

# อุปกรณ์ลดแรงต้านเพื่อประหยัดเชื้อเพลิงของรถบรรทุก

## Drag Force Reduced Devices for Fuel Saving of Truck

ปรัชญา มุขดา

Prachya Mukda

Received: 17 April 2018 ; Revised : 21 August 2018 ; Accepted: 5 October 2018

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบอุปกรณ์เสริมด้านอากาศพลศาสตร์ของรถบรรทุก โดยแบ่งการตรวจสอบเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการออกแบบอุปกรณ์เสริมด้วยวิธีจำลองเชิงตัวเลข (CFD) เพื่อตรวจสอบสัมประสิทธิ์แรงต้าน ( $C_D$ ) โดยใช้กรณี (a) รถบรรทุกปกติ ซึ่งถูกใช้เพื่อเปรียบเทียบกับกรณีอื่นดังต่อไปนี้คือ กรณี (b) ติดตั้งอุปกรณ์เสริมด้านล่างหน้ารถ กรณี (c) เพิ่มอุปกรณ์เสริมผิวโค้งบริเวณหลังคารถ กรณี (d) เพิ่มอุปกรณ์ปิดช่องว่างบริเวณรอยต่อกระบะ และ (e) เพิ่มอุปกรณ์ปิดกระบะบรรทุก ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านลดลงจากกรณี (a) คือ 0.04, 0.08, 0.11 และ 0.14 ตามลำดับ ขั้นตอนที่สอง คือการสร้าง ติดตั้ง และทดสอบกับรถบรรทุกจริง เพื่อตรวจสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันลดลงจากกรณีปกติคือ 1.40, 2.00, 3.60 และ 4.60 ลิตร/100 กิโลเมตร ตามลำดับ จากผลแสดงให้เห็นว่า ผลของสัมประสิทธิ์แรงต้าน ( $C_D$ ) และผลทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันมีค่าที่สอดคล้องกัน สามารถยืนยันได้ว่า การใช้วิธีจำลองเชิงตัวเลขนั้น สามารถนำมาออกแบบอุปกรณ์เสริมด้านอากาศพลศาสตร์ของรถบรรทุกได้อย่างถูกต้อง สามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์เสริมด้านอากาศพลศาสตร์ของรถประเภทอื่นได้ต่อไป

**คำสำคัญ:** อากาศพลศาสตร์ วิธีจำลองเชิงตัวเลข สัมประสิทธิ์แรงต้าน อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

### Abstract

This research investigated the design of aerodynamic accessories of trucks using two methods. The first method designed accessories by computational fluid dynamics (CFD) to investigate the drag coefficient ( $C_D$ ). Case (a) was an unmodified truck which was used to compare with other cases. These cases were (b) addition of a bottom deflector, (c) addition of a roof deflector, (d) addition of a cover-gap and (e) addition of a closed-box. In case (a), the drag coefficient values decreases were 0.04, 0.08, 0.11 and 0.14 respectively. In the second method, real aerodynamic devices were constructed, setup, and tested to investigate fuel consumption. In case (a) the fuel consumption decreases were 1.40, 2.00, 3.60 and 4.60 Liters/100 km respectively. The results show that the drag coefficients and the fuel consumptions correspond together. It confirms that computational fluid dynamics can be conducted to accurately design aerodynamic accessories of trucks and can be applied to the design of other accessories in the future.

**Keywords:** Aerodynamics, Computational Fluid Dynamics, Drag Coefficient, Fuel Consumption

## บทนำ

การขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ เป็นตัวแปรที่มีผลทำให้เกิดวิกฤตด้านพลังงานของประเทศไทย เพราะพลังงานเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ระบบเศรษฐกิจสามารถขับเคลื่อน ซึ่งจากข้อมูลการใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจปี 2557 (Figure 1) แสดงให้เห็นว่า การขนส่งมีปริมาณการใช้พลังงานมากที่สุด เทียบเท่ากับการใช้พลังงานในอุตสาหกรรม

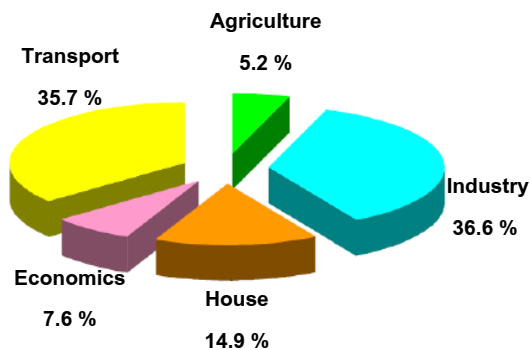


Figure 1 Proportion of energy using in Thailand<sup>1</sup>

Table 1 Energy proportion of transportation in Thailand<sup>1</sup>

| Type of Transportation | Pure oil (Ton billion) | Percentages |
|------------------------|------------------------|-------------|
| Truck                  | 17,684                 | 75.96 %     |
| Train                  | 104                    | 0.45 %      |
| Ship                   | 1,645                  | 7.07 %      |
| Airline                | 3,847                  | 16.52%      |

ซึ่งการขนส่งสินค้าและวัตถุดิบ จำเป็นต้องใช้ยานพาหนะที่มีขนาดใหญ่เพื่อความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ เช่น รถไฟ เรือ หรือเครื่องบินแต่เนื่องจากระบบการจัดการการขนส่งสินค้าภายในประเทศยังไม่มีพัฒนาที่ดีพอกับการคมนาคมขนส่งของยานพาหนะดังกล่าว รถบรรทุกขนาดใหญ่ หรือรถบรรทุกที่มีขนาดมากกว่า 10 ตัน จึงเป็นยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งภายในประเทศมากที่สุด ตาม Table 1 เพราะความเหมาะสมกับสภาพถนน สภาพภูมิประเทศ และต้นทุนในการขนส่ง ดังนั้นในภาครัฐจึงต้องมีมาตรการลดการใช้พลังงานของรถบรรทุกให้มากที่สุด

การส่งเสริมการใช้รถบรรทุกประหยัดพลังงาน ก็เป็นนโยบายหนึ่งของมาตรการ ซึ่งภาคอุตสาหกรรมการผลิตรถและนักวิจัย จึงพยายามคิดค้นเทคโนโลยีใหม่ ที่สามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถบรรทุกให้มากที่สุด อาทิเช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้น การใช้

พลังงานทดแทน การใช้เครื่องยนต์พลังงานแบบผสม (Hybrid engine) ก็เป็นหนทางหนึ่ง ที่จะทำให้มาตรการนั้นประสบผลสำเร็จ แต่ที่สำคัญไม่น้อยกว่าเรื่องของเครื่องยนต์ก็คือ การลดแรงต้านอากาศซึ่งยังไม่มีการศึกษาในเชิงออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่อลดแรงต้าน หรือพัฒนามากนักการพัฒนาอุปกรณ์เสริมด้านอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) ที่มีอิทธิพลโดยตรงกับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากนัก โดยเฉพาะอุปกรณ์เสริมที่ติดตั้งมากับทิศทางการไหลของอากาศ และยื่นออกจากตัวรถ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มแรงต้านอากาศ (Pressure drag) โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะดูดซับพลังงานส่วนเสถียร ความดัน และเสถียรความเร็ว ของอากาศเมื่อปะทะกับรถ เช่น กันชนรถยนต์, อุปกรณ์บังแสงแดดด้านข้างกระจก, อุปกรณ์สำหรับวางของบนหลังคา เป็นต้น และสาเหตุการเกิดแรงต้านที่เกิดขึ้นจากการไหลของอากาศผ่านรถยนต์นั้น ยังมีแรงต้านเนื่องจากการไหลของอากาศเข้าสู่ภายในรถยนต์ (Internal flow loss) โดยอากาศสามารถไหลเข้าผ่านช่องว่างระหว่างส่วนประกอบของชิ้นส่วนรถยนต์ ทำให้เกิดการหมุนวนภายใน ซึ่งมักจะเกิดขึ้นกับช่วงห่างระหว่างห้องผู้โดยสารกับส่วนท้าย กระบะของรถบรรทุก ตามสัดส่วนของแรงต้านใน Figure 2<sup>2</sup>

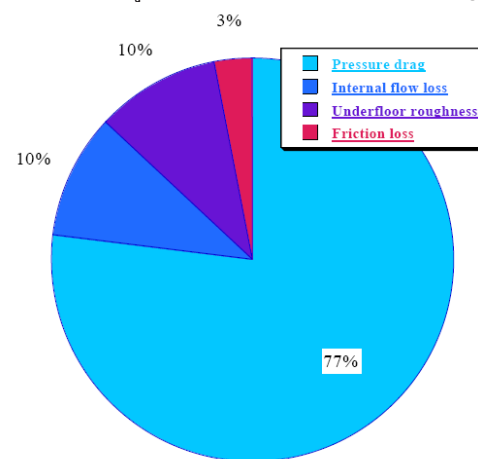


Figure 2 Drag proportion of car<sup>2</sup>

จากผลการวิจัยที่ผ่านมา ได้นำความรู้เรื่องอากาศพลศาสตร์ของรถบรรทุกขนาด 10 ตัน มาศึกษาสัมประสิทธิ์แรงต้าน และแรงต้านอากาศ โดยทำการศึกษาทั้งการทดลองและด้านการจำลองโดยใช้โปรแกรมการจำลองเชิงตัวเลขของไหลพลศาสตร์ (Computational Fluid Dynamics: CFD) ซึ่งแบบจำลองเชิงตัวเลขของไหลพลศาสตร์ (Modeling) นั้นได้ผ่านการยืนยันผลกับการทดลอง (Validation) ระหว่างการทดสอบสัมประสิทธิ์แรงต้านของรถด้วยอุโมงค์ลม ซึ่งได้ผลต่างไม่เกิน 5 % ซึ่งรูปแบบเงื่อนไขของการจำลองเชิงตัวเลข แสดงไว้ Table 3<sup>3</sup>

**Table 2** Condition for computation fluid dynamics<sup>3</sup>

| GAMBIT 3D                  |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| Inlet boundary condition   | Velocity inlet            |
| Outlet boundary condition  | Pressure outlet           |
| Grid                       | 728,644 cell <sup>3</sup> |
| FLUENT 3D                  |                           |
| Solve                      | Segregated Solver         |
| Linearization              | Implicit method           |
| Turbulent model            | Standard k-epsilon        |
| Near-wall treatment method | Standard wall function    |
| Velocity testing           | 10 – 25 m/s               |

หลังจากนั้น ตรวจสอบสัมประสิทธิ์แรงต้านมีการติดตั้งอุปกรณ์เสริมแบบต่างๆ เปรียบเทียบกันทั้งหมด 5 กรณี เพื่อคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่แสดงใน Table 3<sup>4</sup> โดยใช้ทฤษฎีของ Leuschen J and Cooper KR.<sup>5</sup>

**Table 3** Fuel consumption to average velocities<sup>4</sup>

| Case studies   | Liters / 100 km | Percentage |
|--|-----------------|------------|
| (1) Non-modified truck                                 | -               | -          |
| (2) Closed-dump box                                    | 2.33            | 7.76 %     |
| (3) Opened-dump box                                    | -2.59           | -8.63 %    |
| (4) Dump box equipped with flat plate at the end rear  | -3.82           | -12.73 %   |
| (5) Dump box equipped with ellipsoid shape at rear end | -6.56           | -21.86 %   |

ผลจากงานวิจัยดังกล่าว ทำให้ทราบถึงแนวทางในการลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน ด้วยการติดตั้งอุปกรณ์เสริมที่สามารถทำให้ลดสัมประสิทธิ์แรงต้าน ที่เกิดมาจากความแตกต่างของแรงดันด้านหน้าและด้านหลังยานนั้นลดลง ตามสมการที่ (1)

$$F_D = \int_{front} p \cos \theta dA - \int_{back} p \cos \theta dA \quad (1)$$

เมื่อ  $F_D$  คือแรงต้านรวมของรถ (N),  $p$  คือค่าแรงดันอากาศ (N/m<sup>2</sup>),  $A$  คือพื้นที่หน้าตัด ด้านหน้าและด้านหลังของรถ

ดังนั้น จากเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นแนวทางที่สำคัญที่นำมาต่อยอดในงานวิจัยนี้ ด้วยการออกแบบอุปกรณ์เสริมติดตั้งและทดสอบจริง

**การดำเนินงานวิจัยและผลการทดสอบ**

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเป็นการออกแบบ สร้างอุปกรณ์เสริมต้นแบบ เพื่อติดตั้งและทดสอบจริง กับรถบรรทุกยี่ห้อ ISUZU DECA รุ่น FXZ 240 โดยทำการตรวจสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงทั้ง 2 วิธี คือวิธีจำลองเชิงตัวเลข และการติดตั้งและทดสอบจริง เพื่อยืนยันความถูกต้อง และการอภิปรายผล โดยอุปกรณ์ในการทดลองทั้งหมด 4 อุปกรณ์ ดังต่อไปนี้คือ

- (1) รถบรรทุกปกติ (Non-modified truck)
  - (2) อุปกรณ์เสริมด้านล่างหน้ารถ (Bottom deflector)
  - (3) อุปกรณ์เสริมผิวโค้งบริเวณหลังคา (Roof deflector)
  - (4) อุปกรณ์ปิดช่องว่างบริเวณรอยต่อกระบะ (Cover-gap)
  - (5) อุปกรณ์ปิดกระบะบรรทุก (Closed-box)
- ซึ่งการทดสอบนั้นจะเริ่มต้นจากกรณี (a) ปกติ (ซึ่งเป็นกรณีใช้เปรียบเทียบ) จากนั้นกรณี (b), (c), (d) และ (e) เป็นการติดตั้งเพิ่มขึ้นทีละอุปกรณ์ตามกรณีการทดสอบที่เพิ่มขึ้น

**1. การออกแบบด้วยวิธีจำลองเชิงตัวเลข (CFD)**

ขั้นตอนแรก ด้วยการใช่วิธีจำลองเชิงตัวเลข ด้วยการใช้เงื่อนไขที่ผ่านการยืนยันผลแล้ว (Validation) จากงานวิจัยที่ผ่านมา ตาม Table 2 นำมาจำลองเพื่อออกแบบอุปกรณ์เสริมด้วยการเปลี่ยนแปลงรัศมีโค้ง และการปรับมุมที่แตกต่างกัน เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านรวมที่น้อยที่สุด ใช้ความเร็วในการทดสอบในช่วง 36 – 126 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อุปกรณ์ดังกล่าว แสดงใน Figure 3

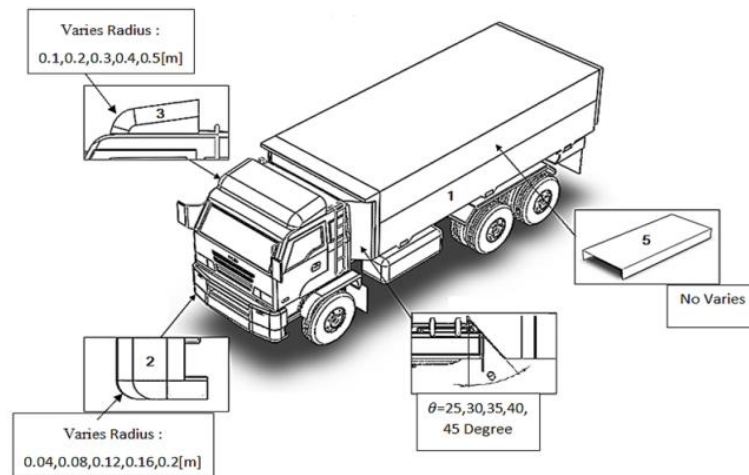


Figure 3 Study cases for CFD design

## 2. การติดตั้งและทดสอบจริง

หลังจากการจำลองสัมประสิทธิ์แรงต้านของอุปกรณ์เสริม ค่าที่เหมาะสมที่สุดจากการออกแบบที่ใช้ติดตั้งเพื่อทดสอบจริงกับรถบรรทุกทั้ง 5 กรณีตาม Figure 4 รายละเอียดดังนี้คือ

- (1) รถบรรทุกปกติที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เสริม
- (2) ค่ารัศมีของอุปกรณ์เสริมด้านหน้ารถบรรทุกที่เหมาะสม คือ 0.20 m
- (3) ค่ารัศมีของอุปกรณ์เสริมผิวโค้งบริเวณหลังคาที่เหมาะสม คือ 0.50 m
- (4) ค่าของมุมอุปกรณ์เสริมปิดช่องว่างบริเวณรอยต่อกระเบื้องที่เหมาะสม คือ 35 องศา
- (5) ปิดกระเบื้องบรรทุกด้วยผ้าใบครอบกระเบื้องบรรทุกทั้งหมด

ในการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถบรรทุกที่ใช้ทดสอบยี่ห้อ ISUZU DECA รุ่น FXZ 240 น้ำหนัก 13 ตัน 360 แรงม้า 9,839 ซีซี ความจุถังเชื้อเพลิง 370 ลิตร ในการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงวิ่งทดสอบจาก บริษัท พรอส เพอร์ตี คอนกรีต จำกัด ไปยัง บริษัท สโตนวัน จำกัด มหาชน ทดสอบวิ่งปกติในช่วงความเร็วไม่เกิน 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางที่ใช้ในการทดสอบแต่ละรอบโดยเฉลี่ยแล้วเท่ากับ 50 กิโลเมตร วันละ 8 รอบ ใช้ระยะเวลาในการทดสอบเก็บผล 1 เดือน โดยใช้รถคันเดียวในการทดสอบ

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน เก็บข้อมูลโดยการเติมน้ำมันเต็มถังทำการวิ่งทดสอบ และกลับมาเติมน้ำมันเต็มถังอีกครั้งหนึ่งเพื่อตรวจสอบน้ำมันที่ใช้ไปของแต่ละรอบ ทุกๆ กรณีทดสอบทั้ง 5 กรณี





(a) (1)



(b) (1) + (2)



(c) (1) + (2) + (3)



(d) (1) + (2) + (3) + (4)



(e) (1) + (2) + (3) + (4) + (5)

Figure 4 accessory devices set up of every case

**ผลและการวิเคราะห์ผล**

จากผลการทดสอบนั้นสัมประสิทธิ์แรงต้านจะลดลงหรือเพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของความดันและความแปรปรวนของอากาศรอบบริเวณของรถบรรทุกโดยหลักการของการออกแบบคือเพื่อลดความแปรปรวนของอากาศหรือลดความแตกต่างของความดันด้านหน้า และด้านหลังจากการปะทะของอากาศกับรถบรรทุกโดยสามารถวิเคราะห์ได้จากสมการ (1)

**กรณี (a) รถบรรทุกปกติ** ขนาดของแรงต้านจะขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลัก คือ ผลต่างของการกระจายตัวของความดันรอบๆบริเวณตัวรถและความแปรปรวนของอากาศที่ผ่านตัวรถ หากพิจารณาจาก Figure 5 (a) สามารถแบ่งความแตกต่างของความดันออกเป็น 3 บริเวณความดันคือ บริเวณห้องโดยสาร บริเวณกระบะบรรทุก และบริเวณท้ายรถ ซึ่งทั้ง 3 บริเวณนี้แตกต่างของความดันอย่างชัดเจน โดยที่บริเวณห้องโดยสารจะมีความดันสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ส่วนบริเวณกระบะบรรทุกและบริเวณท้ายรถจะมีความดันลดลง ผลต่างของความดันที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการไหลย้อนกลับ หรือการหมุนวนของอากาศ อากาศที่หมุนวนแสดงถึงสภาวะที่มีความดันต่ำเนื่องจากอัตราเร็วของอากาศมีความต่างกันสูง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเส้นระดับแถบสีความดันแล้ว หากต้องการลดค่าของสัมประสิทธิ์แรงต้านของรถบรรทุกจะต้องลดค่าผลต่างของความดันบริเวณรอบๆตัวรถลงหรือลดความแปรปรวนของอากาศผ่านตัวรถ ดังนั้นจึงได้มีการปรับแต่งและติดตั้งอุปกรณ์เสริมขึ้นเพื่อต้องการลดแรงต้านของรถบรรทุกดังนี้คือ

**กรณี (b) ติดอุปกรณ์เสริมด้านล่างหน้ารถ**

การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์เสริมนี้ เป็นผลพวงมาจากกรณี (a) คือแนวคิดในการออกแบบเกี่ยวกับแรงต้านที่เกิดขึ้นกับของภาคตัดขวางของรถ (Frontal Area) ซึ่งจะมีอิทธิพลมากที่สุดกับสัมประสิทธิ์แรงต้าน หรือแรงต้านที่เกิดขึ้นกับตัวรถ ซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด ดังนั้นอุปกรณ์เสริมด้านล่างหน้ารถ จึงเป็นอุปกรณ์ที่มีส่วนช่วยลดแรงดันอากาศด้านหน้า เนื่องจากอากาศที่ปะทะด้านหน้านั้นมีค่าที่สูงมาก ส่วนโค้งด้านล่างนี้ จะทำให้อากาศที่เข้าปะทะเกิดการลู่เข้าสู่ด้านล่างของตัวรถ และทำให้พื้นที่ของการไหลของอากาศได้ท้องลดลง ทำให้ความเร็วสูงขึ้น (เหมือนกับการไหลของของไหลในท่อที่มีขนาดเล็ก) อากาศที่ไหลผ่านนี้ จะมีส่วนช่วยให้แรงดันด้านท้ายสูงขึ้น เนื่องจากการสูญเสียแรงดันที่เกิดจากการปะทะด้านหน้าลดลง แปลงเป็นเฮดของความเร็ว ทำให้เกิดความสมดุลของอากาศระหว่างด้านหน้าและด้านหลังมากขึ้น (สังเกตจากอากาศที่หมุนวนมีขนาดเล็ก

ลง Figure 5 (b) ทำให้แรงต้าน และสัมประสิทธิ์แรงต้านลดลง จากกรณี (a)

กรณี (c) ติดอุปกรณ์เสริมด้านล่างรถ + อุปกรณ์เสริมผิวโค้งหลังคารถ แนวคิดการออกแบบอุปกรณ์เสริมนี้ เนื่องจากมาจากกรณี (a) บริเวณส่วนห้องผู้โดยสารด้านบน เป็นส่วนหนึ่งที่เกิดการแยกตัวของอากาศอย่างฉับพลัน ทำให้เกิดการหมุนวนของอากาศ และความต่างของแรงดันที่สูง เนื่องจากบริเวณหัวรถด้านบนมีรูปร่างเป็นเหลี่ยม ค่า

สัมประสิทธิ์แรงต้านโดยรวมจึงมีค่าสูง ดังนั้น รูปทรงลักษณะ หยอดน้ำแบ่งครึ่ง (Streamline Half-Body at a Ground Plane) จะสามารถลดสัมประสิทธิ์แรงต้านได้ ซึ่งรูปทรงนี้หากมีลักษณะที่เรียวยาวที่เหมาะสม ก็จะสามารถช่วยลดอากาศที่ หมุนวนได้ แต่อย่างไรก็ตาม แรงดูดของบริเวณผิวสัมผัสรูป ทรงของหยดน้ำที่ยาวเกินไป ก็จะทำให้มีผลกับความหนืดของ อากาศเกิดแรงต้านจากแรงเสียดทานของอากาศ (Friction force) หรือความยาวที่สั้นเกินไป

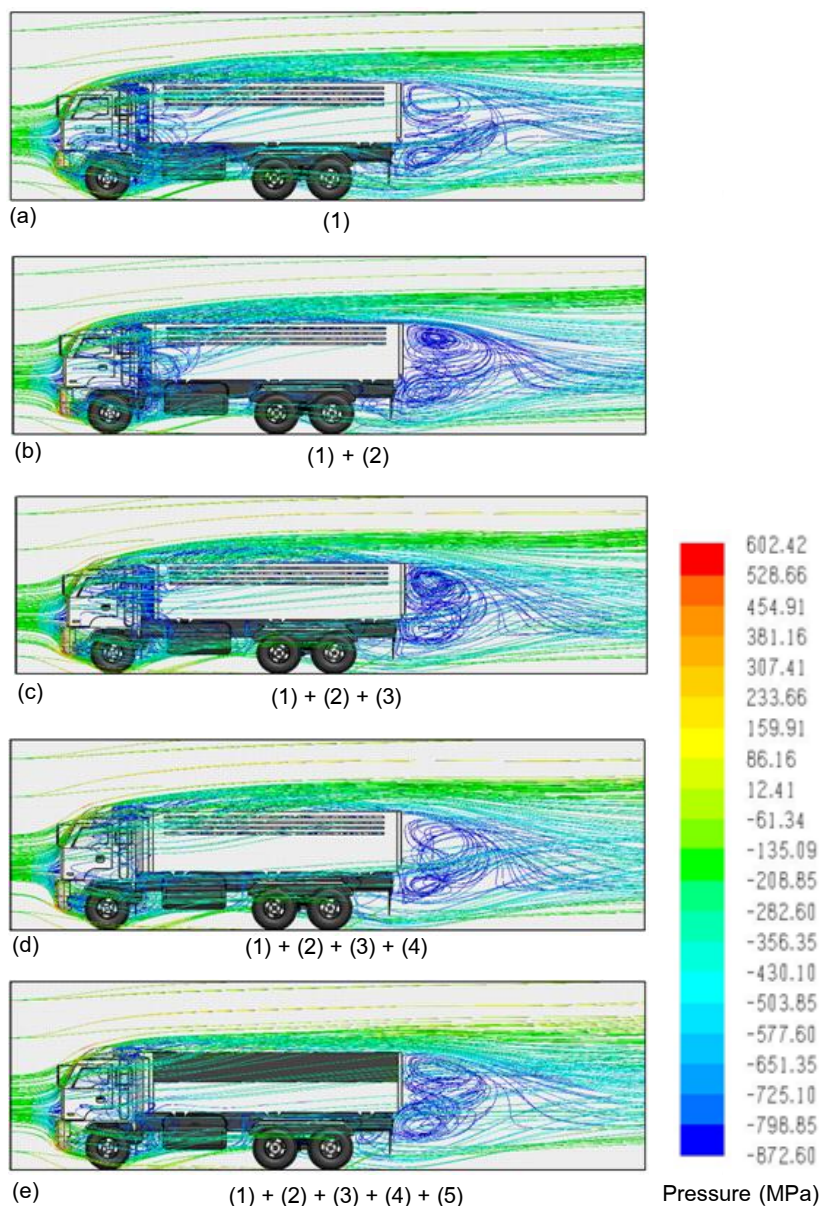


Figure 5 Pressure pathline of each case

อากาศหมุนวนบริเวณส่วนท้ายมาก ก็จะเกิดแรงต้านเหนี่ยวนำเช่นเดียวกัน (Induction force) ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้เหมาะสมกับพื้นที่ของบริเวณรถ ซึ่งเป็นรูปทรงที่ดีที่สุด พิจารณาจาก Figure 5 (c) ลักษณะการไหลสมมูลกันมากขึ้น ความดันแตกต่างส่วนท้ายของรถให้มีความใกล้เคียงกับความดันส่วนหน้ามากที่สุดความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านหลังการมีความเร็วสูงกว่าส่วนล่างของรถลักษณะการไหลแยกตัวของอากาศบริเวณส่วนต่างๆ ตั้งแต่บริเวณห้องโดยสาร บริเวณปิดกระบะบรรทุก และบริเวณท้ายรถน้อยลง มีความสมดุลของการไหลมากขึ้น ทำให้สัมประสิทธิ์แรงต้านกรณีนี้ต่ำลงอีก

**กรณี (d) ติดอุปกรณ์เสริมด้านล่างรถ + อุปกรณ์เสริมผิวโค้งหลังคารถ + อุปกรณ์ปิดช่องว่างบริเวณรอยต่อกระบะ** จากกรณีที่ 1 แรงต้านอีกอย่างหนึ่งที่สังเกตเห็นคือ แรงต้านอากาศที่เกิดจากการไหลเข้าภายในรถยนต์ (Internal flow loss) เป็นแรงต้านที่อากาศไหลผ่านเข้าสู่ช่องว่างระหว่างห้องผู้โดยสารกับส่วนกระบะบรรทุก แรงต้านประเภทนี้จะมีค่าน้อยกว่าแรงต้านที่เกิดขึ้นปัจจัยอื่น แต่ก็มีผลในเชิงทฤษฎีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงเป็นการริเริ่มแนวคิดในการสร้างอุปกรณ์เสริมนี้ ซึ่งจาก Figure 4 (d) จะสังเกตเห็นการลดลงของแรงดัน และความเร็วของอากาศ ตรงบริเวณดังกล่าว เนื่องจากอากาศที่ไหลผ่านตัว โดยเฉพาะด้านข้างรถนั้นอากาศไม่สามารถที่จะไหลเข้าสู่ช่องว่างบริเวณส่วนหัวกับส่วนกระบะบรรทุกได้ จึงมีส่วนช่วยให้อากาศที่หมุนวนโดยรวมมีค่าต่ำลงอีก

**กรณี (d) ติดอุปกรณ์เสริมด้านล่างรถ + อุปกรณ์เสริมผิวโค้งหลังคารถ + อุปกรณ์ปิดช่องว่างบริเวณรอยต่อกระบะ + อุปกรณ์ปิดกระบะบรรทุก**

จากกรณี (a) ส่วนบริเวณห้องผู้โดยสาร และบริเวณกระบะบรรทุก จะมีผลต่างของความดันที่เกิดขึ้นสูง ทำให้เกิดการไหลย้อนกลับเรียกว่าการแยกตัว (Separation) สูงมาก และผลต่างของความดันทั้งสองบริเวณนี้ จะทำให้เกิดการหมุนวนของอากาศบริเวณห้องกระบะ และเกิดการปะทะกันระหว่างอากาศกับฝาท้ายกระบะบรรทุกจึงเพิ่มแรงต้านอีกอย่างหนึ่ง ดังนั้นการปิดกระบะบรรทุกจึงจะสามารถลดแรงต้านที่เกิดขึ้นนี้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะรถบรรทุกที่บรรทุกสินค้าหรือบรรทุกของที่มีน้ำหนักเบา จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีอุปกรณ์นี้ เพื่อเป็นตัวช่วยในการปกปิดสินค้าที่มีผลกับสภาพบรรยากาศ และให้ถูกต้องตามกฎหมายกับการล่องหนของสินค้า ซึ่งจาก Figure 5 (e) เมื่อนำอุปกรณ์ปิดกระบะบรรทุกพร้อมกับอุปกรณ์เสริมอย่างอื่นแล้ว ทำให้สภาพอากาศที่ไหล

ผ่านตัวรถ มีความสมดุลมากขึ้น และผลในเชิงตัวเลข จะมีค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านที่ต่ำที่สุดหากติดตั้งอุปกรณ์เสริมรวมกันทุกตัว

ดังนั้น Table 4 แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์เสริมกับรถบรรทุก ทำให้สัมประสิทธิ์แรงต้านรวมลดลงจากเดิม และลดลงตามลำดับเมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์เสริมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยกรณี (b), (c), (d) และ (e) ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน ( $\Delta C_D$ ) คือ - 0.04, - 0.08, - 0.11 และ - 0.14 หลังจากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับค่าการทดสอบจริง ซึ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงตามลำดับคือ -1.4, -2.0, -3.6 และ -4.6 ลิตรต่อหนึ่งร้อยกิโลเมตร

**Table 4** Drag coefficient ( $\Delta C_D$ ), Fuel consumption change ( $\Delta u$ ) by comparison with (a) case

| Study cases   | $\Delta C_D$ | $\Delta u$ Liters/100 km |
|---------------|--------------|--------------------------|
| (a) 1         | -            | -                        |
| (b) 1+2       | - 0.04       | - 1.40                   |
| (c) 1+2+3     | - 0.08       | - 2.00                   |
| (d) 1+2+3+4   | - 0.11       | - 3.60                   |
| (e) 1+2+3+4+5 | - 0.14       | - 4.60                   |

**สรุปผล**

โครงการวิจัยนี้ คือการออกแบบ สร้าง ติดตั้ง และทดสอบจริงของอุปกรณ์เสริมด้านอากาศพลศาสตร์ของรถบรรทุก โดยนำวิธีจำลองเชิงตัวเลขเป็นเครื่องมือในการออกแบบ ด้วยการจำลองการไหลพลศาสตร์ของอากาศผ่านตัวรถและอุปกรณ์เสริมทั้ง 4 อุปกรณ์ แต่ละอุปกรณ์มีการเปลี่ยนแปลงมุม รัศมีโค้ง เพื่อหาค่าที่ให้สัมประสิทธิ์แรงต้านรวมที่ต่ำที่สุด ก่อนที่จะนำมาสร้างจริงและทดสอบจริง โดยใช้กรณี (a) เป็นกรณีเปรียบเทียบ จากผลแสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน ( $C_D$ ) จากวิธีจำลองเชิงตัวเลขและค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ( $\Delta u$ ) จากการทดสอบจริงมีแนวโน้มที่ลดลงและสอดคล้องกันตามลำดับ จึงสามารถยืนยันผลลัพธ์ของอุปกรณ์เสริม เพื่อนำไปสร้างและใช้จริงต่อไปในอนาคต

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนกับโครงการวิจัยนี้ จาก ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 ตามมติคณะรัฐมนตรี



### เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2560). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยปี 2560
2. Hucho, W.H. Aerodynamics of road vehicles. Journal of wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 94, 334-361, 2006.
3. ปรัชญา มุขดา และอนุชา สายสร้อย. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันกับลักษณะอากาศพลศาสตร์ของรถกระบะ ที่ติดตั้งอุปกรณ์เสริมแบบต่าง ๆ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2554; 13(4):42-51.
4. Leuschen J, Cooper KR. Full-Scale Wind Tunnel Tests of Production and Prototype Second-Generation Aerodynamic Drag-Reducing Devices for Tractor-Trailers. SAE 2006.
5. ปรัชญา มุขดา “อิทธิพลของอุปกรณ์ต้านอากาศพลศาสตร์กับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก,” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 34 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม – มิถุนายน 2558