

การประเมินวัฏจักรชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง Life Cycle Assessment and Its Application in the Construction Industry

ชลิตา สุวรรณ¹

Chalita Suwan¹

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมกรรมการก่อสร้างมีการบริโภคพลังงานและทรัพยากร เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมและเกิดขยะในปริมาณสูง ปัจจุบันหลายประเทศได้ประยุกต์ใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตตามที่กำหนดในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจหรือการกำหนดแนวทางเพื่อให้สามารถใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดมลภาวะน้อยที่สุด การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ ทั้งวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งานผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์ บทความฉบับนี้นำเสนอเกี่ยวกับแนวคิดและวิธีการของการประเมินวัฏจักรชีวิต จากนั้นได้เสนอตัวอย่าง การประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อเปรียบเทียบวัสดุก่อสร้างและเพื่อประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร พร้อมทั้งอภิปรายถึงจุดเด่นและข้อจำกัด กลยุทธ์ด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตในอุตสาหกรรมก่อสร้าง รวมถึงข้อเสนอแนะ อันจะทำให้การดำเนินการต่างๆ ตามแนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตเกิดผลสัมฤทธิ์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า การประเมินวัฏจักรชีวิตสามารถใช้เป็นแนวทางในการนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน และเป็นเครื่องมือในการประเมินทาง

สิ่งแวดล้อมที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล อีกทั้งสามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมก่อสร้างได้

คำสำคัญ: การประเมินวัฏจักรชีวิต อุตสาหกรรมก่อสร้าง การพัฒนาที่ยั่งยืน

Abstract

The construction industry is responsible for high resource and energy consumption, environmental pollution and solid waste generation. Currently, many countries apply Life Cycle Assessment (LCA), which is based on International standard series ISO 14040, to decision making or guidance in order to improve energy consumption efficiency and to minimize environmental pollution. LCA is a methodology considering the entire life cycle of products or services from raw material acquisition through production, transportation, use and disposal. Firstly, this review details LCA concept and methodology. Secondly, this paper explores the different ways of using LCA for building material comparison and LCA of the whole building life cycle. In additions, advantages

¹ อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และจัดการอุตสาหกรรมก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปรำจันบุรี

Tel. 0-3721-7300-4 Ext. 7057, E-mail: chalitas@kmutnb.ac.th

and limitations of LCA, LCA strategies and guidance approaching to LCA achievement in the construction industry are provided in this review. In summary, it can be stated that the application of LCA is fundamental to sustainability and LCA can be used as an environmental assessment tool of which international acceptance and is possible to employ in the construction industry.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA), Construction Industry, Sustainable Development

1. บทนำ

ปัจจุบันอาคารและสิ่งปลูกสร้างยังคงมีความต้องการอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลดีในเชิงสังคมและเศรษฐกิจ เนื่องจากก่อให้เกิดการจ้างงานในปริมาณมาก แต่เมื่อพิจารณาในเชิงสิ่งแวดล้อมพบว่าอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีการบริโภคพลังงานและทรัพยากร เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมและเกิดขยะทั้งที่เกิดจากการก่อสร้างและจากการรื้อทำลายในปริมาณสูง หลายประเทศทั้งในกลุ่มที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา ได้ประยุกต์ใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อนำไปสู่ การตัดสินใจหรือการกำหนดแนวทางเพื่อให้สามารถ ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดมลภาวะน้อยที่สุด อันจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนรูปแบบอุตสาหกรรมก่อสร้างเพื่อความยั่งยืนต่อไป [1]

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ทั้งวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งานผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยจะพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมระบบนิเวศสุชนามัยของชุมชน รวมถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลก เช่น การเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) การทำลายโอโซน (Ozone Depletion) ทั้งนี้เพื่อนำผลไปใช้ในการกำหนดนโยบาย

การออกแบบผลิตภัณฑ์ การปรับกระบวนการผลิต หรือเพิ่มทางเลือกในการผลิต เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

บทความฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับแนวคิดและวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตตามที่กำหนดในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 รวมถึงเสนอการประยุกต์ใช้ LCA กับอุตสาหกรรมก่อสร้างจากการศึกษาหรืองานวิจัยต่างๆ พร้อมทั้งอภิปรายถึงจุดเด่นและข้อจำกัด รวมถึงกลยุทธ์ด้าน LCA ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

2. การประเมินวัฏจักรชีวิต

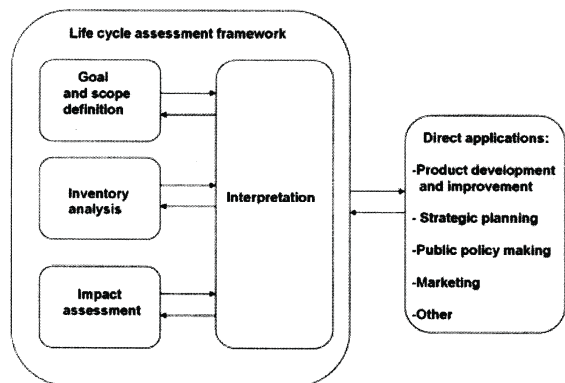
องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้นิยามความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO14040 [2] ว่าเป็น “เทคนิคการประเมินลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อม (Environmental Aspects) และโอกาสของการเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Potential Environmental Impacts) ของผลิตภัณฑ์ โดยการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารเข้าและสารออกที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ รวมถึงการแปลผลของการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis) และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)”

กระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิตตามมาตรฐาน ISO 14040 [2] และ ISO 14044 [3] ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 1

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

ขั้นตอนนี้ทำให้ทราบถึงการนำไปใช้ประโยชน์ และสามารถดำเนินการศึกษาได้ครอบคลุมและตรงประเด็น

ประกอบด้วย การกำหนดวัตถุประสงค์ หน่วยงานการทำงาน (Functional Unit) ขอบเขตของระบบ (System Boundary) สมมติฐาน รวมถึงข้อจำกัดของการศึกษา



รูปที่ 1 กระบวนการในการประเมินวัฏจักรชีวิต

ตัวอย่างการกำหนดวัตถุประสงค์ และหน่วยการทำงาน มีดังนี้

- วัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลสิ่งแวดล้อมระหว่างกระเบื้องเซรามิกและกระเบื้องหินอ่อนว่าชนิดใดดีกว่า
- หน่วยการทำงาน วัสดุปูพื้นสำหรับพื้นที่ 1 ตร.ม. โดยมีอายุการใช้งาน 40 ปี

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ ด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis)

เป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต และคำนวณเพื่อหาปริมาณสารเข้าและสารออก ซึ่งได้แก่ วัตถุดิบ ทรัพยากร พลังงานที่ใช้ รวมถึงสารที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment)

ขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น (Potential Environmental Impacts) โดยการจำแนกข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 เข้าสู่กลุ่มผลกระทบ ซึ่งเรียกว่า Classification (ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบแสดงในตารางที่ 1)

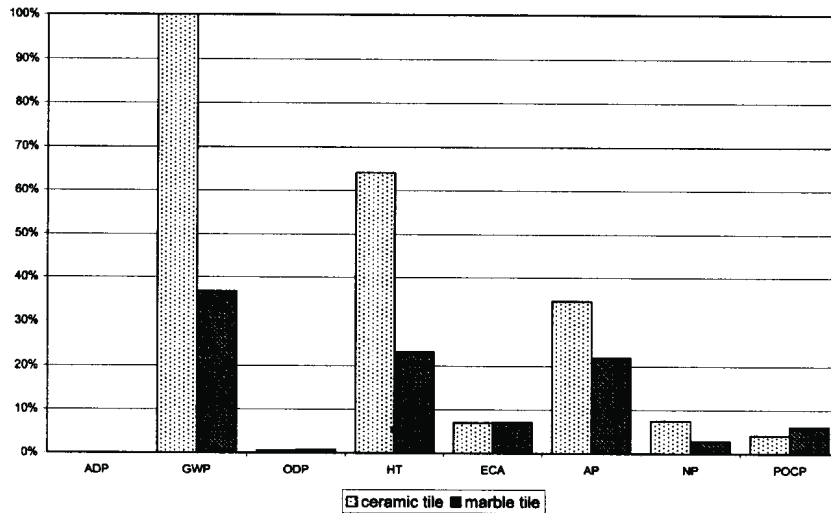
ตารางที่ 1 ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบพื้นฐานในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

กลุ่มผลกระทบ	ความหมาย
Abiotic Depletion Potential (ADP)	ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไปลดลง
Global Warming Potential (GWP)	ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน
Ozone Depletion Potential (ODP)	ศักยภาพที่ทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดลง
Human Toxicity Potential (HTP)	ศักยภาพการก่อให้เกิดพิษต่อมนุษย์
Aquatic/Terrestrial Ecotoxicity Potential (ECP)	ศักยภาพการก่อให้เกิดพิษต่อระบบนิเวศทั้งบนบกและในน้ำ
Acidification Potential (AP)	ศักยภาพในการก่อให้เกิดฝนกรด
Photochemical Oxidation Creation Potential (POCP)	ศักยภาพในการเกิดออกซิเดชันเนื่องจากปฏิกิริยาแสง-เคมี
Nutrication Potential (NP)	ศักยภาพการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ

จากนั้นหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบ หรือเรียกว่า Characterization นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนที่เป็นทางเลือกให้ศึกษาเพิ่มเติมได้แก่ การเทียบหน่วย (Normalization) และการให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting) ตัวอย่างการแสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งพบว่ากระเบื้องเซรามิกมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากกว่ากระเบื้องหินอ่อนในด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ด้านการก่อให้เกิดพิษต่อมนุษย์ (HTP) ด้านการก่อให้เกิดฝนกรด (AP) และด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (NP)

ขั้นตอนที่ 4 การแปลผล (Interpretation)

ขั้นตอนนี้เป็นการนำผลจากการวิเคราะห์บัญชีรายการ และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 มาประเมินเพื่อหาข้อสรุป และข้อเสนอแนะ รวมถึงจัดทำรายงานผลการศึกษาที่เข้าใจได้ง่ายสมบูรณ์



รูปที่ 2 ตัวอย่างการแสดงผลกระทบล้างสิ่งแวดล้อม [4]

ครบถ้วน และมีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาที่กำหนดไว้

จากตัวอย่างการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระหว่างกระเบื้องเซรามิกและกระเบื้องหินอ่อน ควรต้องมีการแปลผลและสรุปว่าระหว่างกระเบื้องเซรามิกกับกระเบื้องหินอ่อนชนิดใดมีลักษณะทางสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่า นอกจากนี้ยังควรระบุประเด็นสำคัญ (Hot Spots) เพื่อนำไปสู่การปรับปรุง สำหรับกระเบื้องแต่ละชนิดว่ากระบวนการใดในกระบวนการผลิตที่ทำให้เกิดผลกระทบมากที่สุด และจะปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้อย่างไรบ้าง เป็นต้น ซึ่งสามารถรายงานผลการศึกษา ได้ดังนี้

กระเบื้องเซรามิกก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าโดยเฉพาะด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ด้านการก่อให้เกิดพิษต่อมนุษย์ และด้านการก่อให้เกิดฝนกรด โดยพบว่าการเผา (Firing) ในขั้นตอนการผลิตกระเบื้องเซรามิกก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ส่วนกระเบื้องหินอ่อนเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในขั้นตอนการขุดเจาะหิน (Extraction) ซึ่งอยู่ในขั้นเตรียมการผลิต การลดพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิก และ

การปรับปรุงประสิทธิภาพ การทำงานเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการเผาหินอ่อนจะทำให้ลักษณะทางสิ่งแวดล้อมของกระเบื้องทั้งสองชนิดดีขึ้น [4]

LCA มีบทบาทและเป็นที่ยอมรับในการเป็นเครื่องมือประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีกระบวนการศึกษาที่เป็นระบบ สามารถพิสูจน์ได้และให้คำตอบที่เป็นรูปธรรม (Objective) อย่างไรก็ตาม LCA เป็นเพียงเครื่องมือหนึ่งซึ่งช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางด้านสิ่งแวดล้อม มิได้แทนที่เครื่องมือวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมชนิดอื่นๆ ซึ่งถูกกำหนดขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง เช่น การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment) ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์การสร้างหรือต่อเติมสาธารณูปโภคชนิดใหม่ การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบของสารมลพิษต่างๆ จากการดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์เฉพาะแห่ง อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบวัตถุประสงค์และคุณลักษณะของเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิด จะพบว่าการทำ LCA เป็นการพิจารณาตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต และไม่มีข้อจำกัดด้านภูมิศาสตร์และระยะเวลาอีกด้วย [5]

3. การประยุกต์ใช้ LCA ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ LCA ในอุตสาหกรรมก่อสร้างหลายลักษณะ ดังตัวอย่างในหัวข้อ 3.1 และ 3.2

3.1 การเปรียบเทียบวัสดุก่อสร้าง

LCA ถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบวัสดุพื้น 2 ชนิด ระหว่างกระเบื้องเซรามิกและกระเบื้องหินอ่อน โดยมีการประเมินตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของการผลิต ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมการผลิต การผลิต การใช้งาน และการกำจัดทิ้ง [4] สำหรับกระเบื้องเซรามิก พบว่า การเผา (Firing) ในขั้นตอนการผลิตก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ส่วนกระเบื้องหินอ่อน เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในขั้นตอนการขุดเจาะ หิน (Extraction) ซึ่งอยู่ในขั้นเตรียมการผลิต เนื่องจากทั้งการเผากระเบื้องเซรามิกและการขุดเจาะ หินอ่อน มีการใช้พลังงานสูง และเมื่อเปรียบเทียบตลอดวัฏจักรชีวิตพบว่า กระเบื้องหินอ่อนมีลักษณะทางสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่ากระเบื้องเซรามิกกว่าหนึ่งเท่าตัว

นอกจากการประยุกต์ใช้กับอาคารแล้ว LCA สามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทอื่น เช่น การใช้วัสดุที่เป็นผลพลอยได้ (By-product) จากกิจกรรมอื่น 3 ชนิด ได้แก่ เถ้าลอย (Fly Ash) เศษคอนกรีตหัก (Crushed Concrete) ตะกรันเหล็ก (Blast Furnace Slag) เพื่อนำมาเป็นวัสดุผสมสำหรับก่อสร้างถนน เทียบกับการใช้วัสดุจากธรรมชาติทั่วไป (หิน กรวด ทราย ยางมะตอย) ทั้งหมด [6] ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการใช้ตะกรันเหล็กและเศษคอนกรีตหักเป็นส่วนผสมรวม สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ อย่างไรก็ตาม ผลของการวิเคราะห์อาจแตกต่างจาก ผลการศึกษา เนื่องจากรูปแบบการก่อสร้างและระยะทางในการขนส่ง วัสดุ จากแหล่งวัสดุไปยังพื้นที่ก่อสร้าง เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์

นอกเหนือจากตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้น ยังมีอีกหลายการศึกษาที่นำหลักการของ LCA มาใช้ ประเมินและเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [7] - [10]

3.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร

Nemry และคณะ [11] ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคารที่พักอาศัยของประเทศในสหภาพยุโรป หลายมุมมอง ทั้งการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบของอาคาร ซึ่งพบว่าอาคารสูง (ในการศึกษาหมายถึงอาคารที่สูงกว่า 8 ชั้น) เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าบ้านเดี่ยว หรือการเปรียบเทียบระหว่างอาคารสร้างใหม่กับอาคารที่สร้างไว้เดิม ซึ่งพบว่าอาคารสร้างใหม่ เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่า นอกจากนี้ เมื่อมีการพิจารณาผลกระทบตามขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต พบว่าการใช้อาคาร (Use Phase) ก่อให้เกิดผลกระทบสูงกว่าขั้นตอนอื่นๆ เนื่องจากมีความต้องการพลังงานสูง เพื่อการสร้างความอบอุ่นให้กับอาคาร ซึ่งความต้องการพลังงานข้างต้นสามารถลดได้โดยการเพิ่มฉนวนหลังคา การเพิ่มฉนวนบริเวณผนังส่วนนอกของอาคาร (Façade) และการอุดช่องว่างต่างๆ เพื่อลดการระบายอากาศ

การศึกษาของ Scheure และคณะ [12] ก็เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่ประเมินว่า การใช้อาคาร (Use Phase) มีความต้องการพลังงานและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าขั้นตอนอื่นๆ โดยในการศึกษาได้เสนอวิธีการลดความต้องการพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยให้ความสำคัญกับการออกแบบ และการเลือกวัสดุก่อสร้างเป็นประเด็นสำคัญ นอกจากนี้ ยังกล่าวถึงการใช้พลังงานสะอาด เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานชีวมวล แทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล รวมถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่จะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สืบเนื่องจากการใช้พลังงานด้วย

นอกจากนี้ ยังมีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคาร ดังจะเห็นได้ในหลายการศึกษา [13], [14] รวมทั้งการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างอาคารที่พักอาศัยในประเทศที่พัฒนาแล้ว กับประเทศที่กำลังพัฒนา โดยใช้หลักการของ LCA [15] ซึ่งล้วนให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานเป็นประเด็นสำคัญ

3.3 LCA ในอุตสาหกรรมก่อสร้างไทย

LCA เข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมไทยตั้งแต่ปี 2540 ในลักษณะการสัมมนาและการประชุมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งจัดโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย และกรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้เผยแพร่ความรู้ด้าน ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับ LCA ครั้งแรกในประเทศไทยเริ่มต้นครั้งแรกโดยสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ในปี 2543 โดยเป็นการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าในประเทศไทย ในปี 2548 มีการจัดตั้งโครงการพัฒนาฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ (Thai National LCI Database) เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงรองรับมาตรการต่างๆ ด้านสิ่งแวดล้อมจากนานาประเทศ โดยมีศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) เป็นหน่วยงานหลัก ในการดำเนินการ โครงการนี้ครอบคลุมถึงการพัฒนาฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุก่อสร้าง ได้แก่ เหล็ก ยิปซัม ปูนซีเมนต์ กระจุก ไม้ และกระเบื้อง [16]

อย่างไรก็ตาม LCA เป็นวิทยาการใหม่ จึงทำให้งานศึกษาวิจัยด้าน LCA รวมถึงการประยุกต์ใช้ LCA ในอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยมีจำนวนน้อย และมีเพียง 1 การศึกษาเท่านั้นที่มีการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร ซึ่งเป็นการประเมินด้านการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารสำนักงาน ซึ่งเป็นอาคารสูง 38 ชั้น ในกรุงเทพมหานคร [17] การศึกษาได้ข้อสรุปในทำนองเดียวกับหลายการศึกษาที่ว่าช่วงการใช้งานอาคาร (Use or Operation Phase) มีการใช้พลังงานสูงกว่าช่วงอื่น อย่างไรก็ตามในช่วงของการผลิตวัสดุก่อสร้าง (Manufacturing Phase) ก็มีการใช้พลังงานสูง ซึ่งมีอาจจะเลยที่จะนำมาพิจารณา โดยเฉพาะการผลิตเหล็กเสริมและคอนกรีต การศึกษานี้เน้นวิธีการประหยัด การใช้พลังงานในอาคารในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การตั้งอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ 26 องศาเซลเซียส การปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดที่ไม่จำเป็นในช่วงพักกลางวัน การลดขนาดของหน้าต่างเพื่อลดการดูดซับความร้อน การใช้

กระจกสะท้อนแสง นอกจากนี้ยังได้นำเสนอการนำวัสดุประเภทคอนกรีตที่ได้จากการทุบ รื้ออาคารไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น การสร้างถนน ซึ่งสามารถทดแทนวัสดุก่อสร้างใหม่ที่ต้องมีการขุดเจาะทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ผลของการศึกษานี้สามารถนำไปออกแบบและจัดการการใช้พลังงานอาคารให้มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ผลที่ได้จากกรณีศึกษา จะสามารถใช้เป็นฐานสำหรับเปรียบเทียบผลการศึกษา LCA ของอาคารในประเทศไทยต่อไปในอนาคต

4. จุดเด่นและข้อจำกัดของ LCA

ปัจจุบันหลายประเทศมีการนำ LCA มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เนื่องจากการดำเนินการตามแนวทางของ LCA มีจุดเด่นหลายประการ ดังนี้

1. LCA เป็นการศึกษาที่ครอบคลุมตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตตั้งแต่การออกแบบ การก่อสร้าง การใช้งาน และการทำลาย จึงทำให้ทราบว่ากิจกรรมใดก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ทำให้ผู้ออกแบบสามารถแก้ปัญหาได้ตรงจุด รวมถึงเลือกวัสดุประกอบอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ซึ่งเป็นผลให้เกิดการใช้พลังงาน และทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. LCA เป็นกระบวนการศึกษาที่ละเอียดและเป็นระบบ มีการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ มีการกำหนดวัตถุประสงค์ในการศึกษาที่ชัดเจน และให้ผลการศึกษาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ที่เข้าใจได้ง่ายและพิสูจน์ได้ จึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจ (Decision Support) ในทางเลือกต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาการตัดสินใจตามความเชื่อหรือตามความลำเอียง

3. แนวคิดของ LCA เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบแบบองค์รวม (Holistic Approach) โดยมีประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดทุกขั้นตอนหรือกระบวนการ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือกิจกรรมเป้าหมาย จึงเป็นการตัดปัญหาที่จะเกิดตามมาจากการปรับปรุงหรือลดผลกระทบจากกระบวนการหนึ่งแต่กลับส่งผลกระทบต่ออีกกระบวนการหนึ่งของวงจรชีวิต หรือจากสถานที่หนึ่ง

ไปยังอีกสถานที่หนึ่ง (Problem Shifting)

อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ LCA มีจุดด้อยหรือข้อจำกัด ดังนี้

1. การวิเคราะห์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือกิจกรรมเกี่ยวข้องต้องใช้ข้อมูลในปริมาณมาก และต้องการความละเอียดสูง จึงทำให้ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูงในการเก็บข้อมูล [18]

2. มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ เนื่องจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิต กระบวนการก่อสร้าง รวมถึงการรื้อถอน มีน้อยและไม่แพร่หลายเมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมด้านอื่น [12]

3. ผู้วิเคราะห์ต้องมีความชำนาญทั้งด้าน LCA และความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์หรือกิจกรรมที่ประเมินเป็นอย่างดี [6], [12]

4. เนื่องจากมีการใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมาก ความถูกต้องและความสม่ำเสมอของข้อมูลจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ผลการศึกษา อาจตั้งอยู่บนสมมติฐานจำนวนมาก จึงเป็นผลให้บางครั้งเกิดข้อโต้แย้งถึงผลลัพธ์หรือการตีความผลของการศึกษา [19]

จากประสบการณ์โดยตรงของผู้เขียนพบว่า การประยุกต์ใช้ LCA สำหรับประเทศไทยมีข้อจำกัด เกี่ยวกับฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมด้านวัสดุพื้นฐาน และพลังงานของประเทศ ซึ่งอยู่ระหว่างการพัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ทำให้บางกรณีต้องใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์จากฐานข้อมูลต่างประเทศ ซึ่งอาจมีความแตกต่างกับประเทศไทยในด้านเทคนิควิธีการ ประเภทของเทคโนโลยี รวมถึงประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ซึ่งอาจเป็นผลให้ไม่สามารถนำข้อมูล มาใช้อย่างตรงไปตรงมาได้ ดังนั้นการนำข้อมูล จากฐานข้อมูลต่างประเทศ มาใช้ในการวิเคราะห์จึงควรต้องดำเนินการด้วยความรอบคอบระมัดระวัง

5. LCA กับกลยุทธ์ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

ตราบเท่าที่อาคารและผลิตภัณฑ์ก่อสร้างยังมีความสัมพันธ์สอดคล้องควบคู่ไปกับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และประชาคมโลกยังตระหนักถึงความ

สำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรและรักษาสิ่งแวดล้อม การใช้พลังงานและทรัพยากร รวมถึงการปล่อยมลสารออกสู่สิ่งแวดล้อมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างก็ยังคงต้องได้รับการพิจารณาด้วยความรอบคอบ ทั้งในส่วนของ การออกแบบ การก่อสร้าง การใช้งาน และแม้กระทั่งการรื้อทำลาย โดยเฉพาะในขั้นตอนการใช้งาน ซึ่งพบว่ามีการใช้พลังงานและมีการปล่อยมลสารสู่สิ่งแวดล้อมที่เป็นผลสืบเนื่องจากกิจกรรมการใช้พลังงานมากที่สุดเมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิต ทั้งนี้เนื่องจากอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างมีอายุการใช้งานนาน แนวคิดตามแนวทางวัฏจักรชีวิตได้รับการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ดังต่อไปนี้

กลยุทธ์ EcoDesign ตามแนวคิดของ UNEP (United Nation Environmental Program) สามารถนำมาปรับใช้กับอาคารและสิ่งก่อสร้าง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผนวกแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนผลิตภัณฑ์ ช่วงการออกแบบ ช่วงการผลิต ช่วงการนำไปใช้ และช่วงการทำลายหลังการใช้งาน ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กัน โดยส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development)

ประเทศในสหภาพยุโรปมีฉลากสิ่งแวดล้อมที่เรียกว่า EU-flower เพื่อรับรองว่าผลิตภัณฑ์ที่ติดฉลากนี้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม ตามหลักการของ LCA ซึ่งปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ก่อสร้างได้รับการรับรองฉลากนี้ด้วย [18]

หลายประเทศมีการจัดทำเครื่องมือมาตรฐาน เพื่อประเมินระดับความยั่งยืนของอาคารขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้หลักการของ LCA เช่น LEED (สหรัฐอเมริกา) BREEM (อังกฤษ) CASBEE (ญี่ปุ่น) HK-BEAM (ฮ่องกง) Green Star (ออสเตรเลีย) GreenMark (สิงคโปร์) TEEAM (ไทย) ซึ่งเครื่องมือนี้จะเป็นตัวช่วย

เร่งให้มีการออกแบบที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยได้ผลตอบแทนในรูปของชื่อเสียงและสิทธิพิเศษต่างๆ เช่น การลดภาษี [18]

6. ข้อเสนอแนะ

แม้ว่าการผลักดันให้เกิดการก่อสร้างที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตสามารถดำเนินการได้ แต่ยังต้องการความร่วมมือจากหลายฝ่าย ได้แก่ 1) ฝ่ายรัฐบาลที่จะเป็นผู้กำหนดนโยบายและผลักดันให้เกิดกิจกรรมต่างๆ ตามนโยบาย 2) ฝ่ายวิชาการหรือสถาบันการศึกษาในการให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง 3) ฝ่ายวิชาชีพและองค์กรเอกชน เช่น สมาคมสถาปนิก สมาคมอุตสาหกรรมก่อสร้าง เพื่อร่วมกับสถาบันวิชาการในการผลักดันงานวิจัย และกิจกรรมส่งเสริมต่างๆ และ 4) ฝ่ายอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างในการที่จะพัฒนาระบบและผลิตภัณฑ์ของตนเองให้มีคุณภาพและรักษาสีสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนข้อมูลแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม การพัฒนาตามแนวทางวัฏจักรชีวิตถือว่าเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในอนาคต จึงต้องมีการผลักดันให้เกิดเป็นรูปธรรมให้ได้เพื่อนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

7. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) รวมถึงเสนอการประยุกต์ใช้ LCA กับอุตสาหกรรมก่อสร้างในลักษณะที่เป็นการเปรียบเทียบวัสดุก่อสร้างและกรณีศึกษาที่มีการนำ LCA มาประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคาร (Whole Building Life Cycle) นอกจากนี้ยังได้อภิปรายถึงจุดเด่นและข้อจำกัดของ LCA กลยุทธ์ด้าน LCA ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง รวมถึงข้อเสนอแนะอันจะทำให้การดำเนินการต่างๆ ตามแนวทาง LCA เกิดผลสัมฤทธิ์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า LCA สามารถใช้เป็นแนวทางในการนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน และเป็นเครื่องมือในการประเมิน ทางสิ่งแวดล้อมที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล อีกทั้งสามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมก่อสร้างได้

บทความนี้จะประโยชน์กับผู้เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมก่อสร้างหลายภาคส่วน ทั้งหน่วยงานภาครัฐ สถาบันการศึกษา องค์กรวิชาชีพ รวมถึงภาคอุตสาหกรรม ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงและเป็นแนวทางในการดำเนินการเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจหรือกำหนดแนวทางที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการในอุตสาหกรรมก่อสร้างที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] O. Ortiz, F. Castells, and G. Sonnemann, "Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA," *Construction and Building Materials*, vol. 23, pp. 28–39, 2009.
- [2] ISO 14040, *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*, 2006.
- [3] ISO14044, *Environmental management-Life cycle assessment-Requirements and guidelines*, 2006.
- [4] G. M. Nicoletti, B. Notarnicola, and G. Tassielli, "Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: ceramic versus marble tiles," *Cleaner Production*, vol. 10, pp. 283–296, 2002.
- [5] สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, *คู่มือการจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์*, 2547.
- [6] U. Mroueh, P. Eskola, and J. L. Ylijoki, "Life-cycle impacts of the use of industrial by-products in road and earth construction," *Waste Management*, vol. 21, pp. 271–277, 2001.
- [7] R. J. Cole and P.C. Kernan, "Life-cycle energy use in office buildings," *Building and Environment*, vol. 31, no.4, pp. 307–317, 1996.
- [8] R. Cole, "Energy and greenhouse gas emissions associated with the construction alternative

- structural systems,” *Building and Environment*, vol. 34, pp. 335-348, 1999.
- [9] A. Buchanan and B. Honey, “Energy and carbon dioxide implications of building construction,” *Energy and Buildings*, vol. 20, pp. 205-217, 1994.
- [10] B. Upton, R. Miner, M. Spinney, and L. S. Heath, “The greenhouse gas and energy impacts of using wood instead of alternatives in residential construction in the United States,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 32, pp. 1-10, 2008.
- [11] F. Nemry, A. Uihlein, C. M. Colodel, C. Wetzel, A. Braune, B. Wittstock, I. Hasan, J. Kreißig, N. Gallon, S. Niemeier, and Y. Frech, “Options to reduce the environmental impacts of residential buildings in the European Union-Potential and costs,” *Energy and Buildings*, vol. 42, pp. 976-984, 2010.
- [12] C. Scheuer, G. A. Keoleian, and P. Reppe, “Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implication,” *Energy and Buildings*, vol. 35, pp. 1049-1064, 2003.
- [13] G. Keoleian, S. Blanchard, and P. Reppe, “Life-cycle energy, costs, and strategies for improving a single-family house,” *Industrial Ecology*, vol. 4, no. 2, pp. 135-156, 2001.
- [14] T. Ramesh, R. Prakash, and K. K. Shukla, “Life cycle energy analysis of buildings: An overview,” *Energy Buildings*, doi: 10.1016/j.enbuild. 2010. 05.007, 2010.
- [15] O. Ortiz, F. Castells, and G. Sonnemann, “Life cycle assessment of two dwellings: One in Spain, a developed country, and one in Coombia, a country under development,” *Science of the Total Environment*, vol. 408, pp. 2435-2443, 2010.
- [16] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (พฤษภาคม 2553). “LCI Database (Review Status),” [ออนไลน์] สืบค้นจาก: [http://www2.mtec. or.th/ website/article_list.aspx?id=48&cate=28](http://www2.mtec.or.th/website/article_list.aspx?id=48&cate=28)
- [17] O. F. Kofoworola and S. H. Gheewala, “Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand,” *Energy and Buildings*, vol. 41, pp. 1076-1083, 2009.
- [18] ชนิกันต์ ยิ้มประยูร, “การออกแบบสถาปัตยกรรม โดยใช้แนวทางวัฏจักรชีวิต,” *การประชุมวิชาการ เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3*, 2550.
- [19] T. Malmqvist, M. Glaumann, S. Scarpellini, I. Zabalza, A. Aranda, E. Llera, and S. Díaz, “Life cycle assessment in buildings: The ENSLIC simplified method and guidelines,” *Energy*, doi:10.1016/j.energy.2010.03.026, 2010.