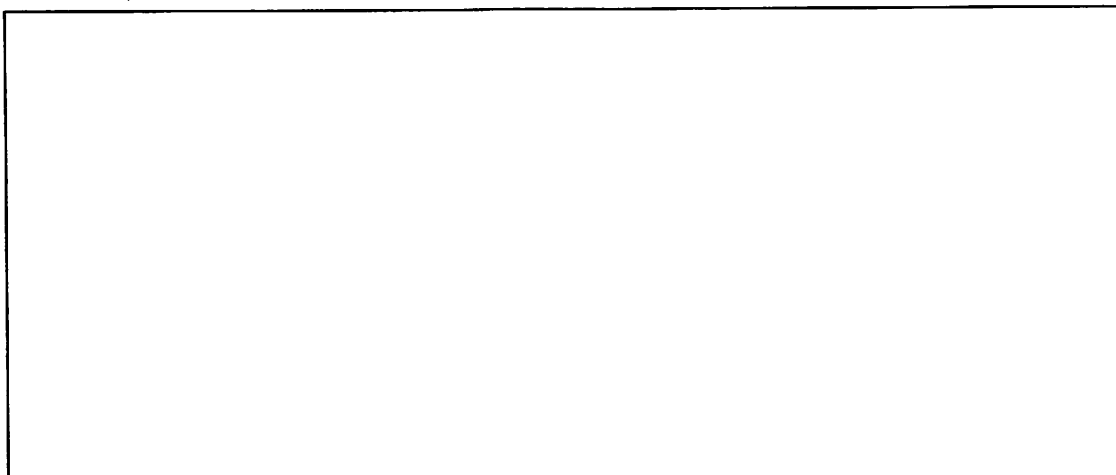
.....

2. ในระหว่างที่ทำการแบ่งหน้าที่ในการดำเนินการ แล้วสรุปว่าเพื่อนสมาชิกส่วนใหญ่ให้นักเรียนทำหน้าที่ในการเตรียมอุปกรณ์ แต่ในขณะนั้นนักเรียนรู้สึกว่่านักเรียนสามารถทำการสืบค้นข้อมูลได้ดีกว่าเพื่อนสมาชิกอีกคน และนักเรียนคิดว่าเพื่อนสมาชิกคนนั้นเป็นคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ดีจึงควรที่จะทำหน้าที่ร่างแบบชิ้นงานมากกว่า นักเรียนจะทำอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

3. ให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว โดยวาดภาพชิ้นงานพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบมาพอสังเขป (เลือกใช้อุปกรณ์ได้เพียง 2 ชนิดเท่านั้น)



4. ถ้าในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนสังเกตเห็นว่ามีเพื่อนสมาชิกคนหนึ่งไม่ได้ดำเนินการตามที่วางแผนไว้ คือ เพื่อนที่ได้รับมอบหมายให้เป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง แต่เพื่อนสมาชิกคนนั้นไปช่วยเพื่อนอีกคนหนึ่งสืบค้นข้อมูล ในฐานะที่นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม นักเรียนจะอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

5. ในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ นักเรียนพบว่าระหว่างการดำเนินงานมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งทำให้ชิ้นงานไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ นักเรียนและเพื่อนในกลุ่มจะอย่างไร

.....

.....

.....

6. ในการทำงานเพื่อแก้ปัญหาในครั้งนี้ นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดระหว่างการมีผู้นำที่ดีกับสมาชิกทุกคนปฏิบัติตามกฎของกลุ่ม เพราะเหตุใด จงอธิบาย

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ข้อที่	สมรรถนะ	สมรรถนะย่อย ที่ประเมิน	ระดับ		
			สูง	กลาง	ต่ำ
สถานการณ์ที่ 1 อาคารต้านแผ่นดินไหว					
1	การสร้างและรักษา ระเบียบของกลุ่ม	เข้าใจบทบาทหน้าที่ ของตนเอง และของ สมาชิกกลุ่ม	ผู้เรียนสามารถแบ่งหน้าที่ของ สมาชิกกลุ่มได้ถูกต้อง ครบถ้วน ตามพื้นฐานของความรู้ที่ว่า สมาชิกในกลุ่มคนใดถนัดอะไร	ผู้เรียนสามารถแบ่งหน้าที่ของ สมาชิกกลุ่มได้ถูกต้อง บางส่วน ตามพื้นฐานของความรู้ที่ว่า สมาชิกในกลุ่มคนใดถนัดอะไร	ผู้เรียนไม่สามารถแบ่งหน้าที่ ของสมาชิกกลุ่มได้ ตาม พื้นฐานของความรู้ที่ว่า สมาชิกในกลุ่มคนใดถนัด อะไร
2	การสร้างและเก็บ รักษาความเข้าใจที่ มีส่วนร่วม	สื่อสารร่วมกันเพื่อ ระบุถึงปัญหา และ การดำเนินงาน ภายในกลุ่ม	ผู้เรียนสามารถสื่อสาร แบ่งปัน ความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล เพื่อ ระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจาก สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่าง ครบถ้วน	ผู้เรียนสามารถสื่อสาร แบ่งปัน ความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล โดยระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจาก สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ บางส่วน	ผู้เรียนไม่สามารถสื่อสาร แบ่งปันความคิดเห็นอย่างมี เหตุผล เพื่อระบุถึงปัญหาที่ เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ กำหนดให้ได้
3	การเลือกวิธีการ ดำเนินการที่ เหมาะสมกับการ แก้ปัญหา	ร่วมมือกันระบุปัญหา เพื่อหาแนวทางที่ เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	ผู้เรียนสามารถระบุวิธีที่จะ ออกแบบอาคารและเสริมกำลัง อาคารเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว	ผู้เรียนสามารถระบุวิธีที่จะ ออกแบบอาคารและเสริมกำลัง อาคารเพื่อต้านทาน แผ่นดินไหวได้อย่างเหมาะสม	ผู้เรียนไม่สามารถระบุวิธีที่จะ ออกแบบอาคารและเสริม กำลังอาคารเพื่อต้านทาน แผ่นดินไหวได้ และไม่

ข้อที่	สมรรถนะ	สมรรถนะย่อย ที่ประเมิน	ระดับ		
			สูง	กลาง	ต่ำ
			ได้อย่างเหมาะสม และสามารถ บอกข้อดีของวิธีนั้นได้	แต่ไม่สามารถบอกข้อดีของวิธี นั้นได้	สามารถบอกข้อดีของวิธีนั้น ได้
4	การเลือกวิธีการ ดำเนินการที่ เหมาะสมกับการ แก้ปัญหา	ระบุและอธิบายภาระ งานที่ต้องปฏิบัติให้ เสร็จ	ผู้เรียนสามารถบอกวิธีการ วางแผนในการแก้ปัญหาได้ อย่างครบถ้วนสมบูรณ์	ผู้เรียนสามารถบอกวิธีการ วางแผนในการแก้ปัญหาได้ บางส่วน	ผู้เรียนไม่สามารถบอกวิธีการ วางแผนในการแก้ปัญหาได้
5	การสร้างและเก็บ รักษาความเข้าใจที่ มีส่วนร่วม	ตรวจสอบและแก้ไข ความเข้าใจร่วมกัน	นักเรียนสามารถอธิบายสื่อสาร อย่างประนีประนอม และมีการ เสนอแนะแนวทางที่เกิดจากการ ตกลงร่วมกันของสมาชิกคนอื่นๆ ภายในกลุ่ม	นักเรียนสามารถอธิบายสื่อสาร อย่างประนีประนอม แต่ไม่มี การเสนอแนะแนวทางที่เกิด จากการตกลงร่วมกันของ สมาชิกคนอื่นๆ ภายในกลุ่ม	นักเรียนไม่สามารถอธิบาย สื่อสารได้อย่างประนีประนอม ไม่มีการเสนอแนะแนวทางที่ เกิดจากการตกลงร่วมกันของ สมาชิกคนอื่นๆ ภายในกลุ่ม
6	การสร้างและรักษา ระเบียบของกลุ่ม	ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อ เป็นข้อปรับปรุงใน การทำงานร่วมกัน	นักเรียนสามารถเสนอแนะ แนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาได้ อย่างครบถ้วน	นักเรียนสามารถเสนอแนะ แนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาได้ บางส่วน	นักเรียนไม่สามารถเสนอแนะ แนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาได้

ข้อที่	สมรรถนะ	สมรรถนะย่อย ที่ประเมิน	ระดับ		
			สูง	กลาง	ต่ำ
สถานการณ์ที่ 2 ป่าป่าใหญ่หลวง					
1	การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจปัญหา ร่วมกัน	นักเรียนสามารถระบุ และทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ รวมทั้งบอกได้ว่าจะต้องสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในเรื่องใดบ้าง เพื่อจะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถระบุ และทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าจะต้องสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในเรื่องใดบ้าง หรือไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา	นักเรียนไม่สามารถระบุ และทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และไม่สามารถบอกได้ว่า จะต้องสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในเรื่องใดบ้าง
2	การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	ค้นพบมุมมองและ ความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม	นักเรียนยอมรับความสามารถเพิ่มเติมของเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม นอกเหนือจากที่ได้วางแผนไว้ และสามารถแลกเปลี่ยนหน้าที่กับเพื่อนร่วมงานได้ เพื่อให้งานประสบความสำเร็จมากที่สุด	นักเรียนยอมรับความสามารถเพิ่มเติมของเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม นอกเหนือจากที่ได้วางแผนไว้ แต่ไม่แลกเปลี่ยนหน้าที่กับเพื่อนร่วมงาน	นักเรียนไม่ยอมรับความสามารถเพิ่มเติมของเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม นอกเหนือจากที่ได้วางแผนไว้ และไม่แลกเปลี่ยนหน้าที่กับเพื่อนร่วมงาน

ข้อที่	สมรรถนะ	สมรรถนะย่อย ที่ประเมิน	ระดับ		
			สูง	กลาง	ต่ำ
3	การเลือกวิธีการ ดำเนินการที่ เหมาะสมกับการ แก้ปัญหา	ร่วมกันวางแผน ออกแบบ และ ดำเนินงาน	นักเรียนสามารถวาดภาพแสดง เค้าโครงของชิ้นงานได้ และ สามารถบอกเหตุผลของการ เลือกใช้วัสดุ – อุปกรณ์ได้อย่าง เข้าใจ	นักเรียนสามารถวาดภาพแสดง เค้าโครงของชิ้นงานได้ แต่ไม่ สามารถบอกเหตุผลของการ เลือกใช้วัสดุ – อุปกรณ์ได้	นักเรียนไม่สามารถวาดภาพ แสดงเค้าโครงของชิ้นงานได้ และไม่บอกเหตุผลของการ เลือกใช้วัสดุ – อุปกรณ์
4	การสร้างและรักษา ระเบียบของกลุ่ม	ปฏิบัติงานตามหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายได้	นักเรียนสามารถให้คำแนะนำ กับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มได้ โดย ให้เหตุผลเกี่ยวกับการทำงาน ตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้งานประสบความสำเร็จ	นักเรียนสามารถให้คำแนะนำ กับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มได้ แต่ ไม่ได้ให้เหตุผลเกี่ยวกับการ ทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับ มอบหมาย เพื่อให้งานประสบ ความสำเร็จ	นักเรียนไม่สามารถให้ คำแนะนำกับเพื่อนสมาชิกใน กลุ่มได้ และไม่มีเหตุผล เกี่ยวกับการทำงานตามหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้งาน ประสบความสำเร็จ
5	การเลือกวิธีการ ดำเนินการที่ เหมาะสมกับการ แก้ปัญหา	ร่วมกันตรวจสอบผล การดำเนินงาน และ ประเมินผล ความสำเร็จของงาน	นักเรียนสามารถให้คำแนะนำแก่ สมาชิกในกลุ่มเพื่อร่วมกัน พิจารณาตรวจสอบขั้นตอนการ ดำเนินการว่าสอดคล้องกับ	นักเรียนสามารถให้คำแนะนำ แก่สมาชิกในกลุ่มเพื่อร่วมกัน พิจารณาตรวจสอบขั้นตอนการ ดำเนินการว่าสอดคล้องกับ	นักเรียนไม่ให้คำแนะนำแก่ สมาชิกในกลุ่มเพื่อให้ร่วมกัน พิจารณาตรวจสอบขั้นตอน การดำเนินการ รวมทั้งไม่ให้

