รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

ศึกษาค่าความเสียดทานของผิวทางที่มีผลต่อความปลอดภัยทางถนน กรณีศึกษา : ผลกระทบของน้ำเมือกปลาบนถนนพระราม 2 จังหวัดสมุทรสาคร

โดย

กัณวีร์ กนิษฐ์พงศ์

กรกฎาคม 2553

รายงานฉบับสมบูรณ์

สัญญาเลขที่ ACC2 53003

โครงการศึกษาค่าความเสียดทานของผิวทางที่มีผลต่อความปลอดภัยทางถนน กรณีศึกษา: ผลกระทบของน้ำเมือกปลาบนถนนพระราม 2 จังหวัดสมุทรสาคร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัณวีร์ กนิษฐ์พงศ์

กรกฎาคม 2553

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุของกรมทางหลวง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2551 พบว่าในจังหวัดสมุทรสาคร จำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิตเนื่องจากอุบัติเหตุอันตรายข้างทางบนถนนพระราม 2 มีจำนวนสูงถึง 20-60% ของอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นทั้งหมด จากการหารือกับหน่วยงานที่รับผิดชอบในจังหวัด ทำให้ทราบว่าช่วงถนนดังกล่าว มีรถบรรทุกปลาและอาหารทะเลจากแหล่งประมงในตัวจังหวัดวิ่งผ่านเป็นจำนวนมาก และมีข้อสมมติฐานที่เกี่ยวกับปัญหาอุบัติเหตุในช่วงถนนดังกล่าวคือ การสะสมของน้ำเมือกปลาที่รั่วไหลจากรถบรรทุกปลาและอาหารทะเลจนทำให้ถนนมีความลื่นมากขึ้น ส่งผลให้รถยนต์ที่ขับผ่านช่วงถนนดังกล่าวด้วยความเร็วเกิดการเสียหลักหลุดออกนอกเส้นทางจนก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงทำการทดสอบหาค่าความเสียดทานในภาคสนามบนถนนพระราม 2 พบว่า สภาพผิวทางบริเวณที่ได้ผลกระทบจากน้ำเมือกปลามีค่าความเสียดทาน (BPN, British Pendulum Number) อยู่ที่ประมาณ 35-36 ซึ่งต่ำกว่าค่าความเสียดทานมาตรฐานถึง 20-50% (มาตรฐานประเทศออสเตรเลีย ค่า BPN ไม่น้อยกว่า 45) เช่นเดียวกันกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งก็พบกว่าน้ำเมือกปลามีผลทำให้ค่าความเสียดทานลดลงถึง 15-30% และมีแนวโน้มที่ค่าความเสียดทานจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อมีการสะสมของน้ำเมือกปลาบนผิวทางเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อทำความสะอาดผิวทางโดยกำจัดคราบน้ำเมือกปลาที่เคลือบสะสมอยู่บนผิวทาง แล้วทำการทดสอบหาค่าความเสียดทานอีกครั้งพบว่า ค่าความเสียดทานของผิวทางหลังจากทำความสะอาดมีค่าเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงปัญหาการรั่วไหลของน้ำเมือกปลาของรถบรรทุกปลาและอาหารทะเล แม้ว่าจังหวัดสมุทรสาครจะมีการประกาศบังคับใช้มาตรการป้องกันไม่ให้มีน้ำรั่วไหลจากยานพาหนะลงบนผิวถนนอย่างเข้มงวดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 แต่กลับพบว่ารถบรรทุกปลาและอาหารทะเลยังคงมีการปล่อยน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวถนนอยู่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่ไม่มีการตั้งด่านจับกุม ซึ่งผลจากการสำรวจการรั่วไหลของน้ำเมือกปลาของรถบรรทุกปลาและอาหารทะเลจำนวน 784 คัน พบว่ามากกว่า 60% มีการรั่วไหลของน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวถนน

จากผลการศึกษาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงได้เสนอการแก้ไขปัญหาค่าค่าความเสียดทานที่ลดลงของถนนพระราม 2 ซึ่งเป็นผลมาจากการรั่วไหลของน้ำเมือกปลา โดยการแก้ไขปัญหาระยะสั้นจะมุ่งเน้นไปยังการกำจัดน้ำเมือกปลาออกจากผิวทางโดยใช้วิธีกำจัดที่มีความเหมะสม เช่น การใช้เครื่องทำความสะอาดผิวทาง (power-washing unit) เป็นต้น และสำหรับการแก้ไขปัญหาระยะยาว จะมุ่งเน้นไปยังการป้องกันไม่ให้มีการรั่วไหลของน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวถนน ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การขอความร่วมมือจากผู้ประกอบการในการป้องกันไม่ให้มีการรั่วไหลของรถบรรทุกของตนเอง และการเข้มงวดในการจับกุมของเจ้าหน้าที่รัฐ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง “**โครงการศึกษาค่าความเสียดทานของผิวทางที่มีผลต่อความปลอดภัยทางถนน กรณีศึกษา: ผลกระทบของน้ำเมือกปลาบนถนนพระราม 2 จังหวัดสมุทรสาคร**” เป็นโครงการที่จัดทำขึ้นโดยได้รับการสนับสนุนจาก ศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน (ศวปถ.) มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลกระทบการรั่วไหลน้ำเมือกปลาบนถนนพระราม 2 ที่มีต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ท่านผู้ว่าราชการจังหวัด ท่านรองผู้ว่าราชการจังหวัด สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย แขวงการทาง เจ้าหน้าที่ตำรวจ ตลอดจนเจ้าหน้าที่หน่วยงานต่างๆ ของจังหวัดสมุทรสาคร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุน ตลอดจน สำนักอำนวยความปลอดภัยทางถนน กรมทางหลวง ที่เอื้อเฟื้อฐานข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อนำมาศึกษาและวิเคราะห์เพิ่มเติม และที่ขาดมิได้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน (ศวปถ.) ภายใต้มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ที่อนุมัติงบประมาณอุดหนุนทุนวิจัยสำหรับการทำโครงการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายนี้ หากเพียงบางส่วนของผลการวิจัยถูกนำไปปรับใช้และเอื้อประโยชน์ต่อการดำเนินงานด้านความปลอดภัยทางถนนของประเทศไทย คณะผู้วิจัย ขอยกความดี ความชอบทั้งหลายให้แก่ผู้ประสิทธิ์ประสาธน์วิชาความรู้แก่คณะผู้วิจัย ซึ่งรวมไปถึงผู้สูญเสียอวัยวะจนทุพลภาพ ผู้สูญเสียชีวิตจากการประสบอุบัติเหตุทางถนนทุกท่านที่เปรียบเสมือนครูต้นแบบ แต่หาผลจากการวิจัยชิ้นนี้มีข้อบกพร่องหรือผิดพลากประการใด คณะผู้วิจัยขอน้อมรับความผิดไว้แต่เพียงผู้เดียว

คณะผู้วิจัย

กรกฎาคม 2553

สารบัญ

1. หลักการและเหตุผล 5

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ 9

3. การทบทวนงานวิจัยจากการศึกษาจากต่างประเทศ 9

4. การทดสอบหาค่าความเสียดทานบนถนนพระราม 2 จังหวัดสมุทรสาคร 18

4.1 การเลือกพื้นที่ในการทดสอบหาค่าความเสียดทาน 18

4.2 วิธีการทดสอบหาค่าความเสียดทานในภาคสนาม 19

4.3 ตำแหน่งในการทดสอบหาค่าความเสียดทาน 21

4.4 ผลการทดสอบหาค่าความเสียดทานบนถนนพระราม 2 21

5. การทดสอบหาค่าความเสียดทานในห้องปฏิบัติการ 24

5.1 การเตรียมตัวอย่างผิวทางและการทดสอบผิวทางในห้องปฏิบัติการ 25

5.2 ผลการทดสอบหาค่าความเสียดทานในห้องปฏิบัติการ 26

6. การสำรวจความรุนแรงของปัญหาน้ำเมือกปลารั่วไหลลงบนผิวถนนพระราม 2 31

6.1 ปัญหารถบรรทุก 6 ล้อ ตู้คอนเทนเนอร์ที่มีน้ำปลารั่วไหล 34

6.2 ปัญหารถบรรทุก 4 ล้อ ที่ไม่มีฝาปิดภาชนะ และรถบรรทุก 4 ล้อ บรรทุกหลัว 36

6.3 การใช้มาตรการบังคับใช้กฎหมายสำหรับรถบรรทุกที่ปล่อยน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวถนน 36

6.4 การประชุมในระดับจังหวัดเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาผลกระทบจากน้ำเมือกปลาที่มีต่อค่าความเสียดทานบนถนนพระราม 2 38

7. สรุปผลจากศึกษา 42

8. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษา 43

8.1 การแก้ไขปัญหาในระยะสั้น 43

8.2 การแก้ไขปัญหาในระยะยาว 44

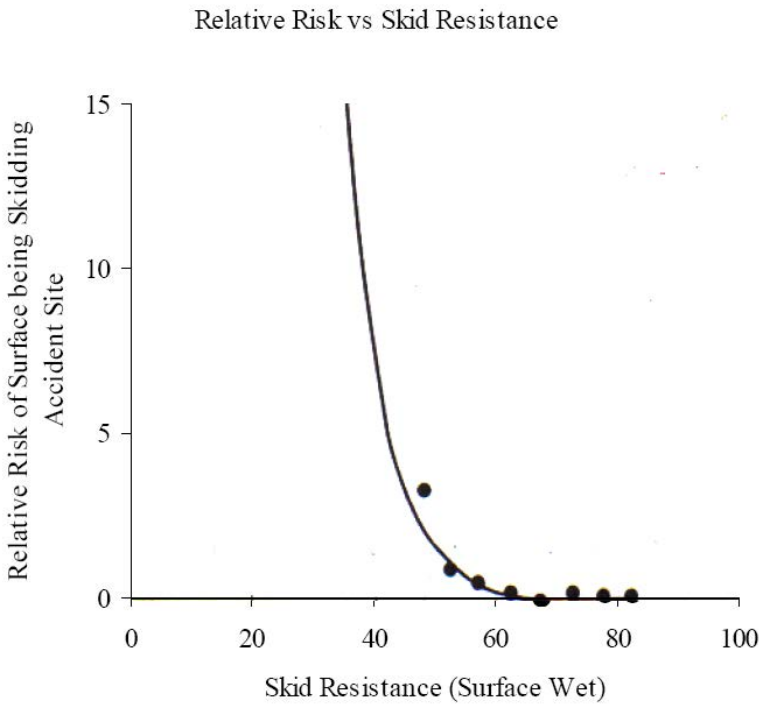
เอกสารอ้างอิง 45

โครงการศึกษาค่าความเสียดทานของผิวทางที่มีผลต่อความปลอดภัยทางถนน กรณีศึกษา: ผลกระทบของน้ำเมือกปลาบนถนนพระราม 2 จังหวัดสมุทรสาคร

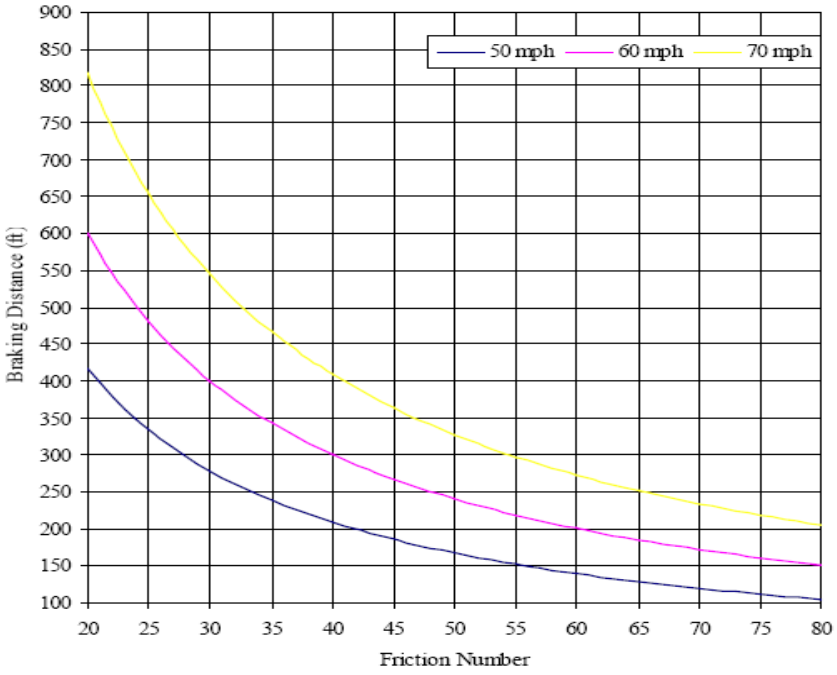
1. หลักการและเหตุผล

ในแต่ละปีมีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุทางถนนจำนวนมากในประเทศไทย โดยมีสาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจาก สภาพถนนที่ไม่ปลอดภัย เนื่องมาจากถนนลื่นหรือสภาพถนนที่มีค่าความเสียดทานของผิวทางต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผิวถนนที่อยู่ในสภาพเปียก ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะไม่มีตัวเลขทางสถิติรายงานอย่างชัดเจนเกี่ยวกับอุบัติเหตุทางถนนอันเนื่องมาจากสภาพถนนที่ไม่ปลอดภัยหรือเนื่องมาจากผิวถนนที่มีสภาพความเสียดทานต่ำ แต่ผลจากการศึกษาการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุในเชิงลึก โดยศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย พบว่า หนึ่งในสาเหตุหลักที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุประเภทรถชนคันเดียว (single vehicle crash) ในลักษณะการชนแบบยานพาหนะหลุดออกนอกเส้นทาง (run-off road crash) นั้น มีปัจจัยมาจากการขับรถเร็วร่วมกับสภาพผิวถนนที่มีค่าความเสียดทานต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่ามีงานวิจัยในต่างประเทศที่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสียดทานของผิวทางและจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนสภาพผิวทางเปียกอย่างมีนัยสำคัญ[1,2,3,4] ดัง**รูปที่** 1 และความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสียดทานของผิวทางและระยะหยุดรถที่ปลอดภัยที่ความเร็วต่างกัน ดัง**รูปที่** 2

จาก**รูปที่** 1 จะเห็นว่าโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เมื่อความเสียดทานมีค่าต่ำลง โดยเมื่อความเสียดทานมีค่าต่ำกว่า 40 โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 5-15 เท่า ส่วน**รูปที่** 2 แสดงว่าเมื่อความเสียดทานมีค่าต่ำลง ความต้องการระยะหยุดรถที่ปลอดภัยก็มีค่ามากขึ้น ทำให้มีโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใช้ความเร็วสูง ก็ต้องการระยะหยุดรถที่ปลอดภัยมากขึ้นไปด้วย



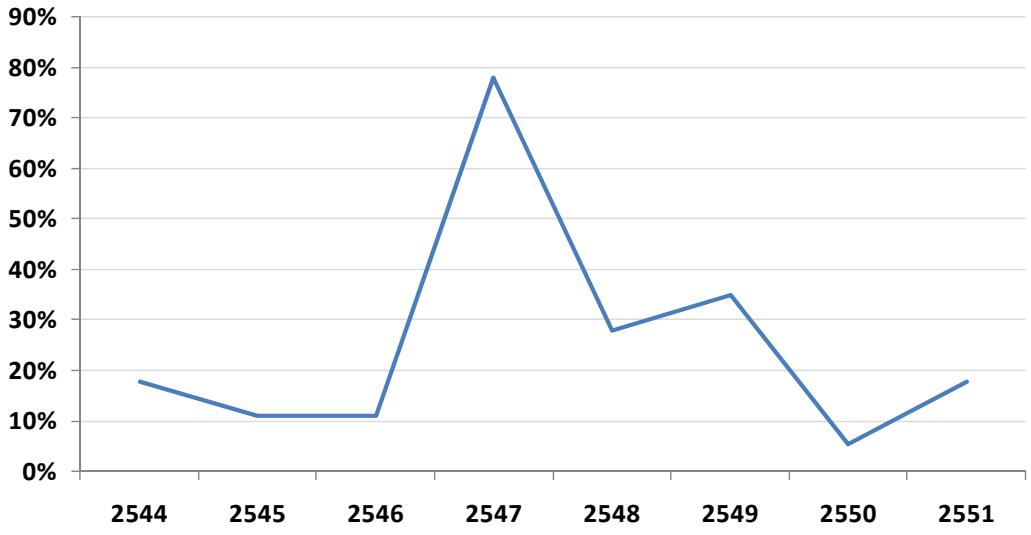
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสียดทานและโอกาสที่เกิดอุบัติเหตุบนสภาพผิวทางเปียก[5]



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสียดทานของผิวทางและระยะหยุดรถที่ปลอดภัย[6]

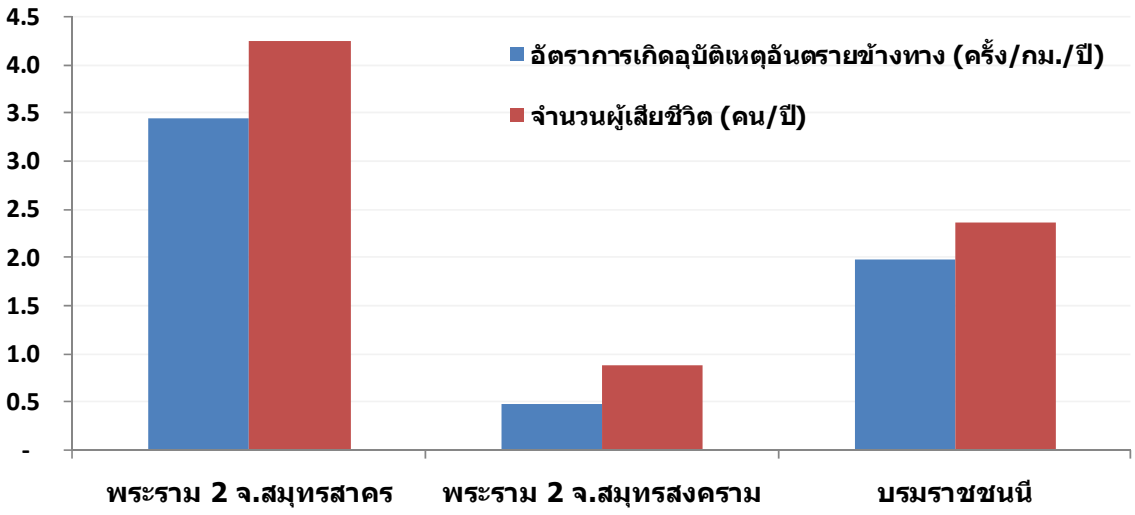
ถนนพระราม 2 ในเขตจังหวัดสมุทรสาคร เป็นช่วงถนนที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุประเภทรถชนคันเดียว (single vehicle crash) หรือเป็นการชนแบบยานพาหนะหลุดออกนอกเส้นทาง (run-off road crash) หรือสามารถเรียกสั้นๆ ได้ว่าเป็นอุบัติเหตุอันตรายข้างทางค่อนข้างสูง โดยสังเกตได้จากรูปที่ 3 ซึ่งแสดงอัตรา

การเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางที่มีผู้เสียชีวิตบนถนนพระราม 2 เมื่อเทียบกับอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นทั้งหมดในจังหวัดสมุทรสาคร จาก **รูปที่** 3 พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2551 อัตราส่วนดังกล่าวมีค่าสูงถึง 10-75% นั่นแสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของปัญหาอุบัติเหตุอันตรายข้างทางบนถนนพระราม 2 ในจังหวัดสมุทรสาคร อย่างไรก็ตามอัตราส่วนดังกล่าว อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากถนนพระราม 2 เป็นเส้นทางสายหลักที่ตัดผ่านตัวจังหวัดสมุทรสาคร และมีปริมาณจราจรมาก จึงมีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางได้ค่อนข้างสูง ดังนั้นสถิติการเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางของถนนพระราม 2 ที่ผ่านจังหวัดสมุทรสาคร จึงถูกนำมาเปรียบเทียบกับสถิติการเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางของถนนพระราม 2 ที่ผ่านจังหวัดอื่น เช่นจังหวัดสมุทรสงคราม และสถิติการเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางของถนนที่มีลักษณะทางกายภาพและปริมาณจราจรใกล้เคียงกับถนนพระราม 2 ได้แก่ ถนนบรมราชชนนี ที่ตัดผ่านจังหวัดนครปฐม



รูปที่ 3 อัตราการเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางที่มีผู้เสียชีวิตบนถนนพระราม 2 (พ.ศ. 2544 - พ.ศ.2551)

แหล่งข้อมูล: สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง



รูปที่ 4 อัตราการเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางและจำนวนผู้เสียชีวิตต่อปี (พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2551)

แหล่งข้อมูล: สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง

จาก **รูปที่** 4 จะเห็นว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางบนถนนพระราม 2 ในเขตจังหวัดสมุทรสาคร มีอัตราสูงกว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุอันตรายข้างทางบนถนนพระราม 2 ในเขตจังหวัดสมุทรสงครามถึง 7 เท่า และมีอัตราสูงกว่าถนนบรมราชชนนี ถึง 2.5 เท่า นอกจากนี้ จำนวนผู้เสียชีวิตเฉลี่ยต่อปีที่มีสาเหตุมาจากอุบัติเหตุอันตรายข้างทาง ของถนนพระราม 2 ในเขตจังหวัดสมุทรสาคร มีจำนวนสูงกว่าของถนนพระราม 2 ในเขตจังหวัดสมุทรสงครามถึง 6 เท่า และมีจำนวนสูงกว่าถนนบรมราชชนนี ถึง 2 เท่า

สถิติอุบัติเหตุอันตรายข้างทางและจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดจากอุบัติเหตุอันตรายข้างทางบนถนนพระราม 2 นี้ สามารถแสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของปัญหาดังกล่าว และมีแนวโน้มที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นเมื่อถูกนำไปเปรียบเทียบกับถนนสายอื่น ข้อสังเกตของปัญหาอุบัติเหตุในรูปแบบดังกล่าวเป็นที่พบเห็นบ่อยครั้งบนถนนพระราม 2 ในเขตจังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นช่วงถนนที่มีรถบรรทุกปลาจากแหล่งประมงวิ่งผ่านเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้ จากการหารือกับหน่วยงานที่รับผิดชอบในจังหวัด ที่ประชุมได้มีข้อสมมติฐานหนึ่งเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าว คือ น้ำเมือกปลาที่ไหลจากรถบรรทุกลงสู่ผิวถนน อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ถนนลื่นมากขึ้น เนื่องจากเมื่อน้ำเมือกปลาเคลือบผิวถนนอย่างสะสมและต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหนึ่ง จะส่งผลให้ผิวถนนมีความลื่นมากขึ้นเมื่อผิวถนนอยู่ในสภาพเปียก และทำให้ยานพาหนะที่วิ่งมาด้วยความเร็วผ่านบนผิวถนนช่วงนั้นมีความเสี่ยงต่อการเสียหลักและหลุดไถลออกนอกเส้นทาง ซึ่งจากสถิติอุบัติเหตุอันตรายข้างทางบนถนนพระราม 2 ในเขตจังหวัดสมุทรสาคร พบว่ามีรถเสียหลักและหลุดไถลออกนอกเส้นทางเป็นจำนวนมาก

เนื่องจากข้อสมมติฐานดังกล่าวยังไม่ได้รับการพิสูจน์ที่แน่ชัดว่าอุบัติเหตุรถตกถนนมีสาเหตุมาจากน้ำเมือกปลาที่ไหลลงสู่ผิวถนนและทำให้เกิดถนนลื่นมากขึ้นหรือทำให้ผิวทางมีค่าความเสียดทานที่ลดลง และในปัจจุบันก็ยังคงไม่มีกฎหมายที่ชัดเจนในเรื่องการควบคุมการใช้ภาชนะบรรทุกปลาที่สามารถเก็บกักน้ำ

เมือกปลาไม่ให้ไหลลงสู่ผิวถนนขณะทำการขนส่ง เพราะปัญหาอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในลักษณะดังกล่าวยังไม่ได้ถูกยกขึ้นมาเป็นประเด็นสำคัญ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งที่จะทำการทดสอบข้อสมมติฐานดังกล่าว โดยผลการศึกษาที่ได้จะสามารถใช้เป็นข้อพิสูจน์ทางวิศวกรรมที่สำคัญ สำหรับการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุอันตรายข้างทางในบริเวณที่มีรถขนส่งบรรทุกปลา ทั้งในระดับปฏิบัติและระดับนโยบายต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อทดสอบผลกระทบของน้ำเมือกปลาที่ไหลลงสู่ผิวถนนที่มีต่อค่าความเสียดทานของผิวทาง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความลื่นของถนนและโอกาสที่อาจเกิดอุบัติเหตุ
- เพื่อเปรียบเทียบค่าความเสียดทานของผิวทางในบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลาและค่าความเสียดทานที่ได้ระดับมาตรฐานความปลอดภัยของผิวถนน
- เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิชาการ และนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุทางถนนในระดับจังหวัด

3. การทบทวนงานวิจัยจากการศึกษาจากต่างประเทศ

ความเสียดทานของผิวทาง (Friction) คือ แรงต้านทานบริเวณผิวสัมผัสระหว่างล้อและผิวทาง หรือแรงต้านไม่ให้ล้อลื่นไถลไปบนผิวทาง ซึ่งเป็นองค์ประกอบจำเป็นในด้านความปลอดภัยทางถนนโดยช่วยในการควบคุมตัวรถและช่วยลดระยะหยุดปลอดภัยในสถานการณ์เบรกกระทันหัน ในการดูแลรักษาผิวทางให้มีความปลอดภัยต่อรถยนต์ที่วิ่งสัญจรผ่านไปมาจึงควรทำการศึกษาเพื่อกำหนดค่าความเสียดทานของผิวทางที่เหมาะสมสำหรับผิวทางลาดยางทั้งที่มีการก่อสร้างใหม่และผิวเก่า รวมถึงผิวทางที่มีการบูรณะซ่อมแซมด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าได้มีการใช้ค่า Friction Number (FN) หรือค่า Skid Number (SN) หรือค่า British Pendulum Number (BPN) เป็นตัวชี้วัดค่าความเสียดทานของผิวทาง ในการศึกษานี้ทางคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ค่า British Pendulum Number (BPN) เป็นตัวชี้วัดค่าความเสียดทาน โดยค่า BPN สามารถหาได้จากการทดสอบหาค่าความเสียดทานด้วยเครื่องมือ British Pendulum Tester โดยอ้างอิงถึงมาตรฐาน AASHTO T279-96 หรือ Standard Test Method for Accelerated Polishing of Aggregates Using the British Wheel ในการทดสอบ

เมื่อพิจารณาปัญหาทางด้านความปลอดภัยทางถนน ความเสียดทานของผิวทางเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและลดจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น จากการรวบรวมเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง ได้พบว่าในต่างประเทศมีการกำหนดค่ามาตรฐานหรือค่าแนะนำของค่าความเสียดทานที่เหมาะสม ซึ่งมีการแสดงอยู่

ในรูปแบบของค่า FN หรือ ค่า SN หรือ ค่า BPN ที่เหมาะสม สำหรับถนนประเภทต่างๆ และถนนที่มีการใช้ความเร็วในระดับต่างกัน

ในปี 1999 หน่วยงาน Office of Pavement Technology ในประเทศฟินแลนด์ ได้กำหนดระดับสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ยอมรับได้ โดยเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบ Finnish standards ระดับความเร็วต่างๆ[6]

ในประเทศสวีเดน หน่วยงาน Swedish National Road & Transport Research Institute (2001)[7] ได้ระบุในข้อกำหนดการก่อสร้างสำหรับถนนที่ทำการก่อสร้างใหม่ ควรมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ได้จากการทดสอบจากเครื่องมือชนิด Fixed Slip (Skiddometer BV-11) บนผิวทางเปียกไม่น้อยกว่า 0.5

WSDOT Pavement Guide (2004)[8] ได้แนะนำค่า Skid Number (SN) ที่ได้จากการวัดค่าความฝืดด้วยเครื่องมือชนิด Skid Trailer โดยแนะนำค่า SN สำหรับถนนที่มีปริมาณการจราจรน้อยควรมีค่ามากกว่า 30, สำหรับถนนที่ควรมีการตรวจวัดบ่อยครั้ง ควรมีค่า SN อยู่ในช่วง 31 ถึง 34 และค่า SN สำหรับถนนที่มีปริมาณการจราจรมากควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 35

สำหรับประเทศอังกฤษได้มีการพัฒนานโยบายเพื่อกำหนดระดับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ยอมรับได้ โดยได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมือ Side Force Coefficient Road Inventory Machine (SCRIM) สำหรับประเภทถนนและรูปแบบการรองรับปริมาณจราจรต่างๆ[9]

หน่วยงาน VicRoads ของรัฐ Victoria ประเทศออสเตรเลีย ได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์แรงกระทำด้านข้าง (Sideway Force Co-efficient, SFC) ที่ได้จากการใช้เครื่อง Side Force Coefficient Road Inventory Machine (SCRIM) สำหรับตำแหน่งทดสอบบนสายทางแบบต่างๆ ที่ระดับความเร็ว 20 และ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เช่นเดียวกับมาตรฐาน Transit New Zealand Technical Standard (TNZ) ของประเทศนิวซีแลนด์กำหนดระดับค่า SFC สำหรับสายทางประเภทต่างๆ และหน่วยงาน Main Road Queensland ของรัฐ Queensland ในประเทศออสเตรเลีย ได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่วัดได้จากเครื่องทดสอบชนิด Norsemeter friction (ROAR) โดยทดสอบที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อีกทั้งหน่วยงาน Transport South Australia ของประเทศออสเตรเลีย ได้แนะนำค่า Grip Number ที่ได้จากการทดสอบความฝืดของผิวทางโดยใช้เครื่องมือชนิด Griptester ที่ระดับความเร็วของสายทางชนิดต่างๆ[10]

เมื่อพิจารณาในด้านความปลอดภัยทางถนน ความฝืดของผิวทางเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและลดจำนวนการชนกันของรถ จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ Giles และคณะ (1962)[11] พบว่ามีความเสี่ยงเล็กน้อยในการเกิดการชนกันที่มีค่าความฝืดเป็นปัจจัยเกี่ยวข้อง เมื่อ FN มีค่ามากกว่า 60 แต่จะมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อ FN มีค่าต่ำกว่า 50

McCullough และ Hankins (1966)[12] ได้แนะนำค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ต่ำที่สุดที่ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงการเกิดอุบัติเหตุลดลง เท่ากับ 0.4 (FN เท่ากับ 40) โดยทดสอบที่ความเร็วคงที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จาก 571 ตำแหน่งทดสอบในรัฐ Texas ประเทศสหรัฐอเมริกา

หน่วยงาน The National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) ได้พัฒนาโครงการศึกษาระดับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสำหรับทางหลวงชนบท โดยใช้เครื่องมือทดสอบชนิด Ribbed test tire ที่ระดับความเร็วจราจรเฉลี่ย (Mean Traffic Speed) ต่างๆ และที่ความเร็วคงที่ขณะทดสอบเท่ากับ 40 ไมล์ต่อชั่วโมง[13]

นอกจากนี้ในรัฐต่างๆ ของ ประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีงานวิจัยเพื่อกำหนดค่า SN เช่น Rizenbergs (1976)[14] ได้ทำการศึกษาในรัฐ Kentucky พบว่าถ้าถนนที่มีค่า SN70R (ทดสอบที่ความเร็ว 70 ไมล์ต่อชั่วโมง และใช้เครื่องทดสอบล้อยางชนิด Ribbed) ต่ำกว่า 27 จะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญบนผิวทางเปียก และงานวิจัยของ Runkle and Marhone ในปี 1977 ได้เสนอค่า SN64R (ทดสอบที่ความเร็ว 64 ไมล์ต่อชั่วโมง และใช้เครื่องทดสอบล้อยางชนิด Ribbed) ที่ต่ำที่สุดที่เหมาะสมสำหรับทางหลวงระหว่างรัฐ ที่ความเร็วของรัฐต่างๆ ในประเทศอเมริกา เช่น Tennessee, Texas, Arizona, Virginia และ Kentucky

ในปี 1991 ได้มีงานศึกษาของหน่วยงาน Isaeli Public Works Department เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความฝืดของผิวทางที่วัดได้จาก Mu-Meter และจำนวนอุบัติเหตุบนทางหลวงพบว่า ถ้าค่าความฝืดที่อ่านได้จาก Mu-Meter สูงกว่า 37 สามารถลดจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุลง 7.5 เปอร์เซ็นต์ (Craus และคณะ, 1991)[15]

หน่วยงาน Florida Department of Transportation ได้ทำการศึกษาเพื่อทดสอบค่าความฝืดของผิวทางโดยใช้เครื่องมือล้อยางทั้งชนิด Smooth Tire และ Ribbed Tire โดยทำการทดสอบบนสายทางที่มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียกน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์และบนสายทางทีมีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียกมากกว่า 50% จากผลการศึกษาพบว่า SN64S (ทดสอบที่ความเร็ว 64 ไมล์ต่อชั่วโมง และใช้เครื่องทดสอบล้อยางชนิด Smooth Tire) เท่ากับ 25 สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับระหว่างสายทางที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงและต่ำ[16]

ในปี 1998 หน่วยงาน U.S. Department of Transportation ได้สรุปผลการวัดค่า FN ที่สภาพผิวทางในภูมิอากาศต่างๆ ในรัฐ Wisconsin ประเทศสหรัฐอเมริกา[17]

จากรายงานผลการวิจัยในประเทศฝรั่งเศสในปี 1996 พบว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุจะเพิ่มขึ้นเป็น 5 เท่า บนถนน Bordeaux Ring Road เมื่อค่า Side-Force Coefficient (SFC) ลดลงจากมากกว่า 0.6 เหลือน้อยกว่า 0.5[18]

นักวิจัยของหน่วยงาน Pennsylvania Transportation Institute ได้พัฒนาแบบจำลอง fuzzy logic เพื่อทำนายการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียก โดยพิจารณาพารามิเตอร์ได้แก่ SN, ความเร็วที่กำหนด, ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน, ช่วงเวลาขณะผิวทางเปียก, ความยากง่ายในการขับขี่ ผลการศึกษาพบว่าถ้า SN เพิ่มขึ้นจาก 33.4 ไปเป็น 48 สามารถลดการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียกได้ถึง 60 เปอร์เซนต์[19]

Henry (2000)[6] ได้รวบรวมค่า FN ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาการปรับปรุงผิวทางใหม่ (Surface Restoration) ในรัฐต่างๆ ได้แก่ Maine, Washington, Wisconsin and Minnesota

จากผลการศึกษาของ Norwegian Road Grip Project ในประเทศนอร์เวย์ ได้แสดงอัตราการเกิดการชนกันที่ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่างๆ[7]

Smith และคณะ (2006)[20] ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบค่า FN ที่ได้จากเครื่องมือทดสอบชนิด Locked Wheel Skid Trailer ล้อยางชนิด Ribbed Tires ในโครงการ Maryland State Highway Administration (MDSHA) Pavement Management System (PMS) ระยะทางประมาณ 15,000 lane-miles ซึ่งประกอบไปด้วยผิวทางแอสฟัลท์ 61%, ผิวทางคอนกรีต 2% และผิวทางแบบผสม 37% พบว่าค่า FN เฉลี่ยของถนนในชนบท เท่ากับ 48.5 และถนนในเมือง เท่ากับ 42 นอกจากนี้พบว่า 1 ปีหลังจากการปูผิวทางใหม่ (Resurfacing) ค่า FN ลดลง 0.22 และ 0.26 ต่อปี

รายละเอียดค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ดัง **ตารางที่** 1 และ **ตารางที่** 2

ตารางที่ 1 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่างๆ

ลำดับ	ประเทศ/หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง			ชนิดเครื่องมือทดสอบ/มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
1	ฟินแลนด์	-	**ความเร็ว (กม./ชม.)** ≤80 ≤100 ≤120	**μ** 0.4 0.5 ≥0.6			Finnish Standard (PANK 5201 หรือ TIE 475)	
2	สวีเดน	**สภาพผิวทาง** ผิวถนนเปียก		**μ** 0.5			Fixed Slip Device (Skiddometer BV-11)	
3	สหรัฐอเมริกา/ Washington State Department of Transportation	-	**ประเภทของสายทาง** ถนนที่ต้องมีการปรับปรุงผิวทาง ถนนที่มีปริมาณการจราจรน้อย ถนนที่มีการตรวจวัดบ่อยครั้ง ถนนที่มีปริมาณการจราจรมาก	**SN** <30 ≥30 31-34 ≥35			Skid Trailer	
4	อังกฤษ	**ความเร็ว** 80 กม./ชม.	**ประเภทสายทาง** - Motorway - Dual carriageway non-event - Single carriageway non-event - Dual carriageway (all purpose)-minor juctions - Single carriageway minor juctions & approaches to across major junctions (all limbs) - Approach to roundabout - Approach to pedestrain crossing and other high risk situation - Roundabout - Gradient 5-10% longer than 50m - Gradient >= 10% longer than 50 m - Bend radius < 500 m - dual carriageway - Bend radius < 500 m - single carriageway	**μ** 0.35 0.35-0.40 0.40-0.45 0.45-0.55 0.50-0.55 0.45-0.50 0.45-0.50 0.50-0.55 0.45-0.50 0.50-0.55			Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM)	

ตารางที่ 1 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่างๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง		ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
5	ออสเตรเลีย/Vicroads	**ความเร็ว** 50 กม./ชม.	**ประเภทสายทาง** - Traffic light controlled intersection, Pedstrian/school crossing, Raiway level crossings, Roundabout approaches - Curves with radius ≤250 m, Gradient≥5% and 50m long, Freeway/higway/on/offramps - Intersections - Manoeuvre-free areas of undivied roads - Manoeuvre-free areas of divied roads 20 กม./ชม. - Curves with radius<=100m - Roundabouts	Primary road >2500 veh/lane /day SFC50 0.55 0.50 0.45 0.40 0.35 SFC20 0.60 0.55	Secondary road <2500 veh/lane /day SFC50 0.50 0.45 0.40 0.35 0.30 SFC20 0.55 0.50	Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM)	
6	นิวซีแลนด์/ Transit New Zealand Technical Standard	-	**ประเภทสายทาง** - Approaches to railway level crossing, traffic lights, pedestrian crossings, roundabout, Stop and Give Way controlled intersections (state highway only), One Lane Bridges (including bridge deck) - **Curve<250m radius, Down gradient>10%** - **Approaches to road junction, Down gradient 5-10%, Motorway junction area including on/off ramps** - **Undivided carriageway (event-free)** - **Divided carriageway (event-free)**	SFC 0.55 0.50 0.45 0.40 0.35		Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM)	
7	ออสเตรเลีย/ Main Road Queensland	**ความเร็ว** 60 กม./ชม.	**ประเภทสายทาง** - Curves with radius<=100m, roundabouts, traffic light controlled intersections, pedestrian/school crossings, roundabout approaches	F60 0.35		Norsemeter friction (ROAR)	

ตารางที่ 1 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่างๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง		ค่าความเสียดทานของผิวทาง		ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
			- Curves with radius<=250m, Gradients>=5% and>=50 m long, Freeway and Highway on/off ramps Intersections - Maneuver-free areas of undivided roads, Maneuver-free areas of divided roads		0.30 0.25			
8	ออสเตรเลีย/ Transport South Australia	n/a	**ประเภทสายทาง** - Difficult sites-steep grades, traffic light approaches, tight bends, roundabouts - Urban Arterial Roads - Rural Arterial Roads - Urban/Lightly Traffic	**ความเร็วสูงสุด (กม./ชม.)** 60-80 60 110 60	Grip Number=0.01×BPN 0.50-0.55 0.45 0.45 0.40		Grip tester	
9	ออสเตรเลีย	-	**ความเสี่ยงในการเกิดการชนกันที่มีค่าความฝืดเป็นปัจจัยเกี่ยวข้อง** - เล็กน้อย - เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว		FN > 60 < 50		-	
10	Texas, สหรัฐอเมริกา	**ความเร็ว** 50 กม./ชม.			FN 40		-	
11	สหรัฐอเมริกา, U.S. Department of Transportation	**ประเภทสายทาง** ทางหลวงหลักในชนบท	**ความเร็วจราจรเฉลี่ย (Mean Traffic Speed)** 0 10 20 30 40 50 60 70 80		Min. SN **ที่ ความเร็วจราจรเฉลี่ย** 60 50 40 36 33 32 31 31 31	Min. SN **วัดที่ความเร็ว40 ไมล์/ชม.** - - - 31 33 37 41 46 51	-	

ตารางที่ 1 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่างๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง			ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
12	Kentucky, สหรัฐอเมริกา	- ถนน 4 ช่องจราจร - ระยะทาง 770 ไมล์ - จำกัดช่องทางเข้าออก	**อัตราการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียก** เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ	SN70R < 27				
13	สหรัฐอเมริกา	**ความเร็ว** 64 กม./ชม. ทางหลวงระหว่างเมือง	**อัตราการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียก**	**รัฐ** Tennessee Texas Arizona Virginia Kentucky	Min SN64 40 38 29 30 40		-	
14	อิสราเอล/ Isaeli Public Works Department	-	**จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุ** ลดจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุลง 7.5 %	Mu-meter reading >30			Mu-meter	
15	Florida, สหรัฐอเมริกา	-	**อัตราการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียก** สูง ต่ำ	SN64S <25 ≥25			-	
16	Wisconsin, สหรัฐอเมริกา/ U.S. Department of Transportation	-	**สภาพผิวทาง** Dry Wet Slush Loose Snow Packed Snow Black Ice	FN Median 47 45 30 26 21 22	FN 25th percentile 44 42 26 23 19 19	FN 75th percentile 51 47 34 28 22 27		
17	ฝรั่งเศส	-	**จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียก** เพิ่มขึ้น 5 เท่า	SFC <0.5 (initial >0.6)			Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM)	

ตารางที่ 1 สรุปค่าความเสียดทานของผิวทางที่แนะนำในการศึกษางานวิจัยของประเทศต่างๆ (ต่อ)

ลำดับ	ประเทศ/หน่วยงาน	ตัวแปรควบคุม	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ค่าความเสียดทานของผิวทาง		ชนิดเครื่องมือทดสอบ/ มาตรฐานการทดสอบ	หมายเหตุ
18	สหรัฐอเมริกา/ Pennsylvania Transportation Institute	-	SN, ความเร็วที่กำหนด, ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน, ช่วงเวลาขณะผิวทางเปียก, ความยากง่ายในการขับขี่	SN เพิ่มขึ้นจาก 33.4 ไปเป็น 48 สามารถลดการเกิดอุบัติเหตุขณะผิวทางเปียกได้ถึง 60 เปอร์เซนต์			
19	สหรัฐอเมริกา/	-	**ความเสี่ยงในการเกิดการชนกัน**	**รัฐ** Maine Washington Wisconsin Minnesota	Reface restoration required when FN <35 <30 <38 <45		
20	นอร์เวย์/ Norwegian Road Grip Project	-	**อัตราการเกิดการชนกัน** 0.8 0.55 0.25 0.20	**μ** <0.15 0.15-0.24 0.25-0.34 0.35-0.44			
21	สหรัฐอเมริกา/ Maryland State Highway Administration	-	**ประเภทสายทาง** ในชนบท ในเมือง	FN for new surface 48.5 42	Avg deteriorate rate /year 0.22 0.26	Locked Wheel Skid Trailer with ribbed tires	

ตารางที่ 2 ตารางสรุปค่าความเสียดทานของประเทศอื่นๆ (จากรายงาน NCHRP Synthesis 291)[6]

ประเทศ	ทางด่วน/Motorway	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	ถนนท้องถิ่น
เดนมาร์ค	ความเร็ว < 80 กม.ต่อชม., μ =0.4; ความเร็ว > 80 กม.ต่อชม., μ =0.5			
ฮังการี	SCRIM > 0.50	SCRIM > 0.40	SCRIM > 0.33	
ญี่ปุ่น	Friction > 0.25			
เนเธอร์แลนด์	DWW > 38	DWW > 38		
รัฐนิวเซาส์เวลส์ ออสเตรเลีย	SCRIM > 0.30-0.55			
นิวซีแลนด์	SCRIM > 0.35-0.55			
แคนาดา	SCRIM > 70%	SCRIM > 70%	SCRIM > 55%	SCRIM > 40%
รัฐเซาส์ออสเตรเลีย ออสเตรเลีย	BPN > 45	BPN > 45	BPN > 45	BPN > 40
สวิตเซอร์แลนด์	BPN > 65			
อังกฤษ	เหมือนตารางที่ 1			
รัฐวิคตอเรีย ออสเตรเลีย	SCRIM > 0.35-0.55			

4. การทดสอบหาค่าความเสียดทานบนถนนพระราม 2 จังหวัดสมุทรสาคร

ในการศึกษานี้ ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบวัดค่าความเสียดทานบนถนนพระราม 2 จ.สมุทรสาคร โดยเฉพาะในบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลา เพื่อตรวจสอบหาค่าความเสียดทานที่คงเหลืออยู่บนผิวทาง ณ เวลาปัจจุบัน โดยมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

4.1 การเลือกพื้นที่ในการทดสอบหาค่าความเสียดทาน

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบผิวทางลาดยางในภาคสนาม บนถนนพระราม 2 จ.สมุทรสาคร หรือทางหลวงหมายเลข 35 ช่วง กม.ที่ 27+800 ถึง กม.ที่ 29+600 ในทิศทางขาเข้ากรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นช่วงถนนที่มีปริมาณจราจรค่อนข้างหนาแน่น พื้นที่ที่ทำการทดสอบมี 2 บริเวณ ได้แก่บริเวณพื้นที่ทางเข้าออกตลาดทะเลไทย ซึ่งมีรถบรรทุกปลาและอาหารทะเลเดินทางออกมาจากตลาดทะเลไทยเป็นจำนวนมาก โดยรถบรรทุกส่วนใหญ่ได้มีการปล่อยน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวถนนบริเวณดังกล่าวในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากผิวทางบนถนนในบริเวณดังกล่าว ที่มีลักษณะสีคล้ำจากคราบสิ่งสกปรกที่สะสมอยู่เป็นจำนวนมาก และส่งกลิ่นเหม็นรุนแรงจากน้ำคาวปลา

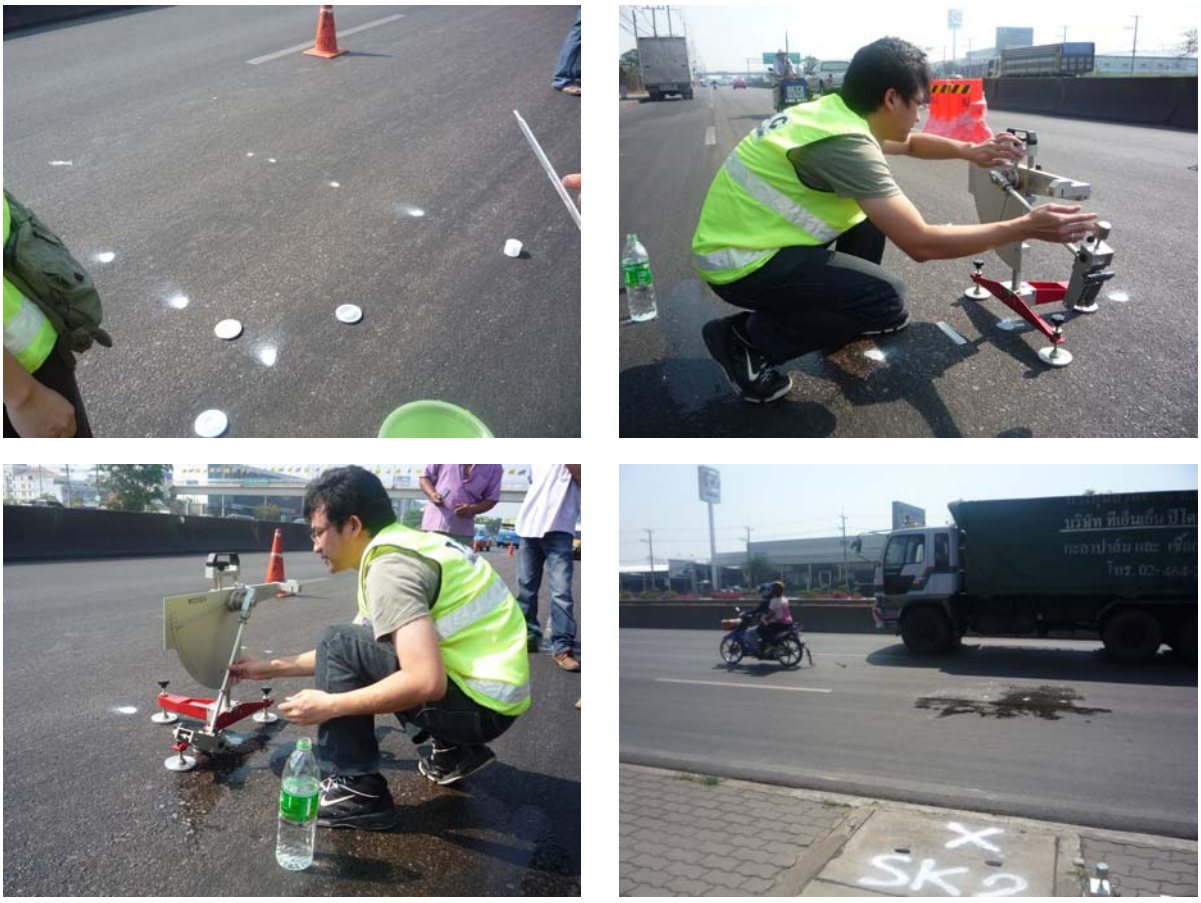
ถนนพระราม 2 เป็นถนนที่เป็นทางผ่านของการเดินทางระหว่างกรุงเทพฯ และจังหวัดทางภาคใต้ของประเทศไทย จึงเป็นถนนที่มีปริมาณการจราจรสูงทั้งสองทิศทางตลอดวัน บริเวณดังกล่าว มีการออกแบบถนนออกเป็น 12 ช่องจราจร หรือทั้งหมด 6 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง และมีช่องจราจรคู่ขนานในบริเวณที่ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ช่องจราจร ดังแสดงใน**รูปที่** 5 ประเภทของยานพาหนะที่ใช้สายทางนี้มากที่สุด ได้แก่ รถบรรทุก รถจักรยานยนต์ และรถโดยสาร ตามลำดับ

รูปที่ 5 พื้นที่ที่ทำการทดสอบค่าความเสียดทาน บนถนนพระราม 2 จ.สมุทรสงคราม

4.2 วิธีการทดสอบหาค่าความเสียดทานในภาคสนาม

การทดสอบหาค่าความเสียดทานทำได้โดยใช้เครื่องมือ Portable Skid Resistance Tester สำหรับวัดค่า British Pendulum Number (BPN) ซึ่งเป็นตัวบอกค่าความเสียดทาน (friction) ระหว่างยางรถยนต์และผิวถนนขณะที่ผิวถนนมีสภาพเปียก โดยวิธีการทดสอบดังกล่าวจะอ้างอิงถึงมาตรฐาน AASHTO T279-96 หรือ Standard Test Method for Accelerated Polishing of Aggregates Using the British Wheel ลักษณะของการทดสอบจะเป็นการใช้ แขนของตัว Pendulum ซึ่งมีตัวสปริงและแผ่นยางทดสอบติดอยู่ เมื่อนำเครื่องทดสอบไปวางอยู่บนผิวถนนที่จะทำการทดสอบ ตัว Pendulum จะถูกปล่อยจากอิสระจากระดับ ดังที่แสดงในรูปที่ 4 จนกระทั่งแผ่นยางทดสอบสัมผัสกับผิวถนน ขณะที่แผ่นยางทดสอบสัมผัสกับผิวถนนในบริเวณพื้นที่ทดสอบ ถ้าผิวทางมี ค่าความเสียดทานสูง ตำแหน่งของตัว Pendulum จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่สูงที่สุดของ Pendulum Arc ที่อยู่ทางด้านซ้ายของ**รูปที่ 6** จากนั้นค่า British Pendulum Number จะถูกบันทึก ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-150 ดังนั้นตัวเลข British Pendulum Number ที่อ่านได้จากเครื่องมือทดสอบ จะเป็นค่าที่ใช้แสดงค่าความเสียดทานของผิวทดสอบ ในการทดสอบหาค่าความเสียดทาน ในแต่ละครั้ง ควรจะทำการทดสอบที่ตำแหน่งเดียวกันอย่างน้อย 3 ครั้งเพื่อให้แน่ใจว่า ตัวเลข British Pendulum Number ที่อ่านได้จากการทดสอบเป็นค่า British Pendulum Number ของผิวทดสอบนั้นๆ **รูปที่ 7** แสดงการทดสอบหาค่าความเสียดทางบนถนนพระราม 2

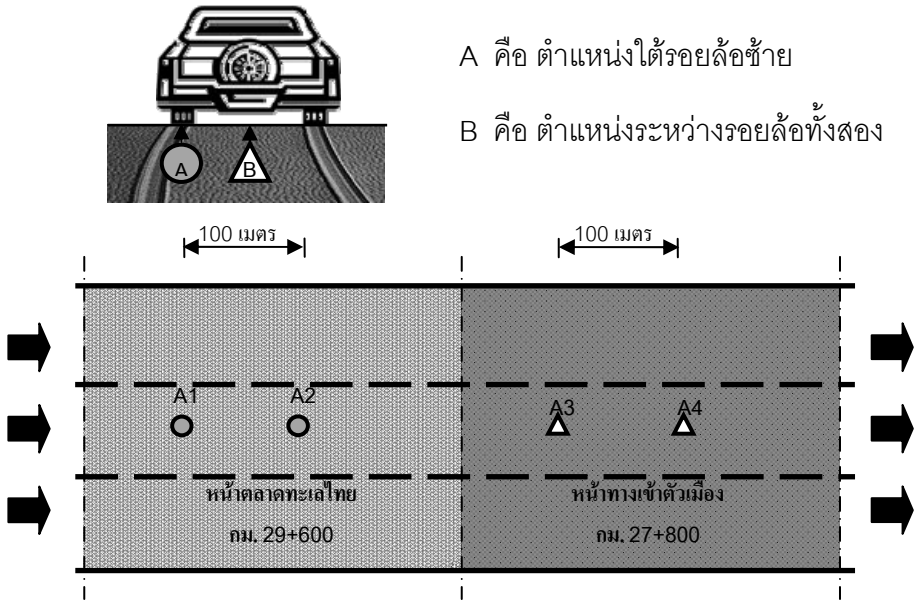
รูปที่ 6 Portable British Pendulum Tester



รูปที่ 7 การทดสอบหาค่าความเสียดทางบนถนนพระราม 2

4.3 ตำแหน่งในการทดสอบหาค่าความเสียดทาน

สำหรับการทดสอบหาค่าความเสียดทาน ได้กำหนดให้มีการทดสอบทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ประกอบด้วย 1) ตำแหน่งทดสอบบนผิวทางที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลาบริเวณทางเข้าออกตลาดทะเลไทย ในช่องทางจราจรที่อยู่ตรงกลางเป็นจำนวน 2 ตำแหน่ง และ 2) ตำแหน่งทดสอบบนผิวทางที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลาบริเวณทางเข้าออกตัวเมืองสมุทรสาคร ในช่องทางจราจรที่อยู่ตรงกลางเช่นเดียวกัน เป็นอีกจำนวน 2 ตำแหน่ง โดยในแต่ละตำแหน่งที่ทำการทดสอบ จะเป็นการทดสอบในบริเวณใต้รอยล้อด้านซ้ายและระหว่างรอยล้อทั้งสองข้างทั้งหมดเป็นจำนวน 6 จุด โดยมีระยะห่างระหว่างตำแหน่งทดสอบตามแนวถนนเท่ากับ 100 เมตร และมีระยะห่างระหว่างสองบริเวณที่ทำการทดสอบคือบริเวณหน้าตลาดทะเลไทยและทางเข้าตัวเมืองสมุทรสาคร เป็นระยะประมาณ 2 กม. **รูปที่** 8 แสดงตำแหน่งในการกำหนดจุดทดสอบหาค่าความเสียดทานบนผิวทางถนนพระราม 2



รูปที่ 8 แผนผังแสดงตำแหน่งการกำหนดจุดทดสอบบนถนนพระราม 2

4.4 ผลการทดสอบหาค่าความเสียดทานบนถนนพระราม 2

ผลจากการทดสอบหาค่าความเสียดทานของผิวทางบนถนนพระราม 2 ทั้งบริเวณหน้าตลาดทะเลไทยและบริเวณทางเข้าตัวเมืองสมุทรสาคร ได้ถูกแสดงใน **ตารางที่** 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบหาค่าความเสียดทานของผิวทางบนถนนพระราม 2

บริเวณที่ทำการทดสอบ	ตำแหน่ง	จุด	ค่า BPN	ค่าเฉลี่ย BPN
หน้าตลาดทะเลไทย	A1	1	39.3	36.6
		2	39.3	
		3	35.0	
		4	35.3	
		5	36.3	
		6	34.0	
	A2	1	37.3	35.6
		2	37.0	
		3	35.7	
		4	35.0	
		5	34.7	
		6	33.7	
ทางเข้าตัวเมืองสมุทรสาคร	A3	1	39.7	35.9
		2	40.0	
		3	38.7	
		4	35.3	
		5	31.0	
		6	31.0	
	A4	1	40.7	36.6
		2	37.3	
		3	35.7	
		4	36.0	
		5	35.0	
		6	34.7	

จากการทดสอบหาค่าความเสียดทานในบริเวณทั้งสองพบว่า สภาพผิวทางขณะปัจจุบันของถนนพระราม 2 ในบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลา มีค่าความเสียดทานอยู่ที่ค่า BPN เท่ากับ 35-36 ซึ่งจัดได้ว่ามีค่าที่ค่อนข้างต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเสียดทานมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้สำหรับถนนประเภทเดียวกัน โดยคณะผู้วิจัยได้อ้างอิงจากมาตรฐานของค่าความเสียดทานที่เหมาะสมของถนนสายหลักที่สามารถใช้ความเร็วได้สูงเช่นเดียวกับถนนพระราม 2 จากประเทศออสเตรเลีย[6] ที่ได้กำหนดไว้ว่า ค่าความเสียดทานของถนนประเภทดังกล่าว ควรมีค่า BPN ไม่ต่ำกว่า 45 และจากประเทศสวิตเซอร์แลนด์[6]ซึ่งได้กำหนดไว้ที่ค่าไม่ต่ำกว่า 65 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเสียดทานที่ทดสอบได้นั้น จะเห็นว่า ค่าความเสียดทานขณะปัจจุบันของถนนพระราม 2 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานถึง 20-50%

เพื่อเป็นการทดสอบว่าน้ำเมือกปลานั้น มีผลกระทบต่อค่าความเสียดทานของผิวทางจริงหรือไม่ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำความสะอาดผิวทางบริเวณที่ทำการทดสอบดังกล่าว (**รูปที่** 9) และได้ทำการทดสอบหาค่าความเสียดทานอีกครั้งหนึ่งหลังจากทำความสะอาดเพื่อกำจัดคราบจากน้ำเมือกปลาออกไปจากบริเวณพื้นที่ที่ทำการทดสอบ โดยค่าความเสียดทานที่ทดสอบได้ใหม่หลังจากการทำความสะอาดแล้วนั้น ได้ถูกสรุปดังใน **ตารางที่** 4

รูปที่ 9 การทำความสะอาดผิวทางบริเวณที่ทำการทดสอบ

รูปที่ 10 การเปรียบเทียบผิวทางก่อนทำความสะอาดและหลังทำความสะอาด

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบหาค่าความเสียดทานของผิวทางบนถนนพระราม 2 หลังทำความสะอาด

บริเวณที่ทำการทดสอบ (หลังทำความสะอาด)	ตำแหน่ง	จุด	ค่า BPN	ค่าเฉลี่ย BPN
หน้าตลาดทะเลไทย	A1	1 2 3 4	44.3 42.7 44.3 40.7	43.0
ทางเข้าตัวเมืองสมุทรสาคร	B1	1 2 3 4	50.3 48.7 50.0 49.7	49.7

จาก **ตารางที่ 4** เมื่อมีการทำความสะอาดผิวทางแล้ว พบว่าค่าความเสียดทานมีค่าสูงขึ้นจากเดิม 1.2 ถึง 1.4 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ก่อนที่ผิวทางจะได้รับการทำความสะอาด (ค่า BPN เดิม=36) จึงเห็นได้ว่าน้ำเมือกปลาส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเสื่อมสภาพของค่าความเสียดทานของผิวทาง ดังแสดงใน **รูปที่ 10** ซึ่งเห็นว่าผิวทางก่อนทำความสะอาดมีสภาพที่แตกต่างจากผิวทางหลังทำความสะอาดอย่างชัดเจน สังเกตเห็นได้ว่าผิวทางหลังทำความสะอาดมีลักษณะที่หยาบมากขึ้น หรือมี texture สูงกว่าผิวทางก่อนทำความสะอาด อย่างไรก็ตามพบว่าความเสียดทานของผิวทางทั้งสองบริเวณ ที่ทดสอบได้หลังจากการทำความสะอาดแล้ว ยังคงมีค่าความเสียดทานที่ต่ำสุดของระดับค่ามาตรฐาน (BPN = 45 อ้างอิงจากมาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย[6]) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากผิวทางในบริเวณดังกล่าวมีอายุการใช้งานนานประมาณ 1-2 ปี ดังนั้นค่าความเสียดทานปัจจุบันจึงอาจมีค่าที่เสื่อมลงได้เนื่องจากผลของการขัดสีของการจราจรในช่วง 1-2 ปีที่มีการใช้งาน

ขั้นตอนการดำเนินงานต่อไปของคณะผู้วิจัย จึงมุ่งเน้นไปที่การทดสอบหาค่าความเสียดทานของผิวทาง ที่ถูกเตรียมในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถควบคุมปัจจัยภายนอกต่างๆ ในการทดสอบได้ดีกว่าการทดสอบในภาคสนาม โดยเฉพาะการควบคุมการขัดสีจากการจราจร

5. การทดสอบหาค่าความเสียดทานในห้องปฏิบัติการ

เพื่อศึกษาหาผลกระทบของน้ำเมือกปลาที่มีต่อค่าความเสียดทานของผิวทาง โดยมีการควบคุมปัจจัยภายนอกอื่นๆ ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการผลิตผิวทางตัวอย่างในห้องปฏิบัติการเพื่อทำการจำลองผิวทางที่ก่อสร้างใหม่ และทำการเทน้ำเมือกปลาลงบนผิวทางดังกล่าวเป็นระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นจึงทำการทดสอบหาค่าความเสียดทานของผิวทางที่ระยะเวลาต่างกัน โดยขั้นตอนการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การเตรียมตัวอย่างผิวทางและการทดสอบผิวทางในห้องปฏิบัติการ

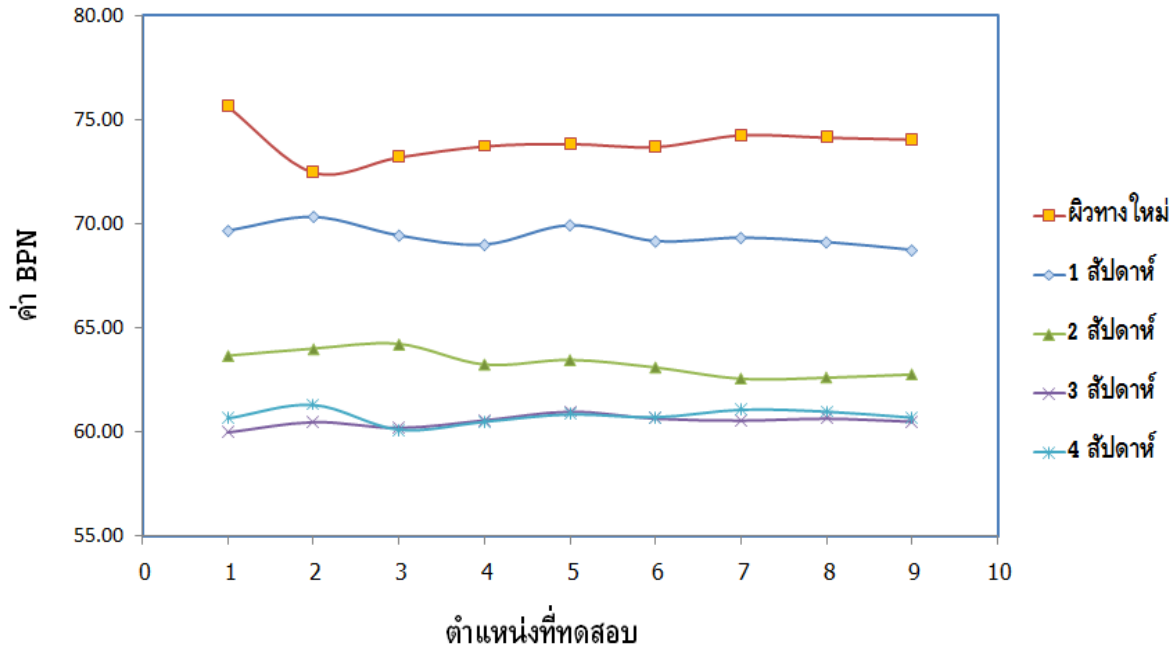
คณะผู้วิจัยได้ทำการผลิตตัวอย่างจำลองของผิวทาง ขนาด 1.5 x 1.5 เมตร โดยวัสดุผสมที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเป็นวัสดุผสมที่ได้รับการออกแบบเช่นเดียวกับวัสดุผสมของผิวทางจริงที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับการก่อสร้างผิวทางในประเทศไทย จากนั้นคณะผู้วิจัยใช้เครื่องมือวัดค่าความเสียดทาน British Pendulum Tester ในการทดสอบหาค่าความเสียดทานของผิวทางที่ก่อสร้างใหม่ และพบว่าค่าความเสียดทานที่ทดสอบได้นั้น มีค่า BPN สูงถึง 78.3 ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก ผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าผิวทางที่ก่อสร้างใหม่โดยทั่วไป จะมีค่าความเสียดทานอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับความปลอดภัยของผิวทาง

จากนั้นทางคณะผู้วิจัยได้เทน้ำเมือกปลาที่มีความเข้มข้นสูงลงบนแผ่นผิวทางจำลอง เป็นเวลาต่อเนื่องติดต่อกันทุกวัน ทั้งหมดในระยะเวลา 1 เดือน เพื่อจำลองสภาพผิวทางจริงบนถนนพระราม 2 ในบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลา จากนั้นจึงทำการทดสอบหาค่าความเสียดทานในขั้นตอนการทำงานต่อไป น้ำเมือกปลาที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น คือน้ำเมือกปลาที่ได้จากตลาดรับส่งอาหารทะเลซึ่งมีสภาพใกล้เคียงกับน้ำเมือกปลาที่รั่วไหลลงสู่ถนนพระราม 2 **รูปที่ 11** แสดงแผ่นจำลองผิวทางที่เตรียมในห้องปฏิบัติการและการทดลองเทน้ำเมือกปลาเพื่อจำลองสภาพผิวทางบนถนนพระราม 2

รูปที่ 11 แผ่นจำลองผิวทางที่เตรียมในห้องปฏิบัติการเพื่อทำการจำลองสภาพผิวทาง ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลา

5.2 ผลการทดสอบหาค่าความเสียดทานในห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 12 แสดงผลการทดสอบหาค่าความเสียดทานของผิวทางจำลองภายหลังได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลาเป็นระยะเวลานาน 1 เดือน ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อผิวทางได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลาเป็นระยะเวลาอย่างต่อเนื่อง ความเสียดทานก็มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องและมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน โดยความเสียดทานมีค่าลดลงจากค่า BPN = 75 จนเหลือ ค่า BPN = 60 ในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งผลการทดลองนี้สามารถยืนยันผลกระทบของน้ำเมือกปลาต่อการลดลงของค่าความเสียดทานได้โดยตรง



รูปที่ 12 ผลทดสอบหาค่าความเสียดทานของผิวทางจำลองที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลา

ในขั้นตอนต่อไป คณะผู้วิจัยได้ทดลองทำความสะอาดผิวทางด้วยวิธีต่างๆ กัน เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทำความสะอาดผิวทางที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลา โดยได้ทำการทดลองทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่

1. การล้างน้ำและกวาดด้วยไม้กวาด ซึ่งถูกระบุว่าเป็นวิธีที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับการทำความสะอาดผิวทางบนถนนพระราม 2 โดยแขวงการทางสมุทรสาคร
2. การล้างน้ำและขัดด้วยแปรงทำความสะอาด
3. การราดผิวทางด้วยน้ำยาหมักจุลินทรีย์ (น้ำยา EM) ในช่วงพลบค่ำ จากนั้นทิ้งไว้ข้ามคืน เพื่อให้จุลินทรีย์ทำงานในการย่อยสลายไขมันจากน้ำเมือกปลาในเวลากลางคืน
4. การราดผิวทางด้วยน้ำยาหมักจุลินทรีย์ (น้ำ EM) แล้วขัดด้วยแปรงทำความสะอาด

รูปที่ 13-15 แสดงให้เห็นถึงกระบวนการทำความสะอาดผิวทางด้วยวิธีการต่างๆ

รูปที่ 13 การล้างน้ำและกวาดด้วยไม้กวาด

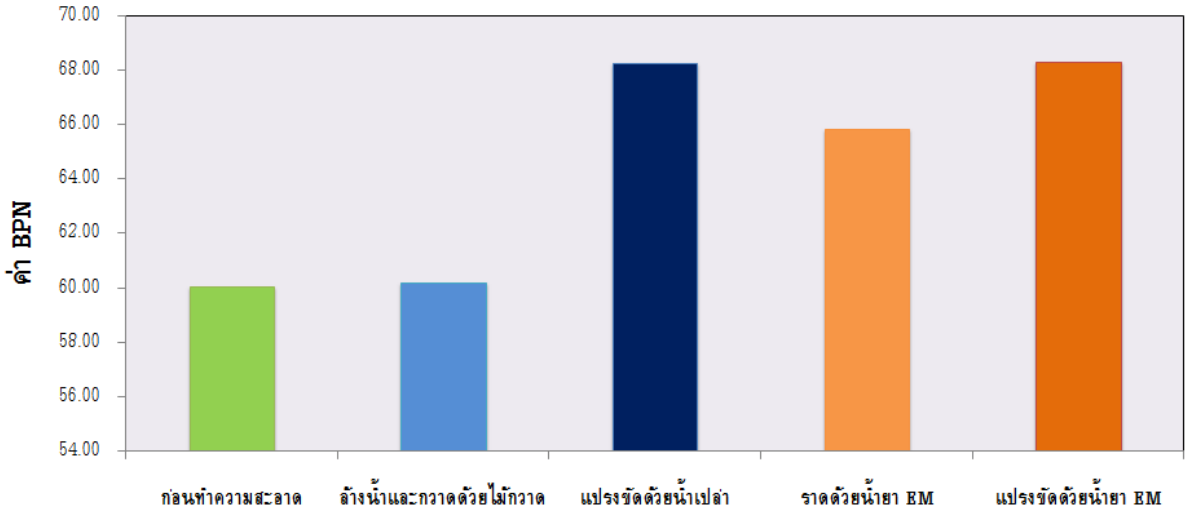
รูปที่ 14 การล้างน้ำและขัดด้วยแปรง

รูปที่ 15 การราดผิวทางด้วยน้ำยาหมักจุลินทรีย์แล้วขัดด้วยแปรงทำความสะอาด

หลังจากนั้นในแต่ละตำแหน่งที่ทำความสะอาดผิวทางด้วยวิธีการต่างๆ คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาค่าความเสียดทานของผิวทางภายหลังจากการทำความสะอาดแล้ว ดังแสดงใน **รูปที่** 16

รูปที่ 16 การทดสอบหาค่าความเสียดทานหลังจากการทำความสะอาดผิวทาง

ผลการทดสอบหาค่าความเสียดทานหลังจากการทำความสะอาดได้แสดงดัง **รูปที่** 17



รูปที่ 17 ผลการทดสอบหาค่าความเสียดทานหลังการทำความสะอาดผิวทาง

จาก **รูปที่** 17 ค่าความเสียดทานของผิวทางในขณะที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลามาเป็นระยะเวลานาน 1 เดือน มีค่าเท่ากับ 60 เมื่อมีการทำความสะอาดด้วยวิธีที่แขวงการทางสมุทรสาครดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน คือการล้างน้ำแล้วกวาดด้วยไม้กวาด พบว่าค่าความเสียดทานไม่ได้มีค่าสูงขึ้นแต่อย่างใด แต่ยังคงมีค่าความเสียดทานเท่าเดิมที่ 60 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวิธีทำความสะอาดนี้ไม่สามารถปรับปรุงค่าความเสียดทานของผิวทางที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลาให้ดีขึ้นได้ หรืออีกนัยหนึ่งคือ การ

ล้างน้ำแล้วกวาดด้วยไม้กวาด ไม่สามารถทำความสะอาดหรือขจัดน้ำเมือกปลาออกจากผิวทางได้ แต่เมื่อใช้แปรงขัดทำความสะอาด แม้ว่าจะขัดด้วยน้ำเปล่า ก็สามารถปรับปรุงค่าความเสียดทานให้สูงขึ้นได้ถึง 68 อย่างไรก็ตาม การขัดผิวทางต้องใช้ความพยายามเป็นอย่างมากในการทำความสะอาดผิวถนนตลอดทั้งสายทาง ทั้งในด้านแรงงานคนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขัดทำความสะอาด ซึ่งในปัจจุบัน ยังไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ขัดทำความสะอาดผิวทางอย่างง่าย ถูกนำมาใช้ในประเทศไทย ดังนั้นในอนาคตอันใกล้อาจต้องพิจารณาให้มีการนำมาใช้ซึ่งเครื่องมือในการขัดทำความสะอาดผิวทางซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายแล้วในต่างประเทศ เช่น เครื่องทำความสะอาดผิวทางแบบใช้น้ำล้างและดูดสิ่งสกปรกขึ้นมาทันที (power-washing unit) ดังแสดงใน**รูปที่** 18 ซึ่งเป็นรถเคลื่อนที่ที่มีเครื่องมือที่ใช้แรงดันน้ำฉีดบนผิวทางเพื่อทำความสะอาดคราบต่างๆ ที่เกาะบนผิวถนนรวมถึงวัสดุอุดตันผิวทาง จากนั้นใช้แปรงขนาดใหญ่ทำความสะอาดแล้วดูดสิ่งสกปรกเก็บเข้าไว้ภายในเครื่อง วิธีนี้ได้ถูกพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพทั้งการทำความสะอาดสิ่งอุดตันประเภทวัสดุอินทรีย์และวัสดุที่เป็นทราย นอกจากนี้ยังมีความสะดวกรวดเร็วในการทำความสะอาดเนื่องจากมีลักษณะเป็นรถเคลื่อนที่ที่สามารถวิ่งบนผิวทางและปะปนกับจราจรทั่วไป โดยไม่ต้องปิดถนนเมื่อต้องการทำความสะอาดผิวทาง

รูปที่ 18 เครื่องทำความสะอาดผิวทางที่ใช้อยู่ในต่างประเทศ

วิธีการทำความสะอาดอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการทำความสะอาดผิวทางจากคราบน้ำเมือกปลาได้และนำมาทดลองใช้ในการศึกษานี้คือ การรราดผิวทางด้วยน้ำยาหมักจุลินทรีย์ หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าน้ำยา EM โดยทำการราดน้ำยาในช่วงเวลาพลบค่ำ จากนั้นทิ้งไว้ข้ามคืน ค่าความเสียดทานที่ทดสอบได้หลังจากราดน้ำยาและทิ้งไว้ข้ามคืนมีค่าสูงขึ้นที่ 65 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงค่าความเสียดทานที่ดีขึ้นหรือวิธีการดังกล่าวสามารถทำความสะอาดผิวทางจากคราบน้ำเมือกปลาได้ แต่เมื่อขัดด้วยแปรงทำความสะอาดหลังจากการใช้น้ำยาหมักจุลินทรีย์ ค่าความเสียดทานที่ทดสอบได้ก็ยิ่งมีค่าสูงขึ้นไปอีก คือมีค่าอยู่ที่

68 ดังนั้นจากวิธีการทำความสะอาดทั้งหมดที่ได้ทำการทดลอง พบว่าการใช้แปรงขัดทำความสะอาดเป็นวิธีที่สามารถทำความสะอาดคราบน้ำเมือกปลาและปรับปรุงค่าความเสียดทานได้ดีที่สุด

ถึงแม้ว่าวิธีการขัดทำความสะอาดจะใช้แรงงานและค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงกว่าวิธีอื่นๆ แต่ก็เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำได้จริงในการทำความสะอาดผิวทางของถนนตลอดทั้งสายทาง การใช้น้ำยาจุลินทรีย์ราดลงบนผิวถนนและทิ้งไว้ข้ามคืนนั้น สามารถทำได้โดยง่ายเช่นเดียวกัน แต่การราดน้ำยาดังกล่าว ควรมีข้อพึงระวังโดยเฉพาะอย่างยิ่งภายหลังจากการราดน้ำยาใหม่ๆ น้ำยาจุลินทรีย์อาจผสมรวมกับคราบน้ำเมือกปลาและทำให้เกิดสภาพที่ลื่นมากขึ้นกว่าเดิมได้ ดังนั้นการศึกษาเรื่องการใช้น้ำยาจุลินทรีย์ในการทำความสะอาดคราบน้ำเมือกปลาออกจากผิวทาง เพื่อปรับปรุงค่าความเสียดทานให้ดีขึ้นนั้นควรที่จะต้องมีการศึกษาในระยะต่อไป เพื่อหาผลกระทบของน้ำยาจุลินทรีย์ต่อค่าความเสียดทานในเบื้องต้น รวมถึงวิธีการราดน้ำยาจุลินทรีย์ลงบนผิวทางเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดน้ำเมือกปลาให้ได้มากที่สุด ส่วนวิธีการทำความสะอาดน้ำเมือกปลาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือการล้างน้ำแล้วกวาดด้วยไม้กวาด ได้แสดงให้เห็นผลชัดเจนแล้วว่าไม่สามารถทำความสะอาดคราบน้ำเมือกปลาออกจากผิวทางได้ โดยสังเกตได้จากค่าความเสียดทานที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าความเสียดทานของผิวทางบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเมือกปลา

6. การสำรวจความรุนแรงของปัญหาน้ำเมือกปลารั่วไหลลงบนผิวถนนพระราม 2

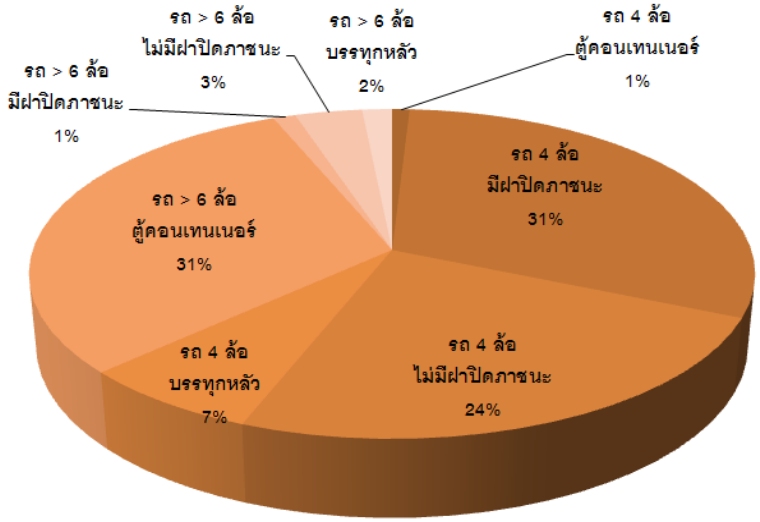
คณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจปัญหาน้ำเมือกปลารั่วไหลลงบนผิวถนนพระราม 2 โดยเฉพาะบริเวณด้านหน้าตลาดทะเลไทย ซึ่งเป็นที่ตั้งของแพขายสัตว์น้ำหลักๆ หลายแห่งในจังหวัดสมุทรสาคร ในช่วงเช้ามืดของทุกๆ วันเริ่มตั้งแต่เวลา 3.00 น. จนถึงประมาณ 8.00 น. จะมีรถบรรทุกอาหารทะเลเดินทางออกจากตลาดทะเลไทยเป็นจำนวนมาก ซึ่งรถบรรทุกเหล่านี้มีเส้นทางสายหลักในการเดินทางเพื่อมุ่งเข้าสู่บริเวณที่ตั้งของห้องเย็นหลายแห่งในจังหวัดสมุทรสาคร โดยรถบรรทุกที่ใช้มีลักษณะแตกต่างกันมากมายหลายประเภทดัง **รูปที่** 19 และ 20 เช่น รถบรรทุก 4 ล้อ หรือ 6 ล้อ มีลักษณะเป็นตู้คอนเทนเนอร์เก็บความเย็น หรืออาจเป็นรถบรรทุกที่มีลักษณะเปิด คือภาชนะที่ใส่อาจมีฝาปิดมิดชิด ไม่มีฝาปิด เป็นตะกร้าหรือหลังบรรทุกอาหารทะเลโดยตรง ไม่มีการปิดภาชนะให้มิดชิดแต่อย่างใด

รูปที่ 19 รถบรรทุก 4 ล้อ ไม่มีฝาปิดภาชนะ (ซ้าย-บน) รถบรรทุก 4 ล้อ มีฝาปิดภาชนะ (ขวา-บน) รถบรรทุก 4 ล้อ บรรทุกหลัว (ซ้าย-ขวา ล่าง)

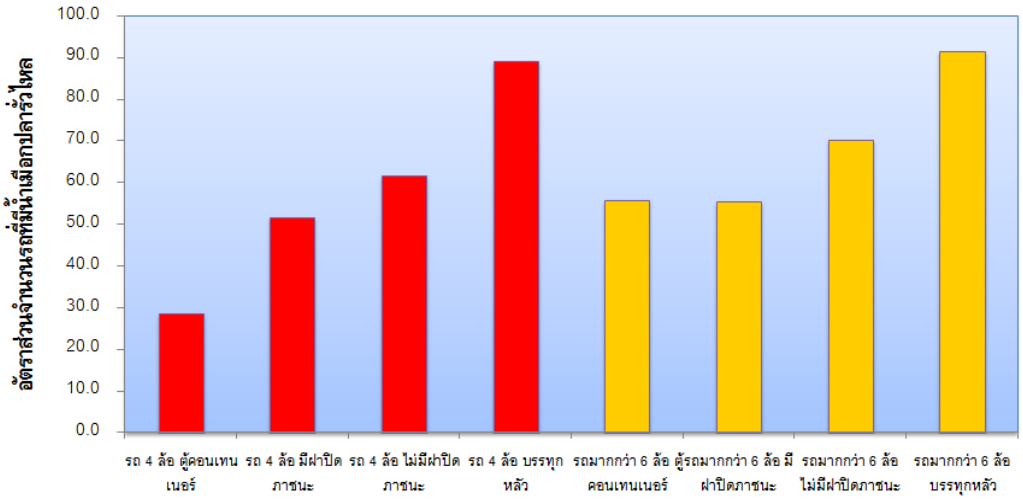
รูปที่ 20 รถบรรทุก 6 ล้อ ไม่มีฝาปิดภาชนะ (ซ้าย-บน) รถบรรทุก 6 ล้อ มีฝาปิดภาชนะ (ขวา-บน) รถบรรทุก 6 ล้อ บรรทุกหลัว (ซ้าย-ล่าง) รถบรรทุก 6 ล้อ ตู้คอนเทนเนอร์ (ขวา-ล่าง)

เมื่อคณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจรถบรรทุกที่เดินทางออกจากตลาดทะเลไทย ทั้งหมด 784 คัน พบว่าสัดส่วนจำนวนรถบรรทุกประเภทต่างๆ สามารถจำแนกให้เห็นดัง**รูปที่** 21 ซึ่งจะเห็นได้จากสัดส่วนประเภทรถต่างๆ ว่า ประเภทรถที่เดินทางออกจากตลาดทะเลไทยเป็นส่วนใหญ่ คือ รถบรรทุก 6 ล้อ ตู้คอนเทนเนอร์ และรถบรรทุก 4 ล้อ มีฝาปิดภาชนะ ซึ่งมีสัดส่วนทั้งหมด 31% เป็นจำนวนที่เท่ากัน รองลงมาได้แก่ รถบรรทุก 4 ล้อ ไม่มีฝาปิดภาชนะ ซึ่งมีสัดส่วน 24% และ รถบรรทุก 4 ล้อ บรรทุกหลัว มีสัดส่วน 7%

จากสัดส่วนจำนวนรถบรรทุกประเภทต่างๆ ที่เดินทางออกมาจากตลาดทะเลไทยทั้งหมด 784 คันดังกล่าว จำนวนรถประเภทต่างๆ ที่มีการรั่วไหลของน้ำเมือกปลาได้ถูกสำรวจด้วยวิธีการสังเกตจากกล้องวีดีโอ และพบว่าจำนวนรถบรรทุกที่มีการรั่วไหลของน้ำเมือกปลามีจำนวนเฉลี่ยประมาณ 60% หรือ รถบรรทุกอาหารทะเลที่เดินทางออกมาจากตลาดทะเลไทยทุกๆ 10 คัน จะมีน้ำรั่วไหล 6 คัน **รูปที่** 22 แสดงอัตราส่วนจำนวนรถแต่ละประเภทที่มีน้ำเมือกปลารั่วไหล จะเห็นว่าประเภทรถบรรทุกที่มีการรั่วไหลของน้ำเมือกปลามากที่สุด คือ รถบรรทุก 4 ล้อ บรรทุกหลัว และ รถบรรทุก 6 ล้อ บรรทุกหลัว ซึ่งรถบรรทุกทั้งสองประเภทมีอัตราส่วนจำนวนรถที่มีน้ำเมือกปลารั่วไหล 90% รองลงมาได้แก่ รถบรรทุก 6 ล้อ ไม่มีฝาปิดภาชนะ ที่มีอัตราส่วนการรั่วไหล 70% และ รถบรรทุก 4 ล้อ ไม่มีฝาปิดภาชนะ ที่มีอัตราส่วนการรั่วไหล 62% ส่วนรถบรรทุก 4 ล้อและ 6 ล้อ ที่มีฝาปิดภาชนะหรือมีลักษณะเป็นตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งไม่น่าจะมีการรั่วไหลของน้ำเมือกปลาเนื่องจากมีการปิดกั้นภาชนะเก็บอาหารทะเลอย่างมิดชิด แต่จากผลการสำรวจกลับพบว่ารถทั้งสองประเภทมีอัตราส่วนการรั่วไหลถึง 55% หรือรถทั้งสองประเภทนี้เมื่อเดินทางออกจากตลาดทะเลไทยจะมีน้ำรั่วไหลเป็นจำนวนครึ่งหนึ่ง



รูปที่ 21 สัดส่วนรถบรรทุกประเภทต่างๆ ที่เดินทางออกจากตลาดทะเลไทย



รูปที่ 22 อัตราส่วนจำนวนรถแต่ละประเภทที่มีน้ำเมือกปลารั่วไหล

เนื่องจากรถบรรทุก 6 ล้อ ตู้คอนเทนเนอร์เป็นประเภทรถบรรทุกที่มีการใช้งานมากที่สุดในการขนส่งอาหารทะเล พร้อมทั้งมีน้ำเมือกปลารั่วไหล และรถบรรทุก 4 ล้อที่ไม่มีฝาปิดภาชนะหรือบรรทุกหลัวเป็นรถประเภทที่มีอัตราการรั่วไหลของน้ำเมือกปลามากที่สุด ดังนั้นรถทั้งสองประเภทนี้จึงเป็นปัญหาหลักของการรั่วไหลของน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวถนน ซึ่งสามารถอธิบายในรายละเอียดได้ดังนี้

6.1 ปัญหารถบรรทุก 6 ล้อ ตู้คอนเทนเนอร์ที่มีน้ำปลารั่วไหล

สำหรับรถบรรทุก 6 ล้อ ที่มีลักษณะเป็นตู้คอนเทนเนอร์ เป็นประเภทรถที่พบว่าเดินทางออกมาจากตลาดทะเลไทยมากที่สุด โดยส่วนใหญ่แล้ว รถบรรทุกประเภทนี้จะมีการติดตั้งท่อต่อจากตู้คอนเทนเนอร์และมีวาวล์ควบคุมการปิดเปิด เพื่อควบคุมน้ำเมือกปลาที่อยู่ภายในตู้คอนเทนเนอร์ไม่ให้ไหลลงสู่ผิวถนนระหว่างการเดินทาง และวาวล์ปิดเปิดสามารถควบคุมให้มีการปล่อยน้ำเมือกปลาในที่เฉพาะที่ไม่ใช่บนผิวทางได้ (ดัง **รูปที่** 23) ถึงกระนั้นก็ตาม ยังคงสังเกตเห็นได้ว่ารถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์มีอัตราการรั่วไหลถึง 55% ซึ่งมีสาเหตุมาจากรถบรรทุกส่วนใหญ่มีการเปิดวาวล์ทิ้งไว้ขณะเดินทาง และปล่อยให้มีน้ำปลารั่วไหลอยู่ (**รูปที่** 24) รถบรรทุกประเภทตู้คอนเทนเนอร์นี้มักเป็นรถบรรทุกของผู้ประกอบการรายใหญ่ หรือเป็นรถบรรทุกของบริษัทที่รับส่งสินค้าทะเลจากตลาดทะเลไทยไปยังโรงงานต่างๆ รถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ที่มีการติดตั้งท่อและวาวล์เพื่อควบคุมการรั่วไหล จัดได้ว่าเป็นรถบรรทุกที่มีมาตรการในการควบคุมการรั่วไหลของน้ำเมือกปลาได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามผู้ประกอบการควรเข้มงวดกับพนักงานขับรถที่ควรให้ความใส่ใจในการปิดวาวล์ทุกครั้งในขณะที่รถบรรทุกเดินทางเพื่อป้องกันไม่ให้มีการรั่วไหลของน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวถนน ส่วนในกรณีของรถบรรทุกประเภทเดียวกันที่ไม่มีการติดตั้งท่อและวาล์วควบคุม ทางกรมขนส่งทางบกควรมีมาตรการในการตรวจสอบ และกำหนดบทลงโทษกับผู้ประกอบการที่ไม่ดำเนินการตามมาตรการดังกล่าว

รูปที่ 23 การติดตั้งท่อและวาวล์ควบคุมการปิดเปิด

รูปที่ 24 การติดตั้งท่อและวาวล์ควบคุมการปิดเปิดแต่ยังมีการปล่อยน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวถนน

6.2 ปัญหารถบรรทุก 4 ล้อ ที่ไม่มีฝาปิดภาชนะ และรถบรรทุก 4 ล้อ บรรทุกหลัว

รถบรรทุก 4 ล้อที่ไม่มีฝาปิดภาชนะหรือเป็นแบบประเภทบรรทุกหลัว เป็นรถบรรทุกประเภทที่ถูกใช้งานในการขนส่งอาหารทะเลเป็นจำนวนมากรองลงมาจากรถบรรทุก 6 ล้อ ตู้คอนเทนเนอร์ และยิ่งไปกว่านั้นอัตราการรั่วไหลของรถบรรทุกเหล่านี้ยังมีอัตราที่ค่อนข้างสูงมากอีกด้วย เช่น รถบรรทุก 4 ล้อที่ไม่มีฝาปิดภาชนะมีอัตราการรั่วไหลสูงถึง 60% และ รถบรรทุก 4 ล้อบรรทุกหลัวมีอัตราการรั่วไหลสูงถึง 90% สำหรับรถบรรทุกทั้งสองประเภทนี้จะสามารถควบคุมการรั่วไหลได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากภาชนะที่บรรทุกอาหารทะเลมีลักษณะเปิด น้ำเมือกปลาสามารถไหลลงสู่กระบะท้ายและรั่วไหลลงสู่ผิวถนนได้โดยตรง ซึ่งน้ำเมือกปลาที่รั่วไหลจากรถบรรทุกประเภทนี้จะมีปริมาณมาก ปัญหาอีกประการหนึ่งของการควบคุมการรั่วไหลของรถบรรทุก 4 ล้อ คือ ผู้ประกอบการที่ใช้รถประเภทนี้มักเป็นผู้ประกอบการรายย่อยซึ่งมีเป็นจำนวนมาก ทำให้การประสานงานและขอความร่วมมือกับผู้ประกอบการทุกรายนั้นทำได้ไม่ง่ายนัก

6.3 การใช้มาตรการบังคับใช้กฎหมายสำหรับรถบรรทุกที่ปล่อยน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวถนน

ในปัจจุบันได้มีมาตรการการป้องกันไม่ให้มีน้ำรั่วไหลจากยานพาหนะลงบนผิวถนน โดยผู้ว่าราชการจังหวัดสมุทรสาครได้มีการประกาศบังคับใช้มาตรการดังกล่าว ตั้งแต่วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2551 ประกาศฉบับนี้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 21 เมษายน พ.ศ. 2551 เป็นต้นไป โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจและผู้ตรวจการขนส่งได้กวดขันและจับกุมผู้ขับขี่รถที่ปล่อยให้น้ำรั่วไหลจากรถลงพื้นถนนอย่างเข้มงวด มีการปรับขั้นต่ำไม่น้อยกว่า 500 บาท สำหรับผู้ที่ฝ่าฝืน รายละเอียดในประกาศบังคับใช้มาตรการป้องกันน้ำรั่วไหล มีดังนี้

1. ผู้ใช้รถทำการขนส่งโดยเฉพาะรถบรรทุกสัตว์น้ำ จะต้องจัดทำสิ่งป้องกันไม่ให้น้ำรั่วไหลจากการบรรทุกลงบนพื้นถนน เช่น ใช้ผ้าใบปูพื้นรถเพื่อรองรับน้ำที่ไหลจากตะกร้าบรรจุสัตว์น้ำ หรือเปลี่ยนจากใช้หลัวหรือตะกร้าโปร่งในการบรรจุสัตว์น้ำมาเป็นใช้กระบะสี่เหลี่ยมทึบแทน หรือดัดแปลงส่วนท้ายกระบะบรรทุกโดยใช้ซีลยางกันน้ำรั่วไหลจากท้ายกระบะ และรถตู้บรรทุกสัตว์น้ำที่มีน้ำไหลออกมาได้ ต้องติดตั้งถังเก็บน้ำรองรับด้วย ส่วนรถที่มีการติดตั้งถังเก็บน้ำแล้วจะต้องปิดวาวล์ไม่ให้น้ำรั่วไหลตลอดเวลาที่ทำการขนส่ง

2. ผู้ขับขี่ซึ่งขับรถบรรทุกคน สัตว์ หรือสิ่งของ ที่ไม่จัดให้มีสิ่งป้องกันคน สัตว์ หรือสิ่งของที่บรรทุก ทำให้ตกหล่น รั่วไหล ส่งกลิ่น ส่องแสงสะท้อน หรือปลิวไปจากรถ อันอาจก่อเหตุเดือดร้อนรำคาญทำให้ทางสกปรกเปรอะเปื้อน ทำให้เสื่อมเสียสุขภาพอนามัยแก่ประชาชนหรือก่อให้เกิดอันตรายแก่บุคคลหรือทรัพย์สิน มีความผิดตามพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 มาตรา 20 ต้องระวางโทษปรับไม่เกิน 500 บาท และมีความผิดตามพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 มาตรา 111 ต้องระวางโทษปรับไม่เกิน 5,000 บาท

โครงการนี้ได้สังเกตการณ์การบังคับใช้มาตรการป้องกันไม่ให้มีน้ำรั่วไหลจากยานพาหนะลงบนผิวถนน ที่ประกาศโดยทางจังหวัด และพบว่าเจ้าหน้าที่ตำรวจและผู้ตรวจการขนส่งได้กวดขันและจับกุมผู้ขับขี่รถที่ปล่อยให้น้ำรั่วไหลจากรถลงพื้นถนนอย่างเข้มงวด โดยมีการตั้งด่านตรวจจับที่บริเวณหน้าทางออกตลาดทะเลไทย อย่างน้อยอาทิตย์ละ 1 ครั้ง วันละ 2-3 ชม.ในแต่ละครั้ง มีการตั้งด่านตั้งแต่ประมาณ 5.00-7.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่รถบรรทุกอาหารทะเลต้องเดินทางออกมาจากตลาดทะเลไทยอยู่เป็นประจำ ทางเจ้าหน้าที่มีการใช้วิธีการตั้งด่านตรวจจับแบบสุ่มวันในแต่ละอาทิตย์ **รูปที่** 25 แสดงการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจและผู้ตรวจการขนส่ง ขณะตรวจจับผู้ขับขี่ที่ฝ่าฝืนมาตรการป้องกันไม่ให้มีน้ำรั่วไหล

รูปที่ 25 การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจและผู้ตรวจการขนส่ง ขณะตรวจจับผู้ขับขี่ที่ฝ่าฝืนมาตรการป้องกันไม่ให้มีน้ำรั่วไหล

ถึงแม้ว่าจะมีการบังคับใช้มาตรการป้องกันไม่ให้มีน้ำรั่วไหลของน้ำเมือกปลาจากรถลงสู่ผิวถนนอย่างเข้มงวด ปัญหาน้ำรั่วไหลก็ยังคงเห็นได้อยู่บ่อยครั้งในช่วงเวลาที่ไม่มีการตั้งด่านตรวจจับ หรือแม้แต่ในขณะที่มีการตั้งด่านตรวจจับ กลับพบว่าปริมาณรถที่มีน้ำรั่วไหลและถูกจับกุมนั้นมีไม่มากนัก ดังแสดงให้เห็นใน**รูปที่** 26 ซึ่งเป็นตารางการตั้งด่านจับกุมของเจ้าหน้าที่ตำรวจและผู้ตรวจการขนส่ง จากตารางดังกล่าว ในระยะเวลาภายใน 7 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 จะเห็นว่ามีจำนวนรถบรรทุกที่ถูกจับกุมเนื่องจากฝ่าฝืนให้มีการปล่อยน้ำเมือกปลาให้รั่วไหลลงสู่ผิวถนนเพียง 25

คันเท่านั้น ทั้งๆ ที่ในความเป็นจริงแล้ว ปริมาณรถที่มีการรั่วไหลของน้ำเมือกปลามีมากถึง 50% โดยจากการสังเกตและสอบถามผู้ขับขี่และคนในบริเวณพื้นที่ จึงได้ข้อมูลถึงการหลีกเลี่ยงการจับกุมของผู้ขับขี่รถบรรทุกอาหารทะเล กล่าวคือเมื่อผู้ขับขี่รถบรรทุกได้รับแจ้งว่ามีการตั้งด่านจับกุมของเจ้าหน้าที่บริเวณทางออกหน้าตลาดทะเลไทย รถบรรทุกส่วนใหญ่จะจอดรอเวลาอยู่ภายในบริเวณตลาด เมื่อการตั้งด่านสิ้นสุดลงในช่วงสาย รถบรรทุกทั้งหลายจึงทยอยเดินทางออกมา หรือรถบรรทุกบางคันก็เดินทางออกมาในระหว่างที่มีการตั้งด่าน แต่พยายามขับหลบหนีการจับกุมของเจ้าหน้าที่ด้วยวิธีการแซงเข้าสู่ถนนสายหลัก

รูปที่ 26 จำนวนรถบรรทุกที่ถูกจับกุมในข้อหาปล่อยให้มีน้ำเมือกปลารั่วไหล

6.4 การประชุมในระดับจังหวัดเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาผลกระทบจากน้ำเมือกปลาที่มีต่อค่าความเสียดทานบนถนนพระราม 2

คณะผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยของโครงการในที่ประชุมระดับจังหวัดสมุทรสาครในวันที่ 5 กรกฎาคม 2553 เวลา 10.00 – 12.00 น. ณ ห้องประชุม 201 ศาลากลางจังหวัดสมุทรสาคร โดยมีนายสุริยะ ประสาทบัณฑิตย์ รองผู้ว่าราชการจังหวัดสมุทรสาคร เป็นประธานในที่ประชุม (**รูปที่** 27-29) วัตถุประสงค์ของการประชุมเพื่อที่จะนำเสนอผลการวิจัยของโครงการ ที่ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน (ศวปถ.) มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ

(สสส.) ให้ดำเนินการศึกษาวิจัย โครงการศึกษาค่าความเสียดทานของผิวทางที่มีผลต่อความปลอดภัยทางถนน กรณีศึกษา: ผลกระทบของน้ำเมือกปลาบนถนนพระราม 2 จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งคณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางถนนได้รับทราบถึงรายละเอียดของโครงการจากการประชุมศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนนจังหวัดสมุทรสาคร ตั้งแต่ต้นปี 2553 ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ

หลังจากการนำเสนอผลการวิจัย คณะผู้วิจัยได้ขอข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากที่ประชุมสำหรับมาตรการการแก้ไขปัญหาดังกล่าวในระดับจังหวัด ซึ่งสามารถสรุปโดยย่อได้ดังนี้

1. แขวงการทางจังหวัดสมุทรสาครเสนอให้คณะผู้วิจัยทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาค่าความเสียดทานของผิวทางใหม่ในช่องทางสายหลักของถนนพระราม 2 เนื่องจากได้มีความพยายามในการแก้ไขปัญหาสภาพผิวทางที่มีค่าความเสียดทานต่ำ โดยมีการใช้หินแกรนิตในการก่อสร้างผิวทาง ซึ่งเป็นที่เชื่อกันว่า ผิวทางที่ก่อสร้างด้วยหินแกรนิตจะมีค่าความเสียดทานสูงกว่าผิวทางที่ก่อสร้างด้วยหินปูน เนื่องจากมีความทนทานต่อการขัดสีของการจราจรที่ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบของน้ำเมือกปลาที่มีต่อค่าความเสียดทานของผิวทางที่ก่อสร้างด้วยหินแกรนิต ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างจากในกรณีที่มีผลกระทบของน้ำเมือกปลาที่มีต่อค่าความเสียดทานของผิวทางที่ก่อสร้างด้วยหินปูน จากข้อแนะนำดังกล่าว ประธานในที่ประชุมจึงเสนอให้แขวงการทางของบศึกษาต่อจากกรมทางหลวงโดยตรง หรือจากกองทุนเพื่อความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน (กปถ.) กรมการขนส่งทางบก โดยให้ขอมติจากคณะอนุกรรมการระดับจังหวัดสมุทรสาคร เนื่องจากงบประมาณที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนไม่มากนัก
2. ผู้ประกอบการห้องเย็น ซึ่งเป็นตัวแทนจากภาคธุรกิจ และเป็นสมาชิกในคณะกรรมการบริหารตลาดทะเลไทย เสนอให้ผู้ประกอบการอื่นๆ ต้องมีส่วนรับผิดชอบในการแก้ไขสภาพรถบรรทุกของบริษัท เช่น การติดแถบไลน์เนอร์ เพื่อป้องกันน้ำรั่วไหลลงพื้นถนน การจัดพื้นที่ภายในบริเวณตลาดเพื่อให้มีการระบายน้ำออกจากรถบรรทุกก่อนที่จะออกเดินทาง นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะสู่หน่วยงานภาครัฐ เช่น การล้างพื้นถนนทุกสัปดาห์ การใช้มาตรการบังคับใช้กฎหมายที่เข้มงวดมากขึ้น และควรจัดประชุมผู้ประกอบการในจังหวัดให้รับทราบปัญหาและร่วมกันแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
3. เนื่องจากคนขับรถบรรทุกจะรับรู้เวลา และสถานที่ในการตั้งด่าน จึงควรตั้งด่านด้วยวิธีแบบสุ่มและขยายเวลาในการตั้งด่านให้นานขึ้น เพื่อป้องกันปัญหาการหลบเลี่ยง โดยจุดที่ควรตั้งด่านได้แก่ หน้าตลาดทะเลไทย หน้าวันเจษฯ หลังวัดป้อมฯ และหลังตลาดในเมือง อย่างไรก็ตาม การตั้งด่านของเจ้าหน้าที่ จำเป็นต้องหางบประมาณมาสนับสนุนเพิ่มเติม และกลวิธีในการสื่อสารกับผู้กระทำผิดควรแสดงท่าทีเป็นมิตรและแสดงให้เห็นว่าการปฏิบัติหน้าที่เป็นไปโดยความรับผิดชอบต่อสังคมและห่วงใยประชาชน

4. ประธานในที่ประชุมแจ้งให้ทราบว่า ขณะนี้ จังหวัดสมุทรสาครในฐานะผู้ส่งออกกุ้งรายใหญ่ที่สุดของทุกประเทศที่ส่งออกกุ้งไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา อยู่ระหว่างเตรียมความพร้อมเพื่อรับการตรวจสอบจากกรมแรงงาน กระทรวงทรัพยากรและความมั่นคงของมนุษย์ จากประเทศสหรัฐอเมริกา ที่จะเข้ามาตรวจสอบเกี่ยวกับการใช้แรงงานผู้ที่มีอายุต่ำกว่ากำหนด ความสะอาดและความปลอดภัย จึงถือเป็นโอกาสที่ดีในการนำเสนอผลการวิจัยที่ได้เข้าสู่ที่ประชุม เพื่อเสนอให้ผู้ว่าราชการจังหวัด เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานราชการ และผู้ประกอบการอื่นๆ ได้ทราบและให้ความตระหนักในเรื่องความปลอดภัยดังกล่าว ซึ่งเกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดเรื่องความปลอดภัยระดับจังหวัดด้วย โดยจะใช้ผลการศึกษาจากโครงการที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของค่าความเสียดทานที่ต่ำมากบนผิวทางถนนพระราม 2 ซึ่งจากการนำเสนอของคณะผู้วิจัย พบว่าค่าความเสียดทานปัจจุบันบนถนนพระราม 2 อยู่ในขั้นวิกฤติ และมีแนวโน้มที่อาจเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุทางถนนได้ง่าย

รูปที่ 27 การประชุมในระดับจังหวัดเพื่อนำเสนอผลการวิจัยของโครงการ

รูปที่ 28 การประชุมในระดับจังหวัดเพื่อนำเสนอผลการวิจัยของโครงการ

รูปที่ 29 การประชุมในระดับจังหวัดเพื่อนำเสนอผลการวิจัยของโครงการ

7. สรุปผลจากศึกษา

จากผลการศึกษาของโครงการ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

1. จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุของกรมทางหลวง พบว่าในจังหวัดสมุทรสาคร จำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิตเนื่องจากอุบัติเหตุอันตรายข้างทางบนถนนพระราม 2 มีจำนวนสูงถึง 20-60% ของอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นทั้งหมดในจังหวัดสมุทรสาคร ในช่วงเวลา 8 ปีที่ผ่านมา
2. จากการทบทวนงานวิจัยจากการศึกษาจากต่างประเทศ พบว่าความเสียดทานของผิวทางเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและลดจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น มีแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสียดทานและโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ คือเมื่อความเสียดทานมีค่าต่ำกว่า 40 โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นมากหลายเท่า ประเทศส่วนใหญ่จึงมีการกำหนดค่ามาตรฐานหรือค่าแนะนำของค่าความเสียดทานที่เหมาะสม ซึ่งมีการแสดงอยู่ในรูปแบบของค่า FN หรือ ค่า SN หรือ ค่า BPN ที่เหมาะสม สำหรับถนนประเภทต่างๆ และถนนที่มีการใช้ความเร็วในระดับต่างกัน ถ้าพิจารณาลักษณะถนนพระราม 2 ซึ่งเป็นถนนสายหลัก มีปริมาณจราจรสูง และรถวิ่งบนถนนด้วยความเร็วสูง จากมาตรฐานในต่างประเทศ ได้กำหนดไว่ว่า ค่าความเสียดทานที่เหมาะสมของถนนพระราม 2 ควรมีค่าที่ 45
3. การทดสอบค่าความเสียดทานในภาคสนาม บนถนนพระราม 2 จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าในสภาพปัจจุบัน ผิวทางของถนนพระราม 2 ในบริเวณที่ได้ผลกระทบจากน้ำเมือกปลามีค่าความเสียดทานที่ประมาณ 35-36 ซึ่งต่ำกว่าค่าความเสียดทานมาตรฐานถึง 20-50% แต่เมื่อทำความสะอาดผิวทางโดยกำจัดคราบน้ำเมือกปลาที่เคลือบสะสมอยู่บนผิวทาง ค่าความเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 1.2 ถึง 1.4 เท่า คือมีค่าที่ 45 แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำสุดของค่าความเสียดทานมาตรฐาน ซึ่งสามารถอธิบายได้จากผลของการขัดสีจราจร เพราะผิวทางถนนพระราม 2 ที่ทำการทดสอบมีอายุการใช้งานนานมาแล้วถึง 1-2 ปี
4. การทดสอบค่าความเสียดทานของแผ่นผิวทางจำลองในห้องปฏิบัติการพบว่า น้ำเมือกปลามีผลทำให้ค่าความเสียดทานลดลงถึง 15-30% และมีแนวโน้มที่ค่าความเสียดทานจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อมีการสะสมของน้ำเมือกปลาบนผิวทางเพิ่มมากขึ้น
5. การทำความสะอาดผิวทางสามารถช่วยกำจัดคราบน้ำเมือกปลาที่สะสมบนผิวทางและเพิ่มค่าความเสียดทานได้ แต่ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการทำความสะอาด เช่น การล้างน้ำแล้วกวาดด้วยไม้กวาด ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ไม่สามารถทำความสะอาดคราบน้ำเมือกปลาออกจากผิวทางได้ โดยสังเกตได้จากค่าความเสียดทานที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง การขัดทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า การราดด้วยน้ำยาจุลินทรีย์ และการขัดด้วยน้ำยาจุลินทรีย์สามารถทำความสะอาดคราบน้ำเมือกปลาได้ ดังที่เห็นได้จากค่าความเสียดทานที่สูงขึ้นถึง 12%

6. จำนวนรถที่มีการรั่วไหลของน้ำเมือกปลา มีจำนวนมากถึง 60% แต่การจับกุมเป็นไปได้ยาก โดยสังเกตได้จากจำนวนรถที่ถูกจับกุมในระยะเวลา 7 เดือนที่ผ่านมา ซึ่งสามารถจับกุมรถบรรทุกที่ฝ่าฝืนโดยมีการปล่อยน้ำเมือกปลาให้รั่วไหลได้เพียง 25 คัน โดยประเภทรถที่มีปัญหาการรั่วไหลของน้ำเมือกปลามากที่สุด คือรถบรรทุก 4 ล้อที่บรรทุกภาชนะที่ไม่มีฝาปิดหรือบรรทุกตะกร้าหรือหลัว และรถบรรทุก 6 ล้อที่มีตู้คอนเทนเนอร์
7. ถึงแม้ว่าจังหวัดสมุทรสาครจะมีการประกาศบังคับใช้มาตรการป้องกันไม่ให้มีน้ำรั่วไหลจากยานพาหนะลงบนผิวถนนอย่างเข้มงวดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 แต่กลับพบว่าปริมาณรถที่มีน้ำรั่วไหลและถูกจับกุมนั้นมีไม่มากนัก และรถบรรทุกโดยทั่วไปก็ยังคงมีการปล่อยน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวถนนอยู่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่ไม่มีการตั้งด่านจับกุม

8. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษา

จากผลการศึกษาที่ได้รับของโครงการ สามารถจัดทำข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาค่าความเสียดทานที่ลดลงของถนนพระราม 2 ซึ่งเป็นผลมาจากการรั่วไหลของน้ำเมือกปลา ได้ดังนี้

8.1 การแก้ไขปัญหาในระยะสั้น

การแก้ไขปัญหาในระยะสั้นจะมุ่งเน้นที่ขั้นตอนการแก้ไขปัญหาเมื่อมีการรั่วไหลของน้ำเมือกปลาลงสู่ผิวทางแล้ว ซึ่งจะสามารถกำจัดน้ำเมือกปลาออกจากผิวทางได้อย่างไรเพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อค่าความเสียดทานได้

ในการแก้ไขปัญหานี้ การทำความสะอาดผิวทางเป็นระยะๆ สามารถช่วยกำจัดคราบน้ำเมือกปลาที่สะสมอยู่บนผิวทางได้ อย่างไรก็ตามวิธีการที่ใช้ในปัจจุบัน คือการล้างด้วยน้ำเปล่าแล้วกวาดด้วยไม้กวาด ไม่สามารถใช้ในการทำความสะอาดคราบน้ำเมือกปลาได้ แต่วิธีที่ได้ผลดีคือการขัดทำความสะอาด หรือการใช้น้ำยาจุลินทรีย์ในการทำความสะอาด

สำหรับการขัดทำความสะอาดผิวทางต้องใช้ความพยายามเป็นอย่างมากในการทำความสะอาดผิวถนนตลอดทั้งสายทาง ทั้งในด้านแรงงานคนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขัดทำความสะอาด ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ขัดทำความสะอาดผิวทางได้โดยง่าย ดังนั้นในอนาคตอันใกล้หน่วยงานที่รับผิดชอบทางด้านถนนอาจพิจารณาให้มีการนำมาใช้ซึ่งเครื่องมือในการขัดทำความสะอาดผิวทางซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายแล้วในต่างประเทศ เช่น เครื่องทำความสะอาดผิวทางแบบใช้น้ำล้าง ขัดทำความสะอาดและดูดสิ่งสกปรกขึ้นมาทันที (power-washing unit) ซึ่งวิธีนี้ได้ถูกพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพทั้งการทำความสะอาดสิ่งอุดตันประเภทวัสดุอินทรีย์และวัสดุที่เป็นทราย นอกจากนี้ยังมีความสะดวกรวดเร็วในการทำความสะอาด เนื่องจากมีลักษณะเป็นรถเคลื่อนที่ที่สามารถวิ่งบนผิวทางและปะปนกับจราจรทั่วไป โดยไม่ต้องปิดถนนเมื่อต้องการทำความสะอาดผิวทาง

ส่วนการใช้น้ำยาจุลินทรีย์ในการทำความสะอาดก็เป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย ราคาถูก สะดวกและรวดเร็ว แต่การราดน้ำยาน้ำยาจุลินทรีย์มีข้อพึงระวังโดยเฉพาะอย่างยิ่งภายหลังจากการราดน้ำยาใหม่ๆ น้ำยาจุลินทรีย์อาจผสมรวมกับคราบน้ำเมือกปลาและทำให้เกิดสภาพที่ลื่นมากขึ้นกว่าเดิมได้ ดังนั้นการศึกษาเรื่องการใช้น้ำยาจุลินทรีย์ในการทำความสะอาดคราบน้ำเมือกปลาออกจากผิวทาง เพื่อปรับปรุงค่าความเสียดทานให้ดีขึ้นนั้นควรที่จะต้องมีการศึกษาในระยะต่อไป เพื่อหาผลกระทบของน้ำยาจุลินทรีย์ต่อค่าความเสียดทานในเบื้องต้น

8.2 การแก้ไขปัญหาในระยะยาว

การแก้ไขปัญหาในระยะยาวจะมุ่งเน้นที่ขั้นตอนการป้องกันปัญหา คือป้องกันไม่ให้น้ำเมือกปลารั่วไหลลงสู่ผิวถนน ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การขอความร่วมมือจากผู้ประกอบการในการป้องกันไม่ให้มีการรั่วไหลของรถบรรทุกของตนเอง และการเข้มงวดในการจับกุมของเจ้าหน้าที่รัฐ

การขอความร่วมมือจากผู้ประกอบการ สามารถทำได้โดยการจัดประชุมระหว่างกลุ่มผู้ประกอบการทั้งรายใหญ่และรายย่อยในจังหวัดให้รับทราบปัญหาและร่วมกันแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยผู้ประกอบการต้องมีส่วนรับผิดชอบในการแก้ไขสภาพรถบรรทุกของบริษัท เช่น การปูแผ่นยางบนท้องกระบะและการติดแถบไลน์เนอร์ในรถกระบะเพื่อป้องกันน้ำรั่วไหลลงพื้นถนน การติดตั้งท่อและวาวล์ควบคุมการปิดเปิดเพื่อป้องกันน้ำรั่วไหลจากตู้คอนเทนเนอร์ การกำชับให้พนักงานขับรถปิดวาวล์ทุกครั้งก่อนออกเดินทาง และการจัดพื้นที่ภายในบริเวณตลาดเพื่อให้มีการระบายน้ำออกจากรถบรรทุกก่อนที่จะออกเดินทาง

การบังคับใช้กฎหมายควรมีการเปลี่ยนรูปแบบในการตั้งด่านในแต่ละครั้งให้นานขึ้น หรือบ่อยครั้งขึ้นต่อสัปดาห์ พร้อมกันนี้การตั้งด่านของเจ้าหน้าที่ จำเป็นที่จะต้องหางบประมาณมาสนับสนุนเพิ่มเติม และกลวิธีในการสื่อสารกับผู้กระทำผิดควรแสดงท่าทีเป็นมิตรและแสดงให้เห็นว่าการปฏิบัติหน้าที่เป็นไปโดยความรับผิดชอบต่อสังคม นอกจากนี้กรมการขนส่งทางบกอาจมีข้อกำหนดพิเศษในการตรวจสภาพรถบรรทุกที่ขนส่งอาหารทะเลโดยเฉพาะ โดยกำหนดให้มีข้อบังคับในการปรับปรุงสภาพรถบรรทุกให้มีความเหมาะสมในการขนส่งอาหารทะเลเพื่อป้องกันไม่ให้มีน้ำรั่วไหลออกมาได้

เอกสารอ้างอิง

1. Goodwin, L.C. *Analysis of Weather-Related Crashes on U.S. Highway,December 2002*. Retrieved March 1, 2008 from http://ops.fhwa.dot.gov./Weather/best_practices/CrashAnaysis2001.pdf, 2005.
2. Noyce, D.A., Bahia, H.U., Yambo, J., Chapman, J., and Bill, A. *Incorporating Road Safety into Pavement Management: Maximizing Surface Friction for Road Safety Improvements*. University of Wisconsin-Madison, Traffic Operations and Safety Laboratory, 2007.
3. DOH. *Traffic Accident on National Highways*. Retrieved April 1, 2007, from http://www.doh.go.th/dohweb/vichakan/vic1.html, 2007.
4. Murad, M.M. Modeling Asphalt Pavement Friction and Wet-Pavement Traffic Accidents for Two-Lane Rural Highways. *International Journal of Pavements*, Vol. 5, No. 1-2-3, 2006, pp. 175-187.
5. Cairney, P. Skid Resistance and Crashes – A Review of the Literature. *Research Report No.311, ARRB Transport Research Ltd*, Vermont South Victoria, Australia, 1997.
6. Henry J.J. Evaluation of Pavement Friction Characteristics: A Synthesis of Highway Practice. NCHRP Synthesis 291. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 2000.
7. Wallman, C.G. and H. Åström. Friction Measurement Methods and the Correlation between Road Friction and Traffic Safety – Literature Review. Project Code 80435, Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden, 2001.
8. WSDOT Pavement Guide. Module 9: Pavement Evaluation. Washington State Department of Transportation. http://training.ce.washington.edu/WSDOT. Accessed November 1, 2004.
9. Sinhal, R. The Implementation of a Skid Policy to Provide the Required Friction Demand on the Main Road Network in the United Kingdom. In International Conference of Surface Friction. CD-ROM. Christchurch, New Zealand, May 2005.
10. Austroads. Guideline for the Maintenance of Road Surface Skid Resistance, Austroads. Australia, 2005.
11. Giles, C.G., B.E. Sabey, and K.H.F. Cardew. Development and Performance of the Portable Skid Resistance Tester. ASTM Special Technical Publication No. 326, pp. 50-74, 1962.

12. McCullough, B.V., and K.D. Hankins. Skid Resistance Guidelines for Surface Improvements on Texas Highways. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 131, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1966.
13. Kummer, H.W., and Meyer, W.E. Tentative Skid-Resistance Requirements for Main Rural Highways. NCHRP Report 37, 1967.
14. Rizenbergs, R.L., Burchett, J.L., Napier, C.T., and Deacon, J.A. Accidents on Rural Interstate and Parkway Roads and Their Relation to Pavement Friction. Transportation Research Record 584, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 22-36, 1976.
15. Craus, J., Livneh, M., and Ishai, I. Effect of Pavement and Shoulder Condition on Highway Accidents. Transportation Research Record 1318, Transportation Research Board, National Research Council, 51-57 Washington, D.C., 1991.
16. Henry, J.J. and Wambold, J.C. Use of Smooth-Treaded Test Tire in Evaluating Skid Resistance. Transportation Research Record 1348, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 35-42, 1992.
17. Test and Evaluation Project No. 28: Anti-icing Technology, Field Evaluation Report. Publication FHWA-RD-97-132. FHWA, U.S. Department of Transportation, March 1998.
18. Larson, R.M. Consideration of Tire/Pavement Friction/Texture Effects on Pavement Structural Design and Materials Mix Design. Office of Pavement Technology, HIPT, 1999.
19. Xiao, J., Kulakowski, B.T., and El-Gindy, M. Prediction of Risk of Wet-Pavement Accidents: Fuzzy Logic Model. Transportation Research Record 1717, Transportation Research Board, National Research Council, 28-36, Washington, D.C. 2000.
20. Smith, Timothy E., Xin Chen, Wenbing Song, and Adel Hedfi. Investigation of Skid Resistance of Hot-Mix-Asphalt-Surfaced Pavements in Maryland State Highway Network System. In Transportation Research Board Annual Meeting Compendium, paper 06-0572, Washington, D.C., 2006.