

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทที่แล้วได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎี ที่นำมาใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผู้เย็นพาณิชย์ ตลอดจนวิธีการคำนวณเพื่อหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ ได้แก่ ค่า MEV, ค่า ELM, และค่า EcL สำหรับในบทนี้จะแสดงแนวทางและขั้นตอนในการประเมินจริง เพื่อศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของผู้เย็นพาณิชย์ และนำทฤษฎีที่กล่าวถึงมาใช้ในการวิเคราะห์

3.1 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

การประเมินวัฏจักรชีวิตด้วยวิธี [NETS] และการเปรียบเทียบกับโปรแกรม SimaPro เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสภาพการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อม ของผู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้สารทำความเย็น R12 และ R134a

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

ในการวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นที่จะศึกษาผลกระทบต่อสภาพการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อม ของผู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้สารทำความเย็น R12 และ R134a ซึ่งตัวแปรที่คำนึงถึงในการคำนวณ มีดังนี้

3.2.1 ระยะเวลาการใช้งานของผู้เย็นพาณิชย์

ในการวิจัยกำหนดให้ผู้เย็นพาณิชย์ที่ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตกำหนดให้มีระยะเวลาการใช้งานได้เท่ากับ 10 ปี แต่เนื่องจากระยะเวลาการใช้งานของผู้เย็นพาณิชย์ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน เช่น การใช้งานอย่างไม่เหมาะสม อาจทำให้ระยะเวลาการใช้งานสั้นลง ในการวิจัยนี้จะพิจารณาเมื่อค่าระยะเวลาการใช้งานของผู้เย็นพาณิชย์เป็น 5 ปี และ 15 ปี

3.2.2 สารทำความเย็น

ภายหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงสารทำความเย็นของผู้เย็นพาณิชย์จาก R12 เป็น R134a เพื่อให้ลดผลกระทบในเรื่องของการทำลายชั้นโอโซน แต่ไม่ได้พิจารณาถึงปัญหาทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นว่าสารทำความเย็นชนิดไหนมีความรุนแรงมากกว่ากัน

3.2.3 ค่า EER ของผู้เย็นพาณิชย์

ความสามารถในการทำความเย็นของผู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้สารทำความเย็นที่แตกต่างกัน จะเป็นผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันด้วย

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 คอมพิวเตอร์ Pentium II, Microsoft Window 98

1 เครื่อง

3.3.2 โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro

1 ชุด

3.4 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการวิจัย

นอกจากอุปกรณ์ที่กล่าวมาแล้ว ในการวิจัยยังต้องอาศัยเครื่องมือวัดปริมาณต่าง ๆ ดังนี้

3.4.1 เครื่องมือชั่งน้ำหนัก

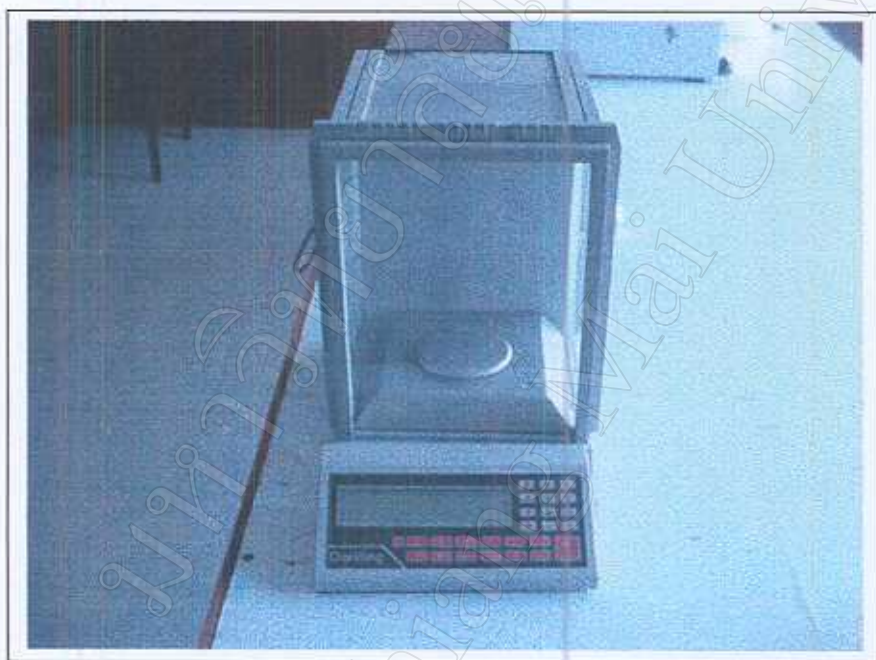
ใช้ชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ความละเอียด ± 0.1 กรัม ดังแสดงในรูป 3.1

3.4.2 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Clamp on meter)

ใช้วัดกำลังไฟฟ้าของตู้เย็นพาณิชย์ ดังแสดงในรูป 3.2

3.4.3 นาฬิกาจับเวลา

เป็นนาฬิกาแบบเข็ม ความละเอียด ± 0.1 s ดังแสดงในรูป 3.3



รูป 3.1 ภาพถ่ายเครื่องมือชั่งน้ำหนัก



รูป 3.2 ภาพถ่ายเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า



รูป 3.3 ภาพถ่ายนาฬิกาจับเวลา

3.5 วิธีดำเนินการวิจัย

3.5.1 กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายในการทำ LCA ของตู้เย็นพาณิชย์ (Goal definition)

3.5.1.1 ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั้งวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นพาณิชย์

3.5.1.2 เปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นระหว่างตู้เย็นพาณิชย์รุ่นเดียวกันที่ใช้สาร

ทำความเย็นแตกต่างกัน คือ R12 และ R134a

3.5.1.3 เปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นระหว่างตู้เย็นพาณิชย์ 3 รุ่น ขนาดเล็ก

กลาง ใหญ่ ที่ใช้สารทำความเย็นชนิดเดียวกัน คือ R134a

3.5.1.4 เปรียบเทียบค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่คำนวณได้จากวิธี [NETS] กับโปรแกรม

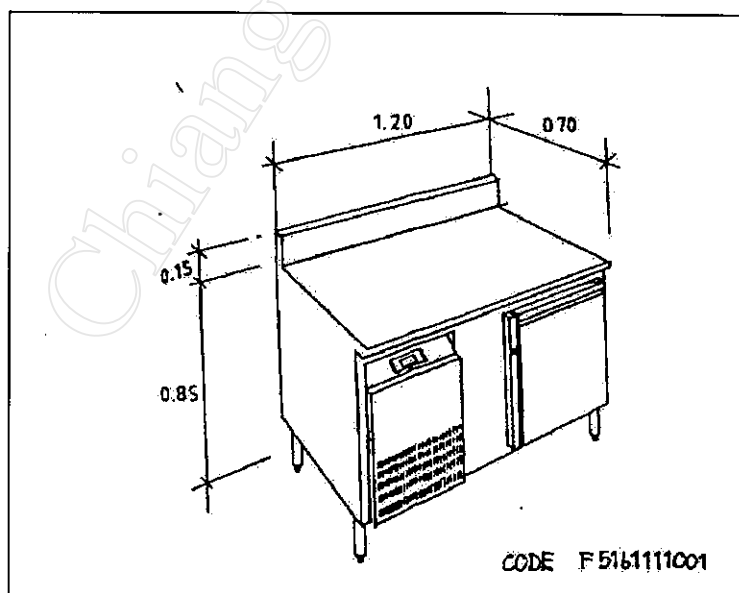
SimaPro

3.5.2 กำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope definition)

3.5.2.1 หน่วยการทำงาน (Functional unit)

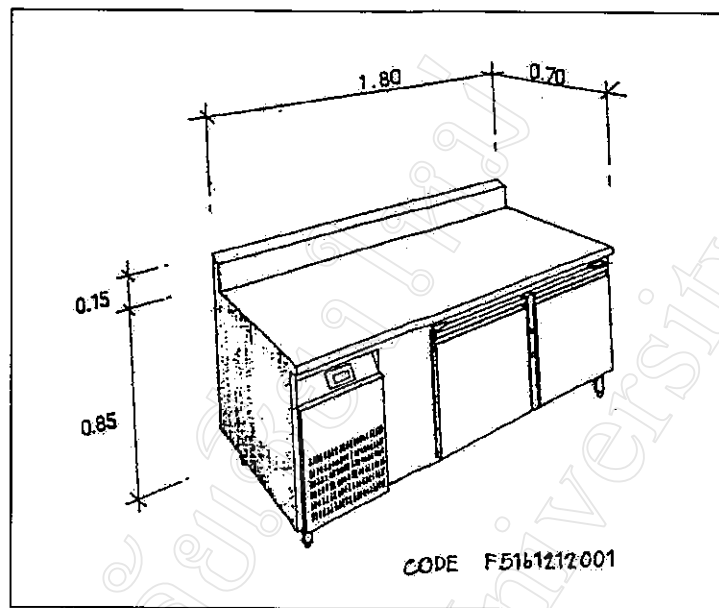
ตู้เย็นพาณิชย์ในการวิจัยนี้เป็นตู้แช่สำหรับเก็บอาหาร เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์ ประเภท Reach-in cabinet ใช้ในกิจการ โรงแรม ระดับอุณหภูมิใช้งานอยู่ระหว่างอุณหภูมิ 2 - 4 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิห้อง 25 - 30 องศาเซลเซียส โดยกำหนดระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยของตู้เย็นพาณิชย์นี้เท่ากับ 10 ปี

ตู้เย็นที่นำมาพิจารณามี 3 รุ่นด้วยกัน แบ่งตามจำนวนประตู มี 1 ประตู 2 ประตู และ 3 ประตู เรียกว่ารุ่น CRB120 CRB180 และ CRB240 ตามลำดับ ตู้เย็นพาณิชย์รุ่น CRB120 สามารถใช้ได้ทั้งสารทำความเย็น R12 และ R134a โดยที่อุปกรณ์สำคัญ ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนตู