

การรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์:
กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ
**Science Teachers' Perceptions of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK):
A Case Study of Opportunity Expansion School in Chaiyaphum**

โชติกุล รินลา^{1*} ธิติยา บงกชเพชร¹ และวิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์²

Chotikun Rinla^{1*} Thitiya Bongkotphet¹ and Wipharat Chuachud Chaiyasith²

^{1*}ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

^{1*}Department of Education, Faculty of Education, Naresuan University, Thailand

²Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Thailand

ABSTRACT

Background and Objectives: Current reform efforts in science education emphasize the integration of technology to enhance instructional practices and improve student learning outcomes. To achieve this, teachers must develop the necessary knowledge and skills to effectively incorporate technology into their instruction. The Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework serves as a crucial model that helps teachers connect subject matter knowledge, pedagogical strategies, and technological tools to create meaningful learning experiences. A solid understanding of TPACK allows teachers to select appropriate technologies that align with both content and instructional methods. This ensures their teaching aligns with modern educational needs and enhances student learning outcomes. However, most existing studies on teachers' perceptions of TPACK focus primarily on assessing their perceived competency levels and their alignment with components of the framework. Studies lack an in-depth analysis of how science teachers perceive TPACK, including its characteristics, strengths, and weaknesses. Therefore, a more in-depth investigation is essential to provide professional development for teachers in Opportunity Expansion Schools, where resources are limited and traditional teaching methods persist.

Methodology: This qualitative research was conducted by means of a case study that aimed to examine the perceptions of TPACK by three lower secondary science teachers from an Opportunity Expansion School in Chaiyaphum Province, Thailand. These teachers were selected based on their self-reported low TPACK scores. The research utilized various data collection methods, including semi-structured interviews, lesson plan analysis, and classroom observations. A content analysis approach was used to examine the collected data, and triangulation was applied to ensure validity by comparing findings across different data sources. The analysis focused on the seven components of the TPACK framework: Content Knowledge (CK), Pedagogical Knowledge (PK), Pedagogical Content Knowledge (PCK), Technological Knowledge (TK), Technological Content Knowledge (TCK), Technological Pedagogical Knowledge (TPK), and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK).

Main Results: The findings revealed that the teachers' perceptions of TPACK were not aligned with most components of the framework, excluding CK. The teachers demonstrated strong CK due to their academic

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18 June 2021

Received in revised form
9 December 2021

Accepted 28 December 2021

Available online

27 February 2025

Keywords:

Teacher's perceptions

(การรับรู้ของครู),

Technological Pedagogical
Content Knowledge

(ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและ
เทคโนโลยี),

Lower secondary science
teachers

(ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา
ตอนต้น),

Opportunity Expansion
School

(โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา)

backgrounds in science and extensive teaching experience. However, their PK, PCK, TK, TCK, TPK and TPACK were limited, as their teaching relied predominantly on lectures, with little consideration for diverse or content-specific teaching strategies.

Discussion: Regarding TK and TCK, the teachers primarily used basic technologies, such as PowerPoint and video clips, and lacked the ability to incorporate additional technologies that are suitable and specific to science content. Furthermore, their TCK, TPK and TPACK demonstrated significant gaps, as the teachers struggled to integrate technology effectively into content-specific teaching strategies, which is critical for fostering analytical thinking and inquiry-based learning. The findings highlight the need to enhance science teachers' knowledge and skills in TPACK to effectively integrate technology into their teaching. In particular, emphasis should be placed on the professional development of science teachers in Opportunity Expansion Schools.

Conclusion: This study hopes to contribute to the improvement of science education by raising awareness of the need for teachers to strengthen their Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) competencies. Promotion of such training will improve science education by fostering the meaningful integration of technology in the classroom, ultimately enhancing student outcomes.

**Corresponding author*

E-mail address: r.chotikun@gmail.com

บทคัดย่อ

ที่มาและวัตถุประสงค์: การปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน และปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนของครู จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ครูต้องมีความรู้ความเข้าใจในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการสอนโดยใช้กรอบแนวคิด TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) ซึ่งเป็นกรอบสำคัญที่ช่วยให้ครูสามารถผสานเนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสอน อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ผ่านมาเน้นการประเมินระดับการรับรู้ของครูมากกว่าการวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับลักษณะ จุดเด่น และจุดด้อย ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาวิชาชีพครู โดยเฉพาะในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาที่มักเผชิญกับปัญหาขาดแคลนสื่อการสอน และการพึ่งพาวิธีการสอนแบบดั้งเดิม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้ TPACK ของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา เพื่อหาแนวทางพัฒนาการสอนที่ผสานเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีวิจัย: การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพในรูปแบบกรณีศึกษา โดยศึกษาครูวิทยาศาสตร์ 3 คนในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาจังหวัดชัยภูมิ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ TPACK ในระดับต่ำ เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแบบสัมภาษณ์ กึ่งโครงสร้าง แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสังเกตการสอนในห้องเรียน ข้อมูลที่ได้ถูกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา และตรวจสอบความน่าเชื่อถือด้วยวิธีการตรวจสอบสามเส้า (Triangulation) โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ และการสังเกตการปฏิบัติการสอนมาพิจารณาเทียบกับ กรอบแนวคิด TPACK 7 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ในเนื้อหา (CK), ความรู้ในวิธีสอน (PK), ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK), ความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK), ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK), ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK) และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK)

ผลการวิจัย: พบว่าครูทั้งสามคนมีการรับรู้ TPACK ที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดในองค์ประกอบส่วนใหญ่ ยกเว้นในด้านความรู้ในเนื้อหา (CK) ที่ครูมีความชำนาญเนื่องจากการศึกษาในสาขาวิทยาศาสตร์และประสบการณ์สอนที่ยาวนาน อย่างไรก็ตาม ในด้านความรู้ในวิธีสอน (PK) และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) ครูยังคงเน้นการบรรยายโดยไม่คำนึงถึงวิธีสอนที่หลากหลายและเหมาะสมกับเนื้อหา ขณะที่ด้านความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) และความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK) ครูมีการใช้เทคโนโลยีที่จำกัด เช่น PowerPoint และคลิปวิดีโอ และยังขาดการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการเรียนรู้ในลักษณะส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการสืบเสาะหาความรู้

อภิปรายผล: ครูส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีพื้นฐาน เช่น โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอ แต่ยังขาดทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมและเฉพาะเจาะจงสำหรับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ความรู้ทางเทคโนโลยีเชิงการสอน (TPK) และความรู้ทางเทคโนโลยีเชิงเนื้อหาและการสอน (TPACK) ของครูยังเป็นช่องว่างที่สำคัญ เนื่องจากครูประสบปัญหาในการผสานเทคโนโลยีเข้ากับการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาความรู้และทักษะของครูวิทยาศาสตร์ในด้าน TPACK เพื่อให้สามารถบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งเสริมการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูในโรงเรียนขยายโอกาส

บทสรุป: งานวิจัยนี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการพัฒนาวิชาชีพครูในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ในการออกแบบโปรแกรมพัฒนาครู และกำหนดนโยบายที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับแนวคิด TPACK

บทนำ

การปฏิรูปการศึกษาศาสตร์ในปัจจุบันสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งให้ความสำคัญกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครู (Yeh et al., 2015) ดังนั้นครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนที่เรียกว่าความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge, TPACK) (Mishra & Koehler, 2006) โดยกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีอธิบายความรู้ของครูในการเชื่อมโยงความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ ความรู้ในวิธีสอน และความรู้ด้านเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน หากครูมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี จะช่วยให้ครูสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่สอนและวิธีสอน ซึ่งจะส่งผลให้ครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งช่วยให้ครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการสอนโดยใช้เทคโนโลยีในการสอนแนวคิดที่ยากต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน (Koehler & Mishar, 2009) ดังนั้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงมีความสำคัญต่อครูผู้สอนเนื่องจากเป็นความรู้ที่ช่วยให้ครูสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับวิธีการจัดการเรียนการสอนและธรรมชาติของเนื้อหาวิชา

การพัฒนาวิชาชีพครูให้มีความสำคัญกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก และเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจในด้านครุศึกษาและวิทยาศาสตร์ศึกษาเนื่องจากเป็นชุดความรู้ของครูซึ่งบูรณาการเทคโนโลยี ศาสตร์การสอนกับความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (Archambault & Barnett, 2010) และ

เป็นแนวคิดที่บูรณาการเทคโนโลยีไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Angeli & Valanides, 2009; Novak & Krajick, 2006) รวมทั้ง Niess (2005) อธิบายกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับแนวคิดด้านเนื้อหา หลักสูตร วิธีสอน และการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เหมาะสมกับการใช้เทคโนโลยี ในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงใช้มุมมองการบูรณาการระหว่างความรู้ในเนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีโดยใช้สื่อเทคโนโลยีสารสนเทศมาบูรณาการในการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ (Jimoyiannis, 2010) นอกจากนี้ McCrory (2008) ได้อธิบายความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยความรู้ในหลักสูตรที่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยี ความรู้ด้านเทคโนโลยีและวิธีการใช้เทคโนโลยี อีกทั้งความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยียังเป็นรูปแบบความรู้ที่ใช้เทคโนโลยีส่งเสริมวิธีสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน (Graham et al., 2009)

อย่างไรก็ตามกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการวิจัยทางด้านครุศึกษาและวิทยาศาสตร์ศึกษาคือกรอบแนวคิดของ Mishra and Koehler (2006) ซึ่งเป็นความรู้ที่มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ 1) ความรู้ในเนื้อหา (CK) เป็นความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะที่สอน 2) ความรู้ในวิธีสอน (PK) เป็นครูเกี่ยวกับวิธีสอนและการเรียนรู้ และ 3) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) เป็นความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี ซึ่งทั้ง 3 ส่วนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันทำให้เกิดองค์ประกอบอีก 4 ส่วน ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหาวิชา 2) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK) เป็นความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิชา 3) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK) เป็นความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน และ 4) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) เป็นความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอนในการจัดการเรียนรู้

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของครูคือการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เนื่องจากการรับรู้ของครูมีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อการปฏิบัติการสอนในห้องเรียน ในปัจจุบันมีการศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูอย่างแพร่หลาย ดังเช่นงานวิจัยของ Koh et al. (2013) ซึ่งพบว่าการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูมีผลต่อการใช้เทคโนโลยีกับการสอนในห้องเรียน และ Lin et al. (2013) พบว่า ครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้ในแต่ละองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีซึ่งมีความสัมพันธ์ทางบวกต่อกันและจะส่งเสริมความมั่นใจในการออกแบบบทเรียนที่มีการใช้เทคโนโลยี (Koh et al., 2015) นอกจากนี้ยังพบว่าครูที่มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีมีปัญหาน้อยกว่าในการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (Koh & Chai, 2014) รวมถึงครูวิทยาศาสตร์มีความมั่นใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีและความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในระดับต่ำ (Graham et al., 2009) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการศึกษารับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูส่วนใหญ่บอกได้เพียงว่าครูมีการรับรู้ในระดับใดและมีความสอดคล้องกันระหว่างองค์ประกอบหรือไม่ แต่ยังไม่ปรากฏการ

อธิบายถึงลักษณะการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์เชิงลึกว่ามีลักษณะอย่างไร มีจุดเด่นหรือจุดด้อยอย่างไร ซึ่งจะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กระทรวงศึกษาธิการได้จัดตั้งโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษามีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมให้ประชาชนได้รับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตครอบคลุมทุกพื้นที่ โดยจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นประถมศึกษาถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและบางแห่งจัดการเรียนการสอนจนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อยู่ในสังกัดของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา จากรายงานการจัดการศึกษาในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่โรงเรียนมีสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ ครูขาดความรู้ความเข้าใจในการกระบวนการจัดการเรียนรู้และส่วนใหญ่มักจะใช้วิธีสอนแบบบรรยาย (Office of the National Primary Education Office, 1993) ดังนั้นความท้าทายของการบริหารจัดการด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันของโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาคือครูจะสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อย่างไรจึงจะสามารถพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ตามเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น ความเชื่อของครูเกี่ยวกับการสอนโดยใช้เทคโนโลยี การเข้าถึงทรัพยากรทางด้านเทคโนโลยี บริบทและวัฒนธรรมในสถานศึกษา (Guzey & Roehrig, 2012) รวมทั้งภาระงานของครูที่มีในปริมาณมากทำให้ครูมีเวลาจำกัดในการออกแบบการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยี (Shamburg, 2004)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาเป็นกรณีศึกษา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้รูปแบบกรณีศึกษา (Yin, 2014) ซึ่งเป็นการสำรวจตรวจสอบและสร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ในบริบทการปฏิบัติการสอนจริงของโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่ง

พลวิจัย

พลวิจัยเป็นครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกกรณีศึกษาซึ่งพิจารณาจาก 1) ผล

การสำรวจความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดชัยภูมิโดยใช้แบบสำรวจออนไลน์ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ 5 ระดับ (Likert Scale) จำนวน 28 ข้อ ครอบคลุมทั้ง 7 องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกจากครูที่มีคะแนนเฉลี่ยความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.80-2.59 (Timur & Tasar, 2011) เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ควรได้รับการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีซึ่งผู้วิจัยจำเป็นต้องทำการศึกษารับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพต่อไป 2) ความยินยอมด้วยความสมัครใจที่จะเข้าร่วมงานวิจัย โดยผู้วิจัยแจ้งสาระสำคัญและวัตถุประสงค์การวิจัย ลักษณะของผู้เข้าร่วมในการวิจัย เหตุผลและวิธีการที่ใช้ในการเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลและการรักษาความลับของข้อมูลให้กับครูที่มีคะแนนเฉลี่ยความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่จัดอยู่ในระดับต่ำได้รับทราบแล้วสอบถามความสมัครใจในการให้ข้อมูลวิจัย โดยผู้วิจัยได้จัดทำเป็นเอกสารให้ข้อมูลเพื่อขอความยินยอมและให้ผู้ยินยอมลงนามไว้เป็นหลักฐาน จากเกณฑ์การคัดเลือกดังกล่าว พบว่า ได้กรณีศึกษาจำนวน 3 คน ได้แก่ ครูวีณา ครูอารีย์ และครูสมพล (นามสมมติ) ซึ่งเป็นครูในโรงเรียนเดียวกัน ดังรายละเอียดในตาราง 1 (Table 1)

ตาราง 1. ข้อมูลแสดงลักษณะของพลวิจัย

Table 1. Information of Participants

ครู (Teacher)	เพศ (Sex)	อายุ (Age)	ประสบการณ์ สอน (ปี) (Experience -year)	การศึกษา (Education)	ตำแหน่ง (Position)	ระดับ ชั้นที่สอน (Grade Level)	วิชาที่สอน (Subject)	จำนวน คาบ สอนวิชา วิทยาศาสตร์ (Number of Teaching Hours)	การเข้าร่วม อบรมเกี่ยวกับ ความรู้ใน เนื้อหาผนวก วิธีสอนและ เทคโนโลยี (Participation in the TPACK workshop)
วีณา (Weena)	หญิง (Female)	38	8	ค.บ. (วิทยาศาสตร์) B.Ed. (General Science)	ครู คศ.1 (Practitioner Level)	ม.1 (Grade 7) ม.2 (Grade 8)	- วิทยาศาสตร์พื้นฐาน (Basic Science) - วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (Additional Science) - วิทยาศาสตร์พื้นฐาน (Basic Science)	20	ไม่เคย (never)
อารีย์ (Aree)	หญิง (Female)	27	3	ค.บ. (ชีววิทยา) B.Ed. (Biology)	ครู คศ.1 (Practitioner Level)	ม.2 (Grade 8) ม.4-6 (Grade 10-12)	- วิทยาศาสตร์พื้นฐาน (Basic Science) - ชีววิทยา (Biology)	20	ไม่เคย (never)
สมพล (Sompol)	ชาย (Male)	32	6	วท.บ. (ฟิสิกส์) ค.ม. (การบริหาร การศึกษา) B.Sc. (Physics) M.Ed. (Educational Administration)	ครู คศ.1 (Practitioner Level)	ม.3 (Grade 9) ม.4-5 (Grade 10-11)	- วิทยาศาสตร์พื้นฐาน (Basic Science) - ฟิสิกส์ (Physics)	20	ไม่เคย (never)

เครื่องมือวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ใช้กรอบแนวคิดของ Mishar and Koehler (2006) ซึ่งมี 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา 2) ความรู้ในวิธีสอน 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน 4) ความรู้ด้านเทคโนโลยี 5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี และ 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งกำหนดกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีโดยจำแนกตามองค์ประกอบ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจำแนกตามตามองค์ประกอบ

Table 2. Technological Pedagogical Content Knowledge Framework

นิยามองค์ประกอบ TPACK (Definition of TPACK component)	การปฏิบัติของครูที่สะท้อนถึงองค์ประกอบ TPACK (Teacher practices reflecting on TPACK component)
1) ความรู้ในเนื้อหา หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (Content Knowledge (CK) is scientific knowledge.)	<ul style="list-style-type: none"> - ครูอธิบายเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Teacher explains scientific knowledge related to scientific concepts.) - ครูระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Teacher identifies main idea of lesson plan related to scientific concepts.) - ครูปฏิบัติการสอนด้านเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Teacher practices teaching contents related to scientific concepts.)
2) ความรู้ในวิธีสอน หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน (Pedagogical Knowledge (PK) is knowledge of teaching method that enhances the learning of the learners.)	<ul style="list-style-type: none"> - ครูอธิบายวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ถูกต้อง (Teacher accurately explains the teaching method that promotes learning.) - ครูเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน (Teacher designs lesson plans by using the teaching method that promotes learning.) - ผู้เรียน (Teacher practices teaching methods that promote learning.)
3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (Pedagogical Content Knowledge (PCK) is knowledge of teaching method that is specific to the scientific knowledge.)	<ul style="list-style-type: none"> - ครูอธิบายวิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหา (Teacher accurately explains the teaching method that is specific to scientific knowledge.) - ครูเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหา (Teacher designs lesson plans by using the teaching method that is specific to scientific knowledge.) - ครูปฏิบัติการสอนโดยใช้วิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหา (Teacher practices using the teaching method that is specific to scientific knowledge.)
4) ความรู้ด้านเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน (Technological Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> - ครูอธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ - อย่างหลากหลาย (Teacher explains a variety of technologies used in instruction.) - ครูระบุเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในแผนการ

ตารางที่ 2. (ต่อ)

Table 2. (Cont.)

นิยามองค์ประกอบ TPACK (Definition of TPACK component)	การปฏิบัติของครูที่สะท้อนถึงองค์ประกอบ TPACK (Teacher practices reflecting on TPACK component)
(TK) is knowledge about technology for instruction.)	<ul style="list-style-type: none"> - จัดการเรียนรู้ได้หลากหลาย (Teacher identifies technologies used in lesson plans.) - ครูปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลาย (Teacher practices utilizing various kinds of technologies.)
5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (Technological Content Knowledge (TCK) is knowledge about technology that is specific to scientific knowledge.)	<ul style="list-style-type: none"> - ครูอธิบายเทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหา (Teacher accurately explains the technologies that are specific to scientific knowledge.) - ครูระบุเทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้ (Teacher identifies the technologies that are specific to scientific knowledge in lesson plans.) - ครูปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหา (Teacher practices utilizing technologies that are specific to scientific knowledge.)
6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน (Technological Pedagogical Knowledge (TPK) is knowledge of technology that is suitable for teaching methods.)	<ul style="list-style-type: none"> - ครูอธิบายเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน (Teacher accurately explains the technologies that are suitable for teaching methods.) - ครูระบุเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ (Teacher identifies the technologies that are suitable for teaching methods in lesson plans.) - ครูปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน (Teacher practices utilizing technologies that are suitable for teaching methods.)
7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และเหมาะสมกับวิธีสอน (Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) is knowledge of the use technology that is specific to the scientific content and suitable for teaching methods.)	<ul style="list-style-type: none"> - ครูอธิบายเทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน (Teacher accurately explains the technologies that are specific to the scientific content and suitable for teaching methods.) - ครูระบุการใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ (Teacher identifies the technologies that are specific to the scientific content and suitable for teaching methods in lesson plans.) - ครูปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน (Teacher practices utilizing technologies that are specific to the scientific content and suitable for the teaching methods.)

จากตารางที่ 2 แสดงการปฏิบัติของครูที่สะท้อนถึงกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีทั้ง 7 องค์ประกอบ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าครูมีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีสอดคล้องกับกรอบแนวคิดหรือไม่ อย่างไร กล่าวคือในการตอบคำถามจากการสัมภาษณ์ การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนต้องสะท้อนถึงกรอบแนวคิดในแต่ละองค์ประกอบจึงจะสามารถสรุปได้ว่าครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีสอดคล้องกับกรอบแนวคิด

เครื่องมือวิจัยมี 3 ประเภท ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน เมื่อสร้างเครื่องมือวิจัยแล้วจึงได้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบจากนั้นจึงให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญทางด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนเกี่ยวกับนิยามความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในสัปดาห์ที่ 18-19 (เดือนกุมภาพันธ์) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1. แบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครู โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง แบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี รวมทั้งสิ้นจำนวน 15 ข้อ หลังจากให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ พบว่ามีข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ มีความไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จึงทำการตัดข้อคำถามออก ได้ข้อคำถามที่สามารถนำไปใช้จริงจำนวน 11 ข้อ จึงได้ทำการสัมภาษณ์ครูเป็นรายบุคคล โดยการบันทึกเสียง ใช้เวลาคนละ 40 นาที ในสัปดาห์ที่ 18

2. แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูจากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ มีรูปแบบเป็นตารางวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ ตอนที่ 2 ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นแบบให้ครูเขียนบรรยายกิจกรรมการเรียนรู้และผู้วิจัยเขียนตีความและวิเคราะห์แยกตามองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี หลังจากให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบได้ให้เพิ่มหัวข้อหลักฐานที่พบ โดยผู้วิจัยวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ของครู รายละเอียด 2 แผน ก่อนการสังเกตการปฏิบัติการสอน

3. แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูจากการปฏิบัติการสอนในห้องเรียน โดยมีรูปแบบเป็นตารางบันทึกพฤติกรรม การสอนของครูในแต่ละช่วงเวลา ประกอบด้วยผลการสังเกตและการตีความสิ่งที่เกิดขึ้นตามองค์ประกอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี หลังจากให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบได้ให้เพิ่มหัวข้อหลักฐานที่พบ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตการปฏิบัติการสอนครูรายละเอียด 2 ครั้ง ครั้งละ 50 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตการปฏิบัติการสอนเพียงคนเดียว

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา โดยเตรียมข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ด้วยการถอดเทปแบบคำต่อคำในส่วนแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ครูได้ระบุและเขียนอธิบายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งแบบการสังเกตการปฏิบัติการสอนผู้วิจัยได้บันทึกเหตุการณ์ในห้องเรียนทุก ๆ 5 นาที ขณะที่ครูปฏิบัติการสอนแล้วจึงทำการตีความตามกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี จากนั้นให้รหัสข้อมูลและทำการจัดหมวดหมู่ข้อมูล รวมทั้งการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของงานวิจัยโดยใช้

วิธีการตรวจสอบสามเส้าแบบข้ามวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล (Buaraphan, 2017) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ และการสังเกตการปฏิบัติการสอนมาพิจารณาเทียบกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เพื่อตรวจสอบว่าครูมีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีสอดคล้องกับกรอบแนวคิดหรือไม่ อย่างไร จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง 3 วิธีมาพิจารณาว่าข้อค้นพบเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

ผลการศึกษา

การเสนอผลการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอเป็นรายกรณีศึกษาและรายงานตามองค์ประกอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กรณีศึกษาที่ 1 ครูวีณา

ครูวีณาอายุ 41 ปี จบวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีประสบการณ์การสอน 10 ปี วิทย์ฐานะชำนาญการ มีความตั้งใจในการสอน มีการจัดการชั้นเรียนได้ดี นักเรียนส่วนใหญ่ชอบเรียนกับครูวีณา ยังไม่เคยเข้ารับการอบรมเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งครูวีณามีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1. ด้านความรู้ในเนื้อหา ครูวีณามีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์การสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูวีณามีความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างจากการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าครูวีณาอธิบายแนวคิดเรื่องชั้นบรรยากาศได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น

“บรรยากาศของโลกจะแบ่งเป็น 5 ชั้น แบ่งโดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูง ได้แก่ ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโทสเฟียร์ ชั้นมีโซสเฟียร์ ชั้นเทอร์โมสเฟียร์ แล้วก็ชั้นเอกโซสเฟียร์ แต่ละชั้นจะมีประโยชน์ต่างกัน” (Veena, Interview, February 2020)

“บรรยากาศของโลกแบ่งเป็น 5 ชั้น โดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูงแบ่งบรรยากาศเป็น 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโทสเฟียร์ ชั้นมีโซสเฟียร์ ชั้นเทอร์โมสเฟียร์ และชั้นเอกโซสเฟียร์ ซึ่งบรรยากาศแต่ละชั้นมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตแตกต่างกัน” (Veena, Lesson Plan, February 2020)

“จากภาพนักเรียนจะเห็นว่าบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์อุณหภูมิจะลดลงตามความสูงและจะเกิดพายุ ชั้นสตราโทสเฟียร์เป็นชั้นที่อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นตามความสูงจากผิวโลกและจะมีโอโซนอยู่มาก รวมทั้งดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ไว้ได้ด้วย ดังนั้นชั้นนี้สำคัญไหมคะ นักเรียน ต่อมาชั้นมีโซสเฟียร์เป็นชั้นที่อุณหภูมิจะลดลงตามความสูงและมีสัดส่วนของแก๊สใน

อากาศคงที่เหมือนสองชั้นแรก และสุดท้ายคือชั้นเทอร์โมสเฟียร์อุณหภูมิก็จะเพิ่มตามความสูง อากาศแตกตัวเป็นประจุ และสะท้อนคลื่นวิทยุได้นั่นเองค่ะ” (Veena, Teaching Observation, February 2020)

2. ด้านความรู้ในวิธีสอน ครูวิณามีการรับรู้ความรู้ในวิธีสอนไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิณารู้จักวิธีสอน ได้แก่ วิธีสอนแบบทดลอง แบบโครงงาน การใช้เทคนิคแบบร่วมมือ และการใช้รูปแบบ 5E แต่อย่างไรก็ตามครูวิณามีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับรูปแบบการสอน 5E ดังตัวอย่างจากการสัมภาษณ์จะเห็นได้ว่าครูวิณาเข้าใจว่าชั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่ครูบรรยายความรู้เพิ่มเติมซึ่งควรจะเป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ตัวอย่างเช่น

“ในชั้นขยายความรู้ ครูก็จะบรรยายความรู้เพิ่มเติมในเนื้อหาที่เรียนแก่นักเรียนเพื่อให้ให้นักเรียนได้ขยายความรู้เพิ่มมากขึ้น” (Veena, Interview, February 2020)

เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิณาใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนเรื่ององค์ประกอบของชั้นบรรยากาศ ครูวิณาใช้วิธีสอนแบบบรรยาย แต่อย่างไรก็ตามในการสอนสามารถใช้เทคนิคผังกราฟิก เพื่อให้ผู้เรียนอธิบายองค์ประกอบของชั้นบรรยากาศได้ ตัวอย่างเช่น

“ชั้นสอน: ครูใช้โปรแกรม PowerPoint นำเสนอรูปภาพกราฟิกต่าง ๆ เกี่ยวกับองค์ประกอบของบรรยากาศและชั้นบรรยากาศ” (Veena, Lesson Plan, February 2020)

“ดังนั้นองค์ประกอบของบรรยากาศจะ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1. อากาศแห้ง 2. ไอน้ำ 3. อนุภาคของฝุ่น ถูกไหมคะ” (Veena, Teaching Observation, February 2020)

3. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน ครูวิณามีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการสัมภาษณ์พบว่า ครูวิณายังมีความเข้าใจที่ไม่สอดคล้องกับวิธีสอนที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์จะเห็นได้ว่าครูวิณาเลือกวิธีสอนโดยไม่ได้คำนึงถึงเนื้อหาที่สอน ซึ่งการเลือกเลือกวิธีสอนแบบต่าง ๆ ควรพิจารณาจากเนื้อหาสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดเพื่อนำมาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น

“การสอนแบบบรรยาย การสอนแบบกลุ่มและการสอนแบบ 5E สอนได้ทุกเนื้อหา การสอนแบบทดลอง ใช้สอนเนื้อหาที่ต้องเห็นการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาต่าง ๆ” (Veena, Interview, February 2020)

เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิณาใช้วิธีสอนแบบบรรยายเรื่องชั้นบรรยากาศและให้ผู้เรียนบันทึกเนื้อหาที่ครูบรรยาย ซึ่งควรให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลอง

ชั้นบรรยากาศและนำมาตรวจสอบกับการแบ่งชั้นบรรยากาศของนักวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูวิณาใช้การสอนแบบบรรยายเรื่องชั้นบรรยากาศตัวอย่างเช่น

“ครูอธิบายว่า ที่ระดับความสูงจากพื้นดินขึ้นไป ระดับความสูงที่แตกต่างกันจะมีองค์ประกอบของบรรยากาศและอุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน” (Veena, Lesson Plan, February 2020)

“จากภาพนักเรียนเห็นไหมคะ ว่าเราใช้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูงมาเป็นตัวแบ่งชั้นบรรยากาศ ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 ชั้น แต่ละชั้นก็จะมีลักษณะที่ต่างกัน เช่น ชั้นเทอร์โมสเฟียร์เป็นชั้นล่างสุดก็จะสามารถสะท้อนคลื่นวิทยุได้” (Veena, Teaching Observation, February 2020)

4. ด้านความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี ครูวิณามีการรับรู้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์การสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่าครูวิณารู้จักการใช้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์ โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอจากยูทูป ซึ่งจัดเป็นเทคโนโลยีพื้นฐาน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ใช้ในเรียนรู้อีกหลายชนิด เช่น เทคโนโลยี AR สถานการณ์จำลอง PhET ดังตัวอย่างจากการสัมภาษณ์จะเห็นได้ว่าครูวิณารู้จักเพียงเทคโนโลยีพื้นฐาน ตัวอย่างเช่น

“เทคโนโลยีที่ใช้สอนที่รู้จัก คือ โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์ PowerPoint คลิปวิดีโอจากยูทูปค่ะ”
(Veena, Interview, February 2020)

เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิณามักจะใช้โปรแกรม PowerPoint ในการสอน อย่างไรก็ตามสามารถใช้เทคโนโลยีประเภทอื่นร่วมในการจัดการเรียนการสอนได้ เช่น โปรแกรม PhET Kahoot ดังตัวอย่างจากแผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูวิณามักจะใช้โปรแกรม PowerPoint ในการสอน ตัวอย่างเช่น

“สื่อการเรียนรู้ : โปรแกรม PowerPoint เรื่อง บรรยากาศ” (Veena, Lesson Plan, February 2020)
“นักเรียนดูแผนภาพชั้นบรรยากาศในสไลด์ PowerPoint บนกระดานไปพร้อม ๆ กันนะคะ”
(Veena, Teaching Observation, February 2020)

5. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ครูวิณามีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิณาใช้โปรแกรม PowerPoint ในการสอนเนื้อหาเรื่องชั้นบรรยากาศ ทั้งที่สามารถใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR เพื่อให้นักเรียนศึกษาแบบจำลองภาพเคลื่อนไหว 3 มิติที่แสดงลักษณะสำคัญของชั้นบรรยากาศแต่ละชั้น ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการ

ปฏิบัติการสอนเรื่องชั้นบรรยากาศซึ่งครูวินาใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ในการบรรยายลักษณะของชั้นบรรยากาศ ตัวอย่างเช่น

“ส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรม PowerPoint สอนทุกเนื้อหา ถ้าเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับสารและการเปลี่ยนแปลงที่เห็นภาพได้ยากก็จะใช้คลิปวิดีโอจากยูทูป เนื่องจาก โปรแกรม PowerPoint ที่ตรงกับเนื้อหาที่สอนสามารถหาได้จากอินเทอร์เน็ต ส่วนคลิปวิดีโอที่หาจากยูทูป ทำให้สะดวกต่อการสอน” (Veena, Interview, February 2020)

“ครูอธิบายลักษณะของชั้นบรรยากาศโดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูงซึ่งแบ่งบรรยากาศเป็น 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโทสเฟียร์ ชั้นมีโซสเฟียร์ ชั้นเทอร์โมสเฟียร์ และชั้นเอกโซสเฟียร์ และใช้แผนภาพในโปรแกรม PowerPoint ประกอบการอธิบาย” (Veena, Lesson Plan, February 2020)

“จากภาพในสไลด์ จะเห็นว่าชั้นโทรโพสเฟียร์เป็นชั้นที่เกิดพายุคะนอง ชั้นสตราโทสเฟียร์เป็นชั้นที่โอโซนอยู่มากและดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ ชั้นมีโซสเฟียร์เป็นชั้นที่อุณหภูมิลดลงตามความสูง ชั้นเทอร์โมสเฟียร์จะสะท้อนคลื่นวิทยุได้” (Veena, Teaching Observation, February 2020)

6. ด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี ครูวินามีการรับรู้ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ และการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวินาใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบการสอนแบบบรรยาย ซึ่งไม่มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูวินาใช้โปรแกรม PowerPoint ในการบรรยาย ตัวอย่างเช่น

“ส่วนใหญ่ใช้โปรแกรม PowerPoint และเปิดคลิปวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอนให้นักเรียนดู และจดบันทึกตาม เนื่องจาก โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอเป็นสื่อเทคโนโลยีที่ทำได้ง่าย สะดวกต่อการใช้งานและการสอน” (Veena, Interview, February 2020)

“ชั้นสอน ครูอธิบายลักษณะของชั้นบรรยากาศโดยใช้แผนภาพจากโปรแกรม PowerPoint และให้นักเรียนบันทึกสาระสำคัญลงในใบกิจกรรม” (Veena, Lesson Plan, February 2020)

“จากภาพในสไลด์นักเรียนจะสังเกตได้ว่าชั้นบรรยากาศแต่ละชั้นมีระดับความสูงที่ต่างกันและมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันด้วย” (Veena, Teaching Observation, February 2020)

7. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ครูวินามีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้

และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวีณาใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบการบรรยายเรื่อง ชั้นบรรยากาศ ซึ่งควรใช้เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และอธิบายแนวคิดเรื่องชั้นบรรยากาศ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์และการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้จะเห็นได้ว่าครูวีณาใช้โปรแกรม PowerPoint ในการบรรยายเรื่องชั้นบรรยากาศ ตัวอย่างเช่น

“ก็จะใช้ภาพที่สื่อถึงชั้นบรรยากาศแล้วถามนักเรียนว่าชั้นบรรยากาศมีกี่ชั้น แล้วก็จะเปิดภาพใน PowerPoint ที่เป็นชั้นบรรยากาศและมีการแบ่งชั้น พร้อมกับอธิบายลักษณะสำคัญของแต่ละชั้นกับนักเรียน” (Veena, Interview, February 2020)

“ครูใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนว่า การแบ่งชั้นบรรยากาศมีผลต่อลักษณะของบรรยากาศแต่ละชั้นและการใช้ประโยชน์จากชั้นบรรยากาศแต่ละชั้นอย่างไร...”

“ครูอธิบายประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้นโดยใช้แผนภาพในโปรแกรม PowerPoint ประกอบการอธิบาย” (Veena, Lesson Plan, February 2020)

“จากภาพในสไลด์ นักเรียนจะเห็นว่าชั้นบรรยากาศจะมีอุณหภูมิต่างกัน เช่น ชั้นโทรโพสเฟียร์เป็นชั้นที่อุณหภูมิจะลดลงตามความสูงจากผิวโลก ชั้นสตราโทสเฟียร์อุณหภูมิจะเพิ่มตามความสูงจากผิวโลก” (Veena, Teaching Observation, February 2020)

กรณีศึกษาที่ 2 ครูอารีย์

ครูอารีย์อายุ 26 ปี จบวิชาเอกชีววิทยา ได้รับมอบหมายให้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีประสบการณ์สอน 4 ปี ยังไม่มีวิทยฐานะ ยังไม่เคยเข้ารับการอบรมเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งครูอารีย์มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1. ด้านความรู้ในเนื้อหา ครูอารีย์มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอารีย์มีความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างจากการสัมภาษณ์และการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูอารีย์อธิบายแนวคิดเรื่องดินได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น

“ดินเกิดจากหินที่ผุพังผสมคลุกเคล้ากับซากพืชซากสัตว์ทับถมเป็นชั้น ๆ” (Ari, Interview, February 2020)

“ดินเกิดจากหินที่ผุพังตามธรรมชาติผสมคลุกเคล้ากับอินทรีย์วัตถุจากการเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์ทับถมเป็นชั้น ๆ บนผิวโลก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงและสลายตัวของสสารต้นกำเนิดดินมีลำดับขั้นตอน คือ การผุพัง การสลายตัว และการสร้างดิน” (Ari, Lesson Plan, February 2020)

“ชั้นหน้าตัด ดินมี 6 ชั้น นะคะ แต่ละชั้นมีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกัน ดังนี้ 1) ชั้นอินทรีวัตถุ หรือชั้น O เป็นชั้นที่มีสีดำ เนื่องจากมีการสะสมสารอินทรีวัตถุ ทำให้ยังคงมองเห็นซากใบไม้ กิ่งไม้ รากไม้ 2) ชั้นดินแร่ หรือชั้น A ชั้นนี้อินทรีวัตถุสลายตัวและผสมคลุกเคล้ากับแร่ธาตุที่อยู่ภายในดิน 3) ชั้นชะล้าง หรือชั้น E เป็นชั้นดินที่มีสีซีดจาง มีปริมาณอินทรีวัตถุน้อยกว่าชั้น A 4) ชั้นดินล่าง หรือชั้น B เป็นชั้นที่มีการสะสมของตะกอนและแร่ธาตุ 5) ชั้นการผุพังของหิน หรือชั้น C เป็นชั้นหิน ต้นกำเนิด หรือหินดินดานผุพังทลายลงกลายเป็นเศษหินที่มีลักษณะเป็นก้อน หรือฝุ่น 6) ชั้นหิน พื้นฐาน หรือชั้น R ป็นชั้นหินแข็งที่ยังไม่ผุพังสลายตัว นั่นเอง” (Ari, Teaching Observation, February 2020)

2. ด้านความรู้ในวิธีสอน ครูอริย์มีการรับรู้ความรู้ในวิธีสอนไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอริย์รู้จักวิธีสอน ได้แก่ วิธีสอนแบบบรรยาย แบบสาธิต แบบทดลอง การใช้เกมและการสอนโดยใช้รูปแบบ 5E แต่อย่างไรก็ตามครูอริย์มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการสอนรูปแบบ 5E ดังตัวอย่างจากการสัมภาษณ์ ครูอริย์เข้าใจว่าขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุปครูเป็นผู้สรุปความรู้แก่ผู้เรียนซึ่งควรจะเป็นขั้นที่ผู้เรียนได้อภิปราย เพื่อสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง ตัวอย่างเช่น

“ในขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุปครูจะอธิบายเนื้อหาแบบสรุปและให้นักเรียนจดบันทึก”

(Ari, Interview, February 2020)

เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอริย์ใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนเรื่ององค์ประกอบของชั้นของดิน ครูวิเคราะห์วิธีสอนแบบบรรยาย แต่อย่างไรก็ตามสามารถใช้การสร้างแบบจำลอง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบายองค์ประกอบชั้นของดินได้ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องชั้นบรรยากาศ

“ขั้นสอน: ครูใช้โปรแกรม PowerPoint นำเสนอรูปภาพกราฟิกต่าง ๆ เกี่ยวกับองค์ประกอบของบรรยากาศและชั้นบรรยากาศ” (Ari, Lesson Plan, February 2020)

“จากภาพนะคะ นักเรียนจะเห็นว่าชั้นหน้าตัดดินมีทั้งหมด 6 ชั้น ได้แก่ 1) ชั้นอินทรีวัตถุ หรือชั้น O จะมีการสะสมอินทรีวัตถุพวกซากใบไม้ กิ่งไม้ รากไม้ ดังนั้นจะเห็นดินชั้นนี้มีสีดำ 2) ชั้นดินแร่ หรือชั้น A ชั้นนี้ก็จะมีความอินทรีวัตถุสลายตัวแล้วก็ผสมคลุกเคล้ากับแร่ธาตุในดิน 3) ชั้นชะล้าง หรือชั้น E ชั้นนี้จะมีสีค่อนข้างซีดจาง เพราะมีอินทรีวัตถุน้อย 4) ชั้นดินล่าง หรือชั้น B เป็นชั้นที่มีการสะสมของตะกอนและแร่ธาตุ 5) ชั้นการผุพังของหิน หรือชั้น C ก็จะเป็นพวกหิน ต้นกำเนิด เช่น หินดินดาน มันก็จะผุพังกลายเป็นเศษหินก้อน ๆ ” (Ari, Teaching Observation, February 2020)

3. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน ครูอริย์มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ พบว่า ครูอริย์ยังมีความเข้าใจที่ไม่สอดคล้องกับวิธีสอนที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์จะเห็นได้ว่าครูอริย์เลือกวิธีสอนโดยไม่ได้คำนึงถึงเนื้อหาที่สอน ซึ่งการเลือกวิธีสอนแบบต่าง ๆ ควรพิจารณาจากเนื้อหา สารการเรียนรู้และตัวชี้วัดเพื่อนำมาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น

“การสอนแบบบรรยาย การสอนแบบ SE การสอนแบบสาธิต สอนได้ทุกเนื้อหา ส่วนการสอนแบบทดลอง จะเหมาะกับเรื่องผู้เรียนต้องเรียนรู้จากผลการทดลอง สามารถสังเกตได้” (Ari, Interview, February 2020)

ประกอบกับจากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอริย์ใช้วิธีสอนแบบบรรยาย และให้ผู้เรียนบันทึกเนื้อหาที่ครูบรรยาย ซึ่งนักเรียนควรได้สร้างแบบจำลองชั้นหน้าตัดดินและนำมาตรวจสอบกับข้อมูลของกรมทรัพยากรธรณี ตัวอย่างจากการสังเกตการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูอริย์ใช้การสอนแบบบรรยายเรื่องดิน ตัวอย่างเช่น

“ครูอธิบายชนิดของดินและความแตกต่างของดินแต่ละชนิด” (Ari, Lesson Plan, February 2020)

“จากภาพชั้นหน้าตัดดิน นักเรียนจะเห็นว่าสีของดินมีความสัมพันธ์กับการจัดเรียงชั้นของดิน ชั้นบนสุดจะมีการสะสมซากพืชซากสัตว์ ทำให้ดินมีสีเข้ม เห็นไหมคะ” (Ari, Teaching Observation, February 2020)

4. ด้านความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี ครูอริย์มีการรับรู้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ พบว่า ครูอริย์รู้จักเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

“เทคโนโลยีในการสอนที่รู้จักคือ คอมพิวเตอร์ โปรแกรม PowerPoint คลิปวิดีโอจากยูทูป แอปพลิเคชันในสมาร์ตโฟน แล้วก็พวกโปรแกรมออนไลน์ เช่น Kahoot ค่ะ” (Ari, Interview, February 2020)

แต่เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอนพบว่า ครูอริย์ใช้เพียงคอมพิวเตอร์และโปรแกรม PowerPoint ในการสอน สะท้อนให้เห็นว่าครูอริย์มีความรู้ด้านเทคโนโลยีแต่ไม่สามารถนำมาใช้ในการปฏิบัติการสอน ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอน

“สื่อการเรียนรู้ : โปรแกรม PowerPoint เรื่องดิน” (Ari, Lesson Plan, February 2020)

“นักเรียนสังเกตลักษณะชั้นของดินแต่ละชั้นในสไลด์บนกระดาน จะเห็นว่าสีมีความแตกต่างกัน ใช้ไหมคะ” (Ari, Teaching Observation, February 2020)

5. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ครูอริย์มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกต การปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอริย์ใช้โปรแกรม PowerPoint การสอนเนื้อหาชั้นหน้าตัดดิน ทั้งที่สามารถใช้ แอปพลิเคชัน Interactive3D เพื่อให้ให้นักเรียนศึกษาแบบจำลอง 3 มิติที่แสดงลักษณะชั้นหน้าตัดดิน ดังตัวอย่าง การสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนเรื่องดิน ซึ่งครูอริย์ใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ในการบรรยายลักษณะของชั้นหน้าตัดดิน ตัวอย่างเช่น

“เนื้อหาส่วนใหญ่ใช้โปรแกรม PowerPoint สอนค่ะ เพราะว่าโปรแกรม PowerPoint สามารถ สร้างให้ตรงกับเนื้อหาที่สอนได้ หากภาพประกอบได้ง่ายด้วยค่ะ” (Ari, Interview, February 2020)

“ครูอธิบายการเกิดดินจากภาพใน โปรแกรม PowerPoint ดังนี้ ดินเกิดจากหินที่ผุพังตาม ธรรมชาติผสมคลุกเคล้ากับอินทรีย์วัตถุจากการเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์ทับถมเป็นชั้น ๆ บนผิวโลก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงและสลายตัวของสสารต้นกำเนิดดินมีลำดับขั้นตอน คือ การผุพัง การสลายตัว และการสร้างดิน” (Ari, Lesson Plan, February 2020)

“ภาพในสไลด์นี้จะเห็นว่าชั้นของดินมีทั้งหมด 6 ชั้น แต่ละชั้นจะมีสี องค์ประกอบ และลักษณะที่ แตกต่างกันถูกไหมคะ” (Ari, Teaching Observation, February 2020)

6. ด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี ครูอริย์มีการรับรู้ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ และการปฏิบัติการ สอน พบว่า ครูอริย์ใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบการสอนแบบบรรยายซึ่งไม่มีกิจกรรมการเรียนการสอนที่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการ ปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูอริย์ใช้โปรแกรม PowerPoint ในการบรรยาย ตัวอย่างเช่น

“ก็จะใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นหลักค่ะ เพื่อให้ให้นักเรียนเห็นภาพและใช้อธิบายเนื้อหา โดยสรุป” (Ari, Interview, February 2020)

“ชั้นสอน ครูอธิบายลักษณะและสมบัติของดินแต่ละชั้นจากภาพหน้าตัดชั้นของดินในโปรแกรม PowerPoint” (Ari, Lesson Plan, February 2020)

“นักเรียนก็เห็นลักษณะชั้นหน้าตัดดินแต่ละชั้นแล้ว ให้นักเรียนวาดภาพชั้นของดินพร้อมทั้ง ระบายสีจากภาพในสไลด์ลงในใบกิจกรรมค่ะ” (Ari, Teaching Observation, February 2020)

7. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ครูอริย์มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอริย์ใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบการบรรยายเรื่องชั้นดิน ซึ่งควรใช้เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และอธิบายแนวคิดเรื่องดิน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูอริย์ใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ในการบรรยายเนื้อหา ตัวอย่างเช่น

“เริ่มแรกก็จะใช้คำถามก่อนว่า นักเรียนรู้ไหมว่าดินเกิดขึ้นมาได้ยังไง ชั้นของดินเป็นอย่างไร จากนั้นก็จะใช้ภาพชั้นหน้าตัดดินขึ้นสไลด์แล้วอธิบายให้นักเรียนเห็นสี ลักษณะของดินแต่ละชั้น แล้วก็ให้นักเรียนสรุปความรู้ด้วยการวาดภาพและระบายสีชั้นของดินลงในใบกิจกรรม” (Ari, Interview, February 2020)

“ครูอธิบายชั้นหน้าตัดดินโดยใช้ภาพในโปรแกรม PowerPoint ประกอบการอธิบาย ดังนี้ จากภาพ นักเรียนจะเห็นว่าชั้นหน้าตัดดินมีทั้งหมด 6 ชั้น ได้แก่ 1) ชั้นอินทรีย์วัตถุ หรือชั้น O จะมีการสะสมอินทรีย์วัตถุพวกซากใบไม้ กิ่งไม้ รากไม้ ดังนั้นจะเห็นดินชั้นนี้มีสีดำ 2) ชั้นดินแร่ หรือชั้น A ชั้นนี้จะมีพวกอินทรีย์วัตถุสลายตัวแล้วก็ผสมคลุกเคล้ากับแร่ธาตุในดิน 3) ชั้นชะล้าง หรือชั้น E ชั้นนี้จะมีสีค่อนข้างซีดจาง เพราะมีอินทรีย์วัตถุน้อย 4) ชั้นดินล่าง หรือชั้น B เป็นชั้นที่มีการสะสมของตะกอนและแร่ธาตุ 5) ชั้นการผุพังของหิน หรือชั้น C ก็จะเป็นพวกหินต้นกำเนิด เช่น หินดินดาน มันก็จะผุพังกลายเป็นเศษหินก้อน ๆ” (Ari, Lesson Plan, February 2020)

“จากสไลด์การสำรวจชั้นหน้าตัดดิน นักเรียนจะเห็นว่าดินมีลักษณะเป็นชั้น แต่ละชั้นจะมีเนื้อดินของดิน การจับตัวของดิน และสิ่งต่าง ๆ ที่ปะปนอยู่ในดินแตกต่างกันถูกไหมคะ โดยชั้นดินในแต่ละที่มันก็มีสมบัติ ลักษณะ จำนวนชั้น และความหนาต่างกัน เพราะว่ากระบวนการผุพังของหินในแต่ละที่ก็แตกต่างกัน” (Ari, Teaching Observation, February 2020)

กรณีศึกษาที่ 3 ครูสมพล

ครูสมพล อายุ 39 ปี จบวิชาเอกฟิสิกส์ ได้รับมอบหมายให้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีประสบการณ์สอน 8 ปี วิทยฐานะชำนาญการ ยังไม่เคยเข้ารับการอบรมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งครูสมพลมีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1. ด้านความรู้ในเนื้อหา ครูสมพลมีความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูสมพลมีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างจากการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการ

ปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูสมพลอธิบายแนวคิดเรื่องโรคทางพันธุกรรมได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น

“โรคทางพันธุกรรมเกิดจากความผิดปกติของยีนหรือโครโมโซม จำนวนโครโมโซมบางแห่งอาจเกินหรือขาดหายไปและเป็นที่ทั้งโครโมโซมร่างกายและโครโมโซมเพศ” (Sompong, Interview, February 2020)

“โรคทางพันธุกรรมเกิดจากความผิดปกติของยีนหรือโครโมโซม ทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย โดยความผิดปกติของโครโมโซมนั้นอาจเกิดจากจำนวนโครโมโซมบางแห่งได้ขาดหายไป ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งในออโตโซมและโครโมโซมเพศ” (Sompong, Lesson Plan, February 2020)

“โรคธาลัสซีเมีย ตาบอดสี เป็นโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของยีน กลุ่มอาการความบกพร่องเป็นความผิดปกติของร่างกาย ซึ่งเกิดจากการที่มีจำนวนโครโมโซมเกินมา” (Sompong, Teaching Observation, February 2020)

2. ด้านความรู้ในวิธีสอน ครูสมพลมีความรู้ความรู้ในวิธีสอนไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์การสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูสมพลรู้จักวิธีสอน ได้แก่ วิธีสอนแบบบรรยาย แบบโครงงาน แบบทดลอง และการสอนโดยใช้รูปแบบ 5E ซึ่งครูสมพลมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสอนรูปแบบ 5E ดังตัวอย่างจากการสัมภาษณ์จะเห็นว่าครูสมพลเข้าใจว่าขั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่ให้นักเรียนจดบันทึกลงในใบงาน ซึ่งเป็นขั้นที่ผู้เรียนควรนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ตัวอย่างเช่น

“ขั้นขยายความรู้ ครูก็จะมอบหมายให้นักเรียนจดบันทึกเนื้อหาเพิ่มเติมลงในใบงาน” (Sompong, Interview, February 2020)

เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูสมพลใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนเรื่องโรคทางพันธุกรรม ครูสมพลใช้วิธีสอนแบบบรรยาย แต่อย่างไรก็ตามสามารถใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ให้ผู้เรียนสืบค้นเกี่ยวกับโรคทางพันธุกรรมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และนำมาอภิปรายร่วมกันได้ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องโรคทางพันธุกรรม ครูสมพลใช้วิธีสอนแบบบรรยาย

“ขั้นสอน : ครูใช้โปรแกรม PowerPoint นำเสนอรูปผู้ป่วยโรคทางพันธุกรรม พร้อมทั้งสาเหตุลักษณะอาการของโรคต่าง ๆ และนักเรียนจดบันทึกสาระสำคัญลงในสมุดประจำตัวนักเรียน” (Sompong, Lesson Plan, February 2020)

“ในส่วนโรคธาลัสซีเมีย ตาบอดสี ก็เป็นโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของยีน กลุ่มอาการดาวน์เป็นความผิดปกติของร่างกาย ซึ่งเกิดจากการที่มีจำนวนโครโมโซมเกินมา” (Sompong, Teaching Observation, February 2020)

3. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน ครูสมพลมีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ พบว่า ครูสมพลยังมีความเข้าใจที่ไม่สอดคล้องกับการใช้วิธีสอนที่มีความจำเพาะกับเนื้อหา ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์จะเห็นได้ว่าครูสมพลเลือกวิธีสอนโดยไม่ได้นิ่งถึงเนื้อหาที่สอน ซึ่งการเลือกวิธีสอนแบบต่าง ๆ ควรพิจารณาจากเนื้อหา สารการเรียนรู้และตัวชี้วัดเพื่อนำมาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น

“การสอนแบบบรรยาย และการสอนแบบ 5E ก็จะสอนได้ทุกเรื่อง ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติก็ต้องใช้การสอนแบบทดลอง เช่น การเคลื่อนที่ การแยกสาร นักเรียนต้องได้ทดลอง จึงจะเห็นภาพและเข้าใจ” (Sompong, Interview, February 2020)

ประกอบกับการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูสมพลใช้วิธีสอนแบบบรรยาย และให้ผู้เรียนบันทึกเนื้อหาที่ครูบรรยาย ซึ่งนักเรียนควรได้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโรคทางพันธุกรรมและร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูสมพลใช้การสอนแบบบรรยายเรื่องโรคทางพันธุกรรม ตัวอย่างเช่น

“ครูให้นักเรียนดูภาพบุคคลที่เป็น โรคทางพันธุกรรม และบรรยายภาพผู้ป่วยที่เป็นโรคทางพันธุกรรม” (Sompong, Lesson Plan, February 2020)

“จากภาพคนที่ เป็นโรคทางพันธุกรรม นักเรียนจะเห็นว่าจำนวนโครโมโซมจะเกินหรือขาดจากจำนวนโครโมโซมปกติ” (Sompong, Teaching Observation, February 2020)

4. ด้านความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี ครูสมพลมีการรับรู้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูสมพลรู้จักการใช้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์ โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอจากยูทูบ ซึ่งจัดเป็นเทคโนโลยีพื้นฐาน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ใช้ในเรียนรู้อีกหลายชนิด เช่น เทคโนโลยี AR สถานการณ์จำลอง PhET ดังตัวอย่างจากการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูสมพลรู้จักเพียงเทคโนโลยีพื้นฐาน ตัวอย่างเช่น

“เทคโนโลยีในการสอนที่รู้จักก็จะมี โทรศัพท์มือถือ โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์ โปรแกรม PowerPoint อินเทอร์เน็ต” (Sompong, Interview, February 2020)

“สื่อการเรียนรู้: โปรแกรม PowerPoint เรื่องโรคทางพันธุกรรม” (Sompong, Lesson Plan, February 2020)

“ภาพในสไลด์บนกระดานคือผู้ป่วยที่มีความผิดปกติทางพันธุกรรม ซึ่งมีชื่อเรียกตามลักษณะที่ปรากฏนะครับ” (Sompong, Teaching Observation, February 2020)

5. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ครูสมพลมีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูสมพลใช้โปรแกรม PowerPoint การสอนเนื้อหาโรคทางพันธุกรรม ทั้งที่นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตและนำมาอภิปรายร่วมกัน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนเรื่องโรคทางพันธุกรรม ซึ่งครูสมพลใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ในการบรรยายลักษณะของโรคทางพันธุกรรม ตัวอย่างเช่น

“ส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรม PowerPoint สอนทุกเรื่อง เพราะว่าหาได้ง่ายและสะดวกในการใช้งาน” (Sompong, Interview, February 2020)

“ชั้นสอน ครูอธิบายโรคทางพันธุกรรมจากภาพผู้ป่วยโรคต่าง ๆ ในโปรแกรม PowerPoint ดังนี้ โรคทางพันธุกรรมเกิดจากความผิดปกติของยีนหรือโครโมโซม ทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย โดยความผิดปกติของโครโมโซมนั้นอาจเกิดจากจำนวนโครโมโซมบางแท่งได้ขาดหายไป ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งในออโตโซมและโครโมโซมเพศ” (Sompong, Lesson Plan, February 2020)

“จากรูปภาพผู้ป่วยที่เกิดจากความผิดปกติทางพันธุกรรมบนหน้าจอ นักเรียนจะเห็นว่ามียีนที่แตกต่างกันตามประเภทความผิดปกติของจำนวนโครโมโซม” (Sompong, Teaching Observation, February 2020)

6. ด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี ครูสมพลมีการรับรู้ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูสมพลใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบการสอนแบบบรรยาย ซึ่งไม่มีกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูสมพลใช้โปรแกรม PowerPoint ในการสอนแบบบรรยาย ตัวอย่างเช่น

“ก็จะใช้โปรแกรม PowerPoint ในการบรรยายเนื้อหา ” (Sompong, Interview, February 2020)

“ชั้นสอน ครูแสดงภาพผู้ที่เป็นโรคทางพันธุกรรมและอธิบายสาเหตุของโรคและลักษณะอาการของผู้ป่วยโดยใช้โปรแกรม PowerPoint ” (Sompong, Lesson Plan, February 2020)

“นักเรียนดูภาพในสไลด์นี้ครับ จะเห็นว่าปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรคความผิดปกติทางพันธุกรรมของจำนวนโครโมโซม” (Sompong, Teaching Observation, February 2020)

7. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ครูสมพลมีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูสมพลใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบการบรรยายเรื่องโรคทางพันธุกรรม ซึ่งควรใช้เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และอธิบายแนวคิดเรื่องโรคทางพันธุกรรม ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์จะเห็นได้ว่าครูสมพลใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ในการบรรยายเนื้อหา ตัวอย่างเช่น

“ก็จะเริ่มจากเปิดคลิปวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับโรคทางพันธุกรรมให้นักเรียนดู แล้วก็ถามนักเรียนว่า เคยเจอผู้ป่วยแบบในคลิปไหม คิดว่าเพราะอะไรเขาถึงเป็นแบบนั้น พอถึงชั้นสอนก็จะขึ้นสไลด์อธิบายโรคทางพันธุกรรม แสดงภาพผู้ป่วยและอธิบายถึงสาเหตุ ลักษณะอาการ แล้วก็ให้นักเรียนทำใบงาน” (Sompong, Interview, February 2020)

“ครูสรุปความรู้เกี่ยวกับความผิดปกติทางพันธุกรรม โดยใช้โปรแกรม PowerPoint ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซมส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ก่อให้เกิดโรคทางพันธุกรรม ซึ่งโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของออโตโซม เช่น กลุ่มอาการดาวน์ และโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมเพศ เช่น กลุ่มอาการครีดูชา หรือเกิดจากความผิดปกติของยีน เช่น โรคธาลัสซีเมีย” (Sompong, Lesson Plan, February 2020)

“จากภาพในสไลด์นี้ นักเรียนจะเห็นว่าโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของออโตโซม เช่น กลุ่มอาการดาวน์ ส่วนเกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมเพศ เช่น กลุ่มอาการครีดูชา รวมทั้งส่วนที่เกิดจากความผิดปกติของยีน เช่น โรคธาลัสซีเมีย” (Sompong, Teaching Observation, February 2020)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยพิจารณาตามกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีซึ่งมี 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา 2) ความรู้ในวิธีสอน 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน 4) ความรู้ด้านเทคโนโลยี 5) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี 6) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี และ 7) ความรู้

ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี พบว่า ครูวิณา ครูอารีย์ และครูสมพล มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด ผู้วิจัยขอนำเสนอตามองค์ประกอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ดังนี้

1. ด้านความรู้ในเนื้อหา พบว่า ครูวิณา ครูอารีย์ และครูสมพลมีการรับรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับกรอบแนวคิด เนื่องจากครูทั้ง 3 คน สามารถอธิบายเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในการสัมภาษณ์และระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ตลอดจนปฏิบัติการสอนในการบรรยายเนื้อหาได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 3 คน มีการปฏิบัติที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดในองค์ประกอบด้านความรู้ในเนื้อหา

2. ด้านความรู้ในวิธีสอน พบว่า ครูวิณา ครูอารีย์ และครูสมพลมีการรับรู้ด้านความรู้ในวิธีสอนไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด เนื่องจากผลการวิเคราะห์การสัมภาษณ์ พบว่า ครูทั้ง 3 คน มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง กล่าวคือ ครูส่วนใหญ่เข้าใจว่าขั้นตอนอธิบายเป็นขั้นที่ครูเป็นผู้อธิบายเนื้อหาให้แก่ผู้เรียน ซึ่งควรเป็นขั้นที่ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง รวมทั้งครูยังเข้าใจว่าขั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่ครูบรรยายความรู้เพิ่มเติมให้แก่ผู้เรียน ซึ่งควรเป็นขั้นที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ประกอบกับเมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูทั้ง 3 คน ใช้วิธีสอนแบบบรรยายโดยไม่มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ ถึงแม้ว่าครูจะรู้จักวิธีสอนที่หลากหลาย อาทิเช่น วิธีสอนแบบบรรยาย วิธีสอนแบบทดลอง วิธีสอนแบบโครงงาน วิธีสอนแบบสาธิต วิธีสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน แต่ไม่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการปฏิบัติการสอนได้ จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 3 คน มีการปฏิบัติที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดในองค์ประกอบด้านความรู้ในวิธีสอน

3. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน พบว่า ครูวิณา ครูอารีย์ และครูสมพลมีการรับรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด เนื่องจากผลการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ พบว่าครูทั้ง 3 คน เลือกใช้วิธีสอนโดยไม่คำนึงถึงเนื้อหาที่สอน ประกอบกับผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอนซึ่งพบว่าส่วนใหญ่ครูใช้วิธีสอนแบบบรรยายในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทุกเนื้อหาโดยไม่คำนึงถึงวิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหา สะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 3 คน มีการปฏิบัติที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดในองค์ประกอบด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

4. ด้านความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี พบว่า ครูวิณา ครูอารีย์ และครูสมพลมีการรับรู้ด้านความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด เนื่องจากผลการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิณา ใช้โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์ โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอ ในการจัดการเรียนการสอน ส่วนครูอารีย์และครูสมพลใช้โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์ และโปรแกรม PowerPoint ในการจัดการเรียนการสอน จะเห็นได้ว่าครูทั้ง 3 คนใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน

ค่อนข้างจำกัด ไม่มีความหลากหลาย จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 3 คน มีการปฏิบัติที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดในองค์ประกอบด้านความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี

5. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี พบว่า ครูวิณา ครูอารีย์ และครูสมพลมีการรับรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด เนื่องจากผลการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ส่วนใหญ่ครูทั้ง 3 คน ใช้โปรแกรม PowerPoint ที่ในลักษณะที่เป็นรูปภาพและข้อความเพื่อแสดงเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยไม่ได้คำนึงถึงเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่สอน จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 3 คน มีการปฏิบัติที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดในองค์ประกอบด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี

6. ด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี พบว่า ครูวิณา ครูอารีย์ และครูสมพลมีการรับรู้ด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด เนื่องจากผลการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ พบว่า ครูทั้ง 3 คน เข้าใจว่าควรใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนทุกขั้นตอนจึงจะมีประสิทธิภาพ ประกอบกับผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูทั้ง 3 คน ใช้วิธีสอนแบบบรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 3 คน มีการปฏิบัติที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดในองค์ประกอบด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี

7. ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี พบว่า ครูวิณา ครูอารีย์ และครูสมพลมีการรับรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด เนื่องจากผลการวิเคราะห์ผลแบบสัมภาษณ์ พบว่า ครูทั้ง 3 คน มักจะใช้วิธีสอนแบบบรรยายโดยโปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย ประกอบกับผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน ซึ่งพบว่า ครูใช้วิธีสอนแบบบรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint ในการบรรยายทุกเนื้อหาที่สอน ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงการใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 3 คน มีการปฏิบัติที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดในองค์ประกอบด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย ครูวิณา ครูอารีย์ และครูสมพลมีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด ในด้านความรู้ในเนื้อหาครูทั้ง 3 คนมีการรับรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เนื่องจากครูทั้ง 3 คน สำเร็จการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์ ตลอดจนมีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 4 ปี ทำให้ครูมีความชำนาญและความแม่นยำในเนื้อหาที่ตนเองสอน (Clermont et al., 1994) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Koh et al. (2013) ซึ่งพบว่าครูที่มีประสบการณ์สอนจะมีความรู้ในเนื้อหาที่ชัดเจน ซึ่งครูที่มีความรู้ในเนื้อหาที่ชัดเจนจะสามารถ

วิเคราะห์หลักสูตร ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ตลอดจนเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับวิธีสอนและมีความจำเพาะกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

ในด้านความรู้ในวิธีสอน ผลการวิจัยพบว่า ครูทั้ง 3 คน มีการรับรู้ด้านความรู้ในวิธีสอนไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด ซึ่งครูมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสอน โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) เนื่องจากครูขาดความเข้าใจในเป้าหมายของขั้นตอนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) และถึงแม้ว่าครูจะรู้จักวิธีสอนที่หลากหลายแต่ก็ไม่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูทั้ง 3 คน มักจะใช้วิธีสอนแบบบรรยายโดยไม่ได้นำถึงวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอาจเนื่องมาจากครูขาดความเข้าใจในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน รวมทั้งครูส่วนใหญ่ยังขาดการวิเคราะห์หลักสูตรก่อนการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ (Dachakupt & Yindeesuk, 2015)

ในด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน ผลการวิจัยพบว่า ครูทั้ง 3 คน มีการรับรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด โดยส่วนใหญ่ครูมักจะใช้วิธีสอนแบบบรรยายกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทุกเรื่องที่ปฏิบัติการสอนซึ่งไม่ได้คำนึงถึงวิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหา เนื่องจากครูขาดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้วิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหา สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Piriyawat et al. (2017) ซึ่งพบว่าครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสมักจะเลือกใช้วิธีสอนแบบบรรยาย เนื่องจากไม่สามารถเลือกใช้วิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหาได้

ด้านความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่า ครูทั้ง 3 คน มีการรับรู้ด้านเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด โดยส่วนใหญ่ครูมักจะใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนที่จำกัด เช่น คอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์ โปรแกรม Microsoft Office และคลิปปวีดีโอ เนื่องจากครูไม่เคยนำเทคโนโลยีประเภทอื่นมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน อาทิเช่น เทคโนโลยี AR Interactive 3D โปรแกรม PhET แอปพลิเคชัน Beaker เป็นต้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Pringle et al. (2015) ที่พบว่าครูวิทยาศาสตร์ยังใช้เทคโนโลยีได้ไม่หลากหลาย รวมถึงครูยังไม่เคยเข้าร่วมการอบรมการใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี พบว่า ครูทั้ง 3 คน มีการรับรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด ซึ่งส่วนใหญ่ครูมักจะใช้โปรแกรม PowerPoint บรรยายเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทุกเนื้อหาโดยไม่คำนึงถึงความจำเพาะของเทคโนโลยีกับเนื้อหาที่สอน เนื่องจากครูขาดความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Graham et al. (2009) ซึ่งพบว่าครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีอยู่ในระดับต่ำเนื่องจากขาดประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์

ด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี พบว่า ครูทั้ง 3 คน มีการรับรู้ด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด โดยส่วนใหญ่ครูมักจะใช้โปรแกรม PowerPoint ในการสอนแบบบรรยายซึ่งไม่ได้คำนึงถึงเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากครูขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สอดคล้องกับ

Lin et al. (2013) ที่พบว่าครูขาดความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ รวมทั้งครูเข้าใจว่าควรใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนทุกขั้นตอนจึงจะทำให้การสอนมีประสิทธิภาพเนื่องจากครูยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน

ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี พบว่า ครูทั้ง 3 คน มีการรับรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด โดยส่วนใหญ่ครูมักจะใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อกลางในการสอนแบบบรรยาย ไม่มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้และไม่ได้คำนึงถึงการใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอนเนื่องจากครูขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Piriyawat et al. (2017) ที่พบว่าครูวิทยาศาสตร์มักจะใช้เทคโนโลยีประกอบการบรรยายหรือนำเสนอเนื้อหาเท่านั้น ซึ่งครูไม่สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมคุณลักษณะที่สำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. จากการศึกษาพบว่าครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่ไม่สมบูรณ์ ครูวิทยาศาสตร์จึงควรได้รับการพัฒนาความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนและมีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรม
2. ในการศึกษาด้านความรู้ในเนื้อหาของครูขณะปฏิบัติการสอน ผู้วิจัยพบว่า ขณะปฏิบัติการสอนส่วนใหญ่ครูมักจะบรรยายเนื้อหาจากการอ่านตามการนำเสนอด้วยโปรแกรม PowerPoint จึงอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ครูมีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการศึกษาพบว่าครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษารูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์
2. ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ซึ่งอาจจะเป็นระยะเวลาที่น้อยเกินไปที่จะสามารถศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีได้ชัดเจน ผู้ที่จะนำผลการงานวิจัยนี้ไปศึกษาในแนวทางเดียวกันควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บข้อมูล
3. การวิจัยครั้งนี้ศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูในสถานศึกษาเดียวกัน ในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูระหว่างโรงเรียนในการกำกับดูแลของรัฐและโรงเรียนสังกัดเอกชนเพื่อเปรียบเทียบสถานการณ์ได้ถูกต้องชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฐ์ บงกชเพชร ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์ เชื้อขาว ชัยสิทธิ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งครอบครัวที่คอยให้กำลังใจผู้วิจัย จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT–TPCK: Advances in Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154-168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Archambault, L. M., & Barnett, J. H. (2010). Revisiting Technological Pedagogical Content Knowledge: Exploring the TPACK framework. *Computers & Education*, 55(4), 1656-1662. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.009>
- Buaraphan, K. (2017). *Easy qualitative research*. (7th ed.). (In Thai) Comma Design and Print.
- Clermont, C. P., Borko, H., & Krajcik, J. S. (1994). Comparative study of The Pedagogical Content Knowledge of experienced and novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 419-441. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310409>
- Dachakupt, P. & Yindeesuk, P. (2015). *Knowing the content before teaching well: Changing the quality culture in the 21st century*. (In Thai). Chulalongkorn University Printing House.
- Graham, R. C., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L., St Clair, L., & Harris, R. (2009). Measuring the TPACK confidence of inservice science teachers. *TechTrends*, 53(5), 70-79. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0328-0>
- Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2012). Integrating educational technology into the secondary science teaching. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 12(2), 162-183.
- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated Technological Pedagogical Science Knowledge Framework for science teachers professional development. *Computers & Education*, 55(3), 1259-1269. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.022>
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Koh, J. H. L., & Chai, C. S. (2014). Teacher clusters and their perceptions of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) development through ICT lesson design. *Computers & Education*, 70, 222-232. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.08.017>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Tsai, C. C. (2013). Examining practicing teachers' perceptions of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) pathways: A structural equation modeling approach. *Instructional Science*, 41(4), 793-809. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9249-y>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., Hong, H. Y., & Tsai, C. C. (2015). A survey to examine teachers' perceptions of design dispositions, lesson design practices, and their relationships with Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 43(5), 378-391. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2014.941280>

- Lin, T. C., Tsai, C. C., Chai, C. S., & Lee, M. H. (2013). Identifying science teachers' perceptions of Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK). *Journal of Science Education and Technology*, 22(3), 325-336. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9396-6>
- McCrorry, R. A. V. E. N. (2008). *Science, technology, and teaching: The topic-specific challenges of TPCK in science*. Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) For Educators. New York: Routledge.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1177/016146810610800610>
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a Technology Pedagogical Content Knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509-523. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.03.006>
- Novak, A. M., & Krajcik, J. S. (2006). *Using technology to support inquiry in middle school science*. In Scientific Inquiry and Nature of Science. Springer, Dordrecht.
- Office of the National Primary Education Office. (1993). *Handbook for school education expansion project*. (In Thai). Author.
- Piriyawat, K., Pongsophon P., & Jantrarotai P. (2017). Multiple-case studies: Perceptions of lower secondary school science teachers in regard to Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) and Teaching practices in opportunity expansion schools. (In Thai). *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 8(1), 141-171.
- Pringle, R. M., Dawson, K., & Ritzhaupt, A. D. (2015). Integrating science and technology: Using Technological Pedagogical Content Knowledge as a framework to study the practices of science teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 24(5), 648-662. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9553-9>
- Shamburg, C. (2004). Conditions that inhibit the integration of technology for urban early childhood teachers. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 2004(1), 227-244.
- Timur, B., & Tasar, M. F. (2011). In-service science teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge confidences and views about technology-rich environments. *CEPS Journal*, 1(4), 11-25. <https://doi.org/10.26529/cepsj.403>
- Yeh, Y. F., Lin, T. C., Hsu, Y. S., Wu, H. K., & Hwang, F. K. (2015). Science teachers' proficiency levels and patterns of TPACK in a practical context. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 78-90. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9523-7>
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods* (5th ed.). Sage Publications