ข้อที่	สมรรถนะ	สมรรถนะย่อย ที่ประเมิน	ระดับ		
			สูง	กลาง	ต่ำ
			เป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ มีการให้ ข้อมูลเพิ่มเติมว่าข้อผิดพลาด น่าจะเกิดขึ้นในขั้นตอนใด	เป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ แต่ไม่มี การให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า ข้อผิดพลาดน่าจะเกิดขึ้นใน ขั้นตอนใด	ข้อมูลเพิ่มเติมว่าข้อผิดพลาด น่าจะเกิดขึ้นในขั้นตอนใด
6	การสร้างและรักษา ระเบียบของกลุ่ม	อธิบาย และประพจน์ ตนตามกฎของกลุ่มที่ ได้ตั้งไว้	นักเรียนคิดว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดใน การทำงานกลุ่มคือการที่สมาชิก ทุกคนปฏิบัติตามกฎของกลุ่ม และให้เหตุผลเกี่ยวกับการที่ ปฏิบัติตามกฎจะทำให้งาน ดำเนินไปได้ดี ไม่เกิดอุปสรรค หรือข้อขัดแย้งภายในกลุ่ม และ งานที่ได้จะประสบผลสำเร็จ	นักเรียนคิดว่าสิ่งที่สำคัญที่สุด ในการทำงานกลุ่มคือการที่ สมาชิกทุกคนปฏิบัติตามกฎ ของกลุ่ม แต่ไม่ได้ให้เหตุผล เกี่ยวกับการที่ปฏิบัติตามกฎว่า จะทำให้งานดำเนินไปได้ดี ไม่ เกิดอุปสรรค หรือข้อขัดแย้ง ภายในกลุ่ม และงานที่ได้จะ ประสบผลสำเร็จ	นักเรียนคิดว่าสิ่งที่สำคัญที่สุด ในการทำงานกลุ่มคือการมี ผู้นำที่ดี

ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบประเมินแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

แบบประเมินแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาแบบทดสอบในแต่ละข้อ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับ
จุดประสงค์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยใช้เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนการ
พิจารณา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการพิจารณาปรับปรุงต่อไป

เกณฑ์การพิจารณา

- ให้ +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
- ให้ 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
- ให้ -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

นิยามศัพท์เฉพาะ

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเข้าร่วมกระบวนการแก้ปัญหาของกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการแบ่งปันความเข้าใจที่มีและรวบรวมความรู้ทักษะและความพยายามเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนด โดยแสดงออกถึงสมรรถนะหลัก 3 ด้าน ได้แก่

1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Establishing and maintaining shared understanding) หมายถึง การรู้ว่าสมาชิกในกลุ่มคนใดรู้หรือเข้าใจเรื่องใดมากที่สุด ในปัญหานั้นแล้วนำมาแบ่งปันกัน ประกอบด้วย

- 1.1 ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม
- 1.2 แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน
- 1.3 สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่ม
- 1.4 ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน

2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (Taking appropriate action to solve the problem) หมายถึง การกำหนดสิ่งที่จะต้องทำในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

- 2.1 ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
- 2.2 ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ
- 2.3 ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน
- 2.4 ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงาน

3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (Establishing and maintaining team organization) หมายถึง การติดตามบทบาทของตนเองในกลุ่มแก้ปัญหาและตรวจสอบว่าคนอื่น ๆ ทำตามหน้าที่ที่ตกลงกัน ประกอบด้วย

- 3.1 เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม
- 3.2 ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้
- 3.3 อธิบาย และประพจน์ตนตามกฎหมายของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้
- 3.4 ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สถานการณ์	จุดประสงค์ สมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบ ร่วมมือ	ข้อคำถาม	คะแนนการ พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
1. อาคารด้าน แผ่นดินไหว	เข้าใจบทบาท หน้าที่ของตนเอง และของสมาชิก กลุ่ม	1. หากนักเรียนสามารถ เลือกสมาชิกได้เพียง 4 คน เพื่อไปร่วมดำเนินการใน ภารกิจครั้งนี้ นักเรียนจะ เลือกสมาชิกคนใดบ้าง พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ				
	สื่อสารร่วมกันเพื่อ ระบุถึงปัญหา และ การดำเนินงาน ภายในกลุ่ม	2. จากสถานการณ์ที่ กำหนดให้ ปัญหาที่ทีมงาน จะต้องทำการแก้ไขคืออะไร				
	ร่วมมือกันระบุ ปัญหาเพื่อหา แนวทางที่ เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	3. นักเรียนจะต้องศึกษา ข้อมูลเรื่องใดบ้าง ในการ แก้ไขปัญหาดังกล่าว เพราะ เหตุใด				

สถานการณ์	จุดประสงค์ สมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบ ร่วมมือ	ข้อคำถาม	คะแนนการ พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
	ระบุและอธิบาย ภาระงานที่ต้อง ปฏิบัติให้เสร็จ	4. ในฐานะที่นักเรียนเป็น หัวหน้าทีม จะมีวิธีการ สื่อสารกับสมาชิกในทีม อย่างไรถึงขั้นตอนการ ดำเนินการแก้ไขปัญหา				
	ตรวจสอบและ แก้ไขความเข้าใจ ร่วมกัน	5. หลังจากทีสมาชิกในทีม เริ่มดำเนินการตามขั้นตอนที่ ตกลงร่วมกัน เมื่อดำเนินการ ไปถึงระยะหนึ่งได้เกิดข้อ ขัดแย้งกันภายในกลุ่ม เพราะมีสมาชิกคนหนึ่งเสนอ ว่าให้เปลี่ยนไปใช้ไม้เป็น โครงสร้าง แต่ก็มีสมาชิกคน อื่นที่เห็นว่าควรจะใช้เหล็กจะ ดีกว่า เพื่อให้เกิดความ ขัดแย้งน้อยที่สุด นักเรียนจะ มีวิธีการสนทนากับสมาชิก คนอื่น ๆ อย่างไร				
	ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อ ปรับปรุงในการ ทำงานร่วมกัน	6. หลังจากทีนักเรียน ออกแบบโครงสร้างอาคาร เรียบร้อยแล้ว กลับได้ ข้อเสนอเพิ่มเติมมาว่าพื้นที่ ก่อสร้างอาคารเป็นบริเวณ ราบลุ่มแม่น้ำ น้ำสามารถ ท่วมถึงได้หากเกิด แผ่นดินไหว นักเรียนจะมีการ				

สถานการณ์	จุดประสงค์ สมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบ ร่วมมือ	ข้อคำถาม	คะแนนการ พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		ปรับแก้ไขโครงสร้างที่ ออกแบบไว้อย่างไร				
2. น้ำป่าไหล หลาก	แบ่งปันข้อมูล และ ทำความเข้าใจ ปัญหาร่วมกัน	1. จากสถานการณ์ที่ กำหนดให้ ปัญหาที่จะต้อง ทำการแก้ไขคืออะไร นักเรียนและเพื่อนสมาชิกจะ ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับ อะไรบ้าง เพื่อจะนำมาแก้ไข ปัญหาดังกล่าว				
	ค้นพบมุมมองและ ความสามารถของ สมาชิกภายใน กลุ่ม	2. ในระหว่างที่ทำการแบ่ง หน้าที่ในการดำเนินการ แล้ว สรุปว่าเพื่อนสมาชิกส่วน ใหญ่ให้นักเรียนทำหน้าที่ใน การเตรียมอุปกรณ์ แต่ ในขณะนั้นนักเรียนรู้สึกว่ นักเรียนสามารถทำการ สืบค้นข้อมูลได้ดีกว่าเพื่อน สมาชิกอีกคน และนักเรียน คิดว่าเพื่อนสมาชิกคนนั้น เป็นคนที่มีความคิด สร้างสรรค์ดีจึงควรที่จะทำ หน้าที่ร่างแบบชิ้นงาน มากกว่า นักเรียนจะทำ อย่างไร จงอธิบาย				

สถานการณ์	จุดประสงค์ สมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบ ร่วมมือ	ข้อคำถาม	คะแนนการ พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
	ร่วมกันวางแผน ออกแบบ และ ดำเนินงาน	3. ให้นักเรียนออกแบบ ชิ้นงานเพื่อแก้ไขสถานการณ์ ปัญหาดังกล่าว โดยวาดภาพ ชิ้นงานพร้อมอธิบายเหตุผล ประกอบมาพอสังเขป (เลือกใช้อุปกรณ์ได้เพียง 2 ชนิดเท่านั้น)				
	ปฏิบัติงานตาม หน้าที่ที่ได้รับ มอบหมายได้	4. ถ้าในการแก้ปัญหาใน สถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนสังเกตเห็นว่ามีเพื่อน สมาชิกคนหนึ่งไม่ได้ ดำเนินการตามที่วางแผนไว้ คือ เพื่อนที่ได้รับมอบหมาย ให้เป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ใน การทดลอง แต่เพื่อนสมาชิก คนนั้นไปช่วยเพื่อนอีกคน หนึ่งสืบค้นข้อมูล ในฐานะที่ นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของ กลุ่ม นักเรียนจะอย่างไร เพราะเหตุใด				
	ร่วมกันตรวจสอบ ผลการดำเนินงาน และประเมินผล ความสำเร็จของ งาน	5. ในการดำเนินการ แก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ นักเรียนพบว่าระหว่างการ ดำเนินงานมีข้อผิดพลาด เกิดขึ้น ซึ่งทำให้ชิ้นงานไม่ เป็นไปตามที่ออกแบบไว้				

สถานการณ์	จุดประสงค์ สมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบ ร่วมมือ	ข้อคำถาม	คะแนนการ พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
		นักเรียนและเพื่อนในกลุ่มจะ ทำอะไร				
	อธิบาย และ ประพจน์ติดตาม กฎของกลุ่มที่ได้ตั้ง ไว้	6. ในการทำงานเพื่อ แก้ปัญหาในครั้งนี้ นักเรียน คิดว่าอะไรเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ระหว่าง <u>การมีผู้นำที่ดี</u> กับ <u>สมาชิกทุกคนปฏิบัติตามกฎ</u> <u>ของกลุ่ม</u> เพราะเหตุใด จง อธิบาย				

ข้อเสนอแนะ

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
 (.....)
 ตำแหน่ง.....

ภาคผนวก ฅ ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหา
แบบร่วมมือ

ตาราง 13 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ

ข้อที่	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
สถานการณ์ที่ 1						
1	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
5	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 2						
1	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
5	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	ศุภชัย เจริญสุข
วัน เดือน ปี เกิด	22 สิงหาคม 2535
ที่อยู่ปัจจุบัน	65 หมู่ 6 ตำบลลานกระบือ อำเภอลานกระบือ จังหวัด กำแพงเพชร 62170
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนนชิรปราการวิทยาคม 99/5 หมู่ 3 ตำบลนครชุม อำเภอเมืองกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร 62000
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ. 2561	ครู โรงเรียนนชิรปราการวิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร
พ.ศ. 2559	ครูผู้ช่วย โรงเรียนนชิรปราการวิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2558	กศ.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยนเรศวร