บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

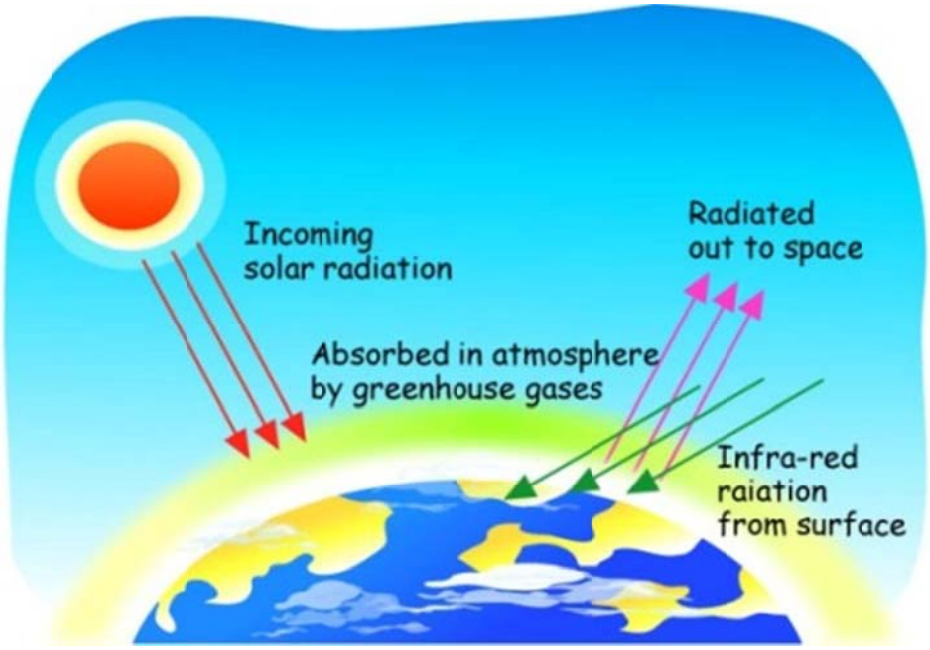
2.1 ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศอันเป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนองค์ประกอบของบรรยากาศโลกโดยตรงหรือโดยอ้อมและที่เพิ่มเติมจากความแปรปรวนของสภาวะอากาศตามธรรมชาติที่สังเกตได้ในช่วงระยะเวลาเดียวกัน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ฤดูกาล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตที่จะต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศในบริเวณที่สิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuel) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมในช่วง 200 ปีที่ผ่านมา เป็นสาเหตุสำคัญที่ให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดปราฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) หรือภาวะโลกร้อน (Global warming)

ภาวะโลกร้อนนี้มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากอุณหภูมิโดยรวมสูงขึ้น ทำให้ฤดูกาลต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปได้ ก็จะค่อยๆ ตายลงและอาจสูญพันธุ์ไปในที่สุด สำหรับผลกระทบต่อมนุษย์นั้น อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นอาจทำให้บางพื้นที่กลายเป็นทะเลทราย ประชาชนขาดแคลนอาหารและน้ำดื่ม บางพื้นที่ประสบปัญหาน้ำท่วมหนัก เนื่องจากฝนตกรุนแรงขึ้น น้ำแข็งขั้วโลกและบนยอดเขาสูงละลาย ทำให้ปริมาณน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น พื้นที่ชายฝั่งทะเลได้รับผลกระทบโดยตรง อาจทำให้บางพื้นที่จมหายไปอย่างถาวร ดังนั้น ปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงเป็นปัญหาสำคัญที่มวลมนุษยชาติจะต้องร่วมมือกันป้องกัน และเสริมสร้างความสามารถในการรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น [4]

ภูมิอากาศของโลกเกิดจากการไหลวนของพลังงานจากดวงอาทิตย์ พลังงานนี้ส่วนใหญ่เข้ามาสู่โลกในรูปแสงแดด ประมาณร้อยละ 30 ของพลังงานที่เดินทางมาสู่โลกได้ สะท้อนกลับไปสู่ห้วงอวกาศ แต่อีกร้อยละ 70 ได้ถูกดูดซับโดยผ่านชั้นบรรยากาศลงมาให้ความอบอุ่นกับพื้นผิวโลก โลกต้องส่งพลังงานเหล่านี้กลับสู่อวกาศในรูปของแสงอินฟราเรด เนื่องจากโลกมีบรรยากาศที่เย็นกว่าดวงอาทิตย์มาก จึงไม่สามารถส่งพลังงานในรูปแสงได้เช่นเดียวกับดวงอาทิตย์ แต่จะส่งกลับพลังงานในรูปของอินฟราเรดหรือรังสีความร้อน การที่โลกได้สะท้อนเอาความร้อนออกไปบ้างช่วยทำให้โลกไม่ร้อนจนเกินไป ปรากฏการณ์ที่ความร้อนถูกกักเก็บไว้ในชั้นบรรยากาศนี้ เป็นที่รู้จักกันว่า "ปรากฏการณ์

เรือนกระจก" (Greenhouse Effect) เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาพที่เกิดขึ้นภายในเรือนกระจกที่ใช้สำหรับปลูกพืชในประเทศเขตหนาว โดยแสงแดดสามารถส่องผ่านให้ความอบอุ่นภายในเรือนกระจกได้ แต่กระจกสามารถสะท้อนไม่ให้ความร้อนออกไปจากเรือนกระจกได้ จึงสามารถคงอุณหภูมิภายในเรือนกระจกไม่ให้หนาวเย็นเหมือนภายนอกได้ [5] ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์เรือนกระจก [5]

2.1.1 ประเภทของก๊าซเรือนกระจก [6]

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟาเรดได้ดี ก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ ซึ่งหากบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ดังเช่นดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ในระบบสุริยะแล้ว จะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัด และในตอนกลางคืนนั้นหนาวจัด เนื่องจากก๊าซเหล่านี้ดูดคลื่นรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวัน แล้วค่อยๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน มีก๊าซจำนวนมากที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน และถูกจัดอยู่ในกลุ่มก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีทั้งก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญได้แก่ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน มีเทนและไนตรัสออกไซด์ สารซีเอฟซี เป็นต้น แต่ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต มี 6 ชนิด โดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic greenhouse gas emission) เท่านั้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_20) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) นอกจากนี้ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของ

มนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) ที่แก้ไขเพิ่มเติมล่าสุดในพิธีสารเกียวโต [7]

2.1.2 ค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP)

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนมากขึ้น ผลที่ตามมาคืออุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกนั้นไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดยังมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Global Warming Potential: GWP) ที่แตกต่างกัน โดยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนนี้ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุล และขึ้นอยู่กับอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศ และจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น 20 ปี 50 ปี หรือ 100 ปี โดยค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ในช่วงเวลา 100 ปี ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ เป็นดังตารางที่ 2.1 [6]

ตารางที่ 2.1 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโตและค่า GWP โดยเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในระยะเวลา 100 ปี [6]

ก๊าซเรือนกระจก	ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน GWP 100
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	1
มีเทน (CH_4)	21
ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	310
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	140 - 11,700
เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)	6,500 - 9,200
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)	23,900
ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)	17,000 [8]

2.1.3 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก [9]

แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกโดยแบ่งตามกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามคู่มือของคณะกรรมาธิการระหว่างรัฐบาลด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ฉบับ Revised 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories สามารถแบ่งได้เป็นดังนี้

2.1.3.1 ภาคพลังงาน (Energy)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน เป็นการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทางตรงทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในรูปแบบต่างๆ อาทิเช่น การผลิตพลังงาน การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง การขนส่ง ภาคครัวเรือนและอาคารพาณิชย์ รวมไปถึงการรั่วไหลที่เกิดจากการขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ โดยการคำนวณสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ 1.A กลุ่มการเผาไหม้เชื้อเพลิง (Fuel Combustion) และ 1.B กลุ่มการปล่อยจากการรั่วไหล (Fugitive Emissions)

โดยกลุ่ม 1.A การเผาไหม้เชื้อเพลิง แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อยตามประเภทของการใช้พลังงาน ได้แก่

1.A.1 อุตสาหกรรมการผลิตพลังงาน (Energy Industries)

1.A.2 การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง (Manufacturing Industries and Construction)

1.A.3 การขนส่ง (Transport)

1.A.4 การใช้พลังงานในสาขาอื่นๆ (Other Sectors) ได้แก่ ภาคครัวเรือน อาคารพาณิชย์ การเกษตร และการประมง

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะอยู่ในระดับเทียร์ 1 (Tier 1) ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลในการคำนวณ 4 ประเภท ได้แก่

- ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ (Fuel Consumption)
- ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ (Fuel Type)
- ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value)
- ปริมาณคาร์บอน (Carbon Content)

สำหรับกลุ่มที่สอง 1.B การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหล (Fugitive Emissions) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่

1.B.1 การทำเหมืองเชื้อเพลิงแข็ง (Fugitive Emissions from Fuels)

1.B.2 การขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ (Oil and Natural Gas)

กลุ่ม 1.B การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลจะใช้ระดับเทียร์ 1 (Tier 1) ในการคำนวณเช่นเดียวกัน แต่จะใช้ข้อมูลที่หลากหลายกว่าในกลุ่มแรก อาทิเช่น

- ปริมาณการผลิตถ่านหิน (Surface Coal Production)
- จำนวนหลุมที่เจาะสำรวจปิโตรเลียม (Well Drilled)
- ปริมาณน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้ (Oil and Gas Production)

• ปริมาณน้ำมันสำเร็จรูปที่ขนส่ง (Product Transported)

2.1.3.2 ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Processes and Product Use: IPPU) สามารถแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. อุตสาหกรรมการผลิตแร่ (Mineral Industry)
2. อุตสาหกรรมการผลิตสารเคมี (Chemical Industry)
3. อุตสาหกรรมการผลิตโลหะ (Metal Industry)
4. การใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงในรูปแบบที่ไม่เป็นพลังงานและการใช้ตัวทำละลาย (Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use)
5. อุตสาหกรรมการผลิตอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Industry)
6. การใช้ผลิตภัณฑ์ทดแทนสารทำลายชั้นโอโซน (Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances)
7. การใช้และการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ (Other Product Manufacture and Use)

2.1.3.3 ภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Agriculture Forestry and Other Land Use: AFOLU)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน แบ่งการคำนวณออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ปศุสัตว์ (3.A Livestock) การใช้ที่ดิน (3.B Land) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากแหล่งอื่นๆ (3.C Aggregated Source on Land)

โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยกิจกรรมในกลุ่มย่อย ดังต่อไปนี้

3.A การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคปศุสัตว์ (Livestock)

3.A.1 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการหมักในระบบย่อยอาหารสัตว์ (Enteric Fermentation)

3.A.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)

3.B การปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในภาคการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land)

3.B.1 พื้นที่ป่าไม้ (Forest)

3.B.2 พื้นที่เกษตร (Cropland)

3.B.3 พื้นที่อยู่อาศัย (Settlements Land)

3.B.4 พื้นที่น้ำ (Wetlands)

3.B.5 พื้นที่ทุ่งหญ้า (Grassland)

3.B.6 พื้นที่อื่นๆ (Other Land)

3.C การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งรวมอื่นๆ และการจัดการดิน (Aggregate Source on Lands and Emissions from Manage Soil) แบ่งออกเป็น

3.C.1 การเผาไหม้ชีวมวล (Biomass Burning)

3.C.2 การใช้ปูนขาว (Liming) และ โดโลไมต์ (Dolomite) ในพื้นที่การเกษตร

3.C.3 การใช้ปุ๋ยยูเรียในพื้นที่การเกษตร

3.C.4 การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางตรงในพื้นที่ที่มีการจัดการ

3.C.5 การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางอ้อมในพื้นที่ที่มีการจัดการ

3.C.6 การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางอ้อมจากกิจกรรมการจัดการมูลสัตว์

3.C.7 การปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าว

2.1.3.4 ภาคของเสีย (Waste)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคของเสีย แบ่งกลุ่มตามประเภทและลักษณะการจัดการขยะออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

4.A การจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่

4.B การจัดการของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

4.C การเผาในเตาและการเผาในที่โล่ง

4.D การจัดการน้ำเสีย

2.1.4 การคำนวณก๊าซเรือนกระจก [9]

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้วิธีการตาม IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Revised 2006) ซึ่งจัดทำโดย IPCC มีวิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่เทียร์ 1 (Tier 1) เทียร์ 2 (Tier 2) และเทียร์ 3 (Tier 3) โดยมีรายละเอียดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับของข้อมูล ดังนั้น เทียร์ 1 (Tier 1) เหมาะสมในกรณีที่คาดข้อมูลหรือไม่สามารถหาข้อมูลได้ โดยแนะนำค่าสัมประสิทธิ์กลาง (default vate) ทั้งข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) และค่าการปล่อย (Emission Factor) ที่แนะนำโดย IPCC การคำนวณ เทียร์ 2 (Tier 2) มีวิธีการคำนวณเหมือนกับเทียร์ 1 (Tier 1) ซึ่งแตกต่างเทียร์ (Tier 2) ใช้ข้อมูลกิจกรรม และค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country Specific Emission Factor) สำหรับการคำนวณ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ เทียร์ 3 (Tier 3) นั้นทั้งค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภท จะต้องอยู่ในรูปแบบที่ให้รายละเอียดถึงประเภทของเทคโนโลยีที่ใช้ระบบควบคุมมลพิษ ลักษณะการใช้งานหรือการเดินเครื่องของเครื่องผลิตกำลังการบำรุงรักษารวมไปถึงอายุการใช้งาน ทำการคำนวณปริมารก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากส่วนของวัสดุก่อสร้าง จากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 และคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากส่วนของในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลในส่วนของกระบวนการก่อสร้างและขั้นตอนการอยู่อาศัยใช้รูปแบบการคำนวณในระดับ Tier 1 ของ IPCC ซึ่งจะคิดจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการใช้

พลังงานเชื้อเพลิง วัตถุดิบที่ใช้ในกิจกรรม (Activity Data) และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของกิจกรรมนั้นๆ ที่เป็นมาตรฐานและได้รับการยอมดังสมการที่ 2.1 และคำนวณออกมาเป็นค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 Equivalent) ดังสมการที่ 2.2 โดยใช้ตัวบ่งชี้โอกาสในการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ทั้งนี้ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ได้กล่าวไว้ดังตารางที่ 2.1

$$GHG\ (g) = Activity\ Data \times Emission\ Factor \quad (2.1)$$

$$CO_2\ equivalent\ (g) = Greenhouse\ Gases\ (g) \times GWP \quad (2.2)$$

โดยที่ GHG = Greenhouse Gas Emission

GWP = Global Warming Potential (แสดงค่าตามตารางที่ 2.1)

2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) [10]

2.2.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ / แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

2.2.2 หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต

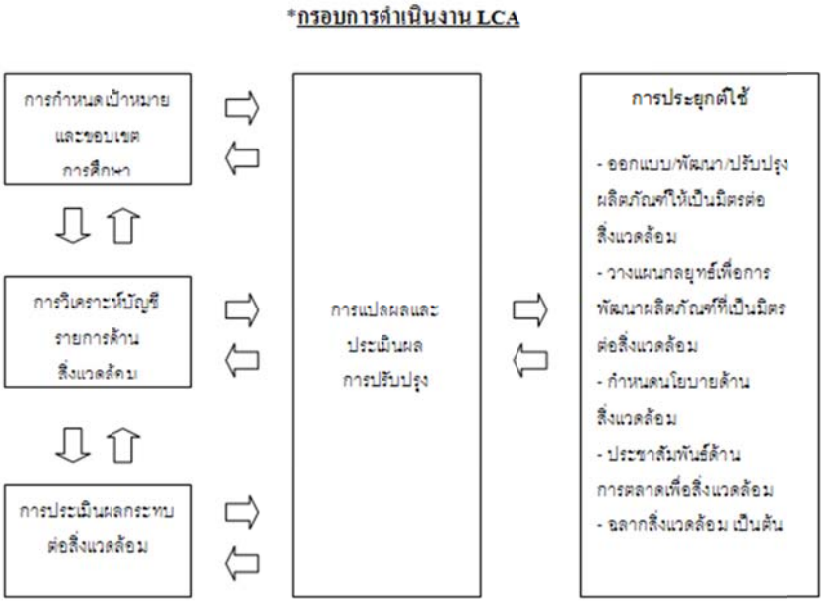
หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ซึ่งดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 14040 ได้แก่

(1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

(2) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis : LCI)

(3) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment : LCIA)

(4) การแปลผลการประเมินวัฐจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation)



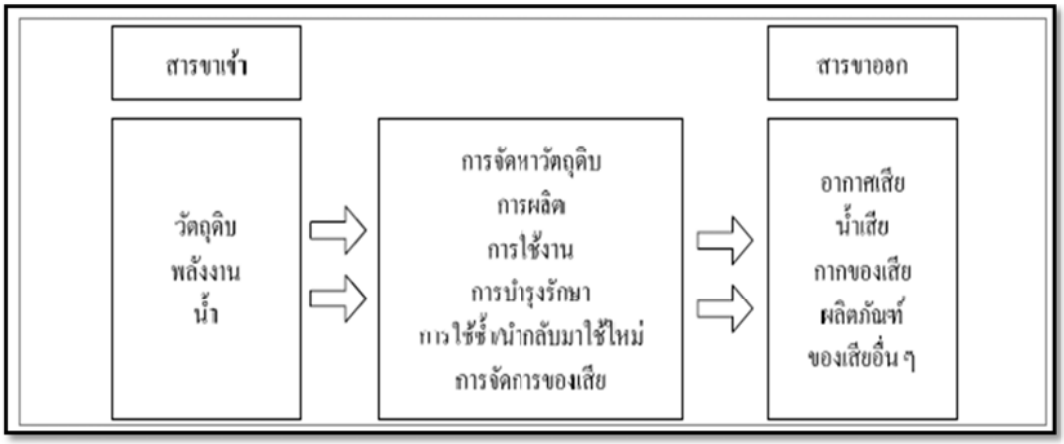
รูปที่ 2.2 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามขั้นตอนมาตรฐาน ISO 14040 [11]

2.2.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

1. การกำหนดเป้าหมาย (Goal Definition) การกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เป็นขั้นตอนแรกในการทำ LCA โดยพิจารณาถึงเหตุผลในการศึกษา เพื่อให้ผู้รับสามารถนำผลการประเมินไปใช้ได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะในส่วนของวิธีทำ LCA ขึ้นอยู่กับการกำหนดวัตถุประสงค์ ผลการวิเคราะห์อาจผิดพลาดถ้าการใช้งานไม่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างเหมาะสมเป้าหมายเป็นหัวใจสำคัญของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผล เพราะเป้าหมายและวัตถุประสงค์จะทำให้สามารถแยกแยะความสำคัญของส่วนต่างๆ ของเนื้อหาได้อย่างถูกต้อง การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ต้องครอบคลุมปัญหาเหล่านี้ ได้แก่ การนำผลการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตไปใช้ทำอะไร การเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้นเมื่อมีการนำหลักการ LCA มาพิจารณาและผลิตภัณฑ์ใหม่จะได้รับการปรับปรุงในเรื่องใดบ้าง ซึ่งทำให้เกิดผลอย่างไร

2. การกำหนดขอบเขต (Scope Definition) การกำหนดขอบเขต คือการบ่งชี้และกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมินและกำหนดการรวบรวมสิ่งที่อำนวยประโยชน์ต่อเป้าหมายของ LCA ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดสิ่งที่เราต้องการศึกษา รวมถึงการกำหนดหน่วยหน้าที่หรือสิ่งที่ผลิตภัณฑ์สามารถทำได้ (Functional Unit : FU) การออกแบบระบบอ้างอิงหรือผลิตภัณฑ์อ้างอิงเพื่อแสดงวัตถุประสงค์ของการศึกษา การออกแบบตัวแปรการประเมินทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายของ LCA และการบ่งชี้กระบวนการผลิตที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมในระบบผลิตภัณฑ์ที่สัมพันธ์กับเป้ าหมายของ LCA ซึ่งการกำหนดขอบเขตประกอบไปด้วย ขอบเขต

ระบบ (System Boundary) หมายถึง ขอบเขตระหว่างระบบผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมหรือระบบผลิตภัณฑ์อื่น โดยที่ระบบผลิตภัณฑ์หมายรวมเอาหน่วยที่รวบรวมวัตถุดิบและพลังงานที่มีการเชื่อมโยงกัน ที่ทำหน้าที่อย่างเดียวกันหรือหลายอย่าง โดยที่สามารถแบ่งขั้นตอนของทรัพยากร วัตถุดิบ หรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบก่อนมีการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่างๆ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การกำหนดขอบเขตของระบบที่ศึกษา [10]

หน่วยหน้าที่และหน่วยการทำงานของระบบ (Function and Functional Unit) ซึ่งระบบอาจมีหน้าที่หลายอย่าง และหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้นที่อาจถูกเลือกมาเพื่อทำการศึกษา LCA โดยขึ้นอยู่กับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา ดังนั้นในการกำหนดขอบเขตของการศึกษา จึงต้องระบุหน้าที่ของระบบที่ทำการศึกษาให้ชัดเจน และหน่วยการทำงาน (Functional Unit : FU) ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับสารขาเข้าและสารขาออกของระบบ มีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของ LCA โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานของ LCA ที่สามารถวัดผลความแตกต่างของระบบได้ และมีหน้าที่พื้นฐาน 3 ประการคือ ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ความคงทนและคุณสมบัติพื้นฐานคุณภาพของข้อมูลที่ต้องการ เนื่องจากการศึกษา LCA ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก และข้อมูลมีความแตกต่างกันทั้งที่มาและวิธีการเพื่อได้มาซึ่งข้อมูล ดังนั้นการระบุรายละเอียดและระดับคุณภาพของข้อมูลจึงเป็นสิ่งสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการใช้ผลของ LCA เปรียบเทียบกัน การกำหนดคุณภาพของข้อมูลตามมาตรฐานควรคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้

- ระยะเวลาที่ต้องการศึกษาเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลดังกล่าวอยู่ในช่วงเวลาใดและระยะเวลาในการเก็บข้อมูล
- เทคนิคที่ต้องการศึกษา
- พื้นที่ที่ต้องการศึกษา

- ความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลและต้องเป็นตัวแทนของสภาพจริง
- แหล่งที่มาของข้อมูล เพื่อสามารถตรวจสอบประเภทของข้อมูลและความถูกต้องของข้อมูล
- ความสอดคล้องต่อเนื่องของข้อมูล เพื่อตรวจสอบความผิดปกติและความไม่แน่นอนของข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากของทุกขั้นตอนในกระบวนการต่างๆ เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณสารที่เข้าและสารที่ออก ของวัฏจักรของผลิตภัณฑ์

- **Gate to Gate:** พิจารณาเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจากทั้งสายโซ่การผลิต ตั้งแต่การนำวัตถุดิบมาเข้าสู่กระบวนการผลิตไปจนถึงสิ้นสุดกระบวนการและได้เป็นผลิตภัณฑ์
- **Cradle to Gate:** การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การสกัดเพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ แต่จะไม่รวมขั้นตอนการใช้งานหรือกำจัดซาก ซึ่งรูปแบบนี้นิยมนำมาใช้ในการทำเอกสาร Environmental Product Declaration (EPD)
- **Cradle to Grave:** เป็น LCA เต็มรูปแบบที่ประเมินผลกระทบตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบมาผลิตสินค้า การผลิตสินค้า การนำไปใช้งานตลอดจนการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน

2.2.2.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis : LCI)

การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล หมายถึงการเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา ซึ่งรวมถึงการใช้ทรัพยากร การปลดปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม ได้แก่ อากาศ ดิน และน้ำ ข้อมูลเหล่านี้ถูกใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงจากวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ กระบวนการนี้เป็นการทำซ้ำไปซ้ำมา โดยเรียนรู้จากข้อมูลที่เก็บมาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งอาจทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีเก็บข้อมูลหรือประเด็นปัญหาเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้จุดมุ่งหมายของการทำบัญชีรายการก็คือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการที่ได้มีการนิยามไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต (Scope Definition) รวมทั้งการสร้างแบบจำลองของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System)

1. การสร้างหน่วยของข้อมูลและการตั้งหน่วยกระบวนการ การสร้างหน่วยของข้อมูล เป็นการระบุกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในรูปผังแสดงกระบวนการ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงาน โดยเริ่มจากการศึกษาวัตถุดิบ การใช้พลังงาน

ขั้นตอนการผลิต การขนส่งการบริโภคและการกำจัด ซึ่งจำเป็นต้องระบุวัตถุดิบ พลังงานและกระบวนการต่างๆ ให้ครบถ้วนเนื่องจากมวลสารที่เข้าระบบจะต้องสมมูลกับมวลสารที่ออกจากระบบ

2. การรวบรวมข้อมูล การรวบรวมข้อมูลในแต่ละขั้นตอน ซึ่งมีความแตกต่างกันตั้งแต่การเริ่มใช้วัตถุดิบซึ่งมีหลากหลายประเภท ต้องสามารถแยกเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลได้ และข้อมูลเหล่านั้นต้องมีการเชื่อมโยงกัน ขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาว่าจะมีการพิจารณาละเอียดมากน้อยเท่าใด

3. การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล ในการรวบรวมข้อมูล หากระบบที่เกี่ยวข้องมีหลายประเภท ต้องมีการแจกแจงตามประเภทผลิตภัณฑ์ตามเหตุผลที่ชัดเจนและวิธีที่ระบุไว้ แล้วนำมาคำนวณซึ่งกระบวนการคำนวณสามารถทำได้หลายวิธี เช่น NETS (Numerical Environmental Total Standard) เป็นต้น ขึ้นอยู่กับผู้วิจัย นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับ LCA จำนวนมากที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองงานด้าน LCA โดยเฉพาะสามารถเลือกได้ตามชนิดและข้อมูลของงานเช่น ฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro ที่ถูกพัฒนาขึ้นและเป็นที่นิยมในวงการ LCA

4. การนำเสนอของข้อมูลในรูปของแบบฟอร์มที่เข้าใจง่าย การนำเสนอข้อมูลแก่ผู้รับ เป็นส่วนสำคัญมาก เพราะการทำ LCA จะบรรลุวัตถุประสงค์ได้เมื่อผู้รับสามารถนำไปใช้ประโยชน์และเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน การนำเสนอข้อมูลประกอบด้วย รายละเอียดของกระบวนการผลิต คุณลักษณะของข้อมูล เช่น คุณภาพของข้อมูล ข้อจำกัด และที่มาของข้อมูล เป็นต้น รูปแบบที่เป็นที่นิยม เช่น กราฟแท่ง กราฟวงกลม

2.2.2.3 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

เป็นการนำข้อมูลมาทำการแปลงแยกแยะตามชนิดของผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม จากขั้นตอนในการทำบัญชีรายการ (Inventory) เราจะทราบข้อมูลของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญแต่บางอย่างไม่ใช่ เพื่อให้ LCA สามารถช่วยในการตัดสินใจ ข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการต้องได้รับการตีความก่อน ซึ่งการตีความต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมแหล่งทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงาน และต้องแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญ

1. การเลือกข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Selection) หมายถึง การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแต่ละช่วงในวัฏจักรชีวิต ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้แก่ ข้อมูลการใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน การขนส่ง การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การบริโภค การนำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการกำจัดโดยอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกลไกด้านสิ่งแวดล้อมและกระบวนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเริ่มตั้งแต่จุดกำเนิดของปัญหาอันเนื่องมาจากกิจกรรมในวัฏจักรชีวิต จนถึงการแพร่กระจายมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งสร้างความเสียหายตั้งแต่ระดับท้องถิ่นจนถึงระดับโลก

2. การจัดแบ่งหรือจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการ (Classification) หมายถึงการจำแนกข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถจำแนกเป็นกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (Mid-point Impact) หรือขั้นปลายทาง (End-point Impact) โดยดูจากความสัมพันธ์ของสารขาเข้าและสารขาออกที่เป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบนั้นๆ ในการจำแนกข้อมูล มีข้อควรระวังคือการจำแนกซ้ำ เนื่องจากสารบางตัวอาจเป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่าหนึ่งประเภท เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนและเกิดฝนกรด การจำแนกสารดังกล่าวให้อยู่ในกลุ่มใด ต้องพิจารณาว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นเป็นผลกระทบโดยตรงจากสารมลพิษหรือเป็นผลกระทบต่อเนื่องจากผลกระทบอีกประเภทหนึ่ง ในกรณีที่เป็นผลกระทบต่อเนื่องไม่ควรจำแนกซ้ำ

3. การแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Characterization) หมายถึงการแปลงข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมเดียวกันให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในรูปตัวชี้วัดตามมาตรฐานที่ได้จากการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐานเรียกว่า Equivalent or Characterization Factors โดยคำนวณจากแบบจำลองที่อธิบายกลไกทางฟิสิกส์-เคมี และวิถีทางของสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

4. การเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม(Normalization) หมายถึง การเทียบขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษากับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาคหรือระดับโลก ขั้นตอนนี้ทำให้สามารถเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาในภาพรวม

5. การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Grouping) หมายถึง การจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ เช่น ผลกระทบต่อสุขภาพและอนามัยของมนุษย์การทำลายคุณภาพของระบบนิเวศน์ การลดลงของปริมาณทรัพยากรธรรมชาติและแหล่งพลังงานหรืออาจแบ่งเป็นระดับท้องถิ่น เช่น การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหาร และระดับโลกเช่น ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เพื่อให้ทราบขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละหมวดหมู่ในภาพรวมเป็นต้น

6. การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Weighting) หมายถึง การเปรียบเทียบความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท เรียกว่า Weighting Factor โดยเกณฑ์ในการกำหนดลำดับความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาจเป็นการเปรียบเทียบเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ ใช้หลักเกณฑ์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ผู้วิจัยจะนำมาพิจารณา เช่นขนาดและความรุนแรงของผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เฉพาะประเภทที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขการแปลงค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมเป็นค่าเงินเพื่อวิเคราะห์ในทางเศรษฐศาสตร์การใช้หลักเกณฑ์เชิงสังคม เป็นต้น

7. การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data Quality Analysis) หมายถึงการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อนที่จะนำผลดังกล่าวไปใช้ต่อไป ปัจจัยที่นำมาพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพข้อมูล ได้แก่ ความเหมาะสมและสอดคล้องของข้อมูลที่ใช้และข้อมูลที่ต้องการตามที่กำหนดไว้ในเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา โดยดูจากแหล่งที่มาของข้อมูล ช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล ความถูกต้องของวิธีการวัดและการคำนวณการเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลที่ขาดหายไป ตัวอย่างเทคนิคในการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล เช่น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูล (Sensitivity Analysis) เพื่อจำแนกข้อมูล วิธีปันส่วน (Allocation) วิธีคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม และการตัดออก (Cut-off) เป็นต้น

2.2.2.4 การแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation)

ขั้นตอนการแปลผลของ LCA หมายถึง การนำผลจากการทำรายการบัญชีข้อมูล และการประเมินผลกระทบมารวมกันเข้าเพื่อให้ได้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะตามเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาที่ระบุไว้ การแปลผลอาจเป็นการทำซ้ำไปซ้ำมาเพื่อพิจารณาทบทวนจากข้อมูลและอาจต้องเปลี่ยนแปลงขอบเขตการศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมมาได้ตามเป้าหมายที่กำหนด การแปลผลของการศึกษาควรจะคำนึงถึงความอ่อนไหวและความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ด้วย

2.2.3 โปรแกรมที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

โปรแกรม SimaPro 7.1 ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท PRe' Consultant ของประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นโปรแกรมที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดในการทำ LCA เพราะมีข้อดีคือเป็นโปรแกรมที่มีการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลไว้หลากหลายสาขาการผลิต โดยเฉพาะ Eco Invent ที่ครอบคลุมกระบวนการผลิตถึง 4,000 กระบวนการ ซึ่งส่วนใหญ่มาการศึกษา LCA ในยุโรปจากภาคอุตสาหกรรมเช่น ข้อมูลวัตถุดิบ พลังงาน การขนส่งและสภาพมลพิษที่เกิดขึ้นจริง และสามารถนำโปรแกรมมาประยุกต์ใช้เพื่อคำนวณศักยภาพในการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปของตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นจำนวนตัวเลขที่สามารถเปรียบเทียบกันได้

2.2.4 ประโยชน์ของการทำ LCA

LCA เป็นตัวช่วยเพิ่มความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของมนุษย์และผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่กำลังสนใจในการพัฒนาคุณภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืน

- สามารถนำผลจากการประเมินไปใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตว่ากระบวนการใดบ้างที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินไปใช้ในการออกแบบทำ Eco-design

- ทำให้ทราบถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิต ไม่เฉพาะช่วงใดช่วงหนึ่ง ทำให้สามารถปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ครบทุกด้าน
- สามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อม
- สามารถเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

2.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)

2.3.1 ความหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์

หลายองค์กรได้มีการให้ความหมายของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตัวอย่างเช่น

1. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ได้ให้ความหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ว่า คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า [12]
2. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ได้ให้ความหมายคาร์บอนฟุตปริ้นท์ ว่าเป็นการวัดผลกระทบของผลิตภัณฑ์และบริการจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณ โดยใช้ตัวบ่งชี้โอกาสในการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) โดยทั่วไปจะใช้ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจก ที่ระยะเวลา 100 ปี ซึ่งมีการกำหนดค่า GWP ของก๊าซต่างๆ โดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) โดยแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สามารถแบ่งขอบเขตเป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [13]

2.3.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร [14]

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้า การจัดการของเสีย และการขนส่ง วัดออกมาในรูปตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยพิจารณาจาก 3 ส่วนหลัก แบ่งเป็น Scope ดังนี้

- Scope I: การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางตรง (Direct Emissions) จากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรโดยตรง เช่น การเผาไหม้ของเครื่องจักร การใช้พาหนะขององค์กร (ที่องค์กรเป็นเจ้าของเอง) การใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย การรั่วซึม/รั่วไหล จากกระบวนการหรือกิจกรรม เป็นต้น
- Scope II: การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emissions) ได้แก่ การซื้อพลังงานมาใช้ในองค์กร ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และพลังงานไอน้ำ เป็นต้น

- Scope III: การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมด้านอื่นๆ การเดินทางของพนักงานด้วยพาหนะที่ไม่ใช่ขององค์กร การเดินทางไปสัมมนานอกสถานที่ การใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น

2.3.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [14]

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ทำการประเมินโดยประเมินตั้งแต่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยใช้หลักการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA) เริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตการใช้งานและการกำจัดเศษซากหลังการใช้งาน ซึ่งบริษัทผู้ผลิตสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Cradle to Grave) หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงาน (Cradle to Gate) ได้ และกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

2.4 ขั้นตอนการก่อสร้างบ้าน

วิธีการก่อสร้างบ้านพักอาศัยที่ใช้กันทั่วไปนั้นจะแบ่งลักษณะงานเป็นประเภทใหญ่ๆ ดังนี้ [15]

2.4.1 งานฐานรากและงานโครงสร้าง

โครงสร้างของบ้านเป็นสิ่งที่จะกำหนดรูปร่าง เค้าโครง ขนาด รวมทั้งความมั่นคงแข็งแรงของตัวบ้าน ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก บ้านที่เกิดความบกพร่อง ด้านการตกแต่งอาจแก้ไขในภายหลังได้โดยไม่ยาก แต่สำหรับบ้านที่เกิดความบกพร่องด้านการตกแต่งอาจ แก้ไขในภายหลังได้โดยไม่ยาก แต่สำหรับบ้านที่เกิดความบกพร่องด้านโครงสร้างจะทำการแก้ไขได้ยากหรืออาจทำการแก้ไขไม่ได้เลย เพราะการแก้ไขด้านโครงสร้าง มักจะต้องใช้วิธีรื้อถอน หรือทุบทำลาย (Destructive correction) แล้วค่อยสร้างขึ้นมาใหม่ มิใช่เป็น แก้ที่เปลือกนอกหรือผิวนอก โครงสร้างของบ้านที่ดีจะต้องทำอย่างถูกต้อง เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ ตลอดจนถึงกรรมวิธีการปลูกสร้าง โครงสร้างของบ้านอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ

1. โครงสร้างของฐานราก
2. โครงสร้างของเสาและคาน

3. โครงสร้างของพื้นและบันได
4. โครงสร้างของหลังคา

ฐานรากของบ้านเป็นสิ่งที่ให้ความมั่นคง และแข็งแรงแก่ตัวบ้าน เป็นอันดับแรก ถ้ามีฐานรากที่มั่นคงแข็งแรง ผู้อยู่อาศัยก็ย่อมอุ่นใจได้ว่าบ้านที่อยู่นั้นจะไม่เอียงหรือทรุดลงมาในภายหลัง ส่วนประกอบที่สำคัญของโครงสร้างของฐานรากก็คือส่วนที่อยู่ลึกที่สุดลงไปในดินนั่นก็คือเสาเข็ม เสาเข็มที่ใช้กับอาคาร บ้านเรือนทั่วไป ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะของการผลิตและการใช้งานได้แก่ เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงเป็นเสาเข็มที่ใช้กันแพร่หลายสำหรับอาคารพาณิชย์ และบ้านพักอาศัยทั่วไป เป็นเสาคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็วและโครงเหล็กภายในทำจากลวดเหล็กอัดแรงกำลังสูง กรรมวิธีที่ใช้ในการลงเสาเข็มจะเป็นการตอกกระแทกลงไปในดินโดยใช้ปั้นจั่นซึ่งเป็นกรรมวิธีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนและประหยัดค่าใช้จ่าย เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงสามารถแบ่งแยกย่อยออกไปได้อีกตามรูปร่างลักษณะของตัวเสาเข็มที่ใช้กันแพร่หลายได้แก่

1. เสาเข็มรูปตัวไอ
2. เสาเข็มสี่เหลี่ยมตัน
3. เสาเข็มหกเหลี่ยมหรือแปดเหลี่ยมชนิดกลวง
4. เสาเข็มรูปตัวที

ชนิดของเสาเข็มที่ใช้สำหรับรับน้ำหนักของตัวบ้านโดยทั่วไปจะเป็นเสาเข็มรูปตัวไอ ส่วนขนาดและความยาวนั้นขึ้นอยู่กับวิศวกรผู้ออกแบบเป็นผู้กำหนด ส่วนเสาเข็มหกเหลี่ยมหรือแปดเหลี่ยมชนิดกลวงหรือเสาเข็มรูปตัวทีนั้นมักจะใช้กับงานโครงสร้างที่เล็กกว่า หรือต้องการรับน้ำหนักน้อยกว่า เช่น งานฐานรากของรั้ว

2.4.2 โครงสร้างของพื้นและบันได

โครงสร้างของพื้นและบันไดนับว่าเป็นส่วนที่สำคัญของตัวบ้านอีกส่วนหนึ่งที่จะต้องให้ความสำคัญในด้านของความแข็งแรงและความคงทน เพราะพื้นเป็นส่วนที่ต้องรับน้ำหนักของสิ่งต่างๆ ทุกชนิดที่ตั้งอยู่ในบ้านไม่ว่าจะเป็นตู้ เตียง โต๊ะ หรืออาจจะเป็นชั้นวางหนังสือ ซึ่งบางจุดอาจจะต้องรับน้ำหนักนับร้อยกิโลกรัมต่อตารางเมตรเลยทีเดียว นอกจากนี้ในบางครั้งพื้นและบันไดอาจจะต้องรับแรงกระแทกต่างๆ นอกเหนือจากความคาดหมาย เช่น แจกันกระเบื้องใบใหญ่ตก ตู้หนังสือล้ม หรือแม้กระทั่งเกิดไฟไหม้หรือเกิดแผ่นดินไหว ถึงแม้ว่าสิ่งเหล่านี้จะไม่ใช่สิ่งปกติที่จะเกิดขึ้นบ่อยๆ แต่ก็มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ และหากบังเอิญเกิดขึ้นมาแล้วโครงสร้างของพื้นที่มั่นคงแข็งแรงกว่าก็ย่อมจะเกิดความเสียหายน้อยกว่าและให้ความปลอดภัยแก่ชีวิตของผู้อยู่อาศัยและทรัพย์สินมากกว่าไม่เกิดการพังทลายลงมาง่ายๆ พื้นที่ใช้กับอาคารบ้านเรือนทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. พื้นไม้ พื้นไม้เป็นโครงสร้างของพื้นแบบง่าย โดยใช้คานทำด้วยไม้ปูด้วยไม้แผ่นพื้นเรียงกันโดยวิธีเข้าลิ้นแล้วตอกตะปูยึดไว้ มักจะใช้ไม้เนื้อแข็งที่ให้ความแข็งแรง เช่น ไม้แดง ไม้มะค่า ไม้สัก ไม้เต็ง เป็นต้น โครงสร้างชนิดนี้มีข้อดี คือ ทำง่าย ประหยัดเวลา แต่มีข้อเสียคือ รับน้ำหนักได้น้อยอาจมีเสียงดังเวลาใช้งานเนื่องจากไม้หดตัว ไม้หายากขึ้นและมีราคาแพงขึ้น ปัจจุบันพื้นไม้มักไม่ค่อยนิยมทำกันแล้วเนื่องด้วยเหตุผลข้างต้น แต่การทำบันไดยังนิยมใช้โครงสร้างไม้กันอยู่มากเพราะให้ความสวยงามแบบธรรมชาติและไม่ต้องใช้ไม้จำนวนมากนัก

2. พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งยังสามารถแบ่งชนิดออกได้อีกตามลักษณะของการผลิตและการใช้งาน ได้แก่ พื้นหล่อกับที่ พื้นสำเร็จรูปแบบแผ่นท้องเรียบ พื้นสำเร็จรูปแบบกลวง พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ตามลักษณะการผลิตและการใช้งาน ได้แก่

- พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อกับที่ พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อกับที่เป็นรูปแบบของโครงสร้างพื้นที่ใช้กันมาแต่ดั้งเดิม กรรมวิธีในการทำจะคล้ายกับการทำเสาและคาน กล่าวคือจะต้องมีการทำไม้แบบ ผูกเหล็กเส้นในลักษณะเป็นตะแกรงโดยขนาดของเหล็กเส้นที่ใช้และความถี่ของช่วงตารางจะขึ้นอยู่กับการคำนวณการรับน้ำหนัก ในการใช้งานแล้วเทคอนกรีตหล่อลงไป การทำพื้นด้วยวิธีนี้มักไม่ค่อยนิยมกันแล้วใน การปลูกสร้างบ้านเรือนในปัจจุบัน เพราะขั้นตอนยุ่งยากต้องเสียเวลาในการทำไม้แบบและต้องใช้เวลานานกว่าปูนที่หล่อจะอยู่ตัวจนสามารถใช้งานรับน้ำหนักได้ แต่ก็ยังมีการใช้กันบ้างในงานบางลักษณะ เช่น การทำพื้นชั้นล่างที่ไม่ได้ยกพื้นอยู่บนคาน การทำพื้นห้องน้ำที่จะต้องมีการเจาะรูเพื่อเดินท่อต่างๆ เพราะสามารถวางตำแหน่งของโครงเหล็กเส้นไม่ให้ตรงกับรูที่เจาะได้ ต่างกับพื้นแผ่นสำเร็จรูปที่จะมีโครงลวดเหล็กฝังมาอยู่แล้วการเจาะรูพื้นนั้นถ้าหากทำให้ลวดเหล็กขาดตรงจุดใดบริเวณนั้นก็จะไม่แข็งแรงหรือการทำโครงสร้างของบันไดคอนกรีตก็ยังคงต้องทำแบบหล่ออยู่กับที่

- พื้นสำเร็จรูปแบบแผ่นท้องเรียบ โครงสร้างของพื้นชนิดนี้จะประกอบด้วยพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปแบบแผ่นท้องเรียบ (Prestressed cncrete floor plank) นำมาจัดวางเรียงกันเป็นพื้นห้องแล้วทำการเททับด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กอีกชั้นหนึ่ง พื้นประเภทนี้เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายในการปลูกสร้างอาคารบ้านเรือนทั่วไป เพราะขั้นตอนไม่ยุ่งยากและประหยัดเวลา อีกทั้งเมื่อทำสำเร็จแล้วสามารถใช้งานรับน้ำหนักได้ในระยะเวลาอันสั้น ไม่ต้องคอยให้คอนกรีตอยู่ตัวหรือบ่มตัวนานเหมือนกับการทำพื้นคอนกรีตแบบหล่อกับที่และสามารถรับน้ำหนักได้ดี พื้นคอนกรีตอัดแรงแบบแผ่นท้องเรียบที่นิยมใช้กันและมีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดนั้น ทำจากปูนซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็วเสริมด้วยลวดเหล็กอัดแรงกำลังสูงส่วนใหญ่จะเป็นพื้นสำเร็จรูปที่มีขนาดความกว้าง 30-35 เซนติเมตร หนา 5 เซนติเมตร และมีช่วงความยาว (Span length) 1.0-4.5 เมตร ใช้โครงลวดเหล็กอัดแรงขนาด 4-5 มิลลิเมตรฝังตามแนวยาวเป็นจำนวน 4-7 เส้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยาวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปและการใช้งานว่าต้องการให้รับน้ำหนักได้มากน้อยเพียงใด

- พื้นสำเร็จรูปแบบกลวง พื้นสำเร็จรูปแบบกลวง (Hollow core slab) เป็นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปอีกแบบหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างไปจากพื้นสำเร็จรูปแบบแผ่นท้องเรียบที่กล่าวมาแล้ว กล่าวคือ พื้นชนิดนี้จะมีช่วงความยาวที่ยาวกว่าโดยอาจมีช่วงพาดที่ยาวถึง 12 เมตร โดยไม่เกิดการแอ่นตัวและไม่ต้องใช้ไม้ค้ำยันชั่วคราวในการก่อสร้าง มีขนาดและความหนาให้เลือกมากกว่า สามารถรับน้ำหนักได้ดีกว่า มักใช้กับอาคารสำนักงาน อาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารจอดรถมากกว่าการใช้ตามอาคารบ้านเรือนทั่วไป การเทคอนกรีตทับหน้านั้นอาจทำหรือไม่ทำก็ได้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน และเนื่องจากพื้นสำเร็จรูปชนิดนี้เป็นแบบกลวง ฉะนั้นช่องภายในที่กลวงยังสามารถใช้ประโยชน์ในการเดินสายไฟหรือท่อน้ำได้อีกด้วย

2.4.3. งานก่อผนัง

ผนัง นั้นเรียกได้ว่าเป็นผิวหนังของบ้าน (Skin) สำหรับผนังภายนอกนั้นคอยปกป้องตัวบ้าน จากความเปลี่ยนแปลงของ อากาศ ร้อนหนาว แดด ลม ฝน ภายนอกบ้าน ส่วนผนังภายในนั้น ทำหน้าที่แบ่งส่วนใช้สอยต่างๆ ภายในบ้านให้เป็นสัดส่วนตามการใช้สอย ผนังในบ้านนั้นมีทั้งผนังที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง หรือที่เราเรียกว่า ผนังรับน้ำหนัก (ซึ่งแยกย่อยไปอีก เป็นผนังรับน้ำหนักที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก และผนังรับน้ำหนักที่ใช้การก่ออิฐเต็มแผ่น) ผนังลักษณะนี้ให้นึกภาพง่ายๆ ว่าเป็นเสาที่ยืดยาวออกไปเป็นผนังนั่นเอง ผนังชนิดนี้จึงมีราคาค่อนข้างแพงกว่าผนังปกติสักหน่อย ส่วนผนังอีกประเภท เป็นผนังที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป คือ ผนังที่ไม่ได้ทำหน้าที่รับน้ำหนัก หรือมิได้ทำตัวเป็นโครงสร้าง ส่วนมากเป็นผนังก่อด้วยอิฐหรืออาจใช้เป็นแผ่นยิปซั่มบอร์ดก็ได้ ตัวผนังเองมีหลายชนิด เช่น ผนังก่ออิฐ ผนังหิน ผนังคอนกรีตบล็อก ผนัง Glass Block หรือผนังแก้ว นอกจากนี้ยังมีที่เป็นผนังกระจก (Curtain wall) นิยมใช้กันมากในตึกสูง และมีการนำมาใช้กับ บ้านพักอาศัยในส่วนที่ต้องการเปิดมุมมองสู่ภายนอก เช่น ห้องรับแขก ห้องพักผ่อน เป็นต้น ในวิธีการก่อสร้างนั้นผนังแต่ละอย่าง ก็มีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันออกไปตามประเภท กล่าวถึงผนังที่ใช้กันอยู่ทั่วไป นั่นคือ ผนังก่ออิฐ มีสองลักษณะ การก่ออิฐโชว์แนว และ ผนังก่ออิฐฉาบปูน

- ผนังก่ออิฐโชว์แนว คือผนังที่มีการก่ออิฐเรียงกันและไม่มีการฉาบทับ เพื่อต้องการโชว์แนวของอิฐผนังชนิดนี้จึงไม่มีปูนฉาบหน้ากันความชื้น ดังนั้นในการก่ออิฐโชว์แนวสำหรับผนัง ด้านนอกอาคารไม่ควรจะก่อโชว์ทั้งสองด้าน เพราะเวลาฝนตกหรือมีความชื้นเข้ากระทบผนัง น้ำจะซึมเข้าด้านในได้โดยง่าย ข้อควรระวังอีกประการคือ อย่าก่อในบริเวณที่มีรถวิ่งผ่านหรือวิ่งเฉียด (เช่นโรงรถ ข้างถนน เป็นต้น) เพราะหากมีการกระทบให้อิฐโชว์แนวมีรอย การแก้ไขทำได้ยาก ส่วนใหญ่มักต้องทุบผนังทั้งแผงออกและก่อขึ้นใหม่

- ผนังก่ออิฐฉาบปูน เป็นผนังที่ใช้อิฐก่อขึ้นมาและฉาบทับด้วยปูนเพื่อความเรียบร้อย สำหรับการก่ออิฐในผนังชนิดนี้จะต่างจากการก่ออิฐของผนังก่ออิฐโชว์แนว เพราะจะต้องก่ออิฐให้ผิว

คอนกรีตมีรอยบุ๋มลึกประมาณ 3-5 มิลลิเมตร เพื่อเวลาฉาบปูนจะได้ยึดเกาะผิวคอนกรีตได้แน่นหนา ก่อนฉาบปูนควรทำความสะอาดผนังด้วยไม้กวาดหรือลมเป่าให้เศษหรือฝุ่นปูนหลุดออกเสียก่อน และทำการรดน้ำให้ชุ่มเสีย ทิ้งไว้ซักครึ่งนาทีก่อนให้อิฐดูดน้ำให้เต็มที่ ป้องกันไม่ให้อิฐดูดน้ำไปจากปูน อันจะก่อให้เกิดการแตกร้าวของผนังได้

บ้านที่ก่อสร้างด้วยวิธีนี้จะมีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อกับที่ ซึ่งเป็นรูปแบบของโครงสร้างที่ต้องมีการทำไม้แบบผูกเหล็กเส้นในลักษณะเป็นตะแกรง แล้วเทคอนกรีตหล่อลงไปจึงต้องใช้เวลานานกว่าปูนที่หล่อจะอยู่ตัวจนสามารถใช้งานรับน้ำหนักได้ ซึ่งมีการใช้แรงงานคนในการก่อสร้างร่วมกับเครื่องจักรเช่น เครื่องผสมปูนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการผสมปูนและเทพื้น

2.4.4 งานหลังคา

โครงหลังคาเป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักของวัสดุมุงหลังคา โดยทำหน้าที่ยึดมุงหลังคาอย่างเช่น กระเบื้องมุงหลังคาให้อยู่ในลักษณะที่มั่นคงแข็งแรงและเป็นระเบียบ ในขณะเดียวกันก็จะทำหน้าที่ยึดตัวหลังคาทั้งหมดให้เชื่อมต่อกับโครงสร้างของเสาและคานของตัวบ้านอย่างแข็งแรง โครงหลังคาที่ดีนอกจากจะต้องมีการเชื่อมต่อหรือเกาะยึดอย่างแข็งแรงแล้ว ยังมีความคงทนต่อดินฟ้าอากาศและสภาพกาลเวลาที่ผ่านไป อีกทั้งการสร้างจะต้องกระทำอย่างประณีตและถูกต้องในแง่ของขนาดและระยะต่างๆ เพื่อให้แนวหลังคาที่มุงเสร็จอยู่ในลักษณะเข้าที่เรียบร้อย โครงหลังคาที่ใช้ในบ้านเรือนทั่วไปอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามวัสดุที่ใช้ ดังนี้

1. โครงหลังคาไม้ โครงหลังคาที่ทำด้วยไม้นิยมใช้กันมากในสมัยก่อน เพราะต้นทุนของวัสดุต่ำ ขั้นตอนการปลูกสร้างไม่ยุ่งยาก ไม่ต้องใช้เครื่องมือมาก อีกประการหนึ่งบ้านในสมัยก่อนยังนิยมปลูกเป็นบ้านไม้ การเชื่อมต่อระหว่างโครงหลังคากับโครงสร้างของเสาและคานที่ทำด้วยไม้เหมือนกัน สามารถทำได้โดยสะดวก แต่ในปัจจุบันบ้านเรือนส่วนใหญ่จะปลูกเป็นตึกประกอบกับไม้เป็นวัสดุที่หายากและมีราคาแพงขึ้น โดยเฉพาะไม้คุณภาพดีที่ให้ความแข็งแรงทนทานและคงรูปก็ยิ่งหายากและมีราคาแพง นอกจากนี้โครงหลังคาไม้ยังอาจมีปัญหาของปลวกเกิดขึ้นได้ในภายหลัง ฉะนั้นโครงหลังคาไม้จึงไม่เป็นที่นิยมทำกันในปัจจุบันสำหรับอาคารบ้านเรือนทั่วไปที่เป็นตึก แต่ยังมีใช้กันอยู่สำหรับบ้านไม้

2. โครงหลังคาเหล็ก โครงหลังคาที่ทำด้วยเหล็กเป็นโครงหลังคาที่นิยมใช้กันทั่วไปสำหรับอาคารบ้านเรือนในปัจจุบัน เพราะเหล็กเป็นวัสดุที่หาง่ายในท้องตลาด อีกทั้งมีรูปแบบและขนาดต่างๆ ให้เลือกมากมายเพื่อให้เหมาะสมกับการรับน้ำหนักและรูปทรงที่แตกต่างกันของบ้านเรือนแต่ละหลัง นอกจากนี้เหล็กยังเป็นวัสดุที่ให้ความแข็งแรงและความคงรูปเป็นอย่างดี ปราศจากปัญหาเรื่องปลวก

ในแง่ของความคงทนและอายุการใช้งานนั้นเหล็กที่ผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิม เช่น การชุบสังกะสีหรือการเคลือบสีอย่างดีจะมีอายุการใช้งานยาวนานหลายสิบปีในสภาพใช้งานปกติ

2.4.5 งานฝ้าเพดาน

การบุฝ้าเพดานตามห้องต่างๆ เพื่อความสวยงาม โดยเฉพาะห้องชั้นบนสุดเพื่อไม่ให้เห็นโครงสร้างหลังคาและแผ่นกระเบื้อง ฝ้าเพดานจะเป็นประโยชน์ต่อผู้อยู่อาศัยหลายประการ เช่น ทำให้เกิดความสวยงาย ช่วยปิดกั้นการเดินท่อและสายไฟต่างๆ นอกจากนี้ยังช่วยลดความร้อนจากหลังคา เป็นส่วนสำคัญในการลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในบ้านได้ ซึ่งงานมุงฝ้าเพดานจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักจากเครื่องมือ เช่น เครื่องตัด สว่าน เป็นต้น

2.4.6 งานปูพื้น

พื้นบ้านนับเป็นส่วนประกอบที่โดดเด่นส่วนหนึ่งของตัวบ้าน เพราะจะปรากฏให้เห็นอยู่ทั่วไปทุกห้อง การปูพื้นจึงเป็นงานที่มีลักษณะกึ่งงานตกแต่งกึ่งงานก่อสร้าง พื้นบ้านสามารถสะท้อนให้เห็นถึงฐานะและความมีรสนิยมของเจ้าของบ้าน โดยดูจากวัสดุปูพื้นที่เลือกใช้ และสามารถแสดงให้เห็นถึงงานสร้างสรรค์ทางศิลปะ โดยดูจากการออกแบบและความประณีตในการทำจึงไม่น่าแปลกใจที่จะพบว่าเจ้าของบ้านบางรายมีความพิถีพิถันอย่างมากในการเลือกใช้วัสดุปูพื้น ตลอดจนถึงการเลือกช่างที่มีฝีมือและความชำนาญในการปูพื้นชนิดต่างๆ นอกจากการมองในด้านของความสวยงามแล้ว เนื่องจากพื้นที่หรือบริเวณต่างๆ ในตัวบ้านจะมีลักษณะการใช้สอยที่แตกต่างกัน ฉะนั้นการเลือกใช้วัสดุปูพื้นให้เหมาะสมกับการใช้สอยในแต่ละห้องแต่ละจุดจึงเป็นสิ่งที่ควรจะให้ความสำคัญเช่นเดียวกัน มิใช่จะมองแต่ด้านความสวยงามเพียงด้านเดียว เพราะการเลือกใช้วัสดุปูพื้นที่เหมาะสมนอกจากจะช่วยให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานแล้วยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้อยู่อาศัยอีกด้วย

วัสดุที่ใช้ในการปูพื้นตามท้องตลาดมีอยู่มากมายหลายชนิด โดยแต่ละชนิดจะให้ความสวยงาม ประโยชน์ในการใช้สอยและราคาที่แตกต่างกันออกไป ในที่นี้จะกล่าวถึงวัสดุชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการปูพื้นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป คุณสมบัติของวัสดุปูพื้นแต่ละชนิดทั้งในแง่ของความสวยงามและประโยชน์ใช้สอย ตลอดจนหลักการเลือกใช้วัสดุชนิดต่างๆ ว่าควรจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอะไรบ้างอันเป็นแนวทางในการตัดสินใจ เพื่อให้ได้ของที่ดีและเหมาะสมกับความต้องการของแต่ละคน วัสดุปูพื้นที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบันอาจแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1. พื้นพรม
2. พื้นไม้จริง
3. พื้นไม้ปาร์เกต์
4. พื้นหินแกรนิตและหินอ่อน

5. พื้นกระเบื้องเคลือบ

6. พื้นกระเบื้องหินขัด

7. พื้นกระเบื้องยาง

8. พื้นคอนกรีตบล็อก

2.5 ประเภทวัสดุก่อสร้าง [16]

2.5.1 วัสดุก่อสร้างสำหรับงานฐานราก

2.5.1.1 ชนิดของเสาเข็ม คือ ส่วนที่รับน้ำหนักอยู่ใต้สุดของตัวบ้าน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. เข็มตอก วิธีการตอกก็คือ ตอกลงไปด้วยกำลังคน หรือปั้นจั่น ก็ได้จนสุดความยาวของเข็ม เสาเข็มตอกทั่วไปจะมีหน้าตาต่างๆ กันมีทั้งแบบสี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม และเป็นรูปตัวไอ ซึ่งทุกอย่างมีหน้าตัดตันทั้งต้น เวลาตอกก็ตอกลงไปง่ายๆ อย่างที่เราเห็นกันโดยทั่วไป และอีกชนิดคือ เสาเข็มกลมกลวง เป็นเสาเข็มที่สามารถรับแรงได้มากกว่าเสาเข็มแบบแรก เพราะสามารถทำให้โตกว่าได้ ผลิตโดยการปั่นหมุนคอนกรีตให้เสาเข็มออกมากลมและกลวง เวลาตอกส่วนใหญ่จะขุดเป็นหลุมก่อนแล้วกดเสาเข็มลงไปพอถึงระดับที่ต้องการจึงจะเริ่มตอก ทำให้มีส่วนของเสาเข็มไปแทนที่ดินน้อยลง (ดินถูกขุดออกมาบางส่วนแล้ว) อาคารข้างเคียงเดือดร้อนน้อยลงจากการเคลื่อนตัวของดิน (แต่ความดังฝุ่นละออง และความสะเทือนยังคงอยู่)

2. เข็มเจาะ คือ การเจาะดินลงไปก่อนแล้วหย่อนแม่แบบเหล็กลงไปใส่เหล็กเสริมแล้วจึงเทคอนกรีตตามลงไปในหลุม มี 2 แบบได้แก่ เสาเข็มเจาะแบบแห้งเป็นระบบเสาเข็มเจาะขนาดเล็ก ส่วนใหญ่จะลึกไม่เกิน 20 เมตร (แล้วแต่ระดับชั้นทราย) รับน้ำหนักได้ไม่เกิน 120 ตันต่อต้น วิธีการก็คือ เจาะดินลงไป (แบบแห้ง) แล้วหย่อนเหล็กเทคอนกรีตลงไปในหลุม ซึ่งราคาจะแพงกว่าระบบเข็มตอก แต่เกิดมลภาวะน้อยกว่ามาก ทั้งเรื่องการเคลื่อนตัวของดิน ความสั่นสะเทือน ฝุ่นละออง จึงเป็นที่นิยมใช้ในที่ที่มีคนอยู่หนาแน่น เสาเข็มเจาะแบบเปียกทำเหมือนเสาเข็มเจาะแห้ง แต่เวลาขุดดินจะขุดลึกๆ แล้วใส่ สารเคมีลงไปเคลือบผิวหลุมดินที่เจาะให้ทำหน้าที่เป็นตัวยึดประสานดินและกันดินไม่ให้พังทลายลงเวลาเจาะลึกๆ (ซึ่งสามารถเจาะได้ลึกกว่า 70 เมตร) รับน้ำหนักได้มากและเกิดมลภาวะน้อย แต่ราคาแพง เข็มเจาะจะมีราคาสูงกว่าเข็มตอกแต่จะทำให้บ้านข้างเคียงไม่เดือดร้อน เพราะไม่เกิดแรงสั่นสะเทือนเหมือนเข็มตอก เหมาะสำหรับบ้านที่ปลูกติดกัน

2.5.1.2 ชนิดของปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่
ปูนชนิดที่หนึ่ง เป็นปูนที่มี กำลังอัดสูงและ ความแข็งแรง มีประสิทธิภาพในการยึดเกาะดี ใช้สำหรับทำโครงสร้างที่ต้องการรับน้ำหนัก คือ ปูน Portland cement เช่น ตราช้าง ตราพญานาค ตราดอกจิก จะมีราคาแพงกว่า

ปูนชนิดที่สอง จะมีกำลังอัดและความแข็งแรงน้อยกว่า เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความปราณีตเรียบร้อย เช่น งานฉาบปูนหรืองานก่อ ซึ่งการรับน้ำหนักและการยึดเกาะจะสู้แบบแรกไม่ได้ คือ ปูน Silica Cement เช่น ปูนตรางูเห่า ตราเสือ ตรานกอินทรีย์ จะมีราคาถูกกว่าการใช้งานต้องใช้ให้ถูกประเภทของงาน มิฉะนั้นจะทำให้เกิดปัญหาในการรับน้ำหนักหรือการแตกร้าวได้ ซึ่งจะมีอันตรายมาก

2.5.2 วัสดุก่อสร้างสำหรับงานพื้น

2.5.2.1 วัสดุโครงสร้างพื้น มีหลายชนิดดังนี้

- พื้นโครงสร้างไม้ มีข้อดี คือ น้ำหนักเบา ติดตั้งได้สะดวกรวดเร็ว เป็นงานแห้งไม่เลอะเทอะ แต่มีข้อเสีย คือ รับน้ำหนักไม่ได้มาก มีเสียงดัง กันน้ำไม่ได้ และในปัจจุบันไม้ที่ดีหายากและราคาค่อนข้างแพง
- พื้นโครงสร้างคอนกรีต มีข้อดี คือ มีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้ดี กันน้ำได้เหมาะสำหรับทำห้องน้ำหรือชั้นดาดฟ้า วัสดุที่ใช้ปูผิวมีให้เลือกมาก เช่น ปาร์เก้ กระเบื้องเคลือบ หินอ่อน แกรนิต ข้อเสีย คือ เป็นงานเปียกเลอะเทอะง่าย ค่อนข้างยุ่งยากในการก่อสร้าง ต้องใช้ช่างที่มีประสบการณ์ ใช้เวลานานจึงจะใช้งานได้ ต้องมีระยะเวลาบ่มคอนกรีต มีน้ำหนักมาก
- พื้นสำเร็จรูป คือ แผ่นพื้นคอนกรีตที่หล่อมาจากโรงงานแล้วมาวางตามสถานที่ก่อสร้างได้เลย หลังจากนั้นก็วางเหล็กเสริมด้านบน โดยมีเหล็กยื่นเข้าไปในคานด้วย แล้วจึงเทปูนทับหน้าอีกทีหนึ่งหนาประมาณ 5 ซม. มีผลดี คือ สามารถก่อสร้างได้สะดวกรวดเร็ว แต่ห้ามใช้ในพื้นที่ที่โดนน้ำเช่น ห้องน้ำ ระเบียงชั้นดาดฟ้า ควรใช้พื้นที่หล่อกับที่

2.5.2.2 วัสดุปูพื้น มีหลายชนิดดังนี้

- พื้นไม้จริง เป็นของธรรมดาพื้นบ้านมานมนาน แต่ปัจจุบันกลายเป็นความใฝ่ฝันที่หลายคนอยากมี แต่ก่อนจะวางพื้นไม้บนตงและคานทำหน้าที่คอนกรีตอีกที ซึ่งต้องระมัดระวังกรรมวิธีในการปูให้ถูกต้อง ต้องมีการวางระแนงไม้ฝังในคอนกรีตและสูงกว่าผิวคอนกรีต

ประมาณ 2 ซม. เพื่อความยืดหยุ่นและไม่โก่งงอจากการอัดเข้าลิ้นภายหลัง ราคาพื้นไม้นี้จะแพงแต่ให้ความรู้สึกดีมาก

- พื้นปาร์เก้ คือชิ้นไม้เล็กๆ ที่ปูบนพื้นคอนกรีตมีทั้งแบบเข้าลิ้นรอบและไม่เข้าลิ้น ราคาจะถูกกว่าพื้นไม้ธรรมดา ข้อดี คือ ให้ความสวยงาม อบอุ่น ดูเป็นธรรมชาติ ราคาไม่แพงมาก ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของไม้ที่ใช้มีอายุการใช้งานได้นาน ข้อเสีย คือ เกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย ติดไฟ ไม่สามารถทนความชื้นได้นาน มีปัญหาเรื่องปลวก
- พื้นกระเบื้องเคลือบ ข้อดี คือ มีความแข็งแรง มีแบบและสีสันให้เลือกมากมาย ราคาไม่แพง ดูแลรักษาง่าย ข้อเสีย คือ มีรอยต่อของแผ่นมาก ดูแข็งกระด้าง ไม่นิ่มนวล จะลื่นเมื่อโดนน้ำ และถ้าโดนของแข็งหล่นทับอาจแตกร้าวได้ ราคาจะมีตั้งแต่ตารางเมตรละ 200 บาท จนถึง 5,000 บาท แล้วแต่ชนิดของกระเบื้องใช้ปูบนพื้นคอนกรีตที่ไม่จำเป็นต้องแห้งสนิทแต่ต้องกันซึมไว้เรียบร้อย การปูกระเบื้องเล่นลายเป็นสิ่งที่ต้องระวังมาก เพราะกระเบื้องแต่ละแผ่นแต่ละยี่ห้องจะมีขนาดความหนาไม่เท่ากัน ทำให้น่าเกลียดกว่าที่ออกแบบไว้มากทีเดียว ปัญหาของการปูกระเบื้องคือ กระเบื้องมักขาดตลาด (ในลายที่ต้องการ) และหากเสียหายแตกหักภายหลังจะหาอะไหล่มาทดแทนไม่ได้ควรเก็บสต็อคกระเบื้องที่ใช้ไว้บ้าง
- พื้นหินขัด อัตราส่วนผสมของหินขัด ซีเมนต์ขาว 1 ถุง (40 กก.) หิน 2 ถุง ใช้งานได้ 4 ตารางเมตร ความหนาของหินขัดทำในที่มีความหนาประมาณ 0.70 - 1.50 ซม. ขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดหิน หินที่ใช้ตั้งแต่เบอร์ 1 (เล็กสุด) ถึงเบอร์ 5 (ใหญ่สุด 10 มม.) ข้อดี ดูแลรักษาง่าย ราคาไม่แพง มีลูกเล่น สามารถออกแบบให้มีลวดลายและสีสันได้มาก ไม่มีรอยต่อ ข้อเสียดูแข็งกระด้าง จะลื่นเมื่อเวลาโดนน้ำ การทำค่อนข้างยุ่งยาก เป็นงานเปียกทำให้เลอะเทอะ เวลาแตกร้าวซ่อมแซมยาก
- พื้นกระเบื้องยาง เป็นสิ่งสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ มีทั้งเป็นแผ่นเล็กๆ และเป็นผืนใหญ่ทนทานทีเดียวเมื่อเทียบกับราคา บำรุงรักษาไม่ยากนักแต่ให้ความรู้สึกที่เป็นสำนักงานมากไปหน่อย ปรับเปลี่ยนง่าย ข้อดี ราคาถูก ติดตั้งง่าย มีสีสันและขนาดให้เลือกมากผิวดูนุ่มนวลไม่แข็งกระด้าง ซ่อมแซมง่าย ข้อเสีย มีรอยต่อมาก อายุการใช้งานไม่นาน ดูไม่ภูมิฐาน ผิวอ่อนจะมีรอยขูดขีดได้ง่าย ถ้าพื้นคอนกรีตไม่เรียบเวลาปูเสร็จแล้วจะดูเป็นคลื่นไม่สวยงาม
- หินอ่อน เป็นของที่นิยมใช้กันมากขึ้นเพราะราคาเริ่มใกล้เคียงกับวัสดุปูพื้นอย่างอื่น ข้อดี ดูสวยงามภูมิฐาน มีสีสันให้เลือกมากมาย ดูเป็นธรรมชาติ กันน้ำได้ดี ไม่ผุกร่อน มีรอยต่อน้อย ข้อเสีย ใช้ได้เฉพาะภายในบ้านและควรอยู่ในส่วนที่ไม่โดนรอยขีดข่วน มีผิวอ่อน บางชนิดมีราคาแพง
- หินแกรนิต ข้อดี มีความแข็งแกร่ง ทนต่อรอยขีดข่วนได้ดี ใช้ได้ทั้งภายนอกและภายใน ดูแลรักษาง่าย มีความหรูหรา น่าภูมิฐาน ข้อเสีย มีราคาค่อนข้างแพง ทำเป็นลวดลายค่อนข้างยาก เพราะมีความแข็ง มีสีสันให้เลือกน้อย

- พื้นพรม เป็นวัสดุที่สวย นุ่มนวล ไม่แพงนัก หรูหรา ติดตั้งง่ายแต่บำรุงรักษายาก และมีอายุการใช้งานสั้น หากต้องการเปลี่ยนบรรยากาศบ่อยๆ หรือเร่งงานก่อสร้างพรมเป็นวัสดุที่น่าใช้

2.5.2.3 วัสดุก่อผนัง มีหลายชนิดดังนี้

- ผนังอิฐมอญ หรือเรียกว่าอิฐแดงจะมีขนาดเล็ก การก่อจะเสียเวลามากมีน้ำหนักมาก ราคาจะแพงแต่มีความแข็งแรงทนทาน
- ผนังอิฐบล็อค จะมีความเปราะแตกง่าย มีน้ำหนักเบา ถ้าก่อเป็นผนังของอาคารหลายชั้นจะทำให้ประหยัดโครงสร้างได้มาก ราคาจะถูกกว่า
- ผนังยิบซั่มบอร์ด มีคุณสมบัติในเรื่องของการติดตั้งได้สะดวก มีความแข็งแรงทนทาน มีความสามารถในการป้องกันไฟ ป้องกันเสียง นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบา สามารถต่อเติมผนังได้ทุกส่วนของบ้านโดยไม่ทรุดตัว

2.5.2.4 วัสดุมุงหลังคา มีหลายชนิดดังนี้

- บ้านที่มุงหลังคาด้วยกระเบื้องจะให้ความรู้สึกอบอุ่น มีหลายชนิด เช่น กระเบื้องโมเนีย มีสีให้เลือกมากแต่ก็มีน้ำหนักมาก ต้องมุงให้มีความลาดชันมาก กระเบื้องลอนคู่และลูกฟูกน้ำหนักเบาแต่มุงให้มีความลาดน้อยกว่าได้
- METAL SHEET คือ แผ่นเหล็กที่รีดลอนแล้วเคลือบสี จะมีรอยต่อน้อยสามารถรีดเป็นแผ่นยาวตลอดได้จึงลดปัญหาการรั่วซึมและมีน้ำหนักเบา ทำให้ลดขนาดในส่วนของโครงสร้างได้
- การกันความร้อนใต้หลังคาจะใช้แผ่นอลูมิเนียมฟรอยด์ มีลักษณะบางๆ สะท้อนแสงและความร้อนได้ โดยปูไว้ใต้หลังคากระเบื้องบนโครงสร้างที่เรียกว่า "แป" โดยแผ่นฟรอยด์จะทำหน้าที่สะท้อนความร้อนที่แผ่ลงมาจากกระเบื้องไม่ให้ผ่านมายังตัวห้อง ซึ่งจะทำให้ห้องเย็นและสามารถแอร์ประหยัดได้ด้วย
- ชนิดของวัสดุกันซึมบนหลังคา วัสดุกันซึมบนหลังคาแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ แบบแผ่นและแบบทา แบบแผ่นจะต้องปูแผ่นกันซึมบนพื้นที่ที่จะป้องกัน แล้วเทปูนทรายทับหรืออาจจะไม่ต้องแล้วแต่ชนิดของผู้ผลิต แต่จะมีประสิทธิภาพสูงและราคาแพงกว่า แบบทาจะสะดวกคือ ทาไปบนผิวส่วนนั้นเลย ราคาจะถูกกว่าแต่ประสิทธิภาพจะสู้แบบแรกไม่ได้

2.5.2.5 วัสดุฝ้าเพดาน

วัสดุที่ใช้ทำฝ้าเพดานสำหรับบ้านโดยทั่วไป แบ่งออก เป็น 4 ชนิด ดังนี้

- ไม้ เป็นฝ้าซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง ติดไฟง่าย มีปัญหาเรื่องปลวก ถ้าคุณภาพไม่ดีอาจบิดงอได้ ใช้ได้ทั้งภายนอกและภายใน ทำให้เกิดบรรยากาศที่อบอุ่น

- กระเบื้องแผ่นเรียบ เป็นวัสดุที่ทนต่อน้ำและความชื้น ราคาค่อนข้างถูก แต่ถ้าเกิดการบิดงอจะแตกง่าย เมื่อมาตีชนกันจะมีร่องซึ่งดูไม่สวยงาม
- แผ่นยิปซั่ม น้ำหนักเบา ทนไฟ สามารถติดตั้งได้เรียบร้อยไม่มีรอยต่อ หรือจะวางบนฝ้าแขวนแบบที-บาร์ก็ได้ ไม่สามารถทนน้ำได้ควรใช้ในส่วนที่ไม่โดนน้ำ
- อะลูมิเนียม มีน้ำหนักเบา ดูเรียบร้อย สีสันสวยงาม ทนน้ำและความชื้นได้ สามารถติดตั้งได้ง่าย แต่ราคาค่อนข้างแพง ไม่สามารถกันความร้อนได้

2.6 การก่อสร้างด้วยอิฐมอญและอิฐมวลเบา

วิธีการก่อสร้างที่พักอาศัยที่ใช้กันทั่วไปนั้นมักจะมีโครงสร้างที่สร้างด้วยวิธีการแบบเดิมด้วยการก่ออิฐ ซึ่งอิฐที่นำมาใช้ในการก่อสร้างส่วนใหญ่ คือ อิฐมอญและอิฐมวลเบาที่มีการนำมาใช้ก่อเป็นหลักโดย อิฐมอญเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้ในการก่อสร้างหลากหลายมาตั้งแต่อดีต อิฐมอญจึงเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย อิฐมอญทำมาจากดินเหนียว น้ำ ขี้เถ้าแกลบ ทราย ผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมซึ่งแต่ละแหล่งผลิตอาจจะมีอัตราส่วนที่ไม่เท่ากัน นวดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันจากนั้นใส่แบบพิมพ์อัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมตามขนาดที่ต้องการทิ้งไว้ให้แห้งจากนั้นนำไปเผาจนสุก [17]

ในขณะที่ อิฐมวลเบา เป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตชนิดใหม่ ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติได้แก่ ปูนซิเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย ปูนขาว ยิปซัม น้ำ และผงอะลูมิเนียมเพิ่มฟองอากาศโดยการผสมสูตรที่เหมาะสมและผ่านการอบด้วยไอน้ำแรงดันสูง อิฐมวลเบามีคุณสมบัติพิเศษ คือ ตัววัสดุมีน้ำหนักเบา ขนาดได้มาตรฐานเท่ากันทุกก้อน ทนไฟป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง ตัดแต่งเข้ารูปง่าย ใช้งานได้เกือบร้อยละ 100 ความเบาของวัสดุทำให้อาคารเบาลงประหยัดค่าก่อสร้างโครงสร้างเสาคาน ไม่มีเศษเป็นอิฐหักและมีความรวดเร็วในการก่อสร้าง [18] สามารถเปรียบเทียบลักษณะสมบัติของอิฐมอญกับอิฐมวลเบา ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะสมบัติอิฐมอญและคอนกรีตมวลเบา [19]

ข้อเปรียบเทียบสมบัติวัสดุ	อิฐมอญ	คอนกรีตมวลเบา
โครงสร้างบล็อก	ตัน	กลวง
ก่อผนังเป็นผนังรับแรง	ไม่ได้	ได้
การดูดซึมน้ำ	สูง	ปานกลาง
น้ำหนักวัสดุ (kg/m^2)	130	45
จำนวนใช้งานต่อ 1 m^2 (ก้อน/ m^2)	130 - 145	8.33
ค่ากำลังอัด (kg/m^2)	15 - 40	30 - 80
ค่าการนำความร้อน ($W/ m^2.K$)	1.15	0.13
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม OTTV (W/ m^2)	58 - 70	32 - 42
อัตราการกันเสียง (STC Rating) (dB)	38	43
ความเร็วในการก่อ (m^2/day)	6-12	15-25

2.6.1 ขั้นตอนการก่อสร้างด้วยการก่ออิฐมอญหรืออิฐมวลเบา

วิธีการก่อสร้างบ้านพักอาศัยที่ใช้กันทั่วไปนั้นจะมีโครงสร้างที่ทำด้วยการก่ออิฐมอญหรือก่อคอนกรีตมวลเบาและฉาบปูนเป็นหลัก ซึ่งเป็นวิธีการก่อสร้างแบบดั้งเดิมโดยมีขั้นตอนการก่อสร้างดังนี้ [20]

1. งานปรับระดับดิน

การก่อสร้างบ้านจะต้องมีการปรับที่ดินให้มีความเหมาะสม โดยการถมและขุดดิน หรืออาจจะใช้ทั้ง การถมและการขุดไป ซึ่งจะมีการใช้เครื่องจักรประเภทรถขุดดินหรือรถตักดิน โดยมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์มาเกี่ยวข้องในขั้นตอนการถมดิน

2. งานฐานรากและเสาเข็ม

ฐานรากของอาคารเป็นสิ่งที่ให้ความมั่นคงและความแข็งแรงแก่ตัวอาคารเป็นอันดับแรก ส่วนประกอบที่สำคัญของโครงสร้างฐานราก คือ เสาเข็ม โดยเสาเข็มที่ใช้กับอาคารบ้านเรือนทั่วไปในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะของการผลิตและการใช้งาน ได้แก่ เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง เสาเข็มเจาะ และเสาเข็มกลมแรงเหวี่ยงอัดแรง โดยจะมีการใช้ทั้งแรงงานคนในการขุดหลุมและหล่อฐานรากร่วมกับเครื่องจักร เช่น ปั้นจั่นในการตอกเสาเข็ม ซึ่งจะมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดังกล่าว

3. งานโครงสร้างพื้น

อาคารที่ก่อสร้างด้วยวิธีนี้จะมีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อกับที่ ซึ่งเป็นรูปแบบของโครงสร้างที่ต้องมีการทำไม้แบบผูกเหล็กเส้นในลักษณะเป็นตะแกรง แล้วเทคอนกรีตหล่อลงไป จึงต้องใช้เวลานานกว่าปูนที่หล่อจะอยู่ตัวจนสามารถใช้งานรับน้ำหนักได้ ซึ่งมีการใช้แรงงานคนในการก่อสร้างร่วมกับเครื่องจักรเช่น เครื่องผสมปูนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการผสมปูนและเทพื้น

4. งานก่อตัวอาคาร

งานก่อสร้างตัวอาคารเป็นงานที่ต้องทำต่อเนื่องจากงานด้านโครงสร้าง งานหลักในส่วนนี้ได้แก่ การก่อผนังและการติดตั้ง วงกบประตู หน้าต่าง ซึ่งจะต้องทำควบคู่กันไป เนื่องจากวงกบประตูหน้าต่าง และผนังอาคารเป็นสิ่งที่ติดตั้งเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ซึ่งการทำผนังอาคารในขั้นตอนนี้จะเป็นเพียงการก่อผนังให้เป็นรูปก่อนติดตั้งวงกบ หลังจากทำการติดตั้งวงกบเรียบร้อยแล้วจึงทำการฉาบผนังไปพร้อมกับฉาบเสาและคาน โดยในขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องผสมปูนและใช้แรงงานคนในการก่ออิฐและฉาบปูน

5. งานวงกบประตูและหน้าต่าง

วงกบประตู หน้าต่าง เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างผนังของตัวอาคารกับบานประตูหน้าต่าง ให้มีความมั่นคงแข็งแรง และทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ วัสดุที่ใช้ทำวงกบสำหรับอาคารบ้านเรือนทั่วไปมักจะทำจากไม้ หรืออะลูมิเนียม การติดตั้งวงกบประตูหน้าต่างมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสว่าน เป็นหลัก

6. งานฝ้าเพดาน

การบุฝ้าเพดานตามห้องต่างๆ เพื่อความสวยงาม โดยเฉพาะห้องชั้นบนสุดเพื่อไม่ให้เห็นโครงสร้างหลังคา และแผ่นกระเบื้อง ฝ้าเพดานจะเป็นประโยชน์ต่อผู้อยู่อาศัยหลายประการ เช่น ทำให้เกิดความสวยงาม ช่วยปิดกั้นการเดินท่อ และสายไฟต่างๆ และช่วยลดความร้อนจากหลังคา ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศในภายในบ้านได้ ซึ่งจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักจากเครื่องมือเช่น เครื่องตัด สว่าน เป็นต้น

7. งานหลังคา

โครงสร้างหลังคานับว่าเป็นโครงสร้างส่วนที่สำคัญของบ้านอีกส่วนหนึ่งเช่นกัน เพราะหลังคาจะทำหน้าที่กันฝนและแดดให้แก่ตัวบ้านรวมทั้งผู้อยู่อาศัยด้วย ซึ่งจะมีส่วนช่วยลดความร้อนที่จะเข้าสู่ภายในตัวบ้าน โดยวัสดุที่นิยมนำมามุงหลังคากันในปัจจุบันมีให้เลือกอยู่หลากสีหลายชนิด ที่พบเห็นกันทั่วไปคือ กระเบื้อง ซึ่งในขั้นตอนการมุงหลังคาจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องมือเช่นกันจากเครื่องตัด เครื่องเชื่อม สว่าน เป็นต้น

2.6.2 ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างด้วยการก่ออิฐ

การก่อสร้างด้วยวิธีก่ออิฐฉาบปูนต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างที่นาน รวมถึงคุณภาพของการก่อสร้างจะขึ้นอยู่กับความชำนาญและฝีมือของแรงงานเท่านั้น จึงทำให้ปัจจุบันการก่อสร้างอาคารชุดด้วยวิธีการก่ออิฐฉาบปูนมีความนิยมลดลงข้อดีข้อเสียของการก่อสร้างด้วยวิธีการก่ออิฐแสดงดังนี้

ข้อดีของการก่อสร้างบ้านด้วยการก่ออิฐ

1. สามารถก่อสร้างได้ง่ายเนื่องจากไม่มีขั้นตอนที่ซับซ้อน
2. ลงทุนต่ำ
3. โครงสร้างมีความแข็งแรง ใช้ระบบเสาและคานเพื่อรับน้ำหนักลงสู่เสาเข็มและฐานราก
4. สามารถตกแต่งและต่อเติมภายหลังได้สะดวก
5. มีรูปแบบที่หลากหลาย สามารถตกแต่งได้ตามความต้องการ
6. สามารถนำไปใช้สร้างบ้านได้อย่างรวดเร็ว และลดต้นทุนในการดำเนินการก่อสร้าง

ข้อดีของการก่อสร้างบ้านด้วยการก่ออิฐ

1. อาจเกิดปัญหาภายหลังก่อสร้างแล้วได้จากการก่อสร้างไม่ได้มาตรฐานเช่น บ้านทรุด รอยแตกร้าว
2. ใช้เวลาการก่อสร้างนาน
3. สถานที่ก่อสร้างไม่มีความเป็นระเบียบรวมทั้งความสะอาดที่เกิดจากการก่อสร้าง
4. คุณภาพของการก่อสร้างขึ้นกับความชำนาญและฝีมือแรงงาน
5. โครงสร้างผนังทึบที่เป็นอิฐฉาบด้วยปูนจึงทำให้มีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านสูง
6. เกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้าง เช่น เศษหิน ทราย ปูน เป็นต้น

2.7 ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการบ้านเอื้ออาทร [3]

2.7.1 ความเป็นมาของโครงการ

รัฐบาลได้ตระหนักถึงความสำคัญ และความจำเป็นเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหาความไม่มั่นคงในการอยู่อาศัย เพื่อบรรเทาความเดือดร้อน และยกระดับคุณภาพชีวิตให้แก่ผู้ด้อยโอกาสกลุ่มผู้มีรายได้น้อย รัฐบาล โดย ฯพณฯ นายกรัฐมนตรี พันตำรวจโททักษิณ ชินวัตร มอบหมายให้กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ และกระทรวงการคลังร่วมดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยมอบหมายให้การเคหะแห่งชาติจัดสร้างที่อยู่อาศัยให้แก่ผู้ด้อยโอกาสกลุ่มผู้มีรายได้น้อย รวมถึงข้าราชการชั้นผู้น้อย และพนักงานหน่วยงานของรัฐ เพื่อให้ได้เช่าซื้อทีอยู่อาศัยเป็นของตนเองในราคา

ที่สามารถรับภาระได้จำนวนทั้งสิ้น 600,000 หน่วย ภายในระยะเวลา 5 ปี (2546-2550) และในการตรวจเยี่ยมการเคหะแห่งชาติของ ฯพณฯ นายกรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2546 พร้อมด้วยผู้แทนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้มอบนโยบายให้ การเคหะแห่งชาติเป็นหน่วยงานหลักในการจัดที่อยู่อาศัยให้กับประชาชนผู้มีรายได้น้อยในทุกสาขาอาชีพ รวมทั้งข้าราชการชั้นผู้น้อย พนักงานหน่วยงานของรัฐ ผู้ใช้แรงงานและผู้ประกอบอาชีพอิสระที่เป็นธุรกิจขนาดย่อมโดยให้ใช้หลักวิชาการพัฒนาเมือง (Urban Development) รวมทั้งดำเนินการสำรวจกลุ่มเป้าหมาย (Focus Group) ก่อนการจัดทำโครงการเพื่อคัดเลือกทำเลที่ตั้งโครงการให้สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมายและให้พิจารณาแนวทางความร่วมมือกับภาคเอกชนในการผลิตที่อยู่อาศัยในระบบอุตสาหกรรม (Mass Production) รวมทั้งการแสวงหาพันธมิตรทางธุรกิจ (Alliance) ร่วมดำเนินโครงการบ้านเอื้ออาทรเพื่อให้ผู้มีรายได้น้อยได้ซื้อที่อยู่อาศัยพร้อมอุปกรณ์ตกแต่งที่จำเป็นในราคาถูก

2.7.2 รูปแบบชุมชน

การเคหะแห่งชาติกำหนดรูปแบบชุมชนใน 2 ลักษณะตามพื้นที่ ดังนี้

1. ชุมชมบ้านเอื้ออาทรในเขตเมือง ตั้งอยู่ในชุมชนย่านศูนย์กลางเมืองหรือศูนย์กลางย่อยของเมืองใกล้ย่านธุรกิจ แหล่งงาน แหล่งบริการต่างๆ เป็นชุมชนขนาดเล็กถึงขนาดกลางประกอบด้วย ที่อยู่อาศัยรูปแบบอาคารชุดพักอาศัย ซึ่งเหมาะสำหรับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นคนโสด หรือครอบครัวใหม่ครอบครัวขนาดเล็กประมาณ 2-4 คน

2. ชุมชนบ้านเอื้ออาทรในเขตชานเมือง เป็นชุมชนที่อยู่ห่างจากย่านศูนย์กลางเมืองและกระจายตัวอยู่ในย่านพักอาศัยแถบชานเมือง โดยเชื่อมโยงกับศูนย์กลางเมืองด้วยระบบเครือข่ายการคมนาคม ชุมชนในเขตชานเมืองเป็นชุมชนขนาดกลางถึงขนาดใหญ่

2.7.3 รูปแบบอาคาร

การเคหะแห่งชาติกำหนดทางเลือกของรูปแบบที่พักอาศัย 2 ลักษณะ เพื่อความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ ตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

1. อาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น ประกอบด้วยห้องพัก 2 รูปแบบ ได้แก่
   - ห้องอเนกประสงค์ ขนาดประมาณ 24 ตารางเมตร
   - ห้องแบบ 1 ห้องนอน ขนาดปริมาณ 33 ตารางเมตร
2. อาคารแนวราบ ได้แก่
   - บ้านเดี่ยว 2 ชั้น ในขนาดที่ดินปริมาณ 16-24 ตารางวา
   - บ้านแฝด 2 ชั้น ในขนาดที่ดินปริมาณ 16-24 ตารางวา
   - บ้านแถว 2 ชั้น ในขนาดที่ดินปริมาณ 16-24 ตารางวา

รูปที่ 2.4 แบบบ้านในโครงการบ้านเอื้ออาทรทั้ง 4 แบบ [21]

ปัจจุบันการดำเนินงานและการก่อสร้างโครงการบ้านเอื้ออาทรได้เสร็จสิ้นลงแล้ว และมีจำนวนรวมทุกแบบบ้านทั้งสิ้น 281,550 หน่วย จำนวนหน่วยที่มีการเข้าอยู่อาศัย 245,175 หน่วย จำนวนหน่วยว่าง 21,379 หน่วย (ข้อมูล ณ วันที่ 31 กรกฎาคม 2556) [22]

2.7.4 คุณสมบัติของผู้เข้าอยู่บ้านเอื้ออาทร

1. มีสัญชาติไทย และมีอายุไม่น้อยกว่า 21 ปี ณ วันที่ยื่นแบบลงทะเบียน
2. มีภูมิลำเนา หรือ ประกอบอาชีพอยู่ในจังหวัดที่เลือกไม่น้อยกว่า 6 เดือน
3. ไม่มีกรรมสิทธิ์ในที่อยู่อาศัยหรือต้องไม่อยู่ระหว่างการทำสัญญาซื้อขายที่อยู่อาศัย ในกรณีมีคู่สมรสสามารถยื่นคำขอได้เพียงคนเดียว
4. เป็นผู้มีรายได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด
    - **กรุงเทพมหานคร, ขอนแก่น, ภูเก็ต และอุดรธานี** สำหรับผู้อาศัยในพื้นที่นี้จะต้องมีรายได้ครอบครัวรวมไม่เกิน 30,000 บาทต่อเดือน
    - **ภูมิภาค** สำหรับผู้อาศัยในเขตภูมิภาคจะต้องมีรายได้ครอบครัวรวมไม่เกิน 15,000 บาทต่อเดือน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กมลทิพย์ อรัญศิริ [23] ได้ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการสร้างบ้านด้วยวิธีการก่ออิฐ วิธีก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และวิธีก่อสร้างด้วยการประกอบชิ้นส่วนโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 พบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากวัสดุและกระบวนการก่อสร้างบ้านก่ออิฐ มีค่าร้อยละ 97 และร้อยละ 3 ตามลำดับ บ้านชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีค่าร้อยละ 99 และร้อยละ 1 ตามลำดับ และบ้านประกอบชิ้นส่วนมีค่าร้อยละ 86 และร้อยละ 14 ตามลำดับ เมื่อประเมินทางนิเวศน์เศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของผลกำไรต่อก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการก่อสร้างบ้านก่ออิฐ บ้านชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และบ้านประกอบชิ้นส่วน มีค่าเท่ากับ 13,823 Bath/ $kgCO_2e$ /m^2 12,613 Bath/ $kgCO_2e$ /m^2 และ 3,533 Bath/ $kgCO_2e$ /m^2 ตามลำดับ

นลินี เอกแสน [2] ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงานในการก่อสร้างบ้านและการพักอาศัยของประเทศไทยที่มีรูปแบบบ้าน พื้นที่ใช้สอย รวมถึงวัสดุในการก่อสร้างที่แตกต่างกัน ได้แก่ บ้านก่ออิฐมอญ บ้านคอนกรีตมวลเบา บ้านชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) และบ้านครึ่งไม้ครึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรม Energy Plus ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผลการศึกษา พบว่าบ้าน Precast มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเท่ากับ 237.51 ± 40.08 $kgCO_2e$ /m^2 รองลงมาคือ บ้านก่ออิฐมอญ บ้านคอนกรีตมวลเบา และบ้านครึ่งไม้ครึ่งปูนเท่ากับ 215.61 ± 36.09 $kgCO_2e$ /m^2 194.65 ± 26.56 $kgCO_2e$ /m^2 และ 4.41 ± 36.91 $kgCO_2e$ /m^2 ตามลำดับ

Asif และคณะ[24] ได้ศึกษาวัฏจักรชีวิตของวัสดุก่อสร้างบ้านหลัก เช่น ไม้ อลูมิเนียม กระจก คอนกรีต และกระเบื้องเซรามิคซึ่งรวมการใช้พลังงานในระหว่างการผลิตวัสดุก่อสร้าง (Embodied Energy) และการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่าการใช้พลังงานจากการใช้คอนกรีตมีค่า 147,900 MJ จากไม้มีค่า 30,000 MJ และจากกระเบื้องเซรามิคมีค่า 32,240 MJ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในเชิงของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากการใช้วัสดุคอนกรีตมีค่า 605 tons ไม้มีค่า 0.66 tons และกระเบื้องเซรามิคมีค่า 2.3 tons

Cole [25] ได้ศึกษาพลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากการก่อสร้างในสถานที่ก่อสร้าง (On-site Construction) โดยใช้วัสดุโครงสร้างเช่น ไม้ เหล็ก และคอนกรีต ผลการศึกษาพบว่า ไม้ ใช้พลังงาน 20 MJ/m^2 ปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วง 0.8-2.5 kg/m^2 เหล็กใช้พลังงาน 3-7 MJ/m^2 ปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วง 0.4-1.0 kg/m^2 และคอนกรีตใช้พลังงาน 20-120 MJ/m^2 ปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วง 5-20 kg/m^2 นอกจากนี้ผู้เขียนได้เปรียบเทียบการใช้พลังงานในกระบวนการก่อสร้างต่างๆ พบว่า กระบวนหล่อคอนกรีตในสถานที่ก่อสร้าง (Cast-in-place) ใช้พลังงานสูงสุด

ประมาณร้อยละ 40-50 การยกผนังขึ้นใช้พลังงาน 60-90 MJ/m^2 ปริมาณพลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากการหล่อแผ่นคอนกรีตไว้ก่อนก่อสร้าง (Precast Concrete) มีค่า 20-35 MJ/m^2 และ 4-5 kg/m^2 ตามลำดับ

Hui Yan และคณะ [26] ได้ศึกษาขอบเขตและที่มาในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาที่กรุงปักกิ่ง โดยแบ่งเป็นสี่แหล่งปล่อยได้แก่ การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนในการก่อสร้าง การขนส่งวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง การใช้พลังงานของอุปกรณ์ในการก่อสร้าง และการกำจัดของเสียหลังการก่อสร้าง จากการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกพบว่า การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนในการก่อสร้างมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 82-87 ของการการปล่อยทั้งหมด ตามด้วยการขนส่งวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้างคิดเป็นร้อยละ 6-8 และร้อยละ 6-9 ตามลำดับ

Maria และ Justo [27] ได้ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่คิดจากส่วนประกอบต่างๆ ของตัวอาคารเช่น ฐานราก พื้น ผนัง โครงสร้างเหล็ก สี เป็นต้น จากการก่อสร้างอาคารด้วยโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall) ที่ก่อสร้างภายใต้แนวคิด Green Architecture โดยมีพื้นที่ 526 ตร.ม. โครงสร้างมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในระบบทำความร้อนและผลิตไฟฟ้ามีพื้นที่ 3.8 ตร.ม. ใช้วัสดุ Polythene และ Polypropylene แทนการใช้ PVC เลือกสีที่ทาเป็นชนิดสีน้ำ เพื่อหลีกเลี่ยงสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) เปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิงที่ก่อสร้างปกติและไม่มีการเลือกใช้วัสดุที่คำนึงต่อสิ่งแวดล้อม พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากอาคารระบบ Green Architecture มีค่า 103,111 kg คิดเป็น 196.028 $kgCO_2/m^2$ และ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากอาคารอ้างอิง มีค่า 141,795 kg คิดเป็น 269.572 $kgCO_2/m^2$ จะเห็นได้ว่าบ้านแบบ Green Architecture สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปได้ 38,684 kg หรือ 73 $kgCO_2/m^2$ ผู้เขียนได้ให้ความเห็นว่าแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอุตสาหกรรมก่อสร้างควรเริ่มต้นที่ขั้นตอนการออกแบบและการใช้วัสดุที่คำนึงถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อม

Susuki และคณะ[28] ศึกษาปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งผลกระทบทางตรงและทางอ้อมจากการก่อสร้างบ้าน ผลการศึกษาพบว่าค่าพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีค่า 8-10 GJ/m^2 สำหรับบ้านที่ก่อสร้างด้วยไม้มีค่า 3 GJ/m^2 และบ้านที่ก่อสร้างด้วยโครงสร้างเสริมเหล็กน้ำหนักเบามีค่า 4.5 GJ/m^2 สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากการก่อสร้างบ้านโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีค่า 850 kg/m^2

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากการก่อสร้างบ้านด้วยไม้มีค่า 250 kg/m^2 และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างเสริมเหล็กน้ำหนักเบา 400 kg/m^2