

ตารางที่ 6 สรุปการปรับปรุงรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในวงจรที่ 1, 2 และ 3

การปรับปรุงรูปแบบการสอน	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 1	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 2	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 3
<p>1. การนำเสนอปัญหาปลายเปิดครูจัดเตรียมปัญหาปลายเปิดที่มีแนวคิดในการแก้ปัญหาที่หลากหลายครูให้นักเรียนอ่านทำความเข้าใจในปัญหาและกระตุ้นให้นักเรียนสร้างตัวแทนปัญหา เขียนอธิบายแสดงถึงที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์ต้องการ</p>	<p>1. การนำเสนอปัญหาปลายเปิด</p> <p>1) ครูจัดเตรียมปัญหาปลายเปิด ที่มี แนวคิดที่หลากหลาย</p> <p>2) ครูให้นักเรียนอ่านทำความเข้าใจในปัญหาและกระตุ้นให้นักเรียนสร้างตัวแทนปัญหา เขียนอธิบายแสดงถึงที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์ต้องการ</p>	<p>ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหา</p> <p>1. การนำเสนอปัญหาปลายเปิดครูจัดเตรียมปัญหาปลายเปิด ที่มี แนวคิดในการแก้ปัญหาที่หลากหลายครูให้นักเรียนอ่านทำความเข้าใจในปัญหาและกระตุ้นให้นักเรียนสร้างตัวแทนปัญหา เขียนอธิบายแสดงถึงที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์ต้องการ</p> <p>2. สังเกตการทำงาน และการวางแผนการทำงาน</p> <p>3. สุ่มสอบถามนักเรียนบางคนเกี่ยวกับกาทำความเข้าใจในแต่ละปัญหา</p>	<p>ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหา</p> <p>1. ครูนำเสนอปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีแนวทางในการแก้ปัญหาได้หลายวิธีครูให้นักเรียนอ่าน ตำราจรรยาและยึดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ความสำคัญ ความเกี่ยวข้อง ในปัญหาหลัก ให้เกิดความเข้าใจ ว่าปัญหานั้นกำหนดและต้องการอะไร</p> <p>2. ให้นักเรียนสร้างตัวแทนปัญหา จากการทำความเข้าใจในปัญหา อาจเป็นในรูปแบบตาราง รูปภาพ แผนภูมิ แผนผัง โนมติ กราฟ หรือความเรียงในปัญหาและกระตุ้นให้นักเรียนสร้างตัวแทนปัญหา เขียนอธิบายแสดงสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์ต้องการ</p>

ตารางที่ 6 สรุปการปรับปรุงรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในวงจรที่ 1, 2 และ 3 (ต่อ)

ต้นร่างของรูปแบบการสอน	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 1	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 2	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 3
			<p>3. ให้นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิม เรียบเรียงแนวทาง ยุทธวิธีที่จะใช้ในการแก้ปัญหา</p> <p>4. ครูเดินตรวจดูการตีความปัญหา และการสื่อสารความเข้าใจออกมาเป็นภาษาเขียน และสามารถอธิบายได้</p> <p>5. สังเกตการทำงาน ของนักเรียนเป็นรายบุคคล</p> <p>6. ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสื่อสารความคิด</p> <p>7. สุ่มสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับการทำงาน เข้าใจในปัญหาหลัก</p>

ตารางที่ 6 สรุปการปรับปรุงรูปแบบการสอบคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในวงจรที่ 1, 2 และ 3 (ต่อ)

ต้นร่างของรูปแบบการสอบ	การปรับปรุงรูปแบบการสอบ ในวงจรที่ 1	การปรับปรุงรูปแบบการสอบ ในวงจรที่ 2	การปรับปรุงรูปแบบการสอบ ในวงจรที่ 3
<p>2. การไต่ตรองรายบุคคลวางแผนการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาสรุปคำตอบและความรู้ที่ได้ ตรวจสอบคำตอบ</p> <p>3. การไต่ตรองรายกลุ่มครูกระตุ้นให้นักเรียนรู้จักการทำงาน รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเองที่เป็นได้ทั้งผู้นำและผู้ตาม รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น</p> <p>ครูต้องให้นักเรียนตระหนักในความรับผิดชอบในการทำงาน มีความตรงต่อเวลา ทำงานอย่างเป็นระบบ</p>	<p>2. การไต่ตรองรายบุคคลวางแผนการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาสรุปคำตอบและความรู้ที่ได้ ตรวจสอบคำตอบ</p> <p>3. การไต่ตรองรายกลุ่มครูกระตุ้นให้นักเรียนรู้จักการทำงาน รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเองที่เป็นได้ทั้งผู้นำและผู้ตาม รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น</p> <p>ครูต้องให้นักเรียนตระหนักในความรับผิดชอบในการทำงาน มีความตรงต่อเวลา ทำงานอย่างเป็นระบบ</p>	<p>ขั้นที่ 2 การแก้ปัญหา</p> <p>1. การไต่ตรองรายบุคคลนักเรียนเป็นผู้วางแผนการแก้ปัญหา</p> <p>2) ดำเนินการแก้ปัญหา</p> <p>3) สรุปคำตอบและความรู้ที่ได้</p> <p>4) ตรวจสอบคำตอบครูกระตุ้นให้นักเรียนคิด และคิดอย่างอิสระ</p> <p>2. การไต่ตรองรายกลุ่ม</p> <p>1) ครูกระตุ้นให้นักเรียนรู้จักการทำงาน รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเองที่เป็นได้ทั้งผู้นำและผู้ตาม รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น</p> <p>2) ครูต้องให้นักเรียนตระหนักในความรับผิดชอบในการทำงานมีความตรงต่อเวลา ทำงานอย่างเป็นระบบ</p>	<p>ขั้นที่ 2 การแก้ปัญหา</p> <p>1. การไต่ตรองรายบุคคลนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการแก้ปัญหาสรุปคำตอบและความรู้ที่ได้ตรวจสอบคำตอบด้วยตัวนักเรียนเองครูเปิดโอกาสกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างอิสระ และเน้นการแสดงผลที่เป็นอุปนิสัย นิรนัย หรือการใช้สมบัติและความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต ประกอบการแก้ปัญหา</p> <p>2. การไต่ตรองรายกลุ่ม</p> <p>1) การเข้ากลุ่มต้องฝึกนิสัยให้กระทำได้ด้วยความรวดเร็ว แบ่งหน้าที่เป็นประธาน รองประธาน เลขานุการ และผู้ประสานงาน โดยหน้าที่ต่างๆจะหมุนเวียนกันเมื่อเรียนเรื่องใหม่</p> <p>2) สนับสนุนให้นักเรียนทุกคนกล้าแสดงออก กล้าคิด กล้าพูด กล้าออกความคิดเห็นและกล้าประเมินและกล้าตัดสินใจ โดยคำนึงถึงผลสำเร็จของกลุ่มร่วมกันคือเกิดวิธีการแก้ปัญหาทำในหน้า เพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน</p>

ตารางที่ 6 สรุปการปรับปรุงรูปแบบการสอบคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในวงจรที่ 1, 2 และ 3 (ต่อ)

ต้นร่างของรูปแบบการสอบ	การปรับปรุงรูปแบบการสอบ ในวงจรที่1	การปรับปรุงรูปแบบการสอบ ในวงจรที่ 2	การปรับปรุงรูปแบบการสอบ ในวงจรที่3
<p>4. การนำเสนอ</p> <p>นำเสนอความรู้ที่ได้จากการเข้ากลุ่ม ประกอบสิ่งต่างๆที่จะนำเสนอใน กระดานสองหน้า แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน สิ่งที่น่าสนใจและการตัดสินใจและ มาจากการระดมสมองของเพื่อนๆใน กลุ่ม อาจเลือกเอาวิธีการแก้ปัญหาของ สมาชิกคนใดคนหนึ่งในกลุ่มหรือบูรณา การส่วนที่เด่นๆของแต่ละคน หรืออาจ ร่วมกันคิดวิธีแก้ปัญหาขึ้นมาใหม่</p> <p>5. การสรุป</p> <p>ครูสรุปมโนทัศน์ร่วมกับนักเรียน โดย เน้นการตอบคำถาม</p>	<p>4. การนำเสนอ</p> <p>นำเสนอความรู้ที่ได้จากการเข้ากลุ่ม ประกอบสิ่งต่างๆที่จะนำเสนอใน กระดานสองหน้า แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน สิ่งที่น่าสนใจและการตัดสินใจและ มาจากการระดมสมองของเพื่อนๆใน กลุ่ม อาจเลือกเอาวิธีการแก้ปัญหาของ สมาชิกคนใดคนหนึ่งในกลุ่มหรือบูรณา การส่วนที่เด่นๆของแต่ละคน หรืออาจ ร่วมกันคิดวิธีแก้ปัญหาขึ้นมาใหม่</p> <p>5. การสรุป</p> <p>ครูสรุปมโนทัศน์ร่วมกับนักเรียน โดย เน้นการตอบคำถาม</p>	<p>3. การนำเสนอ</p> <p>1) นำเสนอความรู้ที่ได้จากการเข้า กลุ่ม ประกอบสิ่งต่างๆที่จะ นำเสนอในกระดานสองหน้า แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน</p> <p>2) สิ่งที่น่าสนใจเป็นการตัดสินใจ และมาจากการระดมสมองของของ เพื่อนๆ ในกลุ่ม อาจเลือกเอา วิธีการแก้ปัญหาของสมาชิกคนใด คนหนึ่ง ในกลุ่มหรือบูรณาการ ส่วนที่เด่นๆของแต่ละคน หรือ อาจร่วมกันคิดวิธีแก้ปัญหาขึ้นมา ใหม่</p>	<p>3. การนำเสนอ</p> <p>1) ให้ทุกกลุ่มนำเสนอกลุ่มละไม่เกิน 3 นาที โดยประกอบสิ่งต่างๆที่จะ นำเสนอในกระดานสองหน้า และ นำเสนอที่หน้าชั้นเรียน</p> <p>2) ชื่อนำเสนอให้นักเรียนกลุ่มอื่น ควร จะไม่มีการทำงานกลุ่มควรทำให้ เสร็จก่อนการนำเสนอ และมีหน้าที่ พึ่งและคิดในวิธีแก้ปัญหาของกลุ่ม เพื่อน และประเมิน 3 ลำดับที่ นำเสนอที่ดีที่สุด โดยให้แต่ละคน ระบุนเหตุผลด้วยทำไมจึงเลือก เช่นนั้น</p> <p>3) ครูเก็บรายละเอียดการนำเสนอของ ทุกกลุ่ม และอธิบายพร้อมการใช้ คำถามในกรณีเกิดมโนมติของ นักเรียนคลาดเคลื่อน</p>

ตารางที่ 6 สรุปการปรับปรุงรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในวงจรที่ 1, 2 และ 3 (ต่อ)

ต้นร่างของรูปแบบการสอน	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 1	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 2	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 3
<p>6. การขยายปัญหาและสร้างโจทย์ใหม่ ครูกำหนดปัญหาปลายเปิดแล้วให้นักเรียนคิดและแสดงวิธีแก้ปัญหาด้วยตัวเอง</p> <p>2) นักเรียนสร้างโจทย์และวิธีแก้ปัญหาลงมือด้วยตนเอง ที่เกี่ยวกับเรื่องการเรียนรู้</p> <p>7. การประเมินและสะท้อนผลครูให้นักเรียนประเมินโจทย์และวิธีแก้ปัญหานั้น โดยครูกำหนดรายชื่อกลุ่มที่ประเมินและกลุ่มผู้ถูกประเมิน ครูให้นักเรียนสะท้อนผลในกิจกรรมการเรียนการสอนที่นักเรียนได้เผชิญ</p>	<p>6. การขยายปัญหาและสร้างโจทย์ใหม่ ครูกำหนดปัญหาปลายเปิดแล้วให้นักเรียนคิดและแสดงวิธีแก้ปัญหาด้วยตัวเอง</p> <p>2) นักเรียนสร้างโจทย์และวิธีแก้ปัญหาลงมือด้วยตนเอง ที่เกี่ยวกับเรื่องการเรียนรู้</p> <p>7. การประเมินและสะท้อนผล 1) ครูให้นักเรียนประเมินโจทย์และวิธีแก้ปัญหานั้น โดยครูกำหนดรายชื่อกลุ่มที่ประเมินและกลุ่มผู้ถูกประเมิน ครูให้นักเรียนสะท้อนผลในกิจกรรมการเรียนการสอนที่นักเรียนได้เผชิญ</p>	<p>4. การสรุป</p> <p>1) ครูสรุปมโนธรรมร่วมกับนักเรียนโดยเน้นการตอบคำถาม</p> <p>2) ครูใช้สื่อการสอนประเภทอุปกรณ์ในการสรุปความรู้ ครูให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้ในกระดาษขนาดเอ 4 ขั้นที่ 3 ขึ้นการขยายปัญหา</p> <p>1. การขยายปัญหาและสร้างโจทย์ใหม่</p> <p>1) ครูให้นักเรียนฝึกประสบการณ์จากการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องการเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ</p> <p>2) ครูกำหนดปัญหาปลายเปิดแล้วให้นักเรียนคิดและแสดงวิธีแก้ปัญหาลงมือด้วยตัวเอง</p> <p>3) ให้นักเรียนสร้างโจทย์และวิธีแก้ปัญหาลงมือด้วยตนเองที่เกี่ยวกับเรื่องการเรียนรู้</p>	<p>4. การสรุป</p> <p>1) ครูสรุปมโนธรรมร่วมกับนักเรียนโดยเน้นการตอบคำถาม</p> <p>2) ครูเลือกชิ้นงานที่นักเรียนนำเสนอที่สมบูรณ์และแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่ต่างวิธีกันเพื่อให้นักเรียนเห็นแนวความคิดที่หลากหลาย</p> <p>3) ครูควรใช้สื่อการสอนประเภทอุปกรณ์ เสริมในการอธิบายข้อสรุปของความรู้ร่วมกันระหว่างครูและนักเรียนเป็นการเปลี่ยนบรรยากาศในการเรียนและเกิดสีสันในการเรียนมากขึ้น</p> <p>4) ครูมอบงานให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้ในรูปแบบที่เปิดกว้างที่นักเรียนถนัดและสนใจไม่เฉพาะเขียนในกระดาษเท่านั้น</p>

ตารางที่ 6 สรุปการปรับปรุงรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในวงจรที่ 1, 2 และ 3 (ต่อ)

ต้นร่างของรูปแบบการสอน	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 1	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 2	การปรับปรุงรูปแบบการสอน ในวงจรที่ 3
		<p>2. การประเมินและสะท้อนผล</p> <p>1) ครูให้กลุ่มประเมินโจทย์และวิธีแก้ปัญหาที่เพื่อนสร้างขึ้น โดยครูกำหนดรายชื่อกลุ่มที่ประเมิน และกลุ่มผู้ถูกประเมิน</p> <p>2) ครูให้นักเรียนสะท้อนผลในกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก</p>	<p>ขั้นที่ 3 ขั้นการขยายปัญหา</p> <p>1.ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหาที่หลากหลายที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน</p> <p>2.ให้แรงเสริมด้วยคำชมแก่นักเรียนที่สร้างโจทย์ได้มาก หลากหลาย ดูการคิดนอกกรอบ การคิดสร้างสรรค์</p> <p>3.เลือกผลงานเด่น โดยมีนักเรียนเจ้าของผลงานเป็นผู้นำเสนอหน้าชั้นเรียน</p> <p>4.ตรวจสอบความสอดคล้องของโจทย์ปัญหาที่สร้างขึ้นกับข้อสรุป</p> <p>5. ดูเหตุผล การนำเสนอ การสื่อสาร การเชื่อมโยง ความคิดสร้างสรรค์</p> <p>2. การประเมินและสะท้อนผล</p> <p>1) ครูให้กลุ่มนักเรียนประเมินโจทย์และวิธีแก้ปัญหาที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยครูกำหนดรายชื่อกลุ่มที่ประเมิน และกลุ่มผู้ถูกประเมิน</p> <p>2) ครูให้นักเรียนสะท้อนผลในกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก</p>

2.2 ผลการประเมินการใช้รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่มีต่อ  
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในวงจรที่ 1-3

2.2.1 ผลการประเมินการใช้รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก  
ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านเนื้อหา ในวงจรที่ 1, 2 และ 3  
กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
1	19.00	20.00	20.00
2	18.00	19.00	20.00
3	17.00	18.00	20.00
4	13.00*	18.00	19.00
5	18.00	20.00	20.00
6	17.00	20.00	20.00
7	19.00	20.00	20.00
8	19.00	18.00	20.00
9	14.00*	15.00	17.00
10	14.00*	14.00*	18.00
11	13.00*	14.00*	16.00
12	14.00*	17.00	18.00
13	19.00	20.00	20.00
14	19.00	18.00	20.00
15	20.00	20.00	20.00
16	13.00*	16.00	18.00
17	17.00	17.00	18.00
18	18.00	18.00	18.00
19	17.00	18.00	18.00
20	15.00	17.00	17.00

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านเนื้อหา ในวงจรที่ 1, 2 และ 3  
กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
21	14.00*	19.00	19.00
22	17.00	17.00	20.00
23	19.00	18.00	19.00
24	18.00	19.00	18.00
25	17.00	17.00	18.00
26	18.00	17.00	18.00
27	14.00*	14.00*	15.00
28	13.00*	14.00*	15.00
29	18.00	20.00	20.00
30	17.00	17.00	18.00
31	18.00	18.00	18.00
32	14.00*	14.00*	16.00
33	13.00*	14.00*	15.00
34	15.00	18.00	19.00
35	19.00	20.00	20.00
36	17.00	17.00	16.00
37	14.00	15.00	16.00
38	14.00*	17.00	18.00
39	14.00*	18.00	18.00
40	17.00	18.00	19.00
41	14.00*	14.00*	17.00
42	17.00	17.00	18.00
43	18.00	18.00	18.00
44	17.00	17.00	18.00
45	17.00	18.00	18.00

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านเนื้อหา ในวงจรที่ 1, 2 และ 3  
กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
46	19.00	20.00	20.00
47	19.00	20.00	20.00
48	14.00*	15.00	18.00
49	13.00*	17.00	19.00
50	18.00	20.00	20.00
51	18.00	16.00	20.00
52	19.00	20.00	20.00
53	17.00	16.00	15.00
54	17.00	19.00	20.00
55	17.00	16.00	17.00
56	15.00	15.00	16.00
57	14.00*	16.00	15.00
58	14.00*	15.00	17.00

\* หมายถึงไม่ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 7 แสดงผลได้ดังนี้คือในวงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องเส้นขนาน มีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป (15 คะแนน) จำนวน 39 คน และต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 19 คน ในวงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องพีทาโกรัสมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน 51 คนและต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 7 คน ส่วนในวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมีผู้เรียนทุกคนได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จากผลการวิจัยแสดงว่าหลังจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วในวงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีผู้ได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ผ่านขึ้นไป มากขึ้นกว่าวงจรที่ 1 ส่วนวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนทุกคนได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ ผ่านขึ้นไป

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ 75% ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของวงจรที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ

วงจรที่	N	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละของคะแนน
1	58	16.38	2.14	81.90
2	58	17.36	1.95	86.80
3	58	18.24	1.61	91.20

จากตารางที่ 8 พบว่าร้อยละของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวงจรที่ 1, 2 และ 3 คือ 81.90, 86.80 และ 91.20 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75% ในทุกวงจร โดยที่ค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากวงจรแรกถึงวงจรสุดท้าย แสดงว่าหลังจากการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วในวงจรที่ 2 และวงจรที่ 3 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

2.2.2 ผลการประเมินการใช้รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ที่มีต่อกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 5 ด้าน ได้แก่กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการให้เหตุผล กระบวนการสื่อสาร กระบวนการนำเสนอ และกระบวนการเชื่อมโยง

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา ในวงจรที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
1	4.00	4.00	4.00
2	4.00	4.00	4.00
3	4.00	4.00	4.00
4	2.00*	4.00	4.00
5	4.00	4.00	4.00
6	4.00	4.00	4.00
7	4.00	4.00	4.00
8	4.00	4.00	4.00

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา  
ในวงจรที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
9	3.00	3.00	4.00
10	2.00*	3.00	4.00
11	3.00	3.00	4.00
12	3.00	3.00	3.00
13	4.00	4.00	4.00
14	4.00	4.00	4.00
15	4.00	4.00	4.00
16	3.00	3.00	3.00
17	4.00	4.00	4.00
18	3.00	4.00	4.00
19	3.00	4.00	4.00
20	2.00*	2.00*	4.00
21	3.00	3.00	3.00
22	4.00	4.00	4.00
23	4.00	4.00	4.00
24	4.00	4.00	4.00
25	3.00	4.00	4.00
26	3.00	4.00	4.00
27	2.00*	2.00*	3.00
28	3.00	3.00	4.00
29	3.00	3.00	4.00
30	3.00	3.00	4.00
31	4.00	4.00	4.00
32	2.00*	2.00*	4.00
33	2.00*	2.00*	3.00

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา  
ในวงจรที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
34	3.00	4.00	4.00
35	3.00	4.00	4.00
36	2.00*	2.00*	4.00
37	3.00	3.00	3.00
38	3.00	3.00	4.00
39	2.00*	4.00	4.00
40	3.00	3.00	3.00
41	3.00	4.00	4.00
42	4.00	4.00	4.00
43	4.00	4.00	4.00
44	3.00	4.00	4.00
45	4.00	4.00	4.00
46	4.00	4.00	4.00
47	3.00	3.00	4.00
48	3.00	3.00	4.00
49	4.00	4.00	4.00
50	3.00	3.00	4.00
51	4.00	3.00	4.00
52	4.00	4.00	4.00
53	3.00	4.00	4.00
54	4.00	4.00	4.00
55	4.00	4.00	4.00
56	3.00	3.00	3.00
57	2.00*	3.00	3.00
58	3.00	3.00	3.00

\*หมายถึงไม่ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 9 แสดงผลได้ดังนี้คือในวงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องเส้นขนาน มีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป (3 คะแนน) จำนวน 49 คนและต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 9 คน ในวงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องพีทาโกรัสมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน 53 คนและต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 5 คน ส่วนในวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน 58 คนและไม่มีใครได้คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 75 จากผลการวิจัยแสดงว่าหลังจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วใน วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีผู้ได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ผ่านขึ้นไปมากขึ้นกว่าวงจรที่ 1 ส่วนวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนทุกคนได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ผ่านขึ้นไป

**ตารางที่ 10** การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเกณฑ์ 75% ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของวงจรที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ

วงจรที่	N	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละของคะแนน
1	58	3.26	0.71	81.50
2	58	3.50	0.66	87.50
3	58	3.83	0.38	95.75

จากตารางที่ 10 พบว่าร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาในวงจรที่ 1, 2 และ 3 คือ 81.50, 87.50 และ 95.75 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75% ในทุกวงจร โดยที่ค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากวงจรแรกถึงวงจรสุดท้าย แสดงว่าหลังจากการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วในวงจรที่ 2 และวงจรที่ 3 ผู้เรียนคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาสูงขึ้น

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลในวงจร  
ที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
1	4.00	4.00	4.00
2	4.00	4.00	4.00
3	4.00	4.00	4.00
4	3.00	3.00	3.00
5	4.00	4.00	4.00
6	4.00	3.00	4.00
7	4.00	4.00	4.00
8	4.00	3.00	4.00
9	3.00	4.00	4.00
10	3.00	3.00	4.00
11	3.00	4.00	4.00
12	3.00	3.00	4.00
13	4.00	3.00	3.00
14	4.00	3.00	3.00
15	4.00	4.00	4.00
16	2.00*	3.00	4.00
17	4.00	4.00	4.00
18	4.00	4.00	4.00
19	4.00	4.00	4.00
20	3.00	3.00	4.00
21	2.00	2.00*	3.00
22	4.00	3.00	4.00
23	4.00	4.00	4.00
24	4.00	4.00	4.00
25	4.00	4.00	4.00

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลในวงจ  
ที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เส้นขนาน	วงจที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่2 พีทาโกรัส	วงจที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
26	4.00	4.00	4.00
27	2.00*	2.00*	4.00
28	3.00	3.00	4.00
29	4.00	4.00	4.00
30	3.00	3.00	4.00
31	4.00	4.00	4.00
32	3.00	3.00	3.00
33	2.00*	3.00	4.00
34	4.00	4.00	4.00
35	3.00	3.00	4.00
36	2.00*	3.00	4.00
37	3.00	3.00	3.00
38	3.00	3.00	3.00
39	2.00*	4.00	4.00
40	4.00	4.00	4.00
41	2.00*	2.00*	3.00
42	4.00	4.00	4.00
43	4.00	4.00	4.00
44	3.00	3.00	3.00
45	4.00	4.00	4.00
46	4.00	4.00	4.00
47	3.00	3.00	3.00
48	2.00*	2.00*	4.00
49	2.00*	3.00	4.00
50	3.00	4.00	4.00

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลในวงจร  
ที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
51	3.00	3.00	4.00
52	3.00	4.00	4.00
53	2.00*	2.00*	4.00
54	4.00	4.00	4.00
55	3.00	4.00	4.00
56	2.00*	2.00*	3.00
57	2.00*	4.00	4.00
58	2.00*	4.00	4.00

\* หมายถึงไม่ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 11 แสดงผลได้ดังนี้คือในวงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องเส้นขนาน มีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป (3 คะแนน) จำนวน 45 คนและต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 13 คน ในวงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องพีทาโกรัสมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน 52 คนและต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 6 คน ส่วนในวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน 58 คน และไม่มีผู้ใดคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 75 จากผลการวิจัยแสดงว่าหลังจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วใน วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีผู้ได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ผ่านขึ้นไปมากขึ้นกว่าวงจรที่ 1 ส่วนวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนทุกคนได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ผ่านขึ้นไป

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลกับเกณฑ์ 75% ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของวงจรที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ

วงจรที่	N	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละของคะแนน
1	58	3.24	0.80	81.00
2	58	3.41	0.68	85.25
3	58	3.81	0.96	95.25

จากตารางที่ 12 พบว่าร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลในวงจรที่ 1, 2 และ 3 คือ 81.00, 85.25 และ 95.25 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75% ในทุกวงจร โดยที่ค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากวงจรแรกถึงวงจรสุดท้าย แสดงว่าหลังจากการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วในวงจรที่ 2 และวงจรที่ 3 ผู้เรียนมีคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลสูงขึ้น

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารในวงจรที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
1	4.00	4.00	4.00
2	4.00	4.00	4.00
3	3.00	4.00	4.00
4	2.00*	4.00	4.00
5	4.00	3.00	4.00
6	4.00	4.00	4.00
7	3.00	3.00	3.00
8	3.00	3.00	4.00
9	3.00	3.00	4.00
10	3.00	3.00	4.00
11	2.00*	4.00	4.00

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารในวงจรถี  
1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจรถี 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรถี 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรถี 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
12	2.00*	4.00	4.00
13	4.00	4.00	4.00
14	4.00	3.00	3.00
15	4.00	4.00	4.00
16	2.00*	4.00	4.00
17	4.00	4.00	4.00
18	4.00	4.00	4.00
19	4.00	4.00	4.00
20	2.00*	2.00*	3.00
21	2.00*	4.00	4.00
22	4.00	4.00	4.00
23	4.00	4.00	4.00
24	4.00	4.00	4.00
25	3.00	3.00	3.00
26	4.00	4.00	4.00
27	2.00*	2.00*	3.00
28	2.00*	2.00*	4.00
29	3.00	3.00	3.00
30	3.00	3.00	3.00
31	4.00	4.00	4.00
32	3.00	3.00	3.00
33	3.00	3.00	4.00
34	4.00	4.00	4.00
35	3.00	3.00	3.00
36	3.00	3.00	4.00

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารในวงจรที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
37	3.00	3.00	3.00
38	4.00	4.00	4.00
39	3.00	3.00	3.00
40	4.00	4.00	4.00
41	3.00	3.00	4.00
42	4.00	4.00	4.00
43	4.00	4.00	4.00
44	4.00	4.00	4.00
45	3.00	4.00	4.00
46	3.00	3.00	4.00
47	3.00	3.00	4.00
48	3.00	3.00	4.00
49	2.00*	2.00*	4.00
50	3.00	3.00	4.00
51	4.00	4.00	4.00
52	4.00	4.00	4.00
53	2.00*	2.00*	4.00
54	4.00	4.00	4.00
55	3.00	4.00	4.00
56	3.00	3.00	3.00
57	3.00	3.00	3.00
58	2.00*	3.00	3.00

\* ไม่ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 13 แสดงผลได้ดังนี้คือในวงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องเส้นขนาน มีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป (3 คะแนน) จำนวน 47 คน และต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 11 คน ในวงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องพีทาโกรัสมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน 53 คนและต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 5 คน ส่วนในวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องสมการเชิงเส้น ตัวแปรเดียวมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน 58 คน และไม่มีใครได้คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 75 จากผลการวิจัยแสดงว่าหลังจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วใน วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีผู้ได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ผ่านขึ้นไปมากขึ้นกว่าวงจรที่ 1 ส่วนวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนทุกคนได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ผ่านขึ้นไป

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการสื่อสารกับเกณฑ์ 75% ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้น ตัวแปรเดียวของวงจรที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ

วงจรที่	N	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละของคะแนน
1	58	3.22	0.75	80.50
2	58	3.43	0.65	85.75
3	58	3.76	0.43	94.00

จากตารางที่ 14 พบว่าร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการสื่อสารในวงจรที่ 1, 2 และ 3 คือ 80.50, 85.75 และ 94.00 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75% ในทุกวงจร โดยที่ค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากวงจรแรกถึงวงจรสุดท้าย แสดงว่าหลังจากการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วในวงจรที่ 2 และวงจรที่ 3 ผู้เรียนมีคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารสูงขึ้น

ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอในวงจ  
ที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75

คนที่	วงจที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
1	4.00	4.00	4.00
2	4.00	4.00	4.00
3	3.00	4.00	4.00
4	3.00	4.00	4.00
5	4.00	4.00	4.00
6	4.00	4.00	3.00
7	3.00	4.00	4.00
8	4.00	4.00	4.00
9	3.00	4.00	4.00
10	3.00	3.00	4.00
11	3.00	4.00	4.00
12	3.00	4.00	4.00
13	4.00	4.00	4.00
14	4.00	4.00	4.00
15	4.00	4.00	4.00
16	3.00	4.00	4.00
17	4.00	4.00	4.00
18	3.00	3.00	4.00
19	4.00	4.00	4.00
20	3.00	3.00	3.00
21	3.00	3.00	4.00
22	3.00	4.00	4.00
23	3.00	4.00	4.00
24	3.00	4.00	3.00
25	3.00	4.00	4.00

ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอในวงจ  
ที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เส้นขนาน	วงจที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่2 พีทาโกรัส	วงจที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
26	4.00	4.00	4.00
27	2.00*	3.00	3.00
28	2.00*	3.00	4.00
29	3.00	4.00	4.00
30	3.00	3.00	3.00
31	4.00	4.00	4.00
32	2.00*	4.00	4.00
33	2.00*	3.00	4.00
34	3.00	4.00	4.00
35	3.00	4.00	4.00
36	3.00	3.00	4.00
37	4.00	4.00	4.00
38	4.00	4.00	4.00
39	2.00*	4.00	4.00
40	3.00	3.00	4.00
41	3.00	3.00	3.00
42	3.00	3.00	4.00
43	3.00	3.00	4.00
44	4.00	4.00	4.00
45	4.00	4.00	4.00
46	3.00	4.00	4.00
47	4.00	4.00	4.00
48	3.00	3.00	4.00
49	3.00	4.00	4.00
50	3.00	4.00	4.00

ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอในวงจร  
ที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
51	4.00	3.00	3.00
52	4.00	4.00	4.00
53	3.00	4.00	3.00
54	4.00	4.00	4.00
55	4.00	4.00	4.00
56	3.00	3.00	3.00
57	3.00	4.00	4.00
58	3.00	3.00	4.00

\* หมายถึงไม่ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 15 แสดงผลได้ดังนี้คือในวงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องเส้นขนานมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป (3 คะแนน) จำนวน 53 คนและต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 5 คน ในวงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องพีทาโกรัสมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน 58 คนและไม่มีใครได้คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 75 ส่วนในวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องสมการเชิงเส้น ตัวแปรเดียวมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน 58 คนและไม่มีผู้ใดได้คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 75 จากผลการวิจัยแสดงว่าหลังจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วใน วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และ วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มีนักเรียนทุกคนได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ผ่านขึ้นไป

**ตารางที่ 16** การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์  
ด้านการนำเสนอกับเกณฑ์ 75% ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้น  
ตัวแปรเดียวของวงจรที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ

วงจรที่	N	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละของคะแนน
1	58	3.28	0.62	82.00
2	58	3.71	0.46	92.75
3	58	3.84	0.37	96.00

จากตารางที่ 16 พบว่าร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์  
ด้านการนำเสนอในวงจรที่ 1, 2 และ 3 คือ 82.00, 92.75 และ 96.00 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75%  
ในทุกวงจร โดยที่ค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากวงจรแรกถึงวงจรสุดท้าย แสดงว่าหลังจากการสอนโดยใช้  
รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วในวงจรที่ 2 และวงจรที่ 3 ผู้เรียนมีคะแนน  
กระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอสูงขึ้น

**ตารางที่ 17** แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการเชื่อมโยงในวงจร  
ที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
1	4.00	4.00	4.00
2	4.00	4.00	4.00
3	4.00	4.00	4.00
4	2.00*	3.00	4.00
5	4.00	4.00	4.00
6	4.00	3.00	4.00
7	4.00	4.00	4.00
8	3.00	3.00	3.00
9	3.00	4.00	4.00
10	3.00	3.00	4.00
11	2.00*	2.00*	4.00

ตารางที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการเชื่อมโยงในวงจ  
ที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
12	4.00	4.00	4.00
13	4.00	4.00	3.00
14	4.00	3.00	4.00
15	4.00	4.00	4.00
16	2.00*	2.00*	4.00
17	3.00	3.00	4.00
18	4.00	4.00	4.00
19	3.00	4.00	4.00
20	3.00	3.00	3.00
21	2.00*	2.00*	4.00
22	4.00	4.00	4.00
23	4.00	4.00	4.00
24	3.00	3.00	4.00
25	4.00	4.00	4.00
26	3.00	3.00	3.00
27	3.00	3.00	4.00
28	2.00*	2.00*	4.00
29	3.00	4.00	4.00
30	3.00	4.00	4.00
31	4.00	4.00	4.00
32	3.00	3.00	4.00
33	2.00*	2.00*	3.00
34	4.00	3.00	3.00
35	4.00	4.00	4.00
36	3.00	3.00	3.00

ตารางที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการเชื่อมโยงในวงจร  
ที่ 1, 2 และ 3 กับเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 (ต่อ)

คนที่	วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน	วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พีทาโกรัส	วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
37	3.00	3.00	3.00
38	4.00	4.00	4.00
39	2.00*	3.00	4.00
40	3.00	3.00	3.00
41	3.00	3.00	3.00
42	3.00	3.00	3.00
43	3.00	3.00	3.00
44	3.00	4.00	4.00
45	3.00	4.00	4.00
46	4.00	4.00	4.00
47	3.00	3.00	4.00
48	3.00	3.00	4.00
49	2.00*	2.00*	4.00
50	3.00	3.00	4.00
51	4.00	4.00	4.00
52	4.00	4.00	4.00
53	2.00*	3.00	4.00
54	4.00	4.00	4.00
55	4.00	4.00	4.00
56	2.00*	3.00	4.00
57	3.00	3.00	4.00
58	2.00*	3.00	3.00

\* หมายถึง ไม่ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 17 แสดงผลได้ดังนี้คือในวงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องเส้นขนาน มีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป (3 คะแนน)จำนวน 47 คนและต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 11 คน ในวงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องพีทาโกรัสมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน 52 คนและต่ำกว่าร้อยละ 75 จำนวน 6 คน ส่วนในวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องสมการเชิงเส้น ตัวแปรเดียวมีผู้ได้คะแนนตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป จำนวน คนและไม่มีผู้ใดได้คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 75 จากผลการวิจัยแสดงว่าหลังจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วใน วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีผู้ได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ผ่านขึ้นไปมากขึ้นกว่าวงจรที่ 1 ส่วนวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนทุกคนได้คะแนนตั้งแต่เกณฑ์ผ่านขึ้นไป

**ตารางที่ 18** การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการเชื่อมโยงกับเกณฑ์ 75% ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้น ตัวแปรเดียวของวงจรที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ

วงจรที่	N	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละของคะแนน
1	58	3.21	0.74	80.25
2	58	3.34	0.66	83.50
3	58	3.78	0.42	94.50

จากตารางที่ 18 พบว่าร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการเชื่อมโยงในวงจรที่ 1, 2 และ 3 คือ 80.25, 83.50 และ 94.50 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75% ในทุกวงจร โดยที่ค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากวงจรแรกถึงวงจรสุดท้าย แสดงว่าหลังจากการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่ปรับปรุงแล้วในวงจรที่ 2 และวงจรที่ 3 ผู้เรียนมีคะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการเชื่อมโยงสูงขึ้น

### 3. ผลการศึกษาระยะที่สาม : การขยายผลและประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

การวิจัยในระบอบนี้เป็นการนำรูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ไปขยายผลใช้สอนในบริบทของห้องเรียนจริงในรายวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อเสริมศักยภาพ 2 รหัสวิชา ค.32201 โดยครูคนอื่นที่ไม่ใช่ผู้วิจัย ที่เป็นครู โรงเรียนสุรนารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา 2 คน สอนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 และ 2/5 จำนวนห้องละ 60 คน และครู โรงเรียนบุญวัฒนา อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา 1 คน สอนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 จำนวน 53 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 โดยตารางเรียนเรียนห้องละ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ชั้น ม.2/1 โรงเรียนสุรนารีวิทยา เรียนในชั่วโมงที่ 1 , 1 และ 3 ในวันจันทร์ อังคาร และพฤหัสบดี ชั้น ม. 2/5 เรียนในชั่วโมงที่ 3, 3 และ 1 ในวันจันทร์ อังคาร และพฤหัสบดี ส่วนชั้น ม.2/2 โรงเรียนบุญวัฒนา เรียนในชั่วโมงที่ 6 , 5 และ 1 ในวันจันทร์ อังคาร และพุธ รวมเวลาในการที่ผู้วิจัยไปสังเกตการสอนห้องละ 18 ชั่วโมงใน 3 เรื่องคือเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยผลการวิจัยเป็นดังนี้

#### 3.1 ผลการศึกษาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และกระบวนการทางคณิตศาสตร์

##### 3.1.1 ผลการศึกษาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ 75% (15 คะแนน) ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

			เส้นขนาน			พีทาโกรัส			สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว		
โรงเรียน	ห้อง	N	$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z
สุรนารีวิทยา	2/1	60	17.83	1.68	13.05*	18.10	1.37	17.53*	18.63	1.29	21.79*
สุรนารีวิทยา	2/5	60	17.72	1.82	11.57*	17.98	1.51	15.28*	18.30	1.53	16.70*
บุญวัฒนา	2/2	53	17.85	1.68	12.35*	18.00	1.92	11.38*	18.26	1.68	14.13*
รวม		173	17.80	1.72	21.41*	18.03	1.60	24.91*	18.41	1.50	9.90*

\*  $p < 0.05$

จากตารางที่ 19 พบว่าค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวงจรที่ 1, 2 และ 3 คือ 17.40 (S.D.=1.47), 8.26(S.D.=1.55) และ 18.3(S.D.=1.33) ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกวงจร โดยที่ค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากวงจรแรกถึงวงจรสุดท้าย

ตารางที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
เมื่อสิ้นสุดภาคเรียนกับเกณฑ์ 75% (15 คะแนน) จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน

รวม 3 เรื่องคือเส้นขนาน พีทาโกรัส และ สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว					
โรงเรียน	ห้อง	N	$\bar{X}$	S.D.	Z
ศรณวิทย์	2/1	60	17.77	1.01	21.24 *
ศรณวิทย์	2/5	60	16.97	1.31	11.65 *
บุญวัฒนา	2/2	53	17.13	1.39	11.16 *
รวม		173	17.29	1.28	23.53 *

\*  $p < 0.05$

จากตารางที่ 20 พบว่าค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแบบสอบหลังสิ้นสุดภาคเรียน  
ใน 3 นำเรื่อง โดยรวมคือ 17.29 (S.D.=1.28) และแยกตามห้องดังนี้ ชั้น ม.2/1 ( $\bar{X} = 17.77$ ,  
S.D.=1.01) ชั้น ม.2/5 ( $\bar{X} = 16.97$ , S.D.=1.31) และ ชั้นม.2/1 ( $\bar{X} = 17.13$ , S.D.= 1.39) ซึ่งสูงกว่า  
เกณฑ์ 75% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05ในทุกห้อง

จากการวิเคราะห์การทำข้อสอบอัตนัยทั้งข้อสอบท้ายบทและข้อสอบหลังสอนเมื่อสิ้นสุด  
ในการเรียนทั้ง 3 เรื่อง พบว่าหลังจากที่นักเรียนเรียนคณิตศาสตร์ด้วยรูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหา  
เป็นหลักแล้วนักเรียนมีความรู้เชิงมโนคติ (Conceptual Knowledge) และความรู้เชิงวิธีการ  
(Procedural Knowledge) ในเนื้อหาที่เรียนสามารถนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ตอบปัญหาปลายเปิดที่  
เป็นข้อสอบท้ายบทและข้อสอบหลังสอน โดยสร้างตัวแทนปัญหา แสดงวิธีการแก้ปัญหา สรุปและ  
ตรวจสอบคำตอบได้แสดงถึงการมีความรู้ในเรื่องที่เรียนในระดับสูงรายละเอียดที่นักเรียนตอบมี  
ตัวอย่างในภาคผนวก ฉ

## 3.1.2 ผลการศึกษากระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา

ตารางที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหากับเกณฑ์ 75% (3 คะแนน)

		เส้นขนาน				พีทาโกรัส			สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว		
โรงเรียน	ห้อง	N	$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z
สุรนารีวิทยา	2/1	60	3.58	0.56	8.02 *	3.68	0.47	11.21 *	3.70	0.53	10.23 *
สุรนารีวิทยา	2/5	60	3.35	0.66	4.11 *	3.50	0.54	7.17 *	3.52	0.60	6.71 *
บุญวัฒนา	2/2	53	3.42	0.57	5.36 *	3.55	0.54	7.42 *	3.53	0.58	6.65 *
รวม		173	3.45	0.64	9.25 *	3.58	0.52	14.67 *	3.58	0.58	13.15 *

\*  $p < 0.05$

จากตารางที่ 21 พบว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาค่าเฉลี่ยแตกต่างจากเกณฑ์ 75% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ในทุกเรื่องและทุกชั้นเรียน โดยพิสัยของค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหามีค่าตั้งแต่ 3.35-3.70 และภาพรวมมีค่า 3.45, 3.58 และ 3.58 จากคะแนนเต็ม 4 ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ไปกิจกรรมที่นักเรียนทำการแก้ปัญหาลงเปิดพบว่านักเรียนทำการแก้ปัญหอย่างเป็นระบบตั้งแต่การสร้างตัวแทนปัญหา การวางแผน การดำเนินการแก้ปัญห การสรุป และการตรวจคำตอบ โดยการสร้างตัวแทนปัญหนักเรียนได้มีความตระหนักในการตีความและทำความเข้าใจโจทย์และนำเสนอออกมาตามความเข้าใจของตนเองในรูปแบบที่หลากหลายคือในรูปแบบตาราง รูปภาพ ข้อความอธิบาย แผนภูมิ การวางแผนการแก้ปัญหามีการเขียนบรรยายโดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมมาใช้ในการวางแผนเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการแก้ปัญห การดำเนินการแก้ปัญหนักเรียนใช้วิธีที่หลากหลายทั้งการใช้แบบรูป การแทนค่า การลองผิดลองถูก การใช้สมบัติการเท่ากันในการแก้สมการ การวาดภาพแสดงที่มาของคำตอบ พร้อมทั้งมีการระบุเหตุผลประกอบในการแก้ปัญหาดังกล่าว มีการสรุปคำตอบที่หามาได้และตรวจสอบความเป็นไปได้และความถูกต้องของคำตอบ แสดงการแก้ปัญหได้อย่างเป็นระบบ

### 3.1.3 ผลการศึกษากระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผล

ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลกับเกณฑ์ 75% (3 คะแนน)

โรงเรียน	ห้อง	N	เส้นขนาน			พีทาโกรัส			สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว		
			$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z
ศรนาวิวิทยา	2/1	60	3.58	0.50	8.98 *	3.63	0.52	9.38 *	3.67	0.51	10.17 *
ศรนาวิวิทยา	2/5	60	3.42	0.67	4.86 *	3.40	0.62	4.99 *	3.43	0.59	5.65 *
บุญวัฒนา	2/2	53	3.60	0.53	8.24 *	3.53	0.58	6.65 *	3.60	0.57	7.66 *
รวม		173	3.53	0.58	12.02 *	3.52	0.58	12.21 *	3.57	0.56	13.39 *

\*  $p < 0.05$

จากตารางที่ 22 พบว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลแตกต่างจากเกณฑ์ 75% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ในทุกเรื่องและทุกชั้นเรียน โดยพิสัยของค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลมีค่าตั้งแต่ 3.40-3.67 และภาพรวมมีค่า 3.53 ,3.52 และ 3.57 จากคะแนนเต็ม 4 ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ใบกิจกรรมที่นักเรียนทำการแก้ปัญหาปลายเปิดพบว่านักเรียนได้ระบุเหตุผลประกอบในการดำเนินการแก้ปัญหา โดยลักษณะเหตุผลนักเรียนสามารถบอกเหตุผลประกอบในการเขียนความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆเช่นการขนานกัน เส้นขนานกับเส้นตัด การเท่ากันของด้าน การเท่ากันของมุม การรวมขนาดมุมแล้วมีค่า 180 องศา การเท่ากันของพื้นที่ พื้นที่กับด้าน ตัวแปรกับสิ่งที่โจทย์กำหนด ภาพตาราง กับสมการ ลักษณะเหตุผลที่ปรากฏมากคือการอ้างเหตุผลแบบอุปนัย (Create inductive arguments) การลองผิด ลองถูก และทำงานย้อนกลับเพื่อแก้ปัญหา (Use trial & error) การค้นหารูปแบบเพื่อหาข้อสรุปทั่วไป (Look for Patterns to arrive at generalization) และการให้เหตุผลเชิงมิติตัมพันธ์

## 3.1.4 ผลการศึกษากระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้าน การสื่อสาร

ตารางที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารกับเกณฑ์ 75% (3 คะแนน)

โรงเรียน	ห้อง	N	เส้นขนาน			พีทาโกรัส			สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว		
			$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z
สุรนารีวิทยา	2/1	60	3.52	0.54	7.46*	3.62	0.49	9.80*	3.63	0.49	9.96*
สุรนารีวิทยา	2/5	60	3.38	0.58	5.07*	3.43	0.59	5.65*	3.40	0.59	5.25*
บุญวัฒนา	2/2	53	3.45	0.54	6.07*	3.55	0.61	6.56*	3.57	0.54	7.68*
รวม		173	3.45	0.55	0.76*	3.53	0.57	12.23*	3.53	0.54	12.91*

\*P < 0.05

จากตารางที่ 23 พบว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารแตกต่างจากเกณฑ์ 75% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ในทุกเรื่องและทุกชั้นเรียน โดยพิสัยของค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารมีค่าตั้งแต่ 3.38-3.63 และภาพรวมมีค่า 3.45 , 3.53 และ 3.53 จากคะแนนเต็ม 4 ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ใบกิจกรรมที่นักเรียนทำการแก้ปัญหาปลายเปิด การไตร่ตรองรายการกลุ่มและการนำเสนอพบว่านักเรียนมีการสื่อสารโดยใช้ภาษาทั่วไป (Ordinary language) เช่น “ต่อออกไปแล้วสองเส้นไปทางเดียวกันเรื่อยๆ” หมายถึง “ขนานกัน” “มันเป็นอันเดิม” หมายถึง “ขนาดเท่ากัน” “เอารูปสองอันมาใส่อันใหญ่” หมายถึง “พื้นที่รูป2รูปรวมกันแล้วเท่ากับพื้นที่รูปใหญ่” “ฉีกขาออก” หมายถึง “นำจำนวนขาที่ไม่ต้องการไปลบออก” วิชาภาษาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Verbal language) เช่น “ผลบวกของสามมุมเท่ากับ180องศา” มาจากภาษาทั่วไป “สามมุมรวมกัน ไปรวมกันมาก็คือ180องศา” “ผลบวกของพื้นที่จัตุรัสบนด้านที่ยาวที่สุดของสามเหลี่ยมมุมฉากจะเท่ากับผลรวมของพื้นที่บนด้านที่เหลือ” มาจากภาษาทั่วไป “เอาด้านมาคูณกันสามคู่ จากสามเหลี่ยมมุมฉาก คู่มากที่สุดจะเท่ากับอีกสองคู่ผสมรวมกัน” “ใช้สมบัติการสลับที่การบวก” มาจากภาษาทั่วไป “นำมาวางใกล้กันเพื่อรวมกัน” และภาษาสัญลักษณ์ (Symbolic language) เช่น  $\overset{\wedge}{A}BC + \overset{\wedge}{A}CB + \overset{\wedge}{B}AC = 180$  องศา “ $c^2 = a^2 + b^2$ ” และ “ $2x + 4(30-x) = 84$ ”

## 3.1.5 ผลการศึกษากระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอ

ตารางที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอ กับเกณฑ์ 75% (3 คะแนน)

โรงเรียน	ห้อง	N	เส้นขนาน			พีทาโกรัส			สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว		
			$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z
สุรนารีวิทยา	2/1	60	3.60	0.53	8.77 *	3.73	0.45	12.56 *	3.77	0.43	13.87 *
สุรนารีวิทยา	2/5	60	3.52	0.50	8.06 *	3.58	0.50	8.98 *	3.60	0.56	8.30 *
บุญวัฒนา	2/2	53	3.60	0.49	8.91 *	3.70	0.46	11.08 *	3.74	0.49	10.99 *
รวม		173	3.57	0.51	14.70 *	3.67	0.47	18.75 *	3.70	0.50	18.41 *

\*  $p < 0.05$

จากตารางที่ 24 พบว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอแตกต่างจากเกณฑ์ 75% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ในทุกเรื่องและทุกชั้นเรียน โดยพิสัยของค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอมีค่าตั้งแต่ 3.35-3.70 และภาพรวมมีค่า 3.57, 3.67 และ 3.70 จากคะแนนเต็ม 4 ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวตามลำดับ

จากการวิเคราะห์การนำเสนอของนักเรียนหน้าชั้นเรียนพบว่านักเรียนใช้การนำเสนอที่เป็นรูปภาพ เพื่อสะท้อนแนวคิดและแสดงความเข้าใจในคณิตศาสตร์ ใช้สัญลักษณ์ทางการเขียน (Written symbols) และสัญลักษณ์ทางการพูด (Verbal symbols) ในการนำเสนอ และใช้อุปกรณ์ (Manipulatives) ที่เป็นกระดานสองหน้าเป็นฐานของการคิดชิ้นงาน การนำเสนอได้เห็นแนวคิดที่หลากหลายที่เกิดจากนักเรียนไตร่ตรองรายบุคคล และนำเสนอแนวคิดของตนเองขึ้นอภิปรายในกลุ่ม และให้กลุ่มเลือกแนวทางที่จะนำเสนอ โดยส่วนมากนักเรียนจะออกมานำเสนอทุกคน โดยจะถือกระดานสองหน้าสองคน ส่วนอีกสองคนช่วยกันอธิบาย และมีอุปกรณ์สำหรับชี้เสริมเข้ามาเพื่อดึงดูดสายตาผู้ฟังให้ดูสิ่งที่สมาชิกในกลุ่มกำลังอธิบาย

### 3.1.6 ผลการศึกษากระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการเชื่อมโยง

ตารางที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการเชื่อมโยงกับเกณฑ์ 75% (3 คะแนน)

โรงเรียน	ห้อง	N	เส้นขนาน			พีทาโกรัส			สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว		
			$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z	$\bar{X}$	S.D.	Z
สุรนารีวิทยา	2/1	60	3.57	0.62	7.12*	3.60	0.53	8.77*	3.65	0.52	9.68*
สุรนารีวิทยา	2/5	60	3.35	0.58	4.67*	3.40	0.56	5.53*	3.38	0.58	5.07*
บุญวัฒนา	2/2	53	3.49	0.54	6.61*	3.57	0.67	6.19*	3.58	0.53	7.97*
รวม		173	3.47	0.59	10.50*	3.52	0.59	11.60*	3.54	0.56	12.70*

\*  $p < 0.05$

จากตารางที่ 25 พบว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการเชื่อมโยงแตกต่างจากเกณฑ์ 75% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ในทุกเรื่องและทุกชั้นเรียน โดยพิสัยของค่าเฉลี่ยของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการเชื่อมโยงมีค่าตั้งแต่ 3.35-3.65 และภาพรวมมีค่า 3.47, 3.52 และ 3.54 จากคะแนนเต็ม 4 ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัส และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ใบกิจกรรมที่นักเรียนทำการแก้ปัญหาปลายเปิดพบว่า นักเรียนได้ใช้การเชื่อมโยงความรู้โดยทหารเชื่อมโยงภายในวิชา ที่เป็นการนำความรู้ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ไปสัมพันธ์กันจะเห็นได้จากการสร้างตัวแทนปัญหาในขั้นนำเสนอปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหาในขั้นไตร่ตรองรายบุคคล นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้โดยการดึงเอาประสบการณ์เดิมมาใช้ โดยแสดงออกในรูปของภาพวาด ตาราง แผนผัง บรรยายความเรียง โดยใช้ความรู้ทั้งด้านจำนวนและการดำเนินการ พีชคณิต เรขาคณิต การวัด และการวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.2 ผลการศึกษาในแต่ละชั้นการสอนของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก

ครูผู้สอนที่เป็นครูผู้ช่วยวิจัยได้แบ่งกลุ่มนักเรียนโดยละความสามารถโดยใช้คะแนนสอบปลายภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ของนักเรียนเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง และให้นักเรียนร่วมกันตั้งชื่อกลุ่มปรากฏผลดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 แสดงรายชื่อกลุ่มของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ชั้น ม.2/1 ม.2/5 และชั้น ม.2/2  
ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548

กลุ่มที่	ชื่อกลุ่ม ชั้นม.2/1 ร.ร. สุรนารีวิทยา (ขนมไทย)	ชื่อกลุ่ม ชั้นม.2/5 ร.ร. สุรนารีวิทยา (ดอกไม้ไทย)	ชื่อกลุ่ม ชั้นม.2/2 ร.ร. บุญวัฒนา (ผลไม้ไทย)
1	ดอกจอก	ทานตะวัน	แตงโม
2	กะหรี่ปั๊พ	ถั่วควน	กล้วยหอม
3	เปียกปูน	กาสะลอง	มะพร้าว
4	น้ำดอกไม้	กรรมนิการ์	ตะขบ
5	ตะโก้	ผกากรอง	แห้ว
6	ทองนพคุณ	บัวบูชา	ทุเรียน
7	ลูกชุบ	เบญจมาศ	ระกำ
8	สังขยา	ถิลาวดี	มะเหมี่ยว
9	ถังแตก	จำปา	มะปราง
10	วุ้น	ราชพฤกษ์	ลูกหว้า
11	ขนมครก	ดอกแก้ว	ส้มโอ
12	บัวปั้น	เฟื่องฟ้า	แตงไทย
13	บัวลอย	ราชาวดี	แก้วมังกร
14	ทองม้วน	หน้าวัว	-
15	หม้อแกง	การเวก	-

ชั้น ม.2/1 และม.2/5 มีสมาชิกในกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน รวมทั้งหมดชั้นละ 60 คน ส่วน ม.2/2 มีสมาชิกในกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ยกเว้นในกลุ่มที่ 1 ที่มีสมาชิกกลุ่มละ 5 คน รวมทั้งหมด 53 คน รวมกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 173 คน

### 3.2.1 ชั้นเสนอปัญหา

#### 3.2.1.1 ชั้นที่ 1 ชั้นนำเสนอปัญหา

ผลพบว่านักเรียนสามารถสร้างตัวแทนปัญหาได้อย่างหลากหลาย ทั้งที่ใช้ข้อความที่เป็นภาษาเขียน เป็นความเรียง ตาราง รูปภาพ แผนผัง และแสดงความคิดของตนเองในใบกิจกรรม และมีการเขียนอธิบายการที่จะแก้ปัญหาได้มีการวางแผนโดยประยุกต์ความรู้

เดิมมาใช้ประกอบในการวางแผน โดยเขียนเรียงเป็นข้อๆและแบบเขียนอธิบายเป็นข้อความ นักเรียนร่วมกิจกรรมดีมากในทุกกลุ่มเป้าหมาย ทำงานด้วยความตั้งใจและเขียนแสดงการคิด ตัวอย่างแสดงใน ภาคผนวก จ

กรณีปัญหาปลายเปิดที่เป็นตัวนำกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่าในเรื่องเส้นขนานนักเรียนสามารถแสดงตัวแทนปัญหาได้ในหลายลักษณะตามชนิดของ สามเหลี่ยมมีทั้งรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก สามเหลี่ยมมุมแหลม หรือสามเหลี่ยมมุมป้าน และการวาง เรียงสามเหลี่ยมสามรูปเป็นในลักษณะแนวนอน แนวตั้ง หรือแนวทะแยง การใส่ชื่อมุมเป็นตัวอักษรอังกฤษ ไทย ตัวเลข สัญลักษณ์ต่างๆเช่นหัวใจ วงกลม ดาว จุดโปร่ง จุดทึบ เครื่องหมาย ถูก หรือกากบาทเป็นต้น ส่วนจุดมุมนักเรียนนิยมเขียนเป็นพยัญชนะภาษาอังกฤษตัวใหญ่ ปัญหา ปลายเปิดในเรื่องพีทาโกรัสนั้นปรากฏว่านักเรียนบางคนจะทำใบกิจกรรมโดยมีสี่สรรค์สวยงาม เพราะนักเรียนใช้ความรู้ทางศิลปะเข้ามาช่วยในเรื่องการระบายสีและวาดตัวการ์ตูน ภาพ ลวดลาย ต่างๆ ประกอบ ซึ่งเป็นการทำชิ้นงานที่นักเรียนอยากทำอันเป็นการแสดงความรักในงานของตนเอง ต้องการให้งานดูดี มีค่า ส่วนการสร้างตัวแทนปัญหานั้นนักเรียนสร้างได้ครบตามโจทย์กำหนด แสดงถึงความรอบคอบในการอ่านทำความเข้าใจ โจทย์ว่า โจทย์กำหนดรายละเอียดอะไรบ้าง และ ความต้องการของโจทย์เป็นอะไร นักเรียนได้วาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก และวาดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สามรูปบนด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมดังกล่าว โดยมีจุด C เป็นจุดที่มุมฉากของสามเหลี่ยมมุมฉาก บางคนใช้กระดาษสีต่างๆติดแทนรูปวาด และจะเห็นว่านักเรียนสามารถได้เรียงขั้นตอนต่างๆในการ วางแผนที่จะไปถึงข้อค้นพบสุดท้ายได้ สำหรับตัวแทนปัญหาในเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว นักเรียนสร้างได้หลากหลายมีทั้งในรูปตาราง รูปภาพ สมการ กราฟ หรือแผนผังเป็นต้น และในบาง ชิ้นงานของนักเรียนได้วาดตัวนกยูงและกวางพร้อมทั้งระบายสีได้สวยงามมาก เป็นการแสดงถึงการ รักการทำงาน และทำงานด้วยความสุขเพราะนักเรียนจะไม่กังวลต่อการหาคำตอบที่ต้องถูกเสมอไป เป็นอิสระของการคิด เป็นการให้อำนาจในการตัดสินใจทำงานด้วยตัวของนักเรียนเอง

### 3.2.2 ชั้นแก้ปัญหา

#### 3.2.2.1 ชั้นที่ 2 ชั้นไตร่ตรองรายบุคคล

ผลพบว่านักเรียนแก้ปัญหาคด้วยวิธีหลากหลาย และสามารถค้นหา ความสัมพันธ์ต่างๆเช่นการเท่ากันของมุม ผลรวมของมุมที่มีค่าเป็นสองมุมฉาก ไปสัมพันธ์กับเส้น ขนานและเส้นตัด การหาความสัมพันธ์ของพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านต่างๆของสามเหลี่ยม มุมฉาก และความสัมพันธ์ของพื้นที่กับด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมมุมฉาก และสามารถใช้การ เชื่อมโยงความรู้มาใช้แก้ปัญหาก็เกี่ยวกับโจทย์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวโดยใช้วิธีการแก้ที่

หลากหลาย ทั้งที่เป็นรูปภาพที่ค่อยๆเติมภาพ การใช้ตารางแล้วเปรียบเทียบข้อมูล การสุ่มลองผิดลองถูก การแก้สมการทั้งใช้ตัวแปรเดียวและ 2 ตัวแปร

กรณีของเส้นขนานมีการใช้ภาษาทั่วไปในการสื่อสารเช่น “มุมรวมกันได้เส้นตรง” ซึ่งหมายถึง “ผลบวกของขนาดมุมบนเส้นตรง” ซึ่งเป็นวิชาภาษาทางคณิตศาสตร์ “มุมทางเดียวกันของเส้นตัด” ซึ่งหมายถึง “มุมที่อยู่ข้างเดียวกันของเส้นตัด” “มุมตรงข้ามกันในแนวทแยง” คือ “มุมแย้ง” “ลากยังงี้ก็ไม่เจอกัน” คือ “ถ้าต่อทั้งสองด้านออกไปเป็นเส้นตรงแล้วจะไม่ตัดกัน,” นักเรียนใช้ความรู้เดิมเรื่องมุมบนเส้นตรงรวมกันได้ 180 องศา เชื่อมโยงได้ว่า มุมสามมุมดังกล่าวอยู่ที่ใดในรูปก็จะรวมกันได้ 180 องศาเสมอ ซึ่งเป็นการใช้สมบัติการถ่ายทอดของการเท่ากัน ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนสรุปสิ่งเท่ากันที่ได้ตามมาก็คือ มุมแย้งจะเท่ากัน มุมภายนอกจะเท่ากับผลบวกของมุมภายในที่อยู่ข้างเดียวกันของเส้นตัด มุมภายในสามเหลี่ยมรวมกันได้ 180 องศา มุมภายนอกจะเท่ากับผลบวกของมุมภายในที่ไม่ใช่มุมประชิด การเชื่อมโยงที่ได้นี้จะเป็นการแสดงผล จะสังเกตได้ว่าการเท่ากันหรือการที่มุมรวมกันได้แล้วได้ 180 องศา จะมีความสัมพันธ์ที่ว่านี้มากกว่าตัวอย่าง ซึ่งเป็นแนวทางในการค้นหารูปแบบเพื่อหาข้อสรุปทั่วไป (Look for patterns to arrive at generalization) และเป็นการเสนอประเด็นเชิงอุปนัย (Create inductive argument) กรณีเรื่องพีทาโกรัสนักเรียนจะสื่อสารด้วยภาษาสัญลักษณ์เป็นส่วนมาก เพราะเป็นข้อสรุปของทฤษฎีคือ  $c^2 = a^2 + b^2$  ภาษาในการสื่อสาร “สี่เหลี่ยม c = สี่เหลี่ยม a + สี่เหลี่ยม b” ซึ่งหมายถึง “พื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้าน c = พื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้าน a + พื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้าน b” “รูปใหญ่แตกเป็นรูปเล็ก 2 รูป” คือ “รูปใหญ่มีขนาดเท่ากับผลบวกของรูปเล็ก 2 รูป” นักเรียนหาเหตุผลในการจะได้มาซึ่งเหตุผลดังกล่าวโดยแยกส่วนสามเหลี่ยมเล็กแล้วไปวางบนสามเหลี่ยมรูปใหญ่สุด หรือกลับกันโดยแยกส่วนของรูปใหญ่สุดแล้วนำไปวางบนรูปเล็กอีกสองรูป และใช้การคำนวณพื้นที่ตรวจสอบข้อคาดการณ์หรือข้อคาดคะเนว่าสัมพันธ์กันจริงหรือไม่ อย่างไร (Make & test conjectures) ซึ่งข้อคาดการณ์นักเรียนคิดว่ารูปใหญ่น่าจะมีพื้นที่เท่ากับรูปเล็ก 2 รูปรวมกัน นักเรียนได้ใช้จินตนาการการแยกส่วน การรวมส่วนในการหาคำตอบด้วย (Use spatial reasoning) นอกจากนี้ นักเรียนได้ใช้ความรู้เรื่องการหาพื้นที่ของสามเหลี่ยม การหาพื้นที่ของสี่เหลี่ยมจัตุรัส เลขยกกำลังมาใช้เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้น

สำหรับเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว นักเรียนแก้ปัญหาโดยการลองผิดลองถูก (Trial & error) ในตารางค่อยๆเพิ่มและลดให้เป็นระบบ และใช้ภาษาสัญลักษณ์ (Symbolic language) ที่อยู่ในรูปสมการเช่น  $2M+4N = 84$ ,  $2x + 4(30-x)=84$ ,  $4x+2(30-x)= 84$ ,  $\frac{x}{4} + \frac{84-x}{2} = 30$ ,  $\frac{x}{2} + \frac{84-x}{4} = 30$ ,  $x+y = 30$  และ  $2x + 4y = 84$  แล้วแก้สมการเหล่านี้ โดยการเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องการแก้สมการอย่างง่าย การเทียบบัญญัติไตรยางค์โดยการ

ใช้สมบัติของการเท่ากัน นักเรียนใช้ภาษาทั่วไปคือ “การย้ายข้าง” ซึ่งหมายถึง “ การคูณหรือบวก สิ่งที่เท่ากันทั้งสองข้าง”มาแสดงความคิดรวบยอด นักเรียนบางคนมีความสามารถแก้สมการสองตัวแปรได้ ซึ่งผู้ที่คิดแปลกๆจะได้รับเชิญให้แสดงความสามารถแสดงวิธีคิดบนกระดานเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และเรียนรู้ร่วมกันทั้งนักเรียน เพื่อนนักเรียนและครู ในขั้นสรุปความรู้

### 3.2.2.2 ขั้นที่ 3 ขั้นไตร่ตรองรายกลุ่ม

พบว่าเกิดกระบวนการกลุ่มในทุกกลุ่มเป้าหมาย นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของการได้มาซึ่งคำตอบ มีการช่วยกันอธิบายและนำเสนอแนวคิดของตนเองในกลุ่ม ทุกคนในกลุ่มได้เปลี่ยนบทบาทของตนเองเมื่อเรียนในแต่ละเรื่องโดยมีบทบาทคือประธานกลุ่ม รองประธาน เลขานุการ และผู้ประสานงาน โดยหน้าที่ต่างๆนักเรียนจะเปลี่ยนเมื่อเริ่มเรียนในเรื่องใหม่ นักเรียนที่เป็นผู้ประสานงานจะเป็นตัวแทนในการรับอุปกรณ์ ใบกิจกรรมต่างๆและส่งงานทั้งหมดของสมาชิกในกลุ่ม

### 3.2.2.3 ขั้นที่ 4 ขั้นนำเสนอ

พบว่านักเรียนในกลุ่มเป้าหมายสามารถนำเสนองานด้วยความมั่นใจและผลิตงานประกอบบนอุปกรณ์ (Manipulatives) ที่เป็นกระดาน 2 หน้าด้วยความตั้งใจและงานออกมาได้ดีตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ และนักเรียนเกิดมโนคติในด้านเนื้อหา งานนำเสนอมีความหลากหลายโดยนักเรียนได้ใช้ทั้งภาษารูปภาพ (Pictures) ตาราง สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ สัญลักษณ์ทางภาษา เขียน (Written Symbols) สัญลักษณ์ทางภาษาพูด (Verbal Symbols) บริบทชีวิตจริง (Real –life Context)ประกอบในการนำเสนอ

### 3.2.2.4 ขั้นที่ 5 ขั้นสรุป

พบว่านักเรียนในกลุ่มเป้าหมายสามารถสรุปข้อความรู้ที่ได้มาจากการเผชิญปัญหา การไตร่ตรองรายบุคคล การไตร่ตรองรายกลุ่ม และการนำเสนอ ร่วมกับครูได้ และทำให้นักเรียนเกิดมโนคติด้านเนื้อหา และเกิดกระบวนการต่างๆทางคณิตศาสตร์ในทุกๆด้าน คือการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การนำเสนอ และการเชื่อมโยง ในท้ายสุดของขั้นสรุปครูได้มอบหมายให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้ในรูปแบบที่นักเรียนเลือก ปรากฏว่ามีการสรุปมโนคติออกมาในหลายรูปแบบที่หลากหลายเช่นเขียนและใช้ความรู้ทางศิลปะวาดภาพและระบายสี ประกอบในกระดาษขนาดเอ 4 ทำสมุดเล่มเล็ก ปฏิทิน Power Point โหมบาย และ แผ่นพับ

### 3.2.3 ขั้นขยายปัญหา

#### 3.2.3.1 ขั้นที่ 6 ขั้นขยายผล

พบว่านักเรียนในกลุ่มเป้าหมายได้ใช้ความรู้จากการเรียนใน 5 ขั้น ข้างต้นมาใช้ในการแก้ปัญหา ในปัญหาปลายเปิดที่ครูขยายขึ้น และนักเรียนสามารถขยาย

ปัญหาโดยการสร้างปัญหาเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนและแสดงการแก้ปัญหาที่น้อยอย่างละเอียด ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้เชิงมโนคติและความรู้เชิงวิธีการเป็นอย่างดี และสามารถประยุกต์ใช้ในการขยายปัญหาโดยตัวนักเรียนเองได้ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัสและ สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

### 3.2.3.2 ขั้นที่ 7 ขั้นประเมินและสะท้อนผล

พบว่านักเรียนในกลุ่มเป้าหมายมีความมั่นใจในความรู้ที่ตนเองมี ทั้งที่เป็นความรู้ในเชิงมโนคติและความรู้เชิงวิธีการ สามารถประเมินงานเพื่อนได้และสามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่ต่างจากเพื่อน ถือว่าเป็นการทำงานกลุ่มที่ช่วยกันประเมิน เป็นการเรียนรู้ร่วมกันและมีประสบการณ์จากการอ่าน ตีความ ใช้เหตุผลประกอบในการตัดสินใจในการประเมินงานเพื่อน การประเมินงานเพื่อนนักเรียนต้องกรอกใจท้อปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาของเพื่อนลงในตารางที่กำหนดไว้ และกลุ่มเพื่อนช่วยกันวิพากษ์ และคิดการแก้ปัญหาที่ไม่ใช่วิธีที่เพื่อนคิด เป็นการทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ เห็นวิถีคิดที่หลากหลาย ดังนั้นแม้นักเรียนจะไม่สามารถแสดงวิถีคิดที่ต่างออกไปได้ ด้วยวิธีดังกล่าวจะทำให้นักเรียนฝึกคิดตามว่าใช่หรือไม่และจะพยายามสร้างวิถีคิดที่ต่างจากที่เห็น

## 3.3 ข้อค้นพบในการวิจัย

3.3.1 การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักนั้น ปัญหาต้องไม่ใช่ปัญหาที่คุ้นเคยหรือรู้จักมาก่อนควรเป็นปัญหาที่ซับซ้อนที่ไม่ได้หมายความว่ายากจนเกินไปจนไม่มีผู้ใดแก้ปัญหาได้ แต่เป็นปัญหาที่อาศัยมโนคติมากกว่า 1 อย่างหรือนำความรู้ที่เรียนมาแล้วมาผสมผสานใช้ในการแก้ปัญหา และเป็นปัญหาที่มีแนวทางตอบได้หลากหลายวิธี

3.3.2 การไตร่ตรองรายบุคคลทำให้เห็นศักยภาพในการทำงานและเห็นผลงานที่เกิดจาก ตัวนักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยการแก้ปัญหาจากปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ นำกิจกรรมการเรียนการสอน โดยนักเรียนจะเกิดความขัดแย้งทางปัญญาในระดับที่แตกต่างกัน เมื่อเผชิญกับปัญหา เกิดความคับข้องใจ เกิดความอยากรู้อยากเห็นเป็นหนทางนำสู่การหาขุทวิธีในการแก้ปัญหา

3.3.3 ภายหลังจากนักเรียนไตร่ตรองรายบุคคลเมื่อมาเข้ากลุ่มจะเกิดความขัดแย้งทางปัญญาในการหาข้อสรุปเกี่ยวกับการแก้ปัญหาหลักร่วมกัน การเกิดการปรับการเรียนรู้ มีความวิตกกังวลกลัวงานจะเสร็จไม่ทันกำหนดที่จะต้องนำเสนอหน้าชั้นเรียน ยังปรากฏว่านักเรียนที่เรียนเก่งจะอภิปรายหรือนำเสนอในผลงานตนเองเป็นที่โดดเด่น ดังนั้นครูต้องสังเกตการดำเนินกิจกรรมของทุกกลุ่มและสร้างความเข้าใจและรับรู้ร่วมกันว่าทุกคนมีส่วนช่วยในความสำเร็จของกลุ่ม

3.3.4 เกิดหลักฐานตามสภาพจริงในการประเมินกระบวนการทางคณิตศาสตร์ใน 4 ด้านคือกระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการให้เหตุผล กระบวนการสื่อสาร และกระบวนการเชื่อมโยง โดยประเมินจากผลงานนักเรียนที่แสดงวิธีการแก้ปัญหาในปัญหาคณิตศาสตร์ใน 5 หัวข้อ คือการสร้างตัวแทนปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา การสรุปคำตอบ และการตรวจคำตอบ ส่วนการนำเสนอแนวทางแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียนนั้นเป็นหลักฐานประจักษ์ของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอ

#### 4. การอภิปรายผล

ผู้วิจัยนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยเป็น 2 ประเด็น คือ 1) การอภิปรายผลการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก 2) การอภิปรายผลการวิจัยเกี่ยวกับการคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

4.1 การอภิปรายผลการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ผู้วิจัยได้นำร่างต้นแบบของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่สังเคราะห์จากแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem-Based Learning) และ ทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ (Constructivist Learning Theory) ที่ปรับปรุงจากระยะที่ 1 การหาความเป็นไปได้ มาพัฒนาต่อโดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการของเคมมิสและแมคแทคการ์ด ใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาคณิตศาสตร์ ค 320102 ในเรื่องเส้นขนาน พีทาโกรัสและสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนโรงเรียนสุนารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 และได้มีการปรับปรุงรูปแบบการสอนในขั้นตอนการสอนในวงจรที่ 1, 2 และ 3 จากการประเมินการจัดการเรียนการสอนในวงจรที่ 1, 2 และ 3 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 75% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pehkonen (1997), Bay (2000), Charles, & Lester (1984) ที่ว่าการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักเป็นการทำให้พัฒนามโนคติ และมีผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้สูงกว่ากลุ่มเพื่อนที่เรียนแบบเดิม จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงเป็นที่น่าพอใจ สอดคล้องกับ ผลการวิจัยของ ไพจิตร สะควงการ (2539) ที่พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ของกลุ่มทดลองจะสูงกว่ากลุ่มปกติ และยังมีผลการวิจัยของปิยนุช รัตนวรรณ (2544) ที่สนับสนุนด้วยว่าการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ทำให้ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับที่น่าพอใจ และสอดคล้องกับผลวิจัยของ

สุลัดดา ลอยฟ้า (2548) ที่พบว่า การเรียนแบบร่วมมือทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังสอนสูงกว่าก่อนสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักทำให้เกิดกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ใน 5 ด้านคือ ด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การนำเสนอ การเชื่อมโยง และการสื่อสาร และมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 75% สอดคล้องกับ ศิริมาศ ศรีลำควน (2546) และ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2546) ที่พบว่า การสอนโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยใช้คำถามปลายเปิดเป็นตัวนำกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนพัฒนาการคิดทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการ โพรโตคอล ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นจากการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก และทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทำให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหา สร้างองค์ความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง ทั้งในรูปการคิดแบบคนเดียวและในรูปการปรึกษา ประเมิน ตัดสินในรูปกลุ่ม ร่วมกัน ทำให้นักเรียนได้มีการสื่อสารทั้งภาษาพูด ภาษาเขียน ภาพ และภาษาสัญลักษณ์ แสดงเหตุผลในการแก้ปัญหาและนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน เชื่อมโยงความรู้ ประสบการณ์เดิมเพื่อสร้างความรู้ใหม่ ใช้ความพยายาม ตระหนักคุณค่าและบทบาทของตนเอง นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาและขยายปัญหาโดยมีขั้นตอนต่างๆของวิธีการแก้ปัญหาคือการสร้างตัวแทนปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การแสดงวิธีการแก้ปัญหา การสรุป และการตรวจคำตอบเป็นกรอบในการเขียนตอบ

จะเห็นได้ว่ารูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนมีการพัฒนากระบวนการคิดสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งด้านมโนคติและวิธีการ และเกิดกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆ โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการจัดกิจกรรมดังนี้

#### 4.1.1 ขั้นเสนอปัญหา

##### ขั้นที่ 1 ขั้นการนำเสนอปัญหา

นักเรียนสร้างแบบหรือตัวแทนของปัญหาที่เป็นไปได้จากการเผชิญกับปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้นำกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นปัญหาที่มีคำตอบหลากหลาย หรือวิธีแก้ปัญหามีได้หลายวิธี (Nodah , 2000 ) อาจจะเป็นในรูปแบบตาราง รูปภาพ แผนภูมิ แผนผังมโนคติ โดยนักเรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหาโดยระบุประเด็นปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้อง สิ่งที่เกี่ยวข้องที่ต้องการ นักเรียนเกิดความใส่ใจในการตีความโจทย์ว่า โจทย์กำหนดอะไร มีความสัมพันธ์ใดเกิดขึ้น ขั้นการสอนนี้เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในตัวปัญหาที่ใช้นำกิจกรรม และเกิดการวางแผนในการแก้ปัญหาว่าจะใช้ความรู้อะไรมาช่วยในการแก้ปัญหาโดยวิธีใดบ้าง เกิดการเรียงลำดับขั้นตอนของการทำงานเพื่อสู่เป้าหมายของปัญหา จึงส่งผลให้ นักเรียนทำการแก้ปัญหาไปในแนวทางที่จะบรรลุผลสำเร็จได้

#### 4.1.2 ขั้นแก้ปัญหา

##### ขั้นที่ 1 ขั้นไตร่ตรองรายบุคคล

นักเรียนจะรู้จักวางแผนปฏิบัติ ตรวจสอบสร้างรูปทั่วไปของคำตอบ ความเหมาะสมของตัวแบบ ความเป็นไปได้ ความถูกต้อง เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนของเหตุผลที่ใช้ในการแก้ปัญหา เกิดการใช้ยุทธวิธีต่างๆมาแก้ปัญหา ตามความรู้ ความเข้าใจของตนเอง เป็นขั้นการสอนที่ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหามาตามศักยภาพของนักเรียนในกรอบของการแก้ปัญหา 5 ข้อตามลำดับคือ การสร้าง ตัวแทนปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา การสรุปคำตอบ และการตรวจคำตอบ นักเรียนจะระบุเหตุผลในการแก้ปัญหาต่างๆโดยอาจใช้เหตุผลอุปนัยหรือนิรนัย หรือเหตุผลที่ใช้สมบัติทางเรขาคณิตหรือสมบัติทางเรขาคณิต (Spatial Reasoning) มาช่วยในการแก้ปัญหา นักเรียนจะเกิดการทำงานเป็นระบบและเกิดความรับผิดชอบในหน้าที่ ที่ต้องแสดงการคิดแก้ปัญหาในใบกิจกรรมก่อนที่จะเข้ากิจกรรมกลุ่ม

##### ขั้นที่ 2 ขั้นไตร่ตรองรายกลุ่ม

นักเรียนนำผลงานของตนเองเข้าปรึกษาทำความเข้าใจร่วมกัน รับผิดชอบร่วมกัน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น คำนึงถึงความเป็นเหตุเป็นผล และช่วยกันเลือกที่จะใช้วิธีแก้ปัญหาแบบใดแบบหนึ่งหรือผสมผสานเพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน ทำให้เกิดการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Positive Independence) มีการปฏิสัมพันธ์แบบตัวต่อตัว (Face-to-Face Interaction) แต่ละคนในกลุ่มจะมีความรับผิดชอบและแสดงความสามารถของตนเองออกมา (Individual Accountability) เกิดทักษะทางสังคม สามารถทำงานหรือผลิตชิ้นงานร่วมกันได้ (Social Skills) และทำให้เกิดกระบวนการกลุ่ม (Group Processing) แต่ละคนจะรู้บทบาทหน้าที่ของตนเองและสามารถเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้นำหรือผู้ตามได้ (David Johnson & others, 1987 อ้างถึงใน สุลัดดา ลอยฟ้า, 2545) และจะมีการสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นซึ่งกันและกัน ซึ่งจะเห็นว่าเทคนิคการร่วมมือกันเรียนรู้เป็นการพัฒนาผู้เรียนทั้งทางด้านสติปัญญาและสังคม (Joyce & Wiel, 1992)

##### ขั้นที่ 3 ขั้นนำเสนอผลงาน

เพื่อให้นักเรียนประเมินเลือกรูปแบบการแก้ปัญหามาแนะนำเสนอหน้าชั้นเรียนโดยการสื่อสารบนกระดานสองหน้าด้วยวิธีการที่เหมาะสม โดยใช้ ข้อความ คำพูด ศัพท์ สูตร สมการ อุปกรณ์ รูปภาพ สัญลักษณ์ทางการเขียน สัญลักษณ์ทางการพูด หรือแผนภูมิที่เป็นสากล เป็นการฝึกให้นักเรียนกล้าแสดงออก มีความเชื่อมั่นในตนเอง มีความรับผิดชอบ มีการทำงานที่เป็นระบบ เป็นผู้รักษาวเวลาและตรงเวลา ทำให้เป็นการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้ได้เห็นวิธีแก้ปัญหากลุ่มเพื่อนที่หลากหลาย ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสรุป

เพื่อเป็นการสรุปสาระสำคัญ โนมตีที่ได้จากการเรียนค้นคว้า จากแหล่งเรียนรู้ ทำกิจกรรมร่วมกัน และผลจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยครูจะสรุปร่วมกับนักเรียน ใช้คำถามช่วยให้นักเรียนคิด โดยครูควรสรุปความรู้ใน 2 ด้านคือด้านความรู้เชิงมโนคติ (Conceptual Knowledge) และความรู้เชิงวิธีการ (Procedural Knowledge) (สุลัดดา ลอยฟ้า, 2548) ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติจริง และนักเรียนจะต้องทำการสรุปเป็นของแต่ละบุคคลในรูปแบบที่นักเรียนคิดเองเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในมโนมตีว่าถูกต้องและครบสมบูรณ์หรือไม่

#### 4.1.3 ขั้นขยายปัญหา

##### ขั้นที่ 1 ขั้นการขยายปัญหา

เพื่อให้มีความคิดริเริ่ม คิดยืดหยุ่น คิดนอกกรอบ คิดคล่องแคล่ว เพื่อสร้างโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาใหม่ ที่เกี่ยวกับประเด็นข้อสรุป พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางหาคำตอบที่หลากหลายในปัญหาที่สร้างขึ้นใหม่นั้น ครูเลือกผลงานเด่น โดยมีนักเรียนเจ้าของผลงานเป็นผู้นำเสนอหน้าชั้นเรียน จะส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ทั้งห้องสมุดของกลุ่มสาระการเรียนรู้ ห้องสมุด โรงเรียน และห้องคอมพิวเตอร์ เป็นการฝึกให้นักเรียนขวนขวายหาความรู้โดยการอ่าน ค้นคว้า พลิกแพลงโจทย์ สร้างความซื่อสัตย์โดยการไม่ลอก โจทย์และวิธีการแก้ปัญหา แต่ต้องมีการปรับ ประยุกต์ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

##### ขั้นที่ 2 ประเมินและสะท้อนผล

เพื่อประเมินการขยายปัญหาของกลุ่มเพื่อนทำให้เห็นลักษณะการคิด การค้นคว้าของกลุ่มเพื่อน และเกิดการแสดงความคิดเห็น ประเมินด้วยเหตุด้วยผลในปัญหาที่เพื่อนสร้างขึ้น โดยการที่นักเรียนจะเป็นผู้ประเมินที่ดีนั้นเกิดจากที่นักเรียนจะต้องสร้างความรู้ความเข้าใจ หมั่นหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องที่ศึกษา นักเรียนจะเกิดลักษณะนิสัยของการแสวงหาความรู้ ส่วนการสะท้อนผลในกิจกรรมการเรียนการสอนที่เกิดขึ้น การประเมินการสอนของครู บรรยากาศ สภาพที่เกิดขึ้นในบริบทของห้องเรียนจริง และการประเมินตนเองในการทำกิจกรรมต่างๆ เกี่ยวกับการเรียนการสอน จะทำให้ครูทราบถึงความเข้าใจในความรู้ของนักเรียนและข้อดี ข้อด้อย เพื่อเป็นแนวทางแก้ไขในวงจรต่อไปหรือขยายผลในห้องเรียนอื่น และพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนเพิ่มขึ้น

จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักดังกล่าว แสดงถึงลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง โดยมุ่งให้นักเรียนได้ลงมือทำงานจริงๆ ในที่นี้ก็คือสื่อสารการหาแนวทางตอบปัญหาภาคณิตศาสตร์ที่เป็นปัญหาหลักใน ใบกิจกรรมต่างๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์

ตรงจากการปฏิบัติจริง นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ นำมาสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองและเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มเพื่อน นักเรียนได้คิด ทดลองทำ ลองผิดลองถูก มีโอกาสฝึกใช้ทักษะ/กระบวนการต่างๆ เช่น การสังเกต การคาดคะเน การประมาณค่า การใช้เครื่องมือ การบันทึกข้อมูล การอภิปราย การตั้งข้อความคาดการณ์หรือข้อสมมติฐาน การสรุป การปฏิบัติกิจกรรมทางคณิตศาสตร์เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พิสูจน์ ใช้เหตุผล อ้างข้อเท็จจริง ตลอดจนได้ฝึกทักษะการในการแก้ปัญหาใหม่ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการคิด และเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกด้านสื่ออุปกรณ์และเป็นผู้สังเกตแนวคิดของผู้เรียนว่าเป็นไปอย่างถูกต้องหรือไม่ ถ้าเห็นว่าผู้เรียนคิดไม่ตรงแนวทางควรตั้งคำถามเพื่อช่วยให้ผู้เรียนคิดใหม่ การสรุปความรู้หลังจากนักเรียนนำเสนองานกลุ่มหน้าชั้นเรียนครูต้องใช้คำถามประกอบการอธิบายและแสดงผล การขยายปัญหาเป็นการทำให้นักเรียนมีการศึกษาค้นคว้า เพิ่มเติมอย่างอิสระจากความรู้ที่ได้ร่วมกันสรุประหว่างครูกับนักเรียน เพื่อนำมาสร้างปัญหาใหม่และแสดงแนวทางแก้ปัญหาใหม่ๆ เพื่อให้กลุ่มเพื่อนประเมิน จะสังเกตว่าการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักนอกจากจะทำให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง จากคำถามประกอบการอธิบายของครู จากการศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติมแล้วยังทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการสืบเสาะที่ประกอบด้วย การสังเกต อธิบาย คาดการณ์ ทดลองและนำไปใช้ ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวนี้สอดคล้องกับแนวจัดการเรียนรู้ตามคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในเอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

จากการถามข้อคิดเห็นและความรู้สึกและสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักพบว่านักเรียนล้วนมีความสุขในการเรียน ตื่นเต้น ได้ใช้ความคิดที่หลากหลาย มีความสุขในการเรียน บรรยากาศในการเรียนสนุกสนานมีการเคลื่อนไหว มีความสัมพันธ์ อันดีกับกลุ่มเพื่อน เกิดความรับผิดชอบมากขึ้น รู้จักเกรงใจสมาชิกในกลุ่มเป็นห่วงและให้ความช่วยเหลือเพื่อนมีการปรึกษาและแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็น มีการคิดเป็นระบบมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีการอภิปรายในงานที่แต่ละคนทำมีทั้งข้อโต้แย้งและเห็นด้วย (Boaler, 1998) ทำให้กล้าแสดงออกและกล้าลองผิดลองถูก มีการสื่อสารมากขึ้นรู้จักอ้างเหตุผล และการนำเสนอ การแก้ปัญหา การทำกิจกรรมต่างๆ ในชั้นการสอน 7 ขั้นตอนของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักนั้นบทบาทของนักเรียน โดยส่วนใหญ่จะมีมากกว่าบทบาทของครู จะมีครูมีบทบาทมากขึ้นในชั้นการสรุปความรู้แต่เป็นการสรุปร่วมกับนักเรียน สำหรับบรรยากาศในห้องเรียนจะสอดคล้องกับ Boaler (1998) ที่ว่ามีเสียงนักเรียนที่เกิดจากการทำกิจกรรมร่วมกัน ห้องเรียนจะไม่เงียบ นักเรียนมีความกระตือรือร้น มีความสนใจและตั้งใจทำกิจกรรม และจากการวิเคราะห์การสะท้อนผลการสอนนักเรียนพบว่าประมาณ 95% ของนักเรียนชอบการสอนโดยใช้

ปัญหาเป็นหลักแบบนี้ เพราะเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาที่เป็นการทำกิจกรรม โดยอิสระ สนุก กิจกรรม โดยเฉพาะปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาที่ท้าทายให้คิด และหาคำตอบและมีวิธีการไปหาคำตอบได้หลากหลาย และจากการสะท้อนผลนักเรียนจะมีข้อวิจารณ์ในทางลบเกี่ยวกับตัวครูผู้สอนน้อยมาก ซึ่งตรงกับผลวิจัยของ Yee (2000)

ในส่วนของครูผู้ช่วยวิจัย ได้มีความคิดเห็นว่ารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักแบบนี้เป็นวิธีการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยนักเรียนได้มีโอกาสในการเขียนแสดงการวิธีการแก้ปัญหาเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ลงมือปฏิบัติจริง และสะท้อนความคิดแนวทางวิธีการแก้ปัญหาจนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ภายใต้ประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมที่เอื้อและส่งเสริมให้เกิดการสร้างความรู้ ผู้เรียนเป็นผู้รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองที่นำไปสู่การให้อ่านแก่ผู้เรียนและการเรียนรู้ตลอดชีวิต ครูเป็นเพียงผู้คอยอำนวยความสะดวกและแนะนำในบางครั้ง เป็นการเรียนที่ครูสามารถประเมินได้ทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นรูปแบบการสอนที่มีคุณค่ามากและไม่เคยใช้รูปแบบการสอนนี้มาก่อน แต่ครูจะต้องเป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบสูงในการสร้างตัวปัญหาปลายเปิดให้เป็นปัญหาที่มีคุณภาพที่มีแนวคำตอบที่หลากหลาย ครูต้องวางแผนในการกำหนดใบกิจกรรมให้ต่อเนื่องและครอบคลุมเนื้อหา ครูต้องสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในห้องเรียนตลอดชั่วโมงสอน ซึ่งผลการประเมินรูปแบบการสอนของครูผู้ช่วยวิจัยและผู้สังเกตการสอนพบว่าการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักนี้เป็นวิธีการสอนที่ตรงตามแนวปฏิรูปการศึกษาที่สุด ที่ว่าทำให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการพัฒนาการคิดและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ และนอกจากนี้ยังส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงและเกิดกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆซึ่งกระบวนการต่างๆนี้จะปรากฏในการทำใบกิจกรรมรายบุคคลที่มีกรอบหัวข้อของการแสดงวิธีการแก้ปัญหาใน 5 ด้านคือด้านการสร้างตัวแทนปัญหา ด้านการวางแผนการแก้ปัญหา ด้านการดำเนินการแก้ปัญหา ด้านการสรุปคำตอบที่ได้และด้านการตรวจสอบคำตอบ และร่องรอยในการทำใบกิจกรรมนี้สามารถประเมินการเกิดกระบวนการในด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร และการเชื่อมโยง ส่วนการนำเสนอ นั้นสามารถประเมินจากการทำงานกลุ่มที่นำเสนอการแสดงวิธีการแก้ปัญหารายกลุ่ม อีกทั้งยังฝึกนักเรียนให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ด้านความรับผิดชอบ การทำงานเป็นระบบ การตรงต่อเวลา และการมีระเบียบวินัย โดยบรรยากาศการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักและตัวอย่างความคิดเห็นของครูผู้ช่วยวิจัย ปรากฏในภาคผนวก จ

4.2 การอภิปรายผลการวิจัยเกี่ยวกับผลของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการต่างๆทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ด้านกับเกณฑ์ 75% โดยใช้การวิจัยก่อนทดลองแบบหลังสอนหนึ่งกลุ่ม (Pre Experimental One Group Posttest Design) ในรายวิชาคณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค320102 สำหรับนักเรียนโรงเรียนสุรนารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ชั้นม.2/1 และม.2/5 ห้องเรียนละ 60 คน และนักเรียนโรงเรียนบุญวัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ชั้นม.2/2 จำนวน 53 คน รวมทั้งสิ้น 173 คน โดยให้ครูผู้ช่วยวิจัยที่เป็นอาจารย์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของโรงเรียนดังกล่าว รวม 3 ท่านเป็นผู้สอน โดยใช้รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก และเครื่องมือในการวิจัยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านเนื้อหาสูงกว่าเกณฑ์ 75 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักจะมีกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ด้าน ได้แก่ กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการให้เหตุผล กระบวนการสื่อสาร กระบวนการนำเสนอ และกระบวนการเชื่อมโยงสูงกว่าเกณฑ์ 75 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการวิจัยแสดงว่าการใช้รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักสามารถทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการให้เหตุผล กระบวนการสื่อสาร กระบวนการนำเสนอ และกระบวนการเชื่อมโยง ในระดับสูงซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

4.2.1 การอภิปรายผลการวิจัยเกี่ยวกับผลของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากผลการประเมินพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบบทและหลังสอนเมื่อเรียนครบ 3 เรื่องสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักมีความรู้ความเข้าใจทั้งความรู้ด้านมโนคติและวิธีการ และสามารถประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆได้ ทั้งนี้เพราะนักเรียนได้มีโอกาสคิดแก้ปัญหา ในปัญหาหลักที่ครูกำหนดให้ที่เป็นตัวนำกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนต้องคิดสร้างตัวแทนปัญหา วางแผนแก้ปัญหา แสดงวิธีการแก้ปัญหา สรุปคำตอบและตรวจสอบที่ไปที่มาของคำตอบ

และความถูกต้องของคำตอบ การเผชิญปัญหาของนักเรียนจะเกิดการไตร่ตรองเชื่อมโยงความรู้ต่างๆที่มีอยู่ และนำมาเป็นแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนมีโอกาสเสนอแนวคิด การตัดสินใจในรูปของกลุ่มเพื่อนำเสนอผลการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน และนักเรียนมีโอกาสขยายปัญหาด้วยตนเอง โดยการสร้างโจทย์และแนวเฉลยที่ระบุเหตุผลประกอบเพื่อให้กลุ่มเพื่อนประเมิน จะสังเกตเป็นแนวการสอนใหม่ที่แตกต่างจากเดิมโดยสิ้นเชิง เพื่อเป้าหมายให้นักเรียนคิดแสวงหาความรู้และข้อสรุปด้วยตนเอง มิใช่ทุกอย่างครูบอกหมดแล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดอย่างที่ผ่านมาในอดีต ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนเพิ่มขึ้น มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ การคงอยู่ของความรู้ การเรียกความรู้ออกมาใช้ และทำให้นักเรียนเป็นผู้แก้ปัญหาที่ดี เกิดทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Norman & Schmidt (1992) และ Cita & others (1997) และจากการสัมภาษณ์นักเรียนมีถึง 80% ที่รู้สึกสนุก ตื่นเต้น ชอบวิธีการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักแบบนี้มากกว่าแบบเดิมที่ครูเป็นผู้บรรยาย มีความพึงพอใจ และมีเจตคติในทางบวกในระดับสูง (Albanese & Mitchell, 1993; Norman & Schmidt, 1992; Vernon & Blake, 1993; Moore et al., 1994) และครูทำหน้าที่เปลี่ยนจากผู้บรรยายเป็นผู้อำนวยความสะดวกที่มีประสิทธิภาพคือปลุกเร้าการสนทนาและอภิปรายในกลุ่มเพื่อนมากกว่าที่จะใช้การบรรยาย เปิดโอกาสให้นักเรียนค้นพบการแก้ปัญหาด้วย ตัวของนักเรียนเองมากกว่าการขุดเขี่ยความรู้ให้นักเรียน จะเข้าไปสอดแทรกเมื่อการอภิปรายขาดช่วง หรืออภิปรายนอกเรื่องที่ไม่เกี่ยวกับปัญหาที่ครูนำเสนอให้บริการมากกว่าเป็นผู้สั่งการ กระตุ้นให้มีการสะท้อนผลการเรียน ชักชวนให้นักเรียนศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆเพิ่มเติมและเรียนรู้ในสถานการณ์และโอกาสต่างๆซึ่งตรงกับข้อสังเกตพฤติกรรมการสอนของครูที่ใช้ปัญหาเป็นหลักของ Korenman & Shipp (1994) สาเหตุที่การสอนแบบนี้ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์สูงเนื่องจาก นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง มีโอกาสสร้างแนวคิดปรับโครงสร้างความรู้ มีการขวนขวายเพิ่มขึ้น มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เช่น ใช้บริการห้องสมุดและอินเทอร์เน็ตมากขึ้น มีการพัฒนายุทธวิธีการเรียนรู้จนเกิดผลลัพธ์ที่เป็นกระบวนการในระดับสูง และสามารถปรับปรุงความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ซึ่ง Blumberg (2000) ได้พบในลักษณะเดียวกันว่า การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักนี้เป็นสิ่งทำให้เกิดทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยแท้จริง เพราะนักเรียนได้พิสูจน์ ทดลอง ตรวจสอบ หาเหตุผลมายังข้อสรุปที่สมเหตุสมผล และนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์มากขึ้น โดยเฉพาะเนื้อหา ด้านเรขาคณิต นักเรียนจะไม่ค่อยชอบ แต่เมื่อนักเรียนได้เรียน โดยใช้ปัญหาเป็นหลักทำให้ชอบที่จะพิสูจน์ เพราะรู้สึกท้าทายและได้ใช้อุปกรณ์ช่วยในการหาข้อสรุปเช่นวงเวียนครึ่งวงกลม ไม้โปรแทรกเตอร์ ดินสอสี ทำให้มีบรรยากาศในการเรียนน่าสนใจและอยากเรียนมากขึ้น ผลนี้เช่นเดียวกับ Besena, Fries & Kilibarda (2001) ที่ได้ทำการวิจัยกับนักเรียนฝึกหัดครูในระดับ

มัธยมศึกษาตอนต้น ในเนื้อหาเรขาคณิต โดยใช้การสอนด้วยวิธีใช้ปัญหาเป็นหลัก ซึ่งเป็นปัญหาที่สามารถตอบได้หลากหลาย โดยครูอนุญาตให้นักเรียนสามารถศึกษาจากอุปกรณ์ของจริงที่เป็นรูปทรง 3 มิติต่างๆ รูปจากโปรแกรม Sketchpad รูปตัวอย่างภาพในหนังสือ Henderson (2001) เพื่อให้เห็นรูปในลักษณะต่างๆที่จะทำให้เกิดความเข้าใจที่เป็นรูปธรรม นักเรียนได้เรียนเป็นกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาร่วมกัน โดยครูมีหน้าที่คอยฟังการอภิปรายปัญหาของกลุ่มนักเรียนและสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งใช้เวลาวิจัยถึง 4 ปีติดต่อกันในมหาวิทยาลัย คอร์เนลล์ โดยเริ่มตั้งแต่ปี 1998 ถึง ปี 2001 และได้ค้นพบนักเรียนโดยมากไม่ค่อยชอบวิชาเรขาคณิต ตั้งแต่ในระดับมัธยมศึกษาโดยมีแนวคิดที่ว่าทุก คำถามต้องมีคำตอบเพียงคำตอบเดียว แต่เมื่อมาเรียนเรขาคณิตโดยใช้ปัญหาเป็นหลักนักเรียนจะไม่ได้รับการแนะนำแนวคิดเหมือนเรียนแบบเดิม ทำให้ต้องหาวิธีการแก้ปัญหาก่อนซึ่งทำให้เกิดความคับข้องใจในระดับสูง แต่เมื่อนักเรียนสามารถแก้ปัญหาลำเร็จจะทำให้นักเรียนเกิดการรู้แจ้ง (Epiphany) ซึ่งจะเกิดการประสบผลสำเร็จ (Accomplishment) การเป็นเจ้าของ ผลงาน(Ownership)และเป็นการให้อำนาจแก่นักเรียนในการเรียน (Empowerment) ซึ่งเป็นธรรมชาติบ่งบอกถึงการได้กำไรและประโยชน์จากการเรียน โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก และข้อมูลจากการวิจัยพบอีกว่า นักเรียนได้ปรับเจตคติและความเชื่อเกี่ยวกับเรื่องเรขาคณิตและเรื่องคณิตศาสตร์อื่นๆ ในทางที่ดีขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนแบบใหม่นี้

4.2.2 การอภิปรายผลการวิจัยเกี่ยวกับผลของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ที่มีต่อกระบวนการต่างๆทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักนี้ส่งผลทำให้เกิดกระบวนการทางคณิตศาสตร์ใน 5 กระบวนการ ทั้งด้านกระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการให้เหตุผล กระบวนการสื่อสาร กระบวนการนำเสนอ และกระบวนการเชื่อมโยง สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 75 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกกระบวนการ ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริมาสศรีลำดวน (2545) ที่ใช้ปัญหาปลายเปิดของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 คำถามรวมเวลาทั้งหมด 6 คาบเรียน ในการประเมินกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3 กระบวนการคือ 1) กระบวนการพิสูจน์และให้เหตุผล 2) กระบวนการนำเสนอ และ 3) กระบวนการสื่อสาร ในเนื้อหาด้านเรขาคณิต โดยใช้การวิเคราะห์จาก โปรโตคอล (Protocol)ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการถอดคำพูดจากเทปและวิดีโอเทป ซึ่งคำพูดนี้นักเรียนพูดในระหว่างการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการคิดแล้วพูดออกมาดังๆ (Thinking aloud) และข้อมูลการเคลื่อนไหวทางกาย (Body movement) โดยมีผลการวิจัยคือ 1) ปัญหาปลายเปิดเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการประเมินกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียน 2) วิธีการวิเคราะห์โปรโตคอลเป็นทางเลือกหนึ่งในการวิจัยเพื่อวิเคราะห์

กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียน และ3) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันในระดับลึกและส่งผลกระทบต่อกันในระหว่างที่นักเรียนแก้ปัญหาปลายเปิด และยังมีผลวิจัยตรงกับ ราตรี เกตบุตรดา (2546) ศึกษากระบวนการแก้ปัญหาที่เรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นพบว่ามีความสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปรกติ และสูงกว่าเกณฑ์ 50% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ ปรีชา เนาว่าเอ็นผล (2544) ที่ใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยการแก้ปัญหาปลายเปิดที่มีขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนการสอน 4 ขั้นตอนลำดับคือ 1) การแก้ปัญหาร่วมกันในกลุ่มใหญ่ 2) การแก้ปัญหาร่วมกันในกลุ่มย่อย 3) การนำเสนอผลการปฏิบัติ และ4) กิจกรรมรายบุคคลเป็นการฝึกแก้ปัญหาเพิ่มเติม ปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ค101คณิตศาสตร์ 1 ของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนโดยใช้กิจกรรมดังกล่าวกับเกณฑ์ปกติของโรงเรียนที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ชั้นม.1มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 มีพฤติกรรมการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดีและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์เช่นเดียวกับ ศิรินา วาจาสัตย์ (2547) ได้พัฒนาการเรียนรู้อันเน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปวงกลม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 49 คน โดยมีขั้นตอนการสอน 5 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นนำ 2) ขั้นสอน 3) ขั้นฝึกทักษะ 4) ขั้นสรุป 5) ขั้นวัดและประเมินผล พบว่านักเรียนที่เรียนโดยเน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์นี้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70% ร้อยละ 81.63 และต่อมา ธนกร ตุ่มบุญ (2548) ทำวิจัยเรื่อง การสร้างชุดการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องเส้นขนานที่เน้นทักษะการให้เหตุผลและการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในปีการศึกษา 2547 ภาคปลาย โรงเรียนมัธยมด่านสำโรง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 41 คน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการให้เหตุผล และการแก้ปัญหาหลังสอนล้วนต่างมีค่าสูงกว่าก่อนสอนด้วยชุดการเรียนที่สร้างขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สาเหตุที่รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการใน 5 ด้าน เพราะนักเรียนได้แสดงแนวคิดในการที่จะหาคำตอบที่หลากหลายในใบกิจกรรมปัญหาคณิตศาสตร์ที่เป็นปัญหาหลักในแต่ละเรื่องในการนำกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีหัวข้อที่นักเรียนต้องสื่อสาร แสดงเหตุผล แสดงการเชื่อมโยงความรู้ให้เห็นในประเด็นของการแก้ปัญหาใน 5 ข้อคือการสร้างตัวแทนปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา การสรุปคำตอบ และการตรวจสอบคำตอบ โดยนักเรียนจะต้องทำความเข้าใจในตัวปัญหาก่อนว่าโจทย์ กำหนดอะไร มีอะไรสัมพันธ์กันบ้าง เป้าหมายโจทย์คืออะไร นักเรียนจะแสดงในลักษณะการบรรยาย รูปภาพ ตาราง แผนภาพ แผนภูมิ แผนผังมโนคติ

ถ้านักเรียนสามารถสร้างตัวแทนปัญหาได้ จะทำให้มีหนทางที่จะแก้ปัญหาได้ถูกทางและบรรลุจุดหมายซึ่งตรงกับผลวิจัยของจรรยาดี บรรทัดเที่ยง (2546) ที่ใช้กิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้ตัวแทน เรื่องกลุ่มลำดับและกราฟ กับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนท่าหลวงวิทยาคม อำเภอท่าหลวง จังหวัดลพบุรี จำนวน 40 คนในปีการศึกษา 2546 พบว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังสอนสูงกว่าก่อนสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สำหรับด้านการวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา การสรุปและตรวจสอบ คำตอบ นักเรียนจะแสดงการเชื่อมโยงความรู้เก่ามาสร้างองค์ความรู้ใหม่ สื่อสารความรู้ความเข้าใจของตนเอง และแสดงเหตุผลประกอบ ในการแสดงการแก้ปัญหาที่เลือกใช้ยุทธวิธีต่างๆ ส่วนกระบวนการนำเสนอที่นำเสนอนั้นคุณผลงานจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียนในแต่ละกลุ่ม โดยใช้เวลากลุ่มละ 3 นาที

การนำเสนอหน้าชั้นเรียนหลังจากนักเรียนคิดวิเคราะห์ คิดแบบมีวิจรรณญาณว่า เหตุผลทำไมจึงเลือกหรือไม่เลือกวิธีการหาคำตอบต่างๆ เป็นการจัดโอกาสให้ผู้เรียนออกมานำเสนอแนวคิดของกลุ่ม โดยการนำเสนอแต่ละครั้งผู้เรียนมีโอกาสร่วมแสดงแนวความคิดเสริมเพิ่มเติมร่วมกัน หรือซักถามหาข้ออภิปรายขัดแย้งด้วยเหตุและผล ผู้สอนมีโอกาสเสริมความรู้ ขยายความหรือสรุปประเด็นสำคัญที่เป็นความคิดรวบยอดของสาระที่นำเสนอ ทำให้การเรียนรู้ขยายในวงกว้างและลึกมากขึ้น ผู้เรียนสามารถนำความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากการนำเสนอไปประยุกต์หรือเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติได้ ผลดีอีกประการหนึ่งคือการที่ผู้เรียนได้ออกมานำเสนอผลงานทำให้เกิดเจตคติที่ดี มีความภาคภูมิใจในผลงาน เกิดความรู้สึกลอยากคิดอยากทำ กล้าแสดงออก และจดจำสาระที่ตัวเองออกมา นำเสนอได้นาน

การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักจะเอื้อให้เกิดกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในทุกกระบวนการ และนอกจากนั้นยังทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบ ตรงเวลาสามารถส่งงานทั้งรายเดี่ยว รายกลุ่มครบทุกคนและทันเวลา ทำงานเป็นระบบโดยรู้ขั้นตอนของการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักอย่างละเอียดว่ามี 7 ขั้นตอนคือการนำเสนอปัญหา การไตร่ตรองรายบุคคล การไตร่ตรองรายกลุ่ม การนำเสนอ การสรุป การขยายปัญหา และการประเมินสะท้อนผล และรู้บทบาทหน้าที่ของตนเองว่าจะทำอะไรก่อนหลังและทำอย่างไรในแต่ละขั้นตอนนั้นๆ นักเรียนเกิดความซื่อสัตย์ไม่ลอกแนวคิดแก้ปัญหาของผู้อื่นพยายามใช้ความสามารถของตนเองให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับ สมปอง ทองดา (2547) ที่ใช้การวิจัยปฏิบัติการมาใช้ในการประเมินผลตามสภาพจริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 35 คน โรงเรียนจารย์วิทยาคาร ภาคปลาย ปีการศึกษา 2546 จังหวัดสุรินทร์ ที่เรียนเรื่องพื้นฐานทางเรขาคณิต พบว่าเกิดกระบวนการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ทุกคน และมีคุณลักษณะ

ที่พึงประสงค์ด้านความรับผิดชอบและทำงานเป็นระบบ นักเรียนผ่านเกณฑ์ 60% ในทุกคน เช่นเดียวกัน

และจากการที่รูปแบบการสอนนี้ส่งผลทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทำให้ครูผู้ช่วยวิจัยได้ขยายผลรูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักนี้ในเนื้อหาใหม่ในบริบทการเรียนการสอนจริง และรูปแบบการสอนนี้ได้ขยายผลไปสู่นักเรียนและครูผู้สอนอื่นทั้งในและนอกโรงเรียน โดยผู้วิจัยได้รับเชิญให้ไปอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับครูแกนนำ 60 คน สำนักงานเขตพื้นที่ขอนแก่นเขต 1 ครูศูนย์คณิตศาสตร์ 32 คนที่จังหวัดนครราชสีมา ครูโรงเรียนเมือง โรงเรียนวัดสระแก้วและโรงเรียนสวนหม่อน รวม 67 คน ครูในสำนักงานเขตพื้นที่ นครราชสีมาเขต 5 จำนวน 65 คน และที่สำคัญได้จัดอบรมเชิงปฏิบัติการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักให้กับครูโรงเรียนสุรนารีวิทยาที่ผู้วิจัยปฏิบัติงาน จำนวน 209 คนและรูปแบบการสอนนี้ได้รับการคัดเลือกจากโรงเรียนสุรนารีวิทยาให้เป็น หนึ่งโรงเรียนหนึ่งนวัตกรรม (One School One Innovation) โดยใช้ชื่อนวัตกรรมว่า “รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก (An Instructional Model Using a Problem-Based Approach)” และเข้าร่วมประกวดคัดเลือกหนึ่งโรงเรียนหนึ่งนวัตกรรมเพื่อเป็นตัวแทนของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครราชสีมา เขต 1 ผลปรากฏว่ารูปแบบนวัตกรรมนี้ได้รับรางวัลที่ 1 โดยสิ่งที่เป็นจุดเด่นของนวัตกรรมนี้จากการสอบถามคณะกรรมการตัดสินมีดังนี้ “มีความเป็นนวัตกรรมที่เด่นชัด เป็นสิ่งสร้างใหม่มีหลักทฤษฎีอ้างอิงที่ชัดเจน ไม่เคยเห็นรูปแบบการสอนทั้ง 7 ขั้นนี้มาก่อน สอดคล้องแนวการประเมินของการประเมินภายนอกในด้านนักเรียนมีการเรียนโดยใช้การคิด วิเคราะห์ คิดมีวิจารณ์งาน ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ สร้างความรู้ด้วยตนเอง สำหรับด้านครูเป็นการสอนที่เน้น นักเรียนเป็นศูนย์กลาง และที่สำคัญสามารถขยายผลให้ครู 32 คนในกลุ่มสาระฯ ทั้ง 8 กลุ่มสาระ ใช้สอนจริง โดยแสดงชั้นสอนทั้ง 7 ขั้น และปัญหาที่ใช้นำกิจกรรมการสอนทั้งรูปภาพและแผนการจัดการเรียนรู้ มีผลการสอนทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ฯ กระบวนการกลุ่ม และเจตคติในการเรียน ถือว่าเป็นงานคุณภาพที่สามารถทำให้เกิดจริง และเป็นแบบอย่างได้” และนวัตกรรมการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักนี้ยังได้รางวัล ดีเยี่ยมในการประกวดนวัตกรรมด้านการจัดการเรียนการสอนของงาน “มหกรรมการประกวดนวัตกรรม การศึกษา ภาคตะวันออกและอีสานตอนล่าง ปี 2549 ”วันที่ 3-5 สิงหาคม พุทธศักราช 2549 ณ โรงเรียน ราชสีมาวิทยาลัย นอกจากนี้ได้รับเชิญให้สาธิตการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักในบริบทห้องเรียนจริงให้กับนักเรียนที่เข้าค่ายคณิตศาสตร์ 2 ครั้ง นักเรียนอัจฉริยภาพทางคณิตศาสตร์ 2 ครั้ง ของโรงเรียน บุษบวงศนา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา หลักฐานดังแสดงในภาคผนวก ข

สรุปได้ว่ารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลักนี้ สอดคล้องกับแนวปฏิรูปการศึกษาและพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 หมวด 4 มาตรา 24 ที่ว่าการจัดการกระบวนการเรียนรู้นั้นต้องระบุให้ ผู้เรียนได้ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการเผชิญสถานการณ์ด้วยตนเอง และมีการประยุกต์ใช้ความรู้มาใช้แสดงวิธีการแก้ไขปัญหา ครูต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงของตนเอง ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น รักการอ่าน เกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง ผสานสาระความรู้ด้านต่างๆอย่างได้สัดส่วน สมดุลกัน ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง

จึงหวังอย่างยิ่งว่างานวิจัยรูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักนี้น่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอนโดยเฉพาะในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อเป็นการพัฒนานักเรียนในด้านส่งเสริมการคิด โดยคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีระบบ ระเบียบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถ คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ทำงานและอยู่ร่วมกับผู้อื่น อย่างมีความสุข และเกิดกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนเกิด คุณลักษณะที่พึงประสงค์อีกด้วย