NUEJ
NARESUAN UNIVERSITY
ENGINEERING JOURNAL

กรอบแนวคิดการประมูลงานด้วยวิธีต้นทุนบวกก๊าซ (CPG) ในงานก่อสร้างถนน
A Framework of Cost Plus Gas (CPG) Bidding Method for Road Construction

เมธากุล มีธรรม[1*], วชรภูมิ เบญจโอฬาร[2]

[1*,2]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
E-mail: D5740178@g.sut.ac.th

บทคัดย่อ

งานก่อสร้างถนนทางหลวงมีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อนจากการใช้พลังงาน วัสดุ และเครื่องจักรที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศจำนวนมากในแต่ละโครงการ การดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซในงานก่อสร้างนี้ยังไม่ได้รับความร่วมมือจากผู้รับเหมามากนักเพราะไม่ทำให้ได้รับผลตอบแทนเพิ่มขึ้น กรอบแนวคิดในการศึกษานี้นำเสนอวิธีการประมูลงานด้วยต้นทุนบวกก๊าซ (Cost Plus Gas: CPG Bidding Method) จากการรวบรวมทางเลือก (Reduction Options) ที่ผู้รับเหมาจะสามารถลดการปล่อยก๊าซลงได้ เพื่อให้เป็นผลตอบแทนแก่ผู้รับเหมาผ่านกระบวนการของสัญญาจ้างเหมา ปริมาณก๊าซที่ลดลงได้ในแต่ละทางเลือกจะถูกกำหนดให้เป็นมูลค่าของต้นทุนสิ่งแวดล้อม (Eco-Cost) ในรูปของเงินที่คำนวณจากราคาซื้อขายคาร์บอนในตลาดคาร์บอน (Carbon Market) นำต้นทุนดังกล่าวไปพิจารณาร่วมกับราคาประมูลเบื้องต้นของงานโครงการก่อสร้างถนนของรัฐที่ผู้รับเหมาเสนอตั้งแต่รายที่เสนอราคาต่ำสุดลำดับที่ 2 จนถึงรายที่เสนอราคาสูงสุด ผลจากกรอบแนวคิดนี้คาดว่าจะสามารถ 1) วิเคราะห์และแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซจากทางเลือกแต่ละวิธีการที่จะสามารถเปลี่ยนผลการประมูลงานได้ 2) สร้างแรงจูงใจต่อผู้รับเหมาที่อาจไม่ได้เป็นผู้เสนอราคาต่ำสุดแต่สามารถถูกพิจารณาให้เป็นผู้ชนะการประมูลงานได้ด้วยผลตอบแทนจากการดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซในกระบวนการก่อสร้าง

คำสำคัญ: วิธีการประมูลงาน, ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก, การสร้างแรงจูงใจ, งานก่อสร้างถนน

Abstract

Road constructions plays a significant role in greenhouse gas (GHG) release into the atmosphere which due to consume a great deal of energy, materials and machinery. The voluntary GHG reduction by contractors is rare because outweigh obvious benefits. This incentive framework will propose a cost + gas (CPG) bidding method which gather the reduction options to reducing GHG by contractors, which will pay benefit back to them via construction contract. The levels of reducing GHG in each option is conformed to eco-cost that is value in carbon market. The eco-cost will use to discount initial construction cost of each offered bid. The proposed framework will be able to 1) analyse and reveal performance of all of options to reducing GHG and changeable the bid winner, and 2) create incentive to contractors who are do not offered the minimised bid, but they will probably to be the bid winner by the benefit from the reducing GHG emission levels.

Keywords: Bidding Methods, Reduced Greenhouse Gas, Incentive, Road Construction.

1. บทนำ

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) ในชั้นบรรยากาศเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Global Warming) [1, 2] ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำหรือกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ งานก่อสร้างเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีการใช้ทรัพยากรทั้งพลังงานและวัสดุอุปกรณ์จำนวนมากในแต่ละโครงการ [3] ภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้างจึงมีบทบาทสำคัญต่อการปล่อยก๊าซที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ประเทศไทยมีรายงานว่าภาคพลังงานมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซมากที่สุด สาขาอุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้างถูกระบุว่าเป็นสาขาหลักที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซสูงสุดเป็นลำดับที่ 3 (คิดเป็น 13.4%) ของปริมาณการปล่อยก๊าซรวมของทั้งประเทศ รองจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการผลิตพลังงาน (คิดเป็น 29%) และการปล่อยจากการขนส่ง (คิดเป็น 19.5%) [4] ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซสูงสุดเป็นอันดับที่ 2 ของโลกรองจากประเทศจีน [1] มีรายงานถึงปริมาณการปล่อยก๊าซของภาคอุตสาหกรรมเป็นสัดส่วนมากที่สุดและสาเหตุหลักเกิดจากการใช้พลังงานเป็นสำคัญ โดยอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีการปล่อยก๊าซมากเป็นอันดับที่ 3 (คิดเป็น 1.8%) ของ

ปริมาณการปล่อยก๊าซรวมทั้งประเทศ ลำดับรองลงมาจากอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซ (คิดเป็น 7%) และอุตสาหกรรมเคมี (คิดเป็น 5.2%) [5] สอดคล้องกับระดับปริมาณการปล่อยก๊าซสูงสุด 3 ลำดับแรกของทั้งโลกคือภาคพลังงาน ภาคอุตสาหกรรม และภาคการขนส่ง [1] ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างทั้งสิ้น

ผู้เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการก่อสร้างก็ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวนี้ จึงได้มีความพยายามในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยดำเนินการในหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับประเภทของงานก่อสร้างซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน เช่น งานก่อสร้างอาคารมีความพยายามในการจัดการกับปัญหาก๊าซเรือนกระจกนี้โดยมุ่งให้ความสำคัญกับการคิดค้นและเลือกใช้นวัตกรรมด้านวัสดุที่มีการใช้พลังงานในการผลิต และ/หรือปล่อยก๊าซตลอดวัฏจักรชีวิตที่น้อยลงกว่าวัสดุปกติทั่วไป [6] งานก่อสร้างถนนทางหลวงซึ่งเป็นงานก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคของภาครัฐก็มีการดำเนินการที่มุ่งเน้นที่การบริหารจัดการการใช้งานเครื่องจักร วัสดุ และพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น [7, 8] หรือการเปลี่ยนทดแทนเครื่องจักรเก่าด้วยเครื่องจักรใหม่ที่มีการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซน้อยลง รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์เสริมที่ช่วยลดการปล่อยไอเสียจากเครื่องจักรด้วย เป็นต้น แต่มาตรการดังกล่าวยังไม่ค่อยได้รับความร่วมมือจากผู้รับเหมามากนัก เพราะไม่มีผลตอบแทนจากการร่วมมือตามวิธีการดังกล่าวอย่างชัดเจน [8]

กรอบแนวคิดนี้ได้เสนอวิธีการประมูลงานด้วยต้นทุน+ก๊าซ (Cost Plus Gas: CPG Bidding Method) มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงความเป็นไปได้ที่อาจเปลี่ยนผลการประมูลงานเพื่อสร้างแรงจูงใจต่อผู้รับเหมา โดยประยุกต์ใช้เงื่อนไขของรูปแบบในสัญญาของงานก่อสร้างถนน มีเป้าหมายเพื่อต้องการแสดงให้ผู้รับเหมาเห็นว่าหากผู้รับเหมาสมัครใจและสามารถลดการปล่อยก๊าซจากกิจกรรมในงานก่อสร้างตามทางเลือก (Reduction Options) ที่เจ้าของงานกำหนดขึ้นได้ โดยในงานศึกษานี้มุ่งเน้นที่จะเสนอทางเลือกจากการใช้งานเครื่องจักรในงานก่อสร้างถนนมากกว่างานก่อสร้างอาคาร (การใช้งานเครื่องจักรในงานถนนมีมากกว่าในงานอาคาร) ปริมาณการปล่อยก๊าซที่ลดลงได้นี้จะถูกนำไปคิดมูลค่าและผนวกเข้าไว้กับราคาประมูลงานซึ่งทำให้ราคาประมูลที่ผู้รับเหมาเสนอต่ำลงได้ โดยที่ผู้รับเหมาไม่ได้ลดราคาลงมาจริง ๆ ผลตอบแทนจากความร่วมมือนี้จะเป็นแรงผลักดันและกระตุ้นให้ผู้รับเหมาในอุตสาหกรรมการก่อสร้างโดยเฉพาะงานก่อสร้างถนนมีการแข่งขันด้านสิ่งแวดล้อม หรือเป็นการก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Eco-Friendly Constructions) มากขึ้นได้ในที่สุด

2. องค์ประกอบของกรอบแนวคิด

กรอบแนวคิดในการศึกษานี้อาศัยพื้นฐานจากการศึกษาและรวบรวมงานวิจัยในอดีตประกอบด้วย การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซจากงานก่อสร้าง ทางเลือกเพื่อลดการปล่อยก๊าซจากงานก่อสร้าง และสัญญางานก่อสร้างถนนที่นำมาใช้สร้างแรงจูงใจ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การประเมินการปล่อยก๊าซจากงานก่อสร้าง

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต้องการวิธีการที่ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตามมาตรฐานสากลและเป็นที่ยอมรับ วิธีการประเมินดังกล่าวที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงกว้างวิธีการหนึ่งคือ วิธีการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) [9] ที่ดำเนินการภายใต้กรอบวิธีการขององค์การมาตรฐานสากล (The International Organization for Standardization: ISO) ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO14040: 2006 และ ISO14044: 2006 [10] เป็นการคำนวณจากปริมาณสารขาเข้าทั้งพลังงานและวัสดุที่ถูกใช้ตลอดกระบวนการตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบ การผลิตวัสดุและ/พลังงาน การใช้งานและการบำรุงรักษา ตลอดจนการกำจัดซากหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ของผลิตภัณฑ์หรือบริการใด ๆ และยังสามารถใช้กับกิจกรรมในงานก่อสร้างด้วยว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง [11, 12] วิธีการ LCA มีการแบ่งออกเป็นหลายวิธีด้วยกัน เช่น โพรเซสเบส (Process-Based) อินพุท-เอาท์พุทเบส (I-O Based) และวิธีไฮบริด (Hybrid Method) เป็นต้น การเลือกใช้วิธีการใด ๆ นั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละขั้นตอน โดยทั่วไปในงานก่อสร้างวิธีไฮบริด LCA มักถูกนำมาใช้ กล่าวคือ ช่วงการผลิตวัสดุจะถูกประเมินด้วยวิธีอินพุท-เอาท์พุทเบส ในขณะที่ช่วงการก่อสร้างและการขนส่งจะถูกประเมินด้วยวิธีโพรเซสเบส [12]

2.2 ทางเลือกเพื่อลดการปล่อยก๊าซจากงานก่อสร้าง

การดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซจากกิจกรรมใด ๆ สามารถดำเนินการได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การลดการใช้พลังงานเมื่อไม่จำเป็นในอาคารบ้านเรือน การใช้พลังงานสะอาดหรือพลังงานทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล การบริหารจัดการการใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในองค์กรภาคอุตสาหกรรม รวมถึงการรณรงค์ของรัฐบาลในหลายประเทศที่ให้ความรู้เพื่อปลุกจิตสำนึกการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนเพื่อลดการปล่อยก๊าซในชีวิตประจำวัน ซึ่งการดำเนินการมีทั้งแบบภาคสมัครใจ (Voluntary Parties) ที่ดำเนินการโดยไม่ได้อยู่ภายใต้ข้อผูกมัดใด ๆ และการดำเนินการภายใต้พันธะหรือข้อกำหนดระเบียบ (Enforcement Parties) ที่จะต้องดำเนินการตามเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น

จากการศึกษาพบว่างานวิจัยของ Eštoková และคณะ [6] ได้ทำการประเมินการปล่อยก๊าซจากวัสดุทั่วไปกับวัสดุทางเลือกชนิดอื่นเพื่อแสดงถึงศักยภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซลงได้จากการเปลี่ยนทดแทนวัสดุในงานก่อสร้างอาคาร สำหรับงานก่อสร้างถนนจากงานวิจัยของ Ahn และคณะ [8] ได้นำเสนอทางเลือกเพื่อลดการปล่อยก๊าซจำนวน 5 ทางเลือก

ประกอบด้วย การเปลี่ยนทดแทนเครื่องจักรเก่าด้วยเครื่องจักรใหม่ การติดตั้งอุปกรณ์เสริมที่ช่วยลดการปล่อยไอเสียจากเครื่องจักร การใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 แทนน้ำมันดีเซล การเปลี่ยนทดแทนเครื่องจักรเก่าด้วยเครื่องจักรไฮบริด และการเลือกใช้วัสดุจากแหล่งวัสดุที่ใกล้ที่สุด

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาทางเลือกดังกล่าวนั้นยังมีข้อจำกัดของทางเลือกที่ไม่เหมาะสมและไม่สามารถนำมาปรับใช้ได้โดยทั่วไป คือ การใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ไม่มีการจำหน่ายอย่างแพร่หลายและเพียงพอในเชิงพาณิชย์จะมีแค่น้ำมันไบโอดีเซล B5 เท่านั้น รวมถึงการเปลี่ยนทดแทนเครื่องจักรเก่าด้วยเครื่องจักรใหม่หรือเครื่องจักรไฮบริดทั้งหมดในคราวเดียวจะเป็นการเพิ่มต้นทุนแก่ผู้รับเหมาซึ่งเกิดขึ้นได้ยากในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์และเพิ่มทางเลือก [13] ที่เป็นไปได้มาใช้ในกรอบแนวคิดนี้ดังแสดงในหัวข้อที่ 3.1

2.3 สัญญางานก่อสร้างถนนที่นำมาใช้สร้างแรงจูงใจ

การเสนอผลตอบแทนเป็นเครื่องมือเพื่อสร้างแรงจูงใจ (Incentive) ต่อผู้รับเหมางานก่อสร้าง โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นตามเงื่อนไขของสัญญาในแต่ละรูปแบบ การเลือกรูปแบบสัญญาขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการสร้างแรงจูงใจว่าต้องการในทิศทางใด การจูงใจผู้รับเหมาให้ดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ที่เจ้าของงานต้องการถูกนำมาใช้ผ่านข้อกำหนดของสัญญางานก่อสร้างมาเป็นเวลานาน งานก่อสร้างถนนก็ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนารูปแบบของสัญญาขึ้นมาตามวัตถุประสงค์ที่เปลี่ยนไปด้วย ตัวอย่างเช่น หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านงานก่อสร้างและบำรุงรักษาถนนในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดสัญญาแบบต้นทุน+เวลา (Cost Plus Time or A+B Bidding) ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$Bid\ award\ \cos t = A + B \qquad (1)$$

เมื่อ A คือต้นทุนค่าก่อสร้าง (Construction Cost) และ B คือต้นทุนที่คำนวณมูลค่าจากระยะเวลาการก่อสร้าง (Time Cost) เป็นการกำหนดเงื่อนไขในการตัดสินผู้ชนะการประมูลงานที่จะพิจารณาทั้งด้านราคาร่วมกับด้านระยะเวลาในการก่อสร้างตามที่ผู้รับเหมาแต่ละรายเสนอมา สัญญาแบบการเช่าพื้นที่ถนน (Lane Rental) เป็นการกำหนดเงื่อนไขที่จะคิดมูลค่าเสมือนค่าเช่าพื้นที่ที่ต้องปิดการจราจรระหว่างการก่อสร้างหรือซ่อมบำรุงจากผู้รับเหมา สัญญาแบบ Incentives/Disincentives เป็นการกำหนดเงื่อนไขที่จะจ่ายผลตอบแทนแก่ผู้รับเหมาหากสามารถลดระยะเวลาในการทำงานและส่งมอบงานได้เร็วขึ้น และในทางตรงกันข้ามจะถูกคิดค่าปรับหากส่งมอบงานล่าช้าด้วยเช่นกัน [14, 15] เป็นต้น รูปแบบสัญญาในงานก่อสร้างถนนดังที่กล่าวมาข้างต้นถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ที่เจ้าของงานต้องการซึ่งได้รับผลตอบรับและความร่วมมืออย่างดีเยี่ยม [8, 16]

จากงานวิจัยของ Ahn และคณะ [8] ได้นำทางเลือกดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.2 ไปคำนวณเป็นต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม (Eco-Cost) ร่วมกับ Construction Cost เพื่อพิจารณาเป็นราคาประมูลงานบนพื้นฐานของสัญญาแบบ A+B Bidding โดยจะคำนวณ Eco-Cost จากข้อมูลของงานวิจัยในอดีตของ Vogtländer และคณะ [17] เพิ่มเข้าไปกับผู้รับเหมาทุกรายก่อนที่จะถูกพิจารณาเป็นราคาประมูลงาน ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$Bid\ award\ \cos t = A + \{C \times weight\} \qquad (2)$$

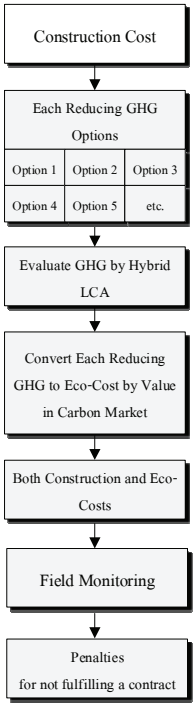
เมื่อ A คือต้นทุนค่าก่อสร้าง (หน่วยดอลล่าร์สหรัฐ) และ C คือต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม (หน่วยดอลล่าร์สหรัฐ) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาว่าหากใช้มูลค่าที่นำมาคำนวณ Eco-Cost [17] แล้วมูลค่าดังกล่าวจะเป็นมูลค่าคงที่ซึ่งไม่ผันแปรและอาจไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในอนาคต ต่างจากมูลค่าของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent: CO_2-e) ในตลาดคาร์บอน (Carbon Market) ที่มูลค่ามีความเคลื่อนไหวตลอดเวลาที่มีการซื้อขาย

3. การดำเนินงานตามวิธี CPG

จากการศึกษาถึงแนวทางในการสร้างแรงจูงใจต่อผู้รับเหมางานวิจัยนี้จึงได้เสนอกรอบแนวคิดวิธีการประมูลงานด้วย CPG ซึ่ง ประยุกต์จากแนวคิดการประมูลงานบนพื้นฐานของสัญญาแบบ A+C Bidding [8] ที่แสดงถึงความเป็นไปได้ในการให้ผลตอบแทนเมื่อผู้รับเหมาร่วมมือในการลดการปล่อยก๊าซในโครงการก่อสร้างมาพิจารณาร่วมด้วย ร่วมด้วยการประยุกต์แนวคิดของสัญญาแบบ Incentives/Disincentives [14, 15] เพื่อเพิ่มบทกำหนดโทษเข้าไว้ในวิธี CPG นี้ด้วย โดยคาดว่าจะสามารถจูงใจให้ผู้รับเหมาสมัครใจและยินดีให้ความร่วมมือมากขึ้นเพื่อสนับสนุนกระบวนการที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซจากกิจกรรมงานก่อสร้างถนนนี้ หากได้รับผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและเป็นธรรม

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธี CPG

วิธีการประมูลงานแบบ CPG นี้ได้กำหนดแนวทางในการดำเนินงานไว้เป็น 6 ขั้นตอนสำคัญ ประกอบด้วย 1) หาทางเลือกที่เป็นไปได้ในการลดการปล่อยก๊าซจากการก่อสร้าง 2) หาวิธีการที่เหมาะสมและสามารถแสดงถึงปริมาณการปล่อยก๊าซจากการก่อสร้าง 3) นำปริมาณการปล่อยก๊าซของทางเลือกทั้งหมดมาคิดเป็นต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม 4) ประยุกต์ใช้เงื่อนไขของสัญญาเพื่อกำหนดเป็น CPG Bidding Method 5) ติดตามตรวจสอบการดำเนินกิจกรรมของโครงการก่อสร้างถนนที่ใช้วิธี CPG 6) ประยุกต์เพิ่มเงื่อนไขการลงโทษปรับหากผู้รับเหมาไม่สามารถดำเนินการลดการปล่อยก๊าซตามที่กำหนดได้ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผังการไหลตามวิธีการ Cost Plus Gas (CPG)

1) หาทางเลือกที่เป็นไปได้ในการลดการปล่อยก๊าซจากการก่อสร้างถนน การศึกษาได้รวบรวมงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องและนำมากำหนดเป็นทางเลือกเพื่อลดการปล่อยก๊าซจากงานก่อสร้างถนน (Reduction Options) ซึ่งทางเลือกดังกล่าวจะถูกประยุกต์ให้มีความยืดหยุ่นต่อการนำไปปฏิบัติด้วย เช่น การนำไปปฏิบัติที่ให้ผู้รับเหมาเสนอเท่าที่ตนจะทำได้ เช่น เสนอในรูปร้อยละของเครื่องจักรที่จะเปลี่ยนทดแทนหรือครอบครองอยู่ หรือร้อยละของการติดตั้งอุปกรณ์ลดการปล่อยก๊าซ เป็นต้น กรอบแนวคิดนี้เสนอทางเลือกจำนวน 5 รูปแบบ ประกอบด้วย

Option1: การเลือกเทคนิควิธีการก่อสร้างที่สามารถปล่อยก๊าซน้อยลงได้ [13] เป็นการคำนวณจากปริมาณวัสดุและพลังงานที่ประเมินไว้จากข้อมูลการออกแบบ (Bill of Quantities: BOQ) โดยเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกของเทคนิควิธีการก่อสร้างที่ต่างกันภายใต้มาตรฐานและข้อกำหนดของผลงานเดียวกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถแสดงให้เห็นปริมาณการปล่อยก๊าซที่ต่างกันตามวิธีการก่อสร้างที่ผู้รับเหมาเลือกใช้ เช่น ผู้รับเหมาเลือกใช้การก่อสร้างรื้อวัสดุชั้นทางเดิมมาก่อสร้างใหม่ (Pavement Recycling) แบบผสมในที่ก็จะมีมูลค่าลดการปล่อยก๊าซคิดเพิ่มให้ (มูลค่า G) เมื่อเทียบกับผู้รับเหมาเลือกการก่อสร้างแบบผสมในโรงงาน เป็นต้น

Option2: การเปลี่ยนทดแทนเครื่องจักรเก่าด้วยเครื่องจักรใหม่บางส่วนหรือทั้งหมดในรูปร้อยละ (เพิ่มความยืดหยุ่นในการนำไปปฏิบัติ) ในที่นี้เสนอแนวคิดเบื้องต้นว่าอาจจะเป็น 25%, 50% หรืออื่นใดก็ได้ ทางเลือกนี้เป็นการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะนำไปสู่ปริมาณการปล่อยก๊าซของเครื่องจักรเก่าและเครื่องจักรใหม่จากชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรที่ประเมินได้จากข้อมูลการออกแบบ (BOQ) การเปรียบเทียบนี้จะพิจารณาจากข้อมูลปีที่ผลิตเครื่องจักรเป็นหลัก โดยการเปรียบเทียบตามร้อยละที่เสนอว่าจะเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ตั้งสมมุติฐานว่าเครื่องจักรที่มีอยู่เดิมในครอบครองของผู้รับเหมาก่อนการเปลี่ยนทดแทนถูกจัดอยู่ใน Tier1 (เก่ากว่า) และกำหนดให้ค่ามาตรฐานการปล่อยก๊าซเครื่องจักรเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ การคำนวณจะเปรียบเทียบจากปริมาณที่ต่างกันของเครื่องจักรจากรุ่นที่เก่ากว่า (Tier1) มาเป็นรุ่นปีที่ใหม่กว่าตามต้องการ (Tier1 Tier2 Tier3 Tier4i และ Tier4f) ปริมาณก๊าซที่แตกต่างกันนี้จะถูกคิดจากการเสนอเปอร์เซ็นต์ที่จะเปลี่ยนเครื่องจักรจาก Tier ที่ต่ำกว่าไปเป็นเครื่องจักรใหม่กว่า และคำนวณปริมาณที่ลดการปล่อยก๊าซได้จากสมการที่ (3) ตัวอย่างเช่น เสนอเปลี่ยนทดแทนเป็น Tier2 จำนวน 50% เปลี่ยนเป็น Tier4i จำนวน 20% และไม่เปลี่ยน 30% จะสามารถลดการปล่อยได้เท่ากับผลรวมของสมการที่ เป็นต้น

$$Emissions = \sum_{x=tier1}^{tier4f} \%r_x \times a_x \qquad (3)$$

เมื่อ r คือเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนทดแทนของเครื่องจักรระหว่าง 0% ถึง 100% ($r_{tier1} + r_{tier2} + r_{tier3} + r_{tier4i} + r_{tier4f} = 100\%$) และ a คือเปอร์เซ็นต์การลดการปล่อยก๊าซนั้น ๆ (CO_2, CO, HC, PM, NO_x)

Option3: การติดตั้งอุปกรณ์ในการลดการปล่อยก๊าซ เป็นการเปรียบเทียบจากค่าการปล่อยก๊าซที่ลดลงจากการติดตั้งอุปกรณ์ โดยจะคำนวณจากชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรที่ประเมินไว้จากข้อมูลการออกแบบ (BOQ) ร่วมกับข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องจักร

Option4: การเปลี่ยนทดแทนเครื่องจักรเก่าด้วยเครื่องจักรไฮบริดบางส่วนดำเนินการในลักษณะเดียวกับการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ แต่มีความแตกต่างที่มีการเปลี่ยนเครื่องจักรในทางเลือกนี้จะจำกัดให้มีการเปลี่ยนเครื่องจักรแบบไฮบริดเป็นการเฉพาะเท่านั้น

Option5: การเลือกใช้วัสดุจากแหล่งวัสดุที่ใกล้ที่สุด เป็นการคำนวณเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซที่เกิดจากการขนส่งวัสดุที่ใช้เพื่อการก่อสร้าง เช่น หินคลุก ดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ เหล็กเส้น เป็นต้น การประเมินจะคำนวณจากระยะทางการขนส่งวัสดุระหว่างแหล่งวัสดุที่เจ้าของงานระบุในข้อมูลการออกแบบ (Construction Drawing) หรือจากแหล่งที่กรมทางหลวงแนะนำ ในแผนที่แสดงแหล่งวัสดุใกล้สายทางของกรมทางหลวง กับแหล่งวัสดุที่ผู้รับเหมาเสนอว่าจะใช้จากแหล่งใดถึงสถานที่ก่อสร้าง (กึ่งกลางสายทาง) จากการรวบรวมข้อมูลระยะทางขนส่งวัสดุจากแหล่งแนะนำของกรมทางหลวงจำนวน 10 โครงการ พบว่ามีระยะทางขนส่งระหว่าง 61 - 119 กม. สำหรับวัสดุดินลูกรัง และ 35 – 159 กม. สำหรับวัสดุหินคลุก แม้ว่าการขนส่งที่ระยะทางใกล้กว่าจะสามารถลดการปล่อยก๊าซ

ได้มากกว่าการขนส่งที่ไกลกว่า แต่การกำหนดค่านั้นยังทำได้ยากเพราะระยะทางถึงแหล่งที่แนะนำจะเปลี่ยนไปในการก่อสร้างแต่ละโครงการ ความสามารถในการลดก๊าซจึงผันแปรกับระยะทางที่ขนส่งของรถบรรทุก การศึกษานี้จึงตั้งสมมุติฐานให้ระยะใกล้สุดของวัสดุลูกรังอยู่ในสายทางและไกลสุดที่ระยะทาง 159 กม. (0-159 กม.) และคิดระยะใกล้สุด-ไกลสุดของหินคลุกที่ระยะจากแหล่งแนะนำ (61-119 กม.) ดังนั้นค่าศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซ CO_2-e จากระยะทางการขนส่งที่สั้นลงได้ เช่นผู้รับเหมาเสนอระยะทางขนส่งหินคลุก 80 กม. นำมาคำนวณตามสมการที่ (4) พบว่าลดการปล่อยก๊าซลงได้ (2.708x4.08x(80-119)) = 430 kgCO_2-e แต่ถ้าผู้รับเหมาเสนอระยะทางขนส่งมากกว่า 119 กม. ก็จะถือว่าไม่ได้รับมูลค่าลดการปล่อยก๊าซจากทางเลือกนี้ เป็นต้น

$$CO_2 = 2.708 \times EC \times (OD - RD) \quad (1)$$

เมื่อ EC = ปริมาณน้ำมันที่ใช้ขนส่งต่อเที่ยว (4.08 ลิตร/กม.), OD = ระยะทางขนส่งที่ผู้รับเหมาเลือก (หน่วย กม.), RD = ระยะทางขนส่งจากแหล่งแนะนำของกรมทางหลวง (หน่วย กม.) และ CO_2 = ปริมาณที่ลดการปล่อย CO_2-e (หน่วย kgCO_2-e/เที่ยว)

Reduction Options ที่เสนอเพื่อลดการปล่อยก๊าซนี้จะถูกกำหนดขึ้นโดยเจ้าของงานเพื่อให้เกิดความเป็นธรรมว่าทุกทางเลือกจะถูกคำนวณบนพื้นฐานวิธีการเดียวกัน การกำหนดในลักษณะดังกล่าวนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อไม่ให้เป็นการเพิ่มภาระแก่ผู้รับเหมาที่จะต้องหาผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินการปล่อยก๊าซมาช่วยพิจารณาในการตัดสินใจ แต่ในทางตรงกันข้ามผู้รับเหมาจะสามารถพิจารณาทางเลือกที่จะเข้าร่วมได้ด้วยการประเมินความพร้อมของตนเองที่จะดำเนินการด้วยทางเลือกใดในขณะก่อสร้างเท่านั้นเอง

2) หาวิธีการที่เหมาะสมและสามารถแสดงถึงปริมาณการปล่อยก๊าซจากการก่อสร้างที่มีผลลัพธ์น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ กรอบแนวคิดนี้เลือกใช้วิธีฮฮบริด LCA ทำการประเมินโดยกำหนดขอบเขตของระบบแบบ Cradle-to-Gate ตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบ การผลิตวัสดุก่อสร้าง และขั้นตอนการก่อสร้าง (ไม่รวมช่วงการใช้งาน/บำรุงรักษา และการกำจัดซาก) กำหนดหน่วยการทำงาน (Functional Unit) เป็นเมตริกตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อช่องจราจร-กิโลเมตร (Metric Tonnes of Carbon Dioxide Equivalent per Lane-Kilometres: TCO_2-e/Lane-km)

3) นำปริมาณการปล่อยก๊าซของทางเลือกทั้งหมด ซึ่งอยู่ในรูปของผลกระทบที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Impact) หน่วยเมตริกตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (TCO_2-e) มาคิดเป็นต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมด้วยราคาคาร์บอนที่มีการซื้อขายจริงอ้างอิงจาก Carbon Market ณ เดือนที่ยื่นประมูลงานมีหน่วยเป็นดอลล่าร์สหรัฐต่อเมตริกตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (USD/TCO_2-e) แล้วแปลงในกลับเป็นหน่วยบาท เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลการประมูลงานที่จะใช้ในขั้นตอนต่อไป

4) ประยุกต์ใช้เงื่อนไขของสัญญาแบบ A+B Bidding Method ของหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านงานก่อสร้างและบำรุงรักษาถนนในประเทศสหรัฐอเมริกา [14, 15] ร่วมกับสัญญาแบบ A+C Bidding [8] เป็นการพิจารณาต้นทุนค่าก่อสร้างร่วมกับต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมที่คำนวณจากปริมาณการปล่อยก๊าซที่ลดลงได้ของผู้รับเหมาแต่ละราย โดยนำต้นทุนนี้ไปหักออกจากราคาประมูลเดิมที่เคยเสนอไว้ (Initial Bids Offered) เพื่อทำให้เสมือนว่าราคาที่เสนอต่ำลงตามมูลค่าของก๊าซที่ลดการปล่อยลงได้ กำหนดเป็นสมการต้นทุนบวกก๊าซ ที่จะเรียกว่า CPG Bidding Method ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$CPG's\ Bid = C + G \quad (4)$$

เมื่อ C คือต้นทุนค่าก่อสร้างจากราคาประมูลเบื้องต้น (หน่วยบาท) และ G คือต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมอ้างอิงจาก Carbon Market ณ เดือนที่ยื่นประมูลงาน (หน่วยบาท)

5) ติดตามตรวจสอบการดำเนินกิจกรรมของโครงการก่อสร้างถนนที่ใช้วิธี CPG เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซที่สามารถลดลงได้หลังการก่อสร้างว่าผู้รับเหมารายนั้น ๆ สามารถปฏิบัติได้จริงตาม Reduction Options ที่ได้เสนอไว้ในขั้นตอนของการประมูลงานหรือไม่ [18] โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการรวบรวมข้อมูลภาคสนาม (Materials, Machinery and Fuel usage) เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาถึงปริมาณการปล่อยก๊าซหลังก่อสร้าง

6) ประยุกต์เพิ่มเงื่อนไขการลงโทษปรับ (Penalty) ตามสัญญาแบบ Incentives/Disincentives ซึ่งเป็นการกำหนดเงื่อนไขที่จะคิดค่าปรับต่อผู้รับเหมาตามมูลค่าที่เคยได้นำมาคิด Eco-Cost เต็มมูลค่าที่ได้รับประโยชน์มาจากขั้นตอนที่ 3 หากผู้รับเหมาไม่สามารถดำเนินการลดการปล่อยก๊าซตาม Reduction Options ที่เสนอในการประมูลงานได้อย่างครบถ้วน ผู้วิจัยพิจารณาถึงความเป็นธรรมต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้ง 3 ฝ่าย คือ ผู้รับเหมาที่ชนะการประมูล ผู้รับเหมาที่แพ้การประมูล และเจ้าของงานเพื่อให้สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง จึงขอเสนอเกณฑ์เบื้องต้นในการพิจารณาเพื่อลงโทษปรับจะเกิดขึ้นเมื่อผู้รับเหมามีการผิดเงื่อนไขในการลดการปล่อยก๊าซ แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพิจารณาถึงความเป็นจริงในทางปฏิบัติอาจมีความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้จึงได้เสนอเกณฑ์คลาดเคลื่อนก่อนโดนปรับโทษ เกณฑ์นี้จะไม่ทำให้ผู้รับเหมาเกิดความกังวลมากจนเกินไปว่าจะโดนปรับหากเข้าร่วมกับวิธีการของแนวคิดนี้ โดยแนวคิดในเบื้องต้นอาจเป็นการกำหนดให้ปรับโทษเมื่อมีการผิดเงื่อนไขโดยรวมเกินกว่า 5%, 7%, 10% หรือร้อยละใด ๆ ของปริมาณการปล่อยก๊าซ (แต่ควรมีค่าที่ยอมให้นี้) ตาม Reduction Options ที่ผู้รับเหมารายนั้น ๆ เสนอไว้ในขั้นตอนของการประมูลงาน ตัวอย่างเช่น หากผู้รับเหมา Bidder D ยื่นประมูลงานด้วยการเสนอ Reduction Option 3

+ Reduction Option 5 ซึ่งเจ้าของงานประเมินว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซลงได้ 1,000 $kgCO_2$-e แต่เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนที่ 5 แล้วพบว่าปริมาณก๊าซที่ลดลงได้มีเพียง 800 $kgCO_2$-e หรือคลาดเคลื่อนไป (200/1,000) คิดเป็น 20% ถ้าสมมุติว่ากำหนดเกณฑ์ไว้ 10% ดังนั้น Bidder D จะถูกลงโทษปรับด้วยมูลค่าเต็มจำนวน 1,000 $kgCO_2$-e x Eco-Cost เป็นต้น ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้รับเหมาเสนอ Reduction Options เพียงเพื่อชนะการประมูลโดยที่ไม่สามารถนำไปดำเนินการได้จริง การคิดค่าปรับนี้จะทำให้เงื่อนไขของสัญญาที่ประมูลงานด้วยวิธี CPG เกิดความสมดุลและยุติธรรมต่อผู้รับเหมาทุกรายอย่างแท้จริง

3.2 ข้อมูลประกอบการดำเนินงานตามวิธี CPG

การดำเนินงานตามวิธี CPG ต้องใช้ข้อมูลประกอบที่ได้การเก็บรวบรวมซึ่งผู้วิจัยได้จำแนกข้อมูลจากแหล่งที่มาออกเป็น 3 แหล่งคือ 1) ข้อมูลจากการออกแบบ (Design Data) หมายถึงข้อมูลจากเจ้าของงานผู้ว่าจ้างที่มีอยู่ก่อนการก่อสร้างจะเริ่มดำเนินงานประกอบด้วย ข้อมูลราคากลาง (Estimate Cost or Bill of Quantities) แบบแปลนก่อสร้างและรายละเอียดประกอบการก่อสร้างตามสัญญา (Construction Drawing) 2) ข้อมูลจากการประมูลงาน (Bid Data) หมายถึงข้อมูลการเสนอราคาประมูลงานเบื้องต้นด้วยต้นทุนค่าก่อสร้างที่ผู้รับเหมาแต่ละรายเสนอต่อเจ้าของงาน และ 3) ข้อมูลจากภาคสนาม (Field Data) หมายถึงข้อมูลจากการเก็บรวบรวมการทำงานจริงในสนามประกอบด้วย ปริมาณวัสดุที่ใช้งานจริง (Materials Usage) ชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร (Machinery usage hours) และปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Usage) ที่มีการบันทึกไว้ในภาคสนาม สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินงานตามวิธี CPG

Items	Sources		
	Design Data	Bid Data	Field Data
1. Bill of Quantities	✓		
2. Construction Drawing	✓		
3. Construction Cost		✓	
4. Materials usage in field			✓
5. Machinery usage hours			✓
6. Fuel usage in field			✓

3.3 การนำวิธี CPG ไปใช้งาน

วิธีการประมูลงานแบบ CPG นี้ในเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้กับโครงการก่อสร้างถนน โดยสามารถดำเนินการได้ 2 รูปแบบทั้งโครงการที่มีผลการประมูลงานแล้วก็จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยสาธิตให้ผู้รับเหมาเห็นว่าผลของความร่วมมือจะสามารถให้ผลตอบแทนคุ้มค่าพอที่จะเข้าร่วมหรือไม่สำหรับโครงการที่ตนเองเคยยื่นประมูลงานแต่ไม่ชนะการประมูลนั้น ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งเป็นโครงการที่จะประมูลงานในอนาคตเมื่อนำวิธีการ CPG นี้มาใช้จะสามารถส่งเสริมให้ผู้รับเหมาเกิดการแข่งขันด้านราคามากขึ้นเพื่อชดเชยกับ Eco Cost ที่ผู้รับเหมารายอื่น ๆ ได้รับหากมีแค่ตนเองรายเดียวที่ไม่สมัครใจจะร่วมมือกับมาตรการลดการปล่อยก๊าซที่เจ้าของงานเสนอให้ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการ CPG ยังสามารถนำไปปรับใช้กับงานก่อสร้างประเภทอื่น ๆ ได้ด้วยการกำหนดมาตรการทางเลือกเพื่อลดการปล่อยก๊าซดังกล่าวให้สอดคล้องกับงานก่อสร้างนั้น ๆ

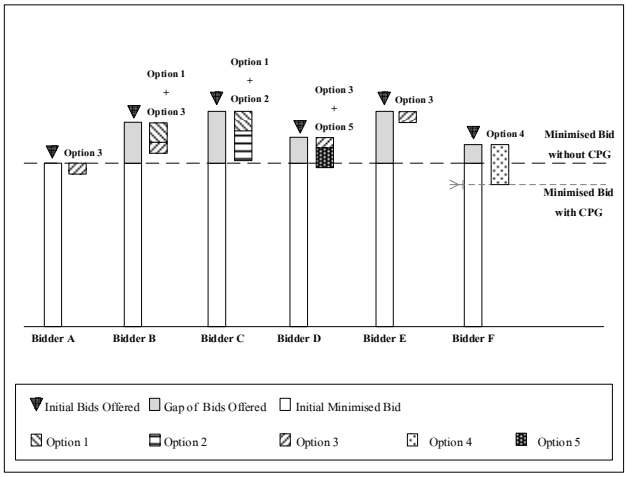
4. ผลที่คาดว่าจะได้รับจากวิธีการ CPG

การประยุกต์ใช้เงื่อนไขของสัญญาแบบ Incentive/Disincentive และวิธีของ Ahn และคณะเข้าไว้ในกรอบแนวคิด CPG นี้จะมีความแตกต่างที่ CPG จะเพิ่มความยืดหยุ่นให้ผู้รับเหมานำไปปฏิบัติได้มากขึ้น เพิ่มบทลงโทษเพื่อป้องกันความได้เปรียบหรือเสียเปรียบที่จะทำให้การประมูลงานนี้ไม่เป็นธรรม และปรับให้การคำนวณลดลงแค่คิดจาก Option ที่ลดการปล่อยก๊าซลงได้ ซึ่งต่างจากวิธีของ Ahn และคณะที่จะต้องคำนวณการปล่อยก๊าซรวมทั้งหมดของทั้งโครงการที่คิดจากต้นทุนการปล่อยก๊าซในแต่ละวิธี ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้กรอบแนวคิดนี้มีความน่าสนใจที่ได้รับการนำไปปฏิบัติมากขึ้น

กรอบแนวคิดการประมูลงานด้วย CPG นี้มีผลที่คาดว่าจะได้รับอยู่ 2 ข้อหลักด้วยกัน คือ การแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้และการจะนำไปปฏิบัติจริงของการดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซในอุตสาหกรรมงานก่อสร้าง ดังนี้

1) คาดว่าจะสามารถวิเคราะห์และแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซซึ่งจะแตกต่างกันตามทางเลือกแต่ละวิธีการ และมีน้ำหนักเพียงพอที่จะสามารถเปลี่ยนผลการประมูลงานได้

2) คาดว่าจะสามารถสร้างแรงจูงใจต่อผู้รับเหมาให้ร่วมมือในการลดการปล่อยก๊าซเพื่อแลกกับผลตอบแทนที่จะได้รับในการประมูลงาน ตัวอย่างเช่น ในการประมูลงาน Bidder A ได้เสนอราคาต่ำสุด (Minimised Bid) ด้วยต้นทุนค่าก่อสร้างเพียงอย่างเดียวและเป็นผู้ชนะการประมูลงาน ในทางตรงกันข้ามเมื่อใช้วิธี CPG ผู้รับเหมาแต่ละรายจะแข่งขันกันเสนอมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซที่ตนเองเลือก ด้วยวิธีการนี้ Bidder F ซึ่งอาจไม่ได้เป็นผู้ที่เสนอราคาต่ำสุดแต่สามารถถูกพิจารณาให้เป็นผู้ชนะการประมูลงานได้ด้วยวิธีการประมูลงานแบบ CPG ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลที่คาดจากการประมูลงานตามวิธี Cost Plus Gas (CPG) ประยุกต์จาก Ahn และคณะ [8]

5. อภิปรายสรุป

กรอบแนวคิดการประมูลงานด้วยวิธี CPG เกิดจากความกังวลถึงปัญหาการปล่อยก๊าซ GHG ที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดภาวะโลกร้อน วัตถุประสงค์ของ CPG เพื่อต้องการสนับสนุนให้ผู้รับเหมาเกิดความร่วมมืออย่างสมัครใจในการลดการปล่อยก๊าซ GHG จากในงานก่อสร้างโดยเฉพาะงานก่อสร้างถนน โดยอาศัยกลไกของสัญญาที่รวมเอา Eco Cost ที่คิดจากปริมาณที่ลดการปล่อยก๊าซลงได้มาเป็นผลตอบแทนร่วมกับ Construction Cost เพื่อพิจารณาเป็นราคารวมที่ผู้รับเหมารายนั้น ๆ เสนอในการประมูลงาน ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยในอดีตเพื่อรวบรวมแนวคิดประกอบการพิจารณาเพื่อเสนอเป็น Reduction Options เพื่อลดการปล่อยก๊าซจากงานก่อสร้างในวิธี CPG นี้ โดยพิจารณาเฉพาะทางเลือกที่จะไม่เพิ่มภาระต่อผู้รับเหมามากนักเพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติ พร้อมกันนี้ผู้วิจัยได้เสนอทางเลือกเพิ่มเติมจากงานศึกษาในอดีตของผู้วิจัยเองเข้าไว้ในทางเลือกของวิธี CPG ด้วย การติดตามตรวจสอบช่วงหลังก่อสร้างเพื่อนำมาเป็นข้อกำหนดในการลงโทษปรับก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่ผู้วิจัยได้เสนอเพิ่มเติมเข้ามาในวิธี CPG มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้ง 3 ฝ่าย คือ ผู้รับเหมาที่ชนะการประมูล ผู้รับเหมาที่แพ้การประมูล และเจ้าของงานเมื่อนำไปปฏิบัติจริง ท้ายที่สุดวิธี CPG นี้จะช่วยให้เกิดการแข่งขันในด้านราคาสำหรับผู้รับเหมาที่ไม่ร่วมลดการปล่อยก๊าซ และเกิดการแข่งขันเพื่อความยั่งยืน (Sustainability) สำหรับผู้รับเหมาที่ร่วมมือในการลดการปล่อยก๊าซ วิธีการ CPG นี้ยังชี้ให้เห็นว่าการแข่งขันเพื่อให้เกิด Construction Eco-Friendly ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างสามารถเกิดขึ้นได้จริงหากมีวิธีการที่เป็นธรรมต่อทุกฝ่าย

อย่างไรก็ตามวิธี CPG นี้ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างจากการตั้งข้อสังเกตของผู้วิจัยพบว่าแต่ละ Reduction Options มีบทบาทสำคัญเมื่อถูกนำมาแปลงเป็น Eco-Cost เพื่อนำมาพิจารณาร่วมกับ Construction Cost และจะยิ่งสำคัญมากขึ้นหากมูลค่านี้มีการผกผันหรือสวนทางกับช่วงห่างของ Construction Cost ที่ผู้รับเหมาแต่ละรายเสนอมาในช่วงแรก กล่าวคือหาก Eco-Cost ของแต่ละทางเลือกมีมูลค่าน้อยมาก แต่ช่วงห่างของราคา Construction Cost ก็มีมูลค่าน้อยก็จะส่งให้ความสำคัญน้อยลงเช่นกัน ในทางตรงกันข้ามหาก Eco-Cost ของแต่ละทางเลือกมีมูลค่าน้อยมากแต่ช่วงห่างของ Construction Cost กลับมีมูลค่ามากก็จะส่งให้ Reduction Options มีความสำคัญว่าจะมีมูลค่ามากพอที่เปลี่ยนผลการประมูลงานได้หรือไม่ ถึงกระนั้นผู้วิจัยก็ยังมีความเห็นว่าวิธี CPG นี้ยังมีความน่าสนใจที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติ ด้วยเหตุผลที่ว่าแม้จะมีข้อจำกัดดังกล่าวมาข้างต้นแต่เมื่อเป็นการประมูลงานแบบปิดราคา (Sealed Bid Auction) ผู้รับเหมาทุกรายจะไม่ทราบล่วงหน้าว่าตนเองคือผู้ที่เสนอ Construction Cost ต่ำที่สุดแล้วหรือไม่ ส่งผลให้แม้ว่าผู้รับเหมารายที่เสนอ Construction Cost ต่ำที่สุดและมีช่วงห่างจากราคาของผู้รับเหมารายอื่นมากกว่า Eco-Cost จะสามารถเปลี่ยนผลการประมูลงานได้ ผู้รับเหมารายที่เสนอต่ำสุดดังกล่าวนั้นก็ยังคงต้องเสนอ Reduction Options ที่ตนเองจะสามารถปฏิบัติได้มาด้วยเช่นเดียวกับผู้รับเหมารายอื่น ๆ ทำให้วิธี CPG มีความเป็นเครื่องมือสนับสนุนให้เกิดความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมงานก่อสร้างได้อย่างดีเยี่ยม

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Fifth Assessment Report - Synthesis Report, 2014, [Online]. Available: http://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/syr/SYR _AR5_FINAL _full.pdf

[2] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCC). Kyoto Protocol, 1998, [Online]. Available: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

[3] K. Park, Y. Hwang, S. Seo, and H. Seo, "Quantitative Assessment of Environmental Impacts on Life Cycle of Highways," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 129, no. 1, pp. 25–31, 2003.

[4] Office of National Environmental Policy and Planning (ONEP). Ministry of Natural Resources and Environment, "2nd Thailand's National GHG Inventories Report." Bangkok, 2010.

[5] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), "Quantifying Greenhouse Gas Emissions from Key Industrial Sectors in the United States." [Online]. Available: http://archive.epa.gov/sectors/web/pdf/greenhouse-report.pdf

[6] A. Eštoková, and M. Porhinčák, "Reduction of Primary Energy and CO_2 Emissions Through Selection and Environmental Evaluation of Building Materials," *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, vol. 46, no. 6, pp. 704–712, 2012.

[7] H. G. Avetisyan, E. Miller-Hooks, and S. Melanta, "Decision Models to Support Greenhouse Gas Emissions Reduction from Transportation Construction Projects," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 138, no. 5, pp. 631–641, 2012.

[8] C. Ahn, F. Peña-Mora, S. Lee, and C. A. Arboleda, "Consideration of the Environmental Cost in Construction Contracting for Public Works: A+C and A+B+C Bidding Methods," *Journal of Management in Engineering*, vol. 29, no. 1, pp. 86–94, 2013.

[9] J. A. Fava, "Why take a life cycle approach?: United Nations Publication," 2004, [Online]. Available: http://www.unep.fr/ scp/publications /details.asp?id=DTI/0585/PA

[10] M. Finkbeiner, A. Inaba, B. H. R. Tan, K. Christiansen, and H.-J. Klüppel, "The New International Standards for Life Cycle Assessment: ISO 14040 and ISO 14044," *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 11, no. 2, pp. 80–85, 2006.

[11] Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), "Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products," 2009, [Online]. Available: http://www. unep.fr/scp /publications/details.asp?id=DTI/1164/PA

[12] T. Hong, C. Ji, M. Jang, and H. Park, "Assessment Model for Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions during Building Construction," *Journal of Management in Engineering*, vol. 30, no. 2, pp. 226–235, 2014.

[13] M. Metham, and V. Benjaoran, "Comparison Greenhouse Gas Emissions Due to Different Construction Techniques on Road Construction Project," In Press: Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok, vol. 8, no. 2, 2017.

[14] Michigan Department of Transportation, "Innovative Construction Contracting Guide," [Online]. Available: http://www.michigan.gov/documents/mdot/Innovative_C onstruction_Contracting_340000_7.pdf

[15] Minnesota Department of Transportation, "Innovative Contracting Guidelines," [Online]. Available: http://www.dot.state.mn.us/const/tools/docs/Guidelines Dec 2008.pdf

[16] K. El-Rayes, "Optimum Planning of Highway Construction under A + B Bidding Method," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 127, no. 4, pp. 261–269, 2001.

[17] J. G. Vogtländer, H. C. Brezet, and Ch. F. Hendriks, "The virtual eco-costs '99, a single LCA-based indicator for sustainability and the eco-costs/value ratio (EVR) model for economic allocation." *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 6, no. 3, pp. 157–166, 2001.

[18] M. Metham, and V. Benjaoran, "The Assessment of Greenhouse Gas Emissions for Evaluating Actual Road Construction Operations," in *Proc. 2015 31st Annual Association of Researchers in Construction Management Conf.,* pp.257-266.

7. ชีวประวัติ

นายเมธากุล มีธรรม
นักศึกษาปริญญาเอกสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รศ.ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี