

กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ทางด้านการคมนาคม : การศึกษา พลังงานเชื้อเพลิงทางเลือกเพื่อรถสองแถวประจำทางภายใน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Clean Development Mechanism (CDM) for Transportation Sector: A Study of Alternative Fuel for Song Thaew in Khon Kaen University

พงษ์พันธ์ แทนเกษม (Phongphan Tankaseam)* ดร.ธเนศ เสถียรนาม (Dr.Thaned Satiennam)**

ดร.สุรัชย์ สติคุณารัตน์ (Dr.Surachai Sathitkunarut)***

บทคัดย่อ

บทความนี้จะเสนอแนวทางในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของรถสองแถวประจำทางที่ให้บริการผ่านภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ตามกระบวนการของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) พร้อมทั้งศึกษาการเลือกใช้เชื้อเพลิงเพื่อลดปริมาณการปล่อย CO_2 โดยที่การคำนวณปริมาณการปล่อย CO_2 นั้นใช้วิธีการคำนวณแบบ Bottom-Up for Network (การคำนวณปริมาณการปล่อย CO_2 จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลยานพาหนะในโครงข่ายถนน) ตามกระบวนการ CDM การคำนวณจากวิธีที่กล่าวมาจะอธิบายจาก 3 กรณีการเลือกใช้พลังงานเชื้อเพลิง โดยจะเลือกใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติอัด (CNG), น้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งมีส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ได้จากพืช 5 เปอร์เซ็นต์ (B5) และน้ำมันดีเซลซึ่งเป็นสถานการณ์ปัจจุบัน (Baseline Case) ว่ามีปริมาณการปล่อย CO_2 แตกต่างกันเท่าใด ทั้งนี้เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเลือกใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่เหมาะสมของการเลือกใช้เชื้อเพลิงของระบบขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยขอนแก่น และเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในวิธีการลดปัญหามลพิษทางอากาศ ผลการศึกษาพบว่าการเลือกใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) สามารถลดปริมาณการปล่อย CO_2 และปริมาณพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ได้สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ ที่ได้ทำการศึกษา

ABSTRACT

This paper presents a methodology for calculating an amount of Carbon Dioxide (CO_2) emissions from Song Thaew (public transportation) of Khon Kaen University following the Clean Development Mechanism (CDM). This study also selects the suitable energy to decrease Carbon Dioxide (CO_2) emissions of Song Thaew. A Bottom-Up for Network approach is used to calculate an amount of Carbon Dioxide (CO_2) emissions which discusses in 3 case studies of alternative types of fuel

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมขนส่ง) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** นักวิจัย ศูนย์คาดการณ์เทคโนโลยีเอเปค สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

energy including: 1) Compressed Natural Gas (CNG), 2) Biodiesel (B5) mixed with 95% diesel and 3) An existing used Diesel (Baseline Case). To compare of CO₂ emissions from different fuel usage, it aims to provide a decision support for selecting fuel for Song Thaew of Khon Kaen University to reduce an air pollution problem. The comparative results can be concluded that CNG is more effective than the others fuel in term of less CO₂ emission and fuel consumption aspects.

คำสำคัญ : กลไกการพัฒนาที่สะอาด การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เชื้อเพลิงทางเลือก

Key Words : Clean development mechanism (CDM), Carbon dioxide emission, Alternative fuel

บทนำ

จากสภาพอากาศของโลกที่แปรปรวนในปัจจุบัน ที่เกิดจากการที่โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เกิดภัยธรรมชาติที่รุนแรงขึ้นในหลายๆ ประเทศสาเหตุหลัก อาจเกิดมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นในภาคพลังงาน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคคมนาคมและขนส่ง สิ่งเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “ภาวะเรือนกระจก” จึงทำให้ทุกฝ่ายพยายามหามาตรการแก้ไขอย่างจริงจัง และจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ นี้เอง อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC) จึงได้เกิดขึ้นจากหลักการ “ความรับผิดชอบร่วมกันในระดับที่แตกต่างกัน” ของ UNFCCC นี้เอง “พิธีสารเกียวโต” หรือ “Kyoto Protocol” จึงได้เกิดขึ้นเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นก๊าซที่มีความสำคัญที่สุด และกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) เป็นหนึ่งในสามกลไกของพิธีสารเกียวโต (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม, 2550)

ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศกำลังพัฒนา ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา รัฐบาลได้ลงทุนทางด้านคมนาคมอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านคมนาคม

และขนส่งทางบก เพื่อตอบสนองความต้องการการเดินทางของประชาชน ทำให้มีปริมาณยานพาหนะส่วนบุคคลมากขึ้นในทุกๆ ปี ซึ่งไม่สอดคล้องกับความจุของถนนในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดปัญหาจราจรติดขัด ปัญหาความต้องการใช้เชื้อเพลิงมากขึ้น ปัญหาดังกล่าวนับวันจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในเขตจังหวัดกรุงเทพมหานครเท่านั้น แต่ปัญหาดังกล่าวยังได้เกิดขึ้นในต่างจังหวัด โดยเฉพาะจังหวัดที่มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจสูงหรือจังหวัดที่มีแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดขอนแก่น เป็นต้น

จังหวัดขอนแก่นเป็นหนึ่งในจังหวัดที่เป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจ ศูนย์กลางการศึกษา และเป็นจุดเชื่อมต่อเครือข่ายการคมนาคมและขนส่งที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในเขตผังเมืองรวมเมืองขอนแก่น มีการเดินทางเฉลี่ยประมาณวันละ 524,241 เที่ยว โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 68 เป็นการเดินทางโดยยานพาหนะส่วนบุคคล และร้อยละ 15 เป็นการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ ที่เหลือเป็นการเดินทางโดยการเดิน รถจักรยาน และยานพาหนะประเภทอื่นๆ ร้อยละ 17 นอกจากนี้จังหวัดขอนแก่นยังมีจำนวนยานพาหนะจดทะเบียนสูงถึง 910,509 คัน ในปี 2549 และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในอัตราประมาณร้อยละ 10 ต่อปี (ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน, 2550) ส่งผลทำให้ความต้องการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสวนทางกลับปริมาณเชื้อเพลิงที่มีอยู่อย่างจำกัด ทั้งยังส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษทาง

อากาศตามมามากด้วย จึงจำเป็นต้องมองหาพลังงานทางเลือก ที่สามารถลดปัญหาดังกล่าวได้ ปัญหาดังกล่าวได้กระจายไปในหลายพื้นที่ในเขตตัวเมืองของจังหวัดขอนแก่น รวมทั้งมหาวิทยาลัยขอนแก่นอีกด้วย

มหาวิทยาลัยขอนแก่นซึ่งตั้งอยู่ในเขตผังเมืองรวมขอนแก่น มีอัตราการขยายตัวค่อนข้างสูงและสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประชากรในกลุ่มนักศึกษา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากตั้งแต่ช่วงปี 2546 เป็นต้นมา ส่งผลให้ในปัจจุบันมีผู้เดินทางมากกว่า 40,000 เที่ยวต่อวัน (ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน, 2550) ซึ่งการเดินทางเกือบทั้งหมดเป็นการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคล จึงทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ขึ้นเช่นเดียวกับในเขตตัวเมืองของจังหวัดขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่นมีระบบขนส่งสาธารณะซึ่งดำเนินการโดยบริษัทเอกชน โดยทั้งหมดเป็นรถกระบะสี่ล้อรับจ้างประจำทาง หรือ รถสองแถว ซึ่งมีทั้งหมด 3 สาย คือ สาย 8 และสาย 16 ทั้งหมดมีเส้นทางให้บริการผ่านพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น เส้นทางของรถสองแถวในแต่ละสายแสดงในรูปที่ 1 ในการศึกษาได้เลือกรถสองแถวประจำทางเป็นยานพาหนะเพื่อศึกษา เป็น Baseline Case ของยานพาหนะชนิดอื่นในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่จะทำการศึกษาต่อไปในอนาคต



รูปที่ 1 เส้นทางให้บริการของรถสองแถวที่ผ่านพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เสนอแนวทางในการคำนวณ เพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของรถสองแถวประจำทางภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. เพื่อจัดทำกรณีอ้างอิง (Baseline) ของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของรถสองแถวประจำทางภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น
3. ศึกษาการเลือกใช้พลังงานเชื้อเพลิง เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

บทความนี้เป็นการศึกษาทางเลือกการใช้พลังงานเชื้อเพลิงตามหลักของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ผู้ทำการศึกษาก็ได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตามหลักของกลไกการพัฒนาที่สะอาด ที่ได้เคยทำการศึกษาในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัยดังนี้

Tippichai (2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการแนะนำการเลือกใช้ พลังงานเชื้อเพลิง ของบริษัทขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ซึ่งมีรถที่ให้บริการจำนวน 3,623 คัน แบ่งเป็นรถโดยสารปรับอากาศจำนวน 2,029 คัน และรถโดยสารไม่ปรับอากาศจำนวน 1,594 คัน ที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยใช้วิธีการคำนวณตามกระบวนการของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) โดยงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการปล่อย CO_2 ของเชื้อเพลิง 2 ชนิด คือ น้ำมันไบโอดีเซล (B10) (มีส่วนผสมของน้ำมันที่ได้จากพืช 10 เปอร์เซ็นต์) และก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) โดยใช้วิธีการคำนวณหาปริมาณ CO_2 แบบ Top-Down และ Bottom-Up1 และในส่วนของการ Emission Factor นั้นได้นำค่าที่ได้มีการศึกษาไว้ก่อนแล้ว ผลการวิเคราะห์ที่ได้นำมาเปรียบเทียบการปล่อย CO_2 กับสถานการณ์ที่ไม่มี การดำเนินโครงการ (Baseline Case) และเมื่อมีดำเนินโครงการ

ผลของงานวิจัยพบว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B10) มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อย CO₂ และมีความคุ้มค่ากว่าการใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (CNG)

Gojash (2005) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก. และบริษัทเอกชน) ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาโครงการ 2 โครงการ คือ 1. โครงการรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ ของบริษัทเอกชน จำนวน 250 คัน ซึ่งใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) 2.โครงการรถโดยสารประจำทางทั้งแบบปรับอากาศและแบบธรรมดาของ ขสมก. จำนวน 3,611 คัน ซึ่งใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) (มีส่วนผสมของน้ำมันที่ได้จากมะพร้าว 20 เปอร์เซ็นต์) วิธีการคำนวณเพื่อหาปริมาณการปล่อย CO₂ ใช้วิธี Top-Down และ Bottom-Up1 และพิจารณาถึงผลที่ได้รับจากโครงการทั้ง 2 โครงการ เช่น ค่าความเสียหายจากก๊าซเรือนกระจก รายได้ที่เกิดจากการขายปริมาณก๊าซเรือนกระจก ความคุ้มค่าในการลงทุน ความคุ้มค่าในการดำเนินโครงการ เป็นต้น ผลของงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า โครงการทั้งสองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และยังแสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าในการลงทุน โดยแสดงจากค่านัยสำคัญ ค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C) และค่าอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

แนวความคิดที่ได้จากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ใช้แนวคิดการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยวิธี Bottom-Up approach ซึ่งคล้ายกับ 2 บทความที่ได้นำมาเป็นวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง แต่จะแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาดังนี้ 1. พื้นการศึกษา 2. ประเภท

ของยานพาหนะ (รถบัสกับรถสองแถว) และ 3. ปริมาณของยานพาหนะมีจำนวนน้อยกว่า ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถคำนวณหาปริมาณการปล่อย CO₂ ได้ใกล้เคียงกว่า จากการใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ และปีการใช้งานของเครื่องยนต์ในแต่ละคัน ซึ่งทั้งสองปัจจัยมีผลต่อการปล่อย CO₂ เป็นอย่างมาก และยังสามารถแยกได้ว่าในแต่ละทิศทางของแต่ละช่วงถนน มีปริมาณ CO₂ เท่าไร ส่งผลทำให้กรณีอ้างอิง (Baseline Case) มีความใกล้เคียงกับสภาพจริงมากขึ้น

วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้ การเก็บรวบรวมและสำรวจข้อมูล

การเก็บรวบรวมและสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจข้อมูลหรือการสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นข้อมูลรถโดยสารประจำทาง (รถสองแถว) ที่ให้บริการผ่านภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประกอบด้วย รถสองแถวสาย 8 (สายเก่าและสายใหม่) และรถสองแถวสาย 16 (สายใหม่) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) ข้อมูลจำนวนรถสองแถวที่ให้บริการทั้งหมดเฉลี่ยต่อวัน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนรถสองแถวทั้งหมดที่ให้บริการเฉลี่ยต่อวัน

รถสองแถว	จำนวนรถที่ให้บริการเฉลี่ย (คัน/วัน)
สาย 16 (ใหม่)	27
สาย 8 (ใหม่)	33
สาย 8 (เก่า)	32
รวม	92

(2) ข้อมูลจำนวนรอบที่ให้บริการเฉลี่ยต่อวัน (วันจันทร์-ศุกร์ และวันเสาร์- อาทิตย์) จำนวนรอบที่ให้บริการเฉลี่ยต่อวันแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนรอบที่ให้บริการของรถสองแถวเฉลี่ยต่อวัน

รถสองแถว	วันปกติ (รอบ/วัน)	วันหยุด (รอบ/วัน)
สาย 16 (ใหม่)	3	2.5
สาย 8 (ใหม่)	7	6
สาย 8 (เก่า)	7	6

(3) ข้อมูลความความเร็วการให้บริการบนช่วงถนน (Link-by-Link) ซึ่งได้จากการเก็บข้อมูลแบบนั่งโดยสารไปกับรถสองแถว แล้วจับเวลาเมื่อผ่าน Node เรียกการสำรวจแบบนี้ว่า On Board Survey และจำนวนในการเก็บข้อมูล (Sample Size) (Roess et al, 2004) ของความเร็วของรถสองแถว นั้นสามารถหาได้จากสมการที่ (1)

$$N = \frac{Z^2 \times S^2}{E^2} \quad (1)$$

โดยที่

N = Number of sample

Z = Equivalent statistic on the standard normal distribution

S = Standard deviation

E = Permitted error

ในการศึกษานี้ ใช้ค่า Z ที่ 95% (Z=1.96) ส่วนค่า Standard deviation หาได้จากตัวอย่างของข้อมูลหรือ Pilot Test ในการทำ Pilot Test นั้นได้เก็บตัวอย่างข้อมูลช่วงเวลาละ 3 ตัวอย่าง และในการศึกษานี้กำหนดให้ค่า Permitted error เท่ากับ ± 3 km/h ของความเร็วเฉลี่ยของการให้บริการ ทั้งนี้เพื่อความน่าเชื่อถือของข้อมูล และจำนวนการเก็บ

ข้อมูลที่เหมาะสม จำนวนตัวอย่างของข้อมูลความเร็วการให้บริการแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนตัวอย่างของข้อมูลความเร็วการให้บริการ

รถสองแถว	วันปกติ (คัน/วัน)	วันหยุด (คัน/วัน)
สาย 16 (ใหม่)	12 (คิดเป็น 44%)	12 (คิดเป็น 44%)
สาย 8 (ใหม่)	9 (คิดเป็น 27%)	9 (คิดเป็น 27%)
สาย 8 (เก่า)	14 (คิดเป็น 44%)	9 (คิดเป็น 28%)

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

เป็นข้อมูลที่ได้มีการศึกษาไว้แล้ว ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

(1) ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ใช้ในการวัดระยะทาง เพื่อหาความเร็วของรถสองแถว

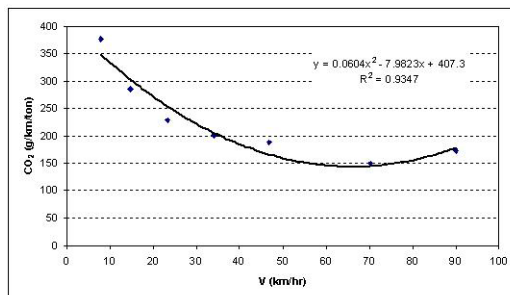
(2) ข้อมูลรุ่นปีของเครื่องยนต์ที่ใช้งานทะเบียนของรถสองแถวสาย 8 (สายเก่าและสายใหม่) และสาย 16 (สายใหม่) ในแต่ละคัน (สำนักงานขนส่งจังหวัดขอนแก่นแห่งที่ 2, 2550) ซึ่งตัวอย่างข้อมูลแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลรุ่นปีการใช้งานของเครื่องยนต์รถสองแถวที่ใช้ในงานวิจัย

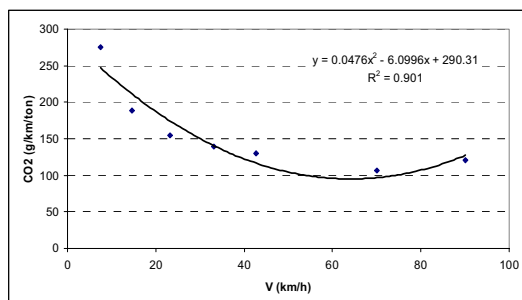
ลำดับที่	เลขทะเบียน	ปีจดทะเบียน	ปีเครื่องยนต์	ชนิดเชื้อเพลิง
1.	10-5930 ขก.	28/05/2546	28/05/2546	ดีเซล
2.	10-6767 ขก.	09/10/2549	09/10/2549	ดีเซล
3.	10-7112 ขก.	22/11/2550	22/11/2550	ดีเซล

(3) ข้อมูลการระบายมลพิษทางอากาศของยานพาหนะ(Emission Model) ในภาคคมนาคมและขนส่ง ได้จาก Emission Model (Ministry of land infrastructure and transport of Japan, 2004)

ที่ได้ทำการศึกษาการระบายมลพิษทางอากาศของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ที่มีอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และทำการศึกษาอัตราการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ในระดับความเร็วที่แตกต่างกัน และในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลยานพาหนะประเภทรถบรรทุกขนาดเล็ก หรือ รถกระบะ (รถสองแถว) ที่ใช้น้ำมันดีเซล แสดงตัวอย่างในรูปที่ 2 และยาน



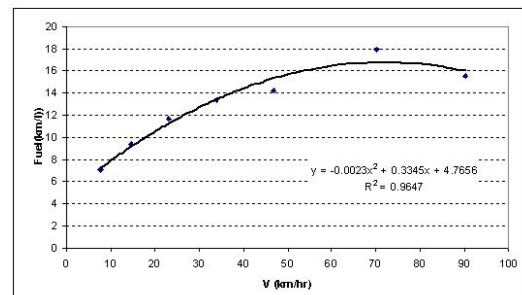
รูปที่ 2 Emission Model ของรถบรรทุกขนาดเล็ก (รถกระบะ) ที่ใช้น้ำมันดีเซล รุ่นปีของเครื่องยนต์ที่ผลิตก่อนปี ค.ศ. 1993



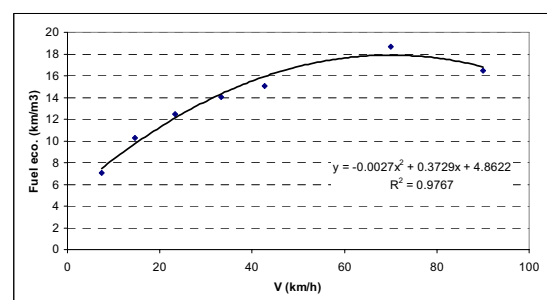
รูปที่ 3 Emission Model ของรถยนต์ส่วนบุคคลที่ดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้ CNG รุ่นปีของเครื่องยนต์ที่ผลิตไม่ต่ำกว่าปี ค.ศ. 2000

สำหรับรุ่นปีของเครื่องยนต์ของรถบรรทุกขนาดเล็กที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย เครื่องยนต์ที่ผลิตก่อนปี ค.ศ.1993 ผลิตระหว่างปี ค.ศ. 1994 - 1997 ผลิตระหว่างปี ค.ศ. 1997 - 2000 และ

พาหนะอีกประเภทที่ใช้ในงานวิจัยก็คือ รถยนต์ส่วนบุคคลที่ดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) แสดงตัวอย่างในรูปที่ 3 ส่วนข้อมูลอัตราการใช้น้ำมันดีเซลของรถกระบะและการใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) ของรถยนต์ส่วนบุคคลแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 อัตราการใช้น้ำมันดีเซลของรถบรรทุกขนาดเล็ก (รถกระบะ) รุ่นปีของเครื่องยนต์ที่ผลิตก่อนปี ค.ศ. 1993



รูปที่ 5 อัตราการใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) ของรถยนต์ส่วนบุคคลที่ดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้ CNG รุ่นปีของเครื่องยนต์ที่ผลิตไม่ต่ำกว่าปี ค.ศ. 2000

ผลิตหลังปี ค.ศ. 2000 ตามข้อมูลที่ได้มีการทำการศึกษาไว้ ปัจจุบันนี้มีผลต่อการปล่อย CO₂ กล่าวคือเครื่องยนต์ที่มีอายุการใช้งานมากจะปล่อย CO₂ มากกว่าเครื่องยนต์ที่มีอายุการใช้งานน้อย ดังนั้น

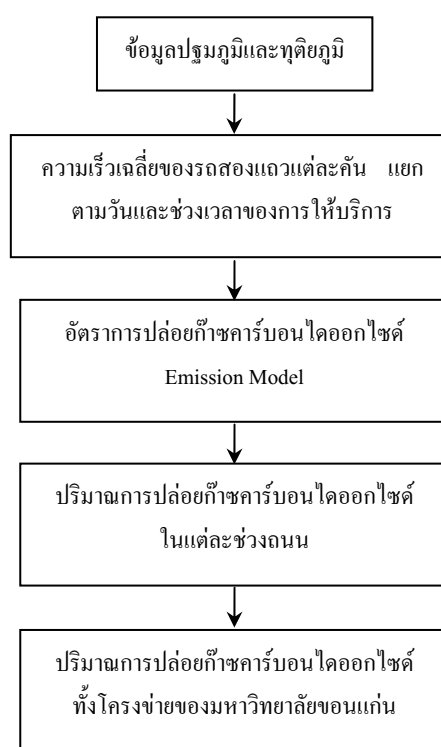
ในการคำนวณการปล่อย CO_2 จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวด้วย

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ในการศึกษานี้ใช้วิธีการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แบบ Bottom - Up Approach จากโครงข่ายถนน และในงานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะรถสองแถว ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

วิธีการคำนวณแบบ Bottom - Up Approach จากโครงข่ายถนน

วิธีการคำนวณหาปริมาณการปล่อย CO_2 แบบ Bottom - Up Approach จากโครงข่ายถนนของมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยที่พิจารณาเฉพาะรถสองแถว ซึ่งวิธีการคำนวณนี้มีความละเอียดมากกว่าวิธีการคำนวณแบบ Top-Down Approach และ Bottom-Up for Vehicle เนื่องจากพิจารณาถึงปริมาณการปล่อย CO_2 รถสองแถวแต่ละคันในแต่ละช่วงของถนนแยกตามทิศทางการให้บริการ, วันและช่วงเวลาของการให้บริการ (07:00-08:00น. 12:00-13:00น. และ 16:00-17:00น.) ซึ่งจะส่งผลให้ผลของการคำนวณมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น วิธีการคำนวณหาปริมาณการปล่อย CO_2 แบบ Bottom - Up Approach จากโครงข่ายถนน มีขั้นตอนการคำนวณแสดงดังรูปที่ 6 ค่าความเร็วของรถสองแถวสามารถใช้คำนวณหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละชนิด ซึ่งหลักการคำนวณคล้ายกับขั้นตอนการหาปริมาณการปล่อย CO_2



รูปที่ 6 ขั้นตอนการคำนวณหาปริมาณการปล่อย CO_2 ด้วยวิธี Bottom - Up Approach จากโครงข่ายถนน

แบบจำลองการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มาจากความเร็วเฉลี่ยของรถสองแถวในแต่ละช่วงถนน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2) (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม, 2550)

$$\text{Emission} = \sum_k \sum_k D_k \times T_k \times Ef_k \times \text{Day} \quad (2)$$

โดยที่

Emission = ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (g CO_2)
 k = ตัวเลขที่แสดงถึงช่วงถนน (Link number)
 D_k = ความยาวของช่วงถนนที่ k (km)
 T_k = ปริมาณจราจร (รถสองแถว) ของช่วงถนนที่ k (vehicles/day)

$$E_f_k = \text{อัตราการปล่อย CO}_2 \text{ บนช่วงถนน } k \\ (\text{g CO}_2/\text{km}) \\ \text{Day} = \text{จำนวนวัน}$$

ค่า E_f_k คำนวณได้จากการนำความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงถนน มาแทนค่าใน Emission Model ที่แยกตามประเภทของเชื้อเพลิงและรุ่นปีการผลิตของเครื่องยนต์ของรถสองแถว

ผลการศึกษา

ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แสดงตามประเภทของเชื้อเพลิงในระยะเวลา 7 ปี (ค.ศ.2009-2015) ตามระยะเวลาของโครงการ CDM (ระยะเวลาโครงการ CDM มี 2 ประเภทคือ 7 ปี และ 10 ปี) และในการศึกษานี้ได้ตั้งสมมุติฐานว่า ปริมาณรถสองแถวไม่เพิ่มขึ้นไปจากปีปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของรถสองแถวในปีพ.ศ. 2545 มีจำนวนเท่ากับปีพ.ศ. 2550 ทั้งนี้เป็นเพราะประชากรส่วนมากเลือกใช้รถส่วนบุคคลในการเดินทาง จึงทำให้ไม่นิยมใช้บริการรถสองแถว จึงส่งผลทำให้บริษัทผู้ดำเนินการไม่เพิ่มจำนวนรถสองแถว (ชาญเวทย์, 2545.) และในการศึกษานี้ยังกำหนดให้ความเร็วเฉลี่ยในแต่ละทิศทางของแต่ละช่วงถนน มีค่าเท่ากับความเร็วเฉลี่ยของในปีปัจจุบัน

ความเร็วเฉลี่ยและปริมาณการปล่อย CO_2 ของรถสองแถวในแต่ละเส้นของช่วงถนน

ตัวอย่างผลการคำนวณความเร็วของรถสองแถวและปริมาณการปล่อย CO_2 แสดงในตารางที่ 5 ซึ่งในการคำนวณนั้นจะคำนวณทั้งสามช่วงเวลา (07:00-08:00น. 12:00-13:00น. และ 16:00-17:00น.) แยกตามช่วงถนน ทิศทางการเดินทาง และวันในการให้บริการ (วันปกติและวันหยุด)

ตารางที่ 5 ตัวอย่างผลความเร็วและปริมาณการปล่อย CO_2 ของรถสองแถว

ลำดับ ที่	ช่วงถนน เฉลี่ย	ความเร็ว (g CO_2)	CO_2 /วัน (km/h)
1.	ประตูสู่ฐาน	-	-
2.	ร.ร.สาธิต	36.70	11353.90
3.	สามแยกตึกอธิการบดี	49.53	25517.34
4.	สี่แยกคณะวิศวกรรมฯ	31.42	8784.50
5.	สามแยกคณะสาขาฯ	27.82	7628.47
6.	สามแยกคณะพยาบาล	29.06	4877.81
7.	วงเวียนคณะเทคนิคฯ	33.72	5027.21
8.	สามแยกคณะเภสัช	29.62	4443.20
9.	สี่แยกคณะศึกษาฯ	34.54	3384.48
10.	คณะมนุษยศาสตร์	30.96	6434.01
11.	ศูนย์อาหารและบริการ	32.35	7215.70
12.	สามแยกรพก.	25.03	6707.94
13.	สามแยกหอ 16	26.95	2638.53
14.	หอพัก 9 หลัง	42.44	14841.48

หมายเหตุ: รถสองแถวสาย 8 สายเก่า (จำนวน 32 คันๆ ละ 2 รอบ) ช่วงเวลา 07:00-08:00 น. ในวันปกติ ทิศทางมุ่งเข้ามหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปริมาณการปล่อย CO_2 ของรถสองแถวที่ใช้ น้ำมันดีเซล (Baseline Case)

การคำนวณปริมาณการปล่อย CO_2 สามารถคำนวณได้จากความเร็วเฉลี่ยของรถสองแถวในแต่ละช่วงถนน แยกตามเวลา วันของการให้บริการ นำค่าความเร็วเฉลี่ยดังกล่าวมาหาค่า E_f_k แล้วจึงนำค่า E_f_k มาดำเนินการตามสมการที่ 2 ผลการคำนวณการปล่อย CO_2 ของน้ำมันดีเซล แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณการปล่อย CO₂ ของรถสองแถวที่ใช้น้ำมันดีเซล

รถสองแถว	ปริมาณการปล่อย CO ₂ (tCO ₂ /year)	ค.ศ. 2009-2015 (tCO ₂)
สาย 16 (ใหม่)	60.67	424.70
สาย 8 (ใหม่)	288.94	2,022.60
สาย 8 (เก่า)	271.42	1,899.94
ปริมาณรวม	621.03	4,347.24

ปริมาณการปล่อย CO₂ ของรถสองแถวที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B5)

การคำนวณปริมาณการปล่อย CO₂ ของรถสองแถวที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B5) มีหลักการคำนวณจากการลดลงของปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลตามอัตราส่วนของชนิดน้ำมันดีเซล (B5 มีส่วนผสมของน้ำมันดีเซล 95 % และน้ำมันที่ได้จากพืช 5%) เพราะน้ำมันไบโอดีเซล (B5) สามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลปกติ หลังจากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปคูณกับค่าความร้อนเฉพาะของน้ำมันดีเซล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.46 MJ/liter (DEDE, 2006) หลังจากนั้นจะคูณด้วยค่าการระบาย CO₂ ของน้ำมันดีเซล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.2 tCO₂/TJ (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006) ซึ่งค่าทั้งสองเป็นค่าแนะนำในการหาปริมาณการปล่อย CO₂ ของน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งได้จากการทบทวนวรรณกรรม สุดท้ายจะต้องคูณด้วย 44/12 เพื่อแปลงหน่วย ผลการคำนวณปริมาณการปล่อย CO₂ ของน้ำมันไบโอดีเซล B5 แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณการปล่อย CO₂ ของรถสองแถวที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B5)

รถสองแถว	ปริมาณการปล่อย CO ₂ (tCO ₂ /year)	ค.ศ. 2009-2015 (tCO ₂)
สาย 16 (ใหม่)	54.79	383.55
สาย 8 (ใหม่)	269.85	1888.95
สาย 8 (เก่า)	252.59	1768.13
ปริมาณรวม	577.23	4040.61

ปริมาณการปล่อย CO₂ ของรถสองแถวที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (CNG)

การคำนวณปริมาณการปล่อย CO₂ จะดำเนินการตามสมการที่ 2 แต่ในส่วนของค่า Ef_k นั้นจะนำเอาค่า Ef_k ของรถยนต์ส่วนบุคคลที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) ในการศึกษาที่ได้ตั้งสมมุติฐานให้สอดคล้องกับข้อมูลจริงที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ขับรถสองแถว พบว่าการที่รถสองแถวจะเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิง CNG นั้นสามารถจะใช้วิธีการเปลี่ยนเครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์เบนซินของรถยนต์ส่วนบุคคล แล้วจึงดัดแปลงเครื่องยนต์เบนซินเพื่อให้ใช้เชื้อเพลิงจาก CNG ได้ ผลการคำนวณการปล่อย CO₂ ของรถสองแถวที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณการปล่อย CO₂ ของรถสองแถวที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (CNG)

รถสองแถว	ปริมาณการปล่อย CO ₂ (tCO ₂ /year)	ค.ศ. 2009-2015 (tCO ₂)
สาย 16 (ใหม่)	37.47	262.30
สาย 8 (ใหม่)	176.97	1,238.76
สาย 8 (เก่า)	165.80	1,160.63
ปริมาณรวม	380.24	2,661.68

ปริมาณการปล่อย CO₂ ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้น้ำมันดีเซล (Baseline Case)

ปริมาณการปล่อย CO₂ ที่ลดลงจากการเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงมาเป็นไบโอดีเซล (B5) และก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) ในระยะเวลา 7 ปี (ปีค.ศ.2009-ค.ศ.2015) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล ที่ใช้ในปัจจุบัน (Baseline Case) แสดงใน ตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ปริมาณการปล่อย CO₂ ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

รถสองแถว	ปริมาณ CO ₂ ที่ลดลงใน 7 ปี (tCO ₂)	
	B5	CNG
สาย 16 (ใหม่)	41.16 (10%)	162.40 (38%)
สาย 8 (ใหม่)	133.7 (7%)	783.84 (39%)
สาย 8 (เก่า)	131.81 (7%)	739.31 (39%)
ปริมาณรวม	306.7 (7%)	1,685.55 (39%)

หมายเหตุ: ค่าในวงเล็บแสดงถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของการปล่อย CO₂

ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของรถสองแถวภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น (Baseline Case)

การคำนวณปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล สามารถคำนวณหาได้จาก ความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงถนน แล้วหาค่าอัตราการใช้้ำมันดีเซล (ขั้นตอนในส่วนนี้คล้ายกับขั้นตอนในการคำนวณหาปริมาณการปล่อย CO₂) ผลของการคำนวณ แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของรถสองแถวภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น

รถสองแถว	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Kilo liters/year)	ค.ศ. 2009-2015 (Kilo Liters)
สาย 16 (ใหม่)	21.37	149.59
สาย 8 (ใหม่)	105.25	736.75
สาย 8 (เก่า)	98.52	689.64
ปริมาณรวม	225.15	1576.05

ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดของรถสองแถวภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น (CNG)

การคำนวณปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) ผลของการคำนวณจะอยู่ในหน่วยลูกบาศก์เมตร (m³) ซึ่งสามารถแปลงหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) ได้โดยใช้ค่าความหนาแน่นมาตรฐาน (ค่าความหนาแน่นของ CNG = 0.95 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และในงานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมุติฐานว่า ใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติอัดเพียงอย่างเดียว ไม่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงร่วม (เบนซินรวมกับก๊าซธรรมชาติอัด) ผลของปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) ของรถสองแถวแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดของรถสองแถวภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น

รถสองแถว	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Kilo m ³ / year)	ค.ศ. 2009-2015 (Kilo m ³)
สาย 16 (ใหม่)	18.08	126.56
สาย 8 (ใหม่)	89.50	626.50
สาย 8 (เก่า)	83.78	586.46
ปริมาณรวม	191.35	1339.45

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถสรุปประเด็นผลลัพธ์ที่สำคัญได้ดังนี้

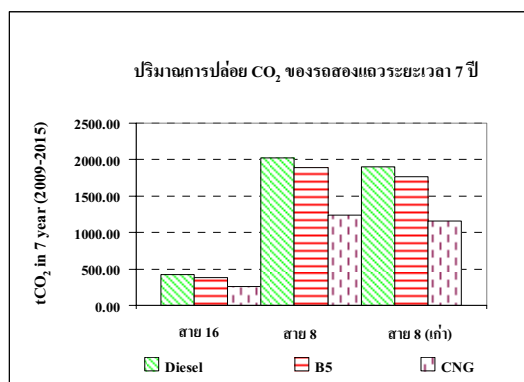
1. การใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B5) แทนการใช้แก๊สธรรมชาติของรถสองแถวภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในระยะเวลา 7 ปีได้ประมาณ 7 เพอร์เซ็นต์

2. การใช้แก๊สธรรมชาติอัด (CNG) แทนการใช้แก๊สธรรมชาติของรถสองแถวภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในระยะเวลา 7 ปีได้ประมาณ 39 เพอร์เซ็นต์

3. การใช้แก๊สธรรมชาติของรถสองแถวภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นในระยะเวลา 1 ปี มีการใช้น้ำมันดีเซลประมาณ 225,000 ลิตร

4. การใช้แก๊สธรรมชาติอัด (CNG) ของรถสองแถวภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นในระยะเวลา 1 ปี มีการใช้ CNG ประมาณ 191,000 ลูกบาศก์เมตร

แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อย CO_2 ของเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด (น้ำมันดีเซล, น้ำมันไบโอดีเซล (B5) และแก๊สธรรมชาติอัด (CNG)) แสดงในรูปที่ 7 ซึ่งจะพบว่าแก๊สธรรมชาติอัด (CNG) ปล่อย CO_2 น้อยกว่าพลังงานเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ



รูปที่ 7 เปรียบเทียบการปล่อย CO_2 ของรถสองแถวภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นใน 7 ปี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำผลสรุปของการวิจัยไปดำเนินโครงการต่อไป ดังนี้

1. ในการวิจัยนี้ได้คำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถสองแถวที่ใช้แก๊สธรรมชาติ และแก๊สธรรมชาติอัด (CNG) ซึ่งสามารถนำผลที่ได้มาคำนวณค่าใช้จ่ายในการซื้อเชื้อเพลิงในปัจจุบัน ซึ่งจะพบว่าแก๊สธรรมชาติอัด (CNG) มีค่าใช้จ่ายในการซื้อเชื้อเพลิง แต่มีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องคำนึงหากมีการปรับเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิง CNG เช่น ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเครื่องยนต์หรือดัดแปลงเครื่องยนต์, ระยะเวลาในการติดตั้ง เวลาในการรอเติมเชื้อเพลิง เพราะสถานีให้บริการแก๊สธรรมชาติอัด มีจำนวนน้อย และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่มากกว่าเชื้อเพลิงชนิดเดิม ปัจจัยนี้ล้วนเป็นค่าใช้จ่ายที่จำเป็นต้องคำนึงถึง หากจะลงทุนเพื่อเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพียงใด

2. งานวิจัยนี้จึงเสนอแก๊สธรรมชาติอัด (CNG) ให้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงทางเลือกหนึ่งสำหรับโครงการ KKU Shuttle Bus (โครงการระบบขนส่งมวลชนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น) จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจะบรรลุเป้าหมายที่จะพัฒนามหาวิทยาลัยขอนแก่นให้เป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ภายใต้โครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST) สัญญารับทุนเลขที่ TGIST 01-51-101 และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก 2 หน่วยงาน คือ ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน (SIRDC) มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ ขนส่งจังหวัดขอนแก่น แห่งที่ 2 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชาญเวทย์ หริพ่าย. 2545. การจัดการระบบรถประจำทางสำหรับมหาวิทยาลัยเมือง
ภูมิภาค : มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ภาควิชา
วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สำนักงานขนส่งจังหวัดขอนแก่นแห่งที่ 2. 2550.
ฝ่ายวิชาการขนส่ง. จังหวัดขอนแก่น.
- สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งจราจรกระทรวง
คมนาคม. 2550.โครงการศึกษาความ
เหมาะสมในการดำเนินโครงการตามกลไก
การพัฒนาที่สะอาด (Clean Development
Mechanism). ศูนย์วิจัยและพัฒนา
โครงสร้างพื้นฐานอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัย
ขอนแก่น.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างยั่งยืน.
2550. โครงการศึกษาวิจัยและออกแบบผัง
แม่บทมหาวิทยาลัยขอนแก่น. ภาควิชา
วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- DEDE .2006. “Thailand Energy Situation 2006”,
Department of Alternative Energy
Development and Efficiency (DEDE),
Ministry of Energy, Thailand.
- Gojash, O. 2005. “Preliminary study on estimation
of ancillary benefits from potential clean
development mechanism (CDM) project
in transport sector”, Journal of the
Eastern Asia Society for Transportation
Studies, Vol. 6, pp. 3225–3240.
- IPCC. 2006. “Guidelines for National Greenhouse
Gas Inventories”, Prepared by the
National Greenhouse Gas Inventories
Programme, Eggleston H.S., Buendia L.,
Miwa K., Ngara T. and Tanabe K.
(eds). Published: IGES, Japan.
- Ministry of land infrastructure and transport of
Japan(MLIT-Japan), 2004. “Final
report of Study to promote clean
development mechanism (CDM) in
transport sector to resolve global
warming problem”, in Japanese.
- Roess, R P., Prassas, E S., et al. 2004, “Traffic
Engineering”, 3 rd Edition, Pearson
Prentice Hall New Jersey.
- Tippichai, A. 2007, “Clean Development
Mechanism in transport sector: Assumed
projects of alternative fuel introduction
to bus operation”, The 13th National
Convention on Civil Engineering,
Pattaya.