

ผลการประเมินเบื้องต้นของอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ใช้  
เอทานอล ED95 เป็นเชื้อเพลิงคันแรกในประเทศไทย  
Preliminary Evaluation of Fuel Economy of the First ED95  
Ethanol Bus in Thailand

อบ นิลผาย, ภูวดล แก้วคำจันทร์, อนุกุล บุญพิงค์, สุรัชชัย บวรเศรษฐนันท์, พงศ์พันธ์ แก้ววาทิพย์, ยศพงษ์ ลออนวล\*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
126 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

\*ติดต่อ: โทรศัพท์: 0 2470 9123, โทรสาร: 0 2470 9111 E-mail: [yossapong.lao@kmutt.ac.th](mailto:yossapong.lao@kmutt.ac.th)

### บทคัดย่อ

โครงการสาธิตการใช้รถโดยสารขนาดใหญ่ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเป็นการทดสอบการใช้รถโดยสารขนาดใหญ่ที่มีเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัดซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่ถูกรอกออกมาเฉพาะสำหรับเชื้อเพลิง ED95 ทั้งนี้รถโดยสารเอทานอลมีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศสวีเดนแต่ด้วยสภาพการจราจรของประเทศไทยมีความแตกต่างจากประเทศสวีเดน ดังนั้นทางโครงการจึงเริ่มทำการศึกษาค้นคว้าเทคโนโลยีรถโดยสารเอทานอลรวมไปถึงผลกระทบต่อด้านวิศวกรรมเมื่อนำมาใช้จริงในประเทศไทย โดยบทความนี้ได้นำเสนอเฉพาะผลการศึกษาเบื้องต้นของอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถโดยสาร ED95 จากผลการทดสอบพบว่า ในเส้นทางระหว่างวิทยาเขตของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางมด-บางขุนเทียน ซึ่งเป็นเขตชานเมืองมีความเร็วเฉลี่ย 32.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยพบว่ามีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 1.43 กิโลเมตรต่อลิตร และสำหรับการทดสอบบนเส้นทางของรถโดยสารปรับอากาศ (ปอ.21) องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ซึ่งเป็นเขตเมืองมีความเร็วเฉลี่ย 11.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยพบว่ามีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นถึง 0.94 กิโลเมตรต่อลิตร และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ในประเทศไทยกับต่างประเทศแล้วไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสำหรับเส้นทางในเมืองและชานเมือง

**คำสำคัญ:** เอทานอล, เชื้อเพลิง ED95, เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด, รถโดยสารเอทานอล

### Abstract

The demonstration project of Thailand's first ethanol bus is to investigate the operation of the bus equipped with the compression ignition engine which is specially developed for ED95 fuel. Even though this ethanol bus is widely operated in Sweden but there is different traffic condition from Thailand. Therefore, this demonstration project is to study about ethanol bus technology including the engineering issues from the road testing in Thailand. In this research paper, the preliminary results of fuel economy of ethanol bus are presented. For the road test between two KMUTT campuses (BangMod and Bang Khun Thian) which is the suburban area with average velocity of 32.9 km/hr, it is showed that the fuel consumption is 1.43 km/l. For the route of air conditioner bus no. 21 of Bangkok Mass Transit Authority (BMTA) which is one of current city route with average velocity of 11.5 km/hr, the fuel consumption is higher to 0.94 km/l. It is also found that this fuel economy of ethanol bus for the urban and suburban routes is not significantly different from other countries.

**Keyword:** Ethanol, ED95, Compression Ignition Engine, Ethanol Bus

## 1. บทนำ

สำหรับประเทศไทยภาคขนส่งและภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคเศรษฐกิจที่สำคัญและมีการใช้พลังงานสูงสุด โดยมีสัดส่วนของการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกันมากกว่าร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานทั้งหมด สำหรับภาคขนส่งมีการใช้ดีเซลในสัดส่วนที่สูงถึงร้อยละ 60 ของเชื้อเพลิงทั้งหมด [1] ซึ่งต้องนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาพลังงานทดแทนที่สามารถผลิตขึ้นได้ในประเทศอย่างเช่น “เอทานอล” โดยแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ของกระทรวงพลังงานนั้น [2] มีการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนว่าภายในปีพ.ศ. 2565 ต้องมีการใช้เอทานอลถึง 9 ล้านลิตรต่อวัน โดยที่ผ่านมามีภาครัฐได้มีโครงการส่งเสริมการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลซึ่งเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟเป็นส่วนใหญ่ โดยผสมเอทานอลกับแก๊สโซลีนในอัตราส่วนต่างๆ เรียกว่า แก๊สโซฮอล์ อย่างไรก็ตามในช่วงเริ่มต้นโครงการยังไม่มีโครงการส่งเสริมการใช้เอทานอลเพื่อทดแทนการใช้ดีเซลซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นรถโดยสารขนาดใหญ่ ในโครงการนี้ได้เสนอแนวทางใหม่โดยการใช้เอทานอลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่ (Ethanol Bus) โดยเรียกเชื้อเพลิงว่า ED95 จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะลดปริมาณการใช้ น้ำมันดีเซลและยังสามารถเพิ่มการใช้เอทานอลด้วยเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เอทานอลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ รวมทั้งเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้เอทานอลในประเทศให้เป็นไปตามเป้าหมายของแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี อีกด้วย

## 2. การใช้เอทานอลกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

การใช้เอทานอลเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดมีข้อได้เปรียบประการใดที่สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามอัตราส่วนในการทดแทนที่น้ำมันดีเซลด้วยเอทานอล [3] ได้แก่

### 2.1 การผสมเอทานอลในสัดส่วนที่น้อย (Low Blend)

การนำเอทานอลมาใช้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดในสัดส่วนที่น้อยเพื่อทดแทนดีเซลสามารถทำได้โดยการผสมเข้ากับน้ำมันดีเซลซึ่งทำได้ คือ การผสมเป็นสารละลาย (Solution) ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้สามารถทดแทนน้ำมันดีเซลในปริมาณที่น้อยและเชื้อเพลิงสามารถเกิดการแยกชั้นได้เมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมลดลงหรือเก็บไว้เป็นเวลานาน ดังนั้น เพื่อเพิ่มสัดส่วนการทดแทนน้ำมันดีเซล

จึงมีการนำสารอีมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ลงไป อย่างไรก็ตามทั้ง 2 วิธีที่กล่าวข้างต้นสามารถผสมเอทานอลเพื่อทดแทนดีเซลได้สูงสุดไม่เกิน 25% เนื่องจากเอทานอลไม่สามารถผสมหรือคงสภาพอยู่ในน้ำมันดีเซลได้ [4] สำหรับน้ำมันดีเซลที่ผสมเอทานอลเข้าไปมีชื่อเรียกว่า ดีโซฮอล์

### 2.2 การผสมเอทานอลในสัดส่วนที่มาก (High Blend)

การผสมเอทานอลเพื่อทดแทนดีเซลในสัดส่วนที่มากนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

#### 2.2.1 การฉีดเชื้อเพลิงร่วม (Dual Fuel Injection)

เป็นการฉีดเชื้อเพลิงเอทานอลเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยตรง และจุดระเบิดด้วยน้ำมันดีเซลที่ถูกฉีดมาก่อนหน้า ซึ่งเทคนิควิธีนี้สามารถทดแทนน้ำมันดีเซลด้วยเอทานอลได้สูงถึง 90% เนื่องจากต้องการปริมาณน้ำมันดีเซลเพื่อช่วยในการจุดระเบิดเท่านั้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคฟุมิกชัน (Fumigation) เป็นวิธีในการนำเอทานอลเข้าไปในเครื่องยนต์โดยการใช้ คาร์บูเรเตอร์ หรือการระเหยเอทานอลเข้าไปทางท่อไอดีใน ในขณะที่น้ำมันดีเซลยังคงถูกฉีดจากหัวฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ ซึ่งวิธีสามารถทดแทนน้ำมันดีเซลด้วยเอทานอลได้ประมาณ 50%

#### 2.2.2 การใช้อุปกรณ์ช่วยในการจุดระเบิด

เป็นเทคนิคที่สามารถใช้เอทานอลทดแทนน้ำมันดีเซลได้ 100 % วิธีนี้เป็นติดตั้งอุปกรณ์ ได้แก่ หัวเผา หัวเทียนเพื่อช่วยในการจุดระเบิด โดยการจ่ายเชื้อเพลิงสามารถทำได้โดยฉีดตรงในกระบอกสูบ ฉีดที่ท่อร่วมไอดีในการติดตั้งหัวเทียนบนฝาสูบจะต้องมีการพิจารณาถึงตำแหน่งบนฝาสูบ ทิศทางของสปรีย์ และระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างหัวฉีดกับตัวช่วยจุดระเบิด

#### 2.2.3 การเติมสารเติมแต่งเพื่อช่วยในการจุดระเบิด

เนื่องจากปัญหาหลักของการใช้เอทานอลมาทดแทนน้ำมันดีเซล คือ ค่าซีเทนต่ำที่ต่ำกว่าซึ่งหมายถึงความสามารถในการจุดระเบิดที่ต่ำหรือไม่สามารถจุดระเบิดได้ในเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยการอัด ดังนั้นแนวทางในการแก้ปัญหาหลักคือ การเติมสารเติมแต่งชนิดที่เพิ่มคุณภาพการจุดระเบิดในเชื้อเพลิง เพื่อให้สามารถใช้เอทานอลล้วนได้ในเครื่องยนต์ดีเซล ในการเติมสารเพิ่มคุณภาพการจุดระเบิดจะต้องมีการพิจารณาถึงชนิดและปริมาณของสารเพิ่มคุณภาพที่ใช้ ตัวอย่างเชื้อเพลิงที่มีการใช้ในปัจุบันในเชิงพาณิชย์ คือ ED95 ซึ่งมีสัดส่วนของเอทานอลร้อยละ 95 โดยปริมาตร และสารเติมแต่งอีกร้อยละ 5 โดยปริมาตร เป็นต้น

### 3. การใช้รถโดยสารประจำทางเอทานอล ED95 ในต่างประเทศ

เทคนิคการเติมสารเติมแต่งลงในเอทานอลเพื่อช่วยในการจุดระเบิดประสบความสำเร็จอย่างมากในประเทศสวีเดน โดยการขนส่งมวลชนสาธารณะแห่งเมืองสต็อกโฮล์ม (Stockholm Public Transport, SL) ร่วมกับบริษัท สแกนเนีย โดยได้เริ่มพัฒนาเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดให้สามารถใช้กับเอทานอลซึ่งผสมสารเติมแต่งเพื่อช่วยในการจุดระเบิดมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 [5] ปัจจุบันมีรถโดยสาร ED95 มากกว่า 600 คัน ในเมืองต่างๆ ของประเทศสวีเดน จากรายงานของ BioEthanol For Sustainable Transport (BEST) ซึ่งได้รวบรวมผลการทดสอบรถโดยสารที่ใช้เอทานอลผสมกับสารเติมแต่งทั่วโลกหรือเรียกว่า “ED95” พบว่า ในแต่ละพื้นที่ของโลกมีอัตราการความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 อันเนื่องมาจากความแตกต่างกันของสภาพภูมิประเทศหรือสภาพการจราจร จึงส่งผลต่ออัตราการความสิ้นเปลืองที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบอัตราการความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถโดยสาร ED95 ทั่วโลก [6]

ประเภทของรถโดยสารเอทานอล	เมือง	จำนวนรถ	อัตราการความสิ้นเปลือง (กิโลเมตรต่อลิตร)
Full Scania bus	Stockholm	3	1.35
	La Spezia	3	1.69
	Beijing	1	1.49
Scania Chassis, local body work	Madrid	5	1.03
	Sao Paolo	1	0.76

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอผลการศึกษารายหนึ่งของ “โครงการสาธิตการใช้รถโดยสารขนาดใหญ่ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง (Demonstration Project of Thailand’s First Ethanol Bus)” ดำเนินการโดย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมสรรพสามิต กรมธุรกิจพลังงาน บริษัท มิตรผล ไบโอฟูเอล จำกัด บริษัท สแกน

เนีย สยาม จำกัด และบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ภายใต้การสนับสนุนของกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อเป็นการนำร่องในการส่งเสริมการใช้เอทานอลในรถโดยสารขนาดใหญ่เพื่อทดแทนการใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการใช้เอทานอลให้เป็นไปตามแผนพัฒนาพลังงาน 15 ปี ของกระทรวงพลังงาน ซึ่งผลการศึกษานี้จะนำเสนอเฉพาะในส่วนของการทดสอบอัตราการความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการและการทดสอบใช้งานจริงของรถโดยสารประจำทางขนาดใหญ่ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง หรือเรียกว่า “รถโดยสารเอทานอล ED95” โดยที่เครื่องยนต์ของรถโดยสาร ED95 ได้ออกแบบมาเป็นรุ่นที่ 3 ซึ่งการทดสอบนี้จะเป็นครั้งแรกที่มีการใช้งานจริงในสภาพภูมิประเทศ และการจราจรของกรุงเทพมหานคร ทั้งในเส้นทางนอกเมืองและในเขตเมือง เพื่อศึกษาทั้งข้อดีและข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง ED95 ในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย และส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดการใช้เอทานอลทดแทนเชื้อเพลิงดีเซลอย่างจริงจัง

### 4. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

#### 4.1 คุณลักษณะของเครื่องยนต์และเชื้อเพลิง

งานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องยนต์ของรถโดยสาร ED95 ที่ได้รับการพัฒนาโดยบริษัท สแกนเนีย ประเทศสวีเดน ข้อมูลรายละเอียดของเครื่องยนต์รถโดยสาร ED95 แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งออกแบบเครื่องยนต์ให้สามารถใช้เชื้อเพลิง ED95 โดยเป็นเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมระหว่างเอทานอลและสารปรุงแต่ง ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยสารปรุงแต่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการจุดระเบิดของเอทานอลให้ดีขึ้น เพิ่มความสามารถในการหล่อลื่น และลดการกัดกร่อนของเอทานอล สำหรับส่วนประกอบของสารเติมแต่งแสดงดังตารางที่ 4 ทั้งนี้หลังจากการผสมจะทำให้เชื้อเพลิง ED95 ประกอบไปด้วยเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ 95% ในสัดส่วนร้อยละ 95 โดยปริมาตร และสารเติมแต่งอีกร้อยละ 5 โดยปริมาตร นอกจากนี้รถโดยสาร ED95 ยังเป็นคันแรกในประเทศไทยที่มีโครงสร้างของตัวถังทำมาจากอะลูมิเนียมอัลลอย ซึ่งสามารถปกป้องห้องโดยสารได้ดีกว่าโครงสร้างเหล็กแบบเดิม ป้องกันการกัดกร่อนได้ดี และมีน้ำหนักเบา ลักษณะของรถโดยสาร ED95 แสดงดังรูปที่ 1

ตารางที่ 2 รายละเอียดเครื่องยนต์รถโดยสาร ED95

รุ่นเครื่องยนต์	DC9 E02 B02
เชื้อเพลิง	ED95
ปริมาตรกระบอกสูบ	9 ลิตร แบบ 5 สูบเรียง
กำลังสูงสุด	270 แรงม้า (198 กิโลวัตต์) ที่ 1,900 รอบ/นาที
แรงบิดสูงสุด	1,200 นิวตันเมตร ที่ 1,000 – 1,400 รอบ/นาที
ระบบเชื้อเพลิง	EDC* และหัวฉีด PDE**
ขนาดกระบอกสูบ x ระยะชัก	127 มม. x 140 มม.
อัตราส่วนการอัด	28:1
ระบบควบคุมไอเสีย	Scania EGR
คุณภาพไอเสียที่ปล่อยออกมา	เทียบเท่ามาตรฐานยุโรป EEV: Enhanced Environmentally friendly Vehicle ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

\*EDC: Electronic Diesel Control

\*\*PDE: Pumpe-Dse-Einspritzung (Unit Injector)

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของเชื้อเพลิง ED95 [7]

ส่วนประกอบ	สัดส่วนโดยปริมาตร
95% Hydrous Ethanol	90%
Additive ED95	10%

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบของสารเติมแต่ง (Additive ED95) [8]

ส่วนประกอบ	สัดส่วนโดยมวล
95% Hydrous Ethanol (Eh95)	40-50%
Beraid (Glycerol Ethoxylate)	40-50%
Isobutanol	3-6%
Morpholine (Promax)	<0.2%
Lubricant	7-9%



รูปที่ 1 รถโดยสาร ED95

## 4.2 วิธีการทดสอบหาอัตราสิ้นเปลือง

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนออัตราความสิ้นเปลืองจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการและจากการทดสอบใช้งานจริงบนท้องถนน ซึ่งมีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

### 4.2.1 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

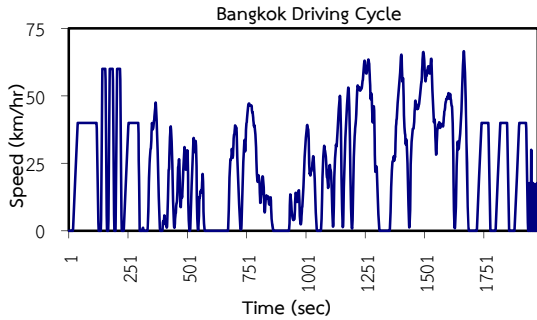
การทดสอบอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถโดยสาร ED95 ได้ทำการทดสอบบน Chassis Dynamometer ณ ห้องทดสอบสารมลพิษจากรถยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ โดยใช้วัฏจักรการขับขี่แบบกรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) แสดงดังรูปที่ 2 โดยที่อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงหาได้จากวิธีการคำนวณความสมดุลของปริมาณคาร์บอน (Carbon balance) จากปริมาณมลพิษที่ออกจากไอเสีย

### 4.2.2 การทดสอบการใช้งานจริงบนท้องถนน

การทดสอบอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถโดยสาร ED95 โดยคำนึงถึงตัวแปรที่มีผลกระทบต่ออัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ได้แก่ จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยเทียบเท่าความเร็วรถโดยสาร และอุณหภูมิบรรยากาศ และนอกจากนี้ยังนำผลอัตราความสิ้นเปลืองที่ทดสอบในประเทศไทยไปเปรียบเทียบกับรถโดยสาร ED95 ที่ใช้ในต่างประเทศอีกด้วย ตัวแปรที่เก็บในระหว่างการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5 โดยเส้นทางการทดสอบใช้งานรถโดยสาร ED95 มี 2 เส้นทางได้แก่ เส้นทางระหว่างวิทยาเขตของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางมด-บางขุนเทียน) และ เส้นทางของรถโดยสารปรับอากาศสาย 21 ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) (ปอ. 21)

สำหรับเส้นทางระหว่างวิทยาเขตของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางมด-บางขุนเทียน) มีลักษณะการจราจรที่เบาบางเนื่องจากอยู่บริเวณเขตชานเมือง โดยระยะเที่ยวไปเฉลี่ยโดยประมาณ 26 กิโลเมตร และเที่ยวกลับมีระยะทางประมาณ 35 กิโลเมตร มีระยะทางรวมประมาณ 61 กิโลเมตร โดยจะวิ่งทั้งหมด 3 รอบต่อวัน (ประมาณ 183 กิโลเมตรต่อวัน) ทดสอบช่วงเดือนมิถุนายน ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2554

สำหรับเส้นทางของรถโดยสารปรับอากาศสาย 21 ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ปอ. 21) มีลักษณะการจราจรที่หนาแน่น ระยะทางรวมประมาณ 42 กิโลเมตร (เที่ยวไปและกลับ) 4 รอบ/วัน (ประมาณ 168 กิโลเมตร/วัน) ทดสอบช่วงเดือนสิงหาคม 2554



รูปที่ 2 แบบจำลองวัฏจักรการขับขี่แบบกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 5 ตัวแปรที่เก็บข้อมูล

ลำดับ	ตัวแปรที่ศึกษา	การเก็บข้อมูล
1	อัตราความ สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	วัดจากสถานีเก็บ เชื้อเพลิง
2	จำนวนผู้โดยสาร	การนับจำนวน ผู้โดยสารและจำนวน ตัวรถที่จำหน่าย
3	ความเร็ว	GPS และ EDC
4	เวลาต่อเที่ยว	GPS และ EDC
5	อุณหภูมิบรรยากาศ	เทอร์โมคัปเปิลพร้อม ชุดเก็บข้อมูล

GPS: Global Positioning System

EDC: Electronic Diesel Control.

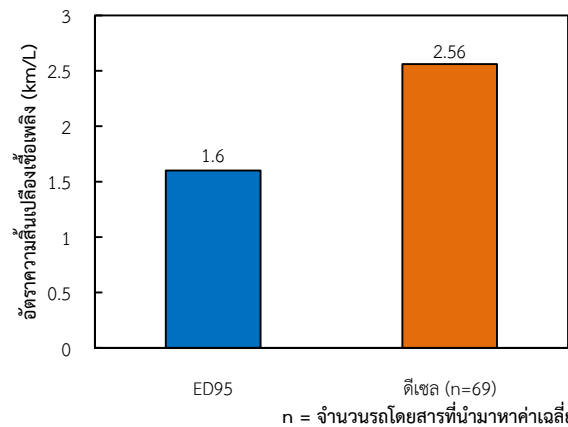
### 5. ผลการศึกษา

#### 5.1 ผลการทดสอบอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ภายในห้องปฏิบัติการ

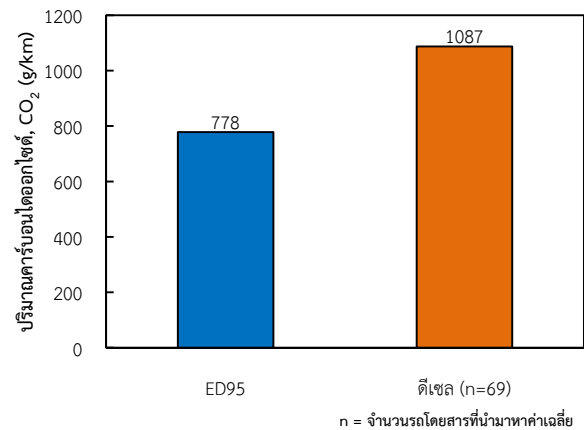
จากการทดสอบรถโดยสาร ED95 กับ Chassis Dynamometer ของกรมควบคุมมลพิษด้วยรูปแบบจำลองวัฏจักรขับขี่ของกรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) พบว่ารถโดยสารขนาดใหญ่ที่ใช้เชื้อเพลิง ED95 ที่นำมาทดสอบสามารถวิ่งได้ตามวัฏจักรการขับขี่ที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี โดยความเร็วที่ใช้ในการทดสอบของวัฏจักรขับขี่ของกรุงเทพมหานคร นั้นมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 23.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1,977 วินาที) สำหรับอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถโดยสาร ED95 เมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่าอัตราความสิ้นเปลืองเท่ากับ 1.6 กิโลเมตรต่อลิตร และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถโดยสารดีเซลที่เคยทดสอบกับกรมควบคุมมลพิษจำนวน 69 คัน (รถปี ค.ศ. 1977-1999) โดยมีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 2.56 กิโลเมตรต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่ารถโดยสาร ED95 แสดงดังรูป

ที่ 3 เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วค่าความร้อนของเอทานอลมีค่าต่ำกว่าดีเซลจึงส่งผลต่ออัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของดีเซลจึงต่ำกว่าเชื้อเพลิง ED95

สำหรับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) จากไอเสียของเครื่องยนต์ พบว่า รถโดยสาร ED95 มีการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ปริมาณ 778 กรัมต่อกิโลเมตร ส่วนรถโดยสารดีเซลเฉลี่ยปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ปริมาณ 1,087 กรัมต่อกิโลเมตร แสดงดังรูปที่ 4 หรือมีการปลดปล่อยลดลง 28.4% ดังนั้น หากมีการเปลี่ยนรถโดยสารดีเซลที่วิ่งให้บริการในกรุงเทพฯ มาใช้รถโดยสาร ED95 ก็จะเป็นวิธีการหนึ่งที่จะสามารถลดการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ได้เป็นอย่างมาก อีกทั้งเอทานอลที่ใช้ในโครงการนี้ผลิตจากพืชได้แก่ อ้อย และมันสำปะหลัง ดังนั้น CO<sub>2</sub> ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเอทานอลจะถูกดูดซับกลับคืนสู่พืชดังกล่าวเสมือนวัฏจักรหมุนเวียน



รูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถโดยสาร ED95 กับรถโดยสารที่ใช้น้ำมันดีเซล

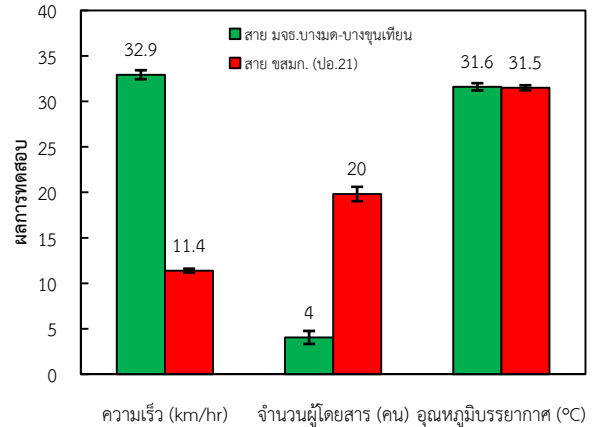


รูปที่ 4 ผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) จากไอเสียของรถโดยสาร ED95 กับรถโดยสารที่ใช้น้ำมันดีเซล

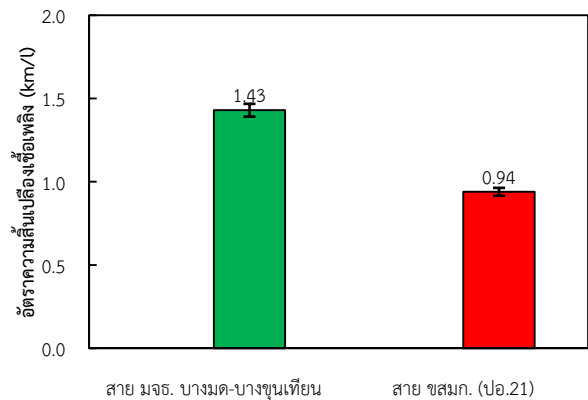
5.2 ผลการทดสอบการใช้งานจริงบนท้องถนน

จากการทดสอบใช้งานรถโดยสาร ED95 จริงบนท้องถนนในแต่ละเส้น คือ เส้นทางระหว่างวิทยาเขตของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางมด-บางขุนเทียน) และเส้นทางของรถโดยสารปรับอากาศสาย 21 ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ปอ. 21) ซึ่งพบว่ามี ความแตกต่างกันของสภาพการจราจร สภาพถนน สภาพอากาศ รวมไปถึงจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยเทียบเท่าต่อเส้นทาง แสดงดังรูปที่ 5 โดยคาดว่าตัวแปรเหล่านี้ส่งผลกระทบต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่าในเส้นทางของ ขสมก. (ปอ.21) มีเส้นทางที่วิ่งเข้าสู่กลางกรุงเทพฯ มีสภาพการจราจรหนาแน่นจึงทำให้ทำความเร็วได้ต่ำ สำหรับจำนวนผู้โดยสารไม่สามารถใช้จำนวนผู้โดยสารจริงได้ ต้องใช้จำนวนผู้โดยสารเทียบเท่า เพราะในกรณีของเส้นทางขสมก. (ปอ.21) นั้นผู้โดยสารไม่ได้โดยสารตลอดเส้นทาง จำเป็นต้องคำนวณหาจำนวนผู้โดยสารเทียบเท่าจากจำนวนตัวโดยสารที่จำหน่ายไปซึ่งราคาค่าโดยสารจะเพิ่มขึ้นไปตามระยะทางที่ขึ้นและหากพิจารณาผลของจำนวนผู้โดยสารก็พบว่าในเส้นทางขสมก. (ปอ.21) มีจำนวนผู้โดยสารต่อเที่ยวที่มากกว่าทำให้เครื่องยนต์มีภาระที่มากกว่า อย่างไรก็ตามในช่วงทดสอบอุณหภูมิบรรยากาศไม่มีความแตกต่างกัน

สำหรับการทดสอบบนเส้นทางระหว่างวิทยาเขตของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางมด-บางขุนเทียน) โดยการเก็บผลทดสอบรถภายในเส้นทางของมหาวิทยาลัยระหว่างวิทยาเขตบางมด – บางขุนเทียน ใช้ระยะเวลาทดสอบ 2 เดือน ตั้งแต่เดือน มิถุนายน – กรกฎาคม 2554 จากผลการสำรวจพบว่าผู้สนใจใช้บริการรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงตลอดช่วงเวลาทดสอบจำนวนประมาณ 354 คน สภาพการจราจรโดยทั่วไปมีความคล่องตัวสูงโดยมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 32.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 32 องศาเซลเซียส ระยะทางทดสอบ 2,722.9 กิโลเมตร ใช้เชื้อเพลิงทั้งหมดเฉลี่ยประมาณ 1,899.5 ลิตร (ข้อมูลจากสถานีจ่ายเชื้อเพลิง) คิดเป็นอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยประมาณ 1.43 กิโลเมตรต่อลิตร โดยที่อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด 1.69 กิโลเมตรต่อลิตร และสูงสุดที่ 1.16 กิโลเมตรต่อลิตร



รูปที่ 5 ผลของตัวแปรต่างในการทดสอบการใช้งานรถโดยสาร ED95 จริงบนท้องถนน



รูปที่ 6 อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่าง 2 เส้นทาง

สำหรับการทดสอบบนเส้นทางของรถโดยสารปรับอากาศสาย 21 ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ปอ. 21) เส้นทางพิเศษ มจธ. – สยามสแควร์ ใช้ระยะเวลาทดสอบ 1 เดือน (เดือน สิงหาคม) จากผลการสำรวจพบว่าผู้สนใจใช้บริการรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง จำนวนประมาณ 2,314 คน สภาพการจราจรโดยทั่วไปมีความหนาแน่น โดยมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 11.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 32 องศาเซลเซียส มีระยะทางทดสอบ 2,523 กิโลเมตร มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมดเฉลี่ยประมาณ 2,692 ลิตร (ข้อมูลจากสถานีจ่ายเชื้อเพลิง) คิดเป็นอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยประมาณ 0.94 กิโลเมตรต่อลิตร อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด 1.13 กิโลเมตรต่อลิตร และสูงสุดที่ 0.79 กิโลเมตรต่อลิตร

จากการทดสอบใช้รถโดยสาร ED95 ในประเทศไทย ในเส้นทางที่มีความแตกต่างของสภาพการจราจรที่ทำให้ใช้ความเร็วได้แตกต่างกัน รวมทั้งปริมาณผู้โดยสารที่

แตกต่างกันจึงทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันโดยในเขตชานเมืองหรือเส้นระหว่างวิทยาเขตของ มจธ. ระหว่างวิทยาเขตบางมด-บางขุนเทียน มีค่า 1.43 กิโลเมตรต่อลิตร และในเขตในเมืองหรือช่วงเส้นทางของ ขสมก. (ปอ.21) มีค่า 0.94 กิโลเมตรต่อลิตร เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบของอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเส้นทางของ ขสมก. (ปอ.21) มีอัตราความสิ้นเปลืองที่สูงกว่าทั้งนี้เนื่องจากมีเส้นทางที่วิ่งเข้าสู่กลางกรุงเทพฯ ซึ่งมีสภาพการจราจรหนาแน่นรถโดยสารทำความเร็วได้ต่ำ อีกทั้งมีจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยต่อเที่ยวที่มากกว่าทำให้เครื่องยนต์มีภาระที่มากกว่า จึงส่งผลให้อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าแสดงดังรูปที่ 6 ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถโดยสาร ED95 ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการและสภาพการจราจร (ความเร็วเฉลี่ยของการเดินทาง) อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ในประเทศไทยกับต่างประเทศที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียวกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแสดงดังรูปที่ 7

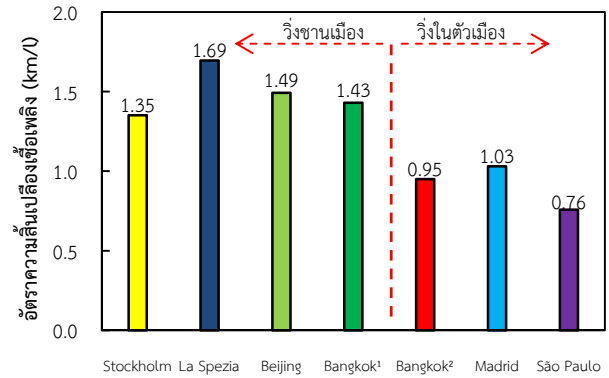
## 6. สรุปผลการศึกษา

จากการประเมินอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเบื้องต้นของการทดสอบใช้งานจริงของรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง หรือรถโดยสาร ED95 พบว่า รถโดยสาร ED95 มีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยระหว่าง 0.94 - 1.43 กิโลเมตรต่อลิตร ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรสำคัญ ได้แก่ จำนวนผู้โดยสาร และ สภาพการจราจร (ความเร็วเฉลี่ยของการเดินทาง)

อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ในประเทศไทยกับต่างประเทศแล้วไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าภูมิภาคที่ต่างกันในการใช้รถโดยสาร ED95 มีผลเพียงน้อยต่ออัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแต่ขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรดังที่สรุปข้างต้น

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่สนับสนุนงานงบประมาณในการทำโครงการสาธิตฯ ตลอดจนหน่วยงานรวมทั้ง 12 หน่วยงาน รวมทั้ง คุณวิชัย จิราธิบุตร บริษัทสแกนเนียสยาม จำกัด ที่ให้การสนับสนุนโครงการเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ ดร.ประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล และ นายพิทโยดม ก้านบัว ซึ่งเป็นผู้เก็บข้อมูลบางหนึ่งในการศึกษานี้



<sup>1</sup>วิ่งชานเมือง ระหว่าง มจธ. บางมด - มจธ. บางขุนเทียน

<sup>2</sup>วิ่งในตัวเมือง ระหว่าง มจธ. บางมด - สยามสแควร์

รูปที่ 7 อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของประเทศที่ใช้รถโดยสาร ED95 ทั่วโลก

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2553). *รายงานพลังงานของประเทศไทยปี 2553*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.eppo.go.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 31/05/2554.
- [2] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2553). *สถานการณ์พลังงานไทยปี (2552) และแนวโน้มปี 2553*,
- [3] Ecklund, E., E., Bechtod, R., L., Timbario, T., J., and McCallum, P., W. (1984). "State-of-the-Art Report on the Use of Alcohols in Diesel Engines" SAE Paper No. 840118.
- [4] Jackson, M., M., Corkwell, C., K., and Degroote C., C. (2003). "Study of Diesel and Ethanol Blends Stability" SAE paper No. 2003-01-3191.
- [5] Egeback K., E. (1993). "Experiences Form the Use of Ethanol for Heavy Duty Compression Ignition Engines", SAE paper No. 931630.
- [6] Bio Ethanol For Sustainable Transport (2009). "The BEST experiences with bioethanol buses", BEST Deliverable No. 2.08.
- [7] SEKAB BioFuels & Chemicals AB (2009). *ED95 ethanol fuel for heavy vehicles*, URL: <http://www.sekab.com/default.asp?id=1900&refid=1980&l3=1974>, access on 23/12/2009.
- [8] SEKAB BioFuels & Chemicals AB (2011). *Safety Data Sheet – Additive ED95 101*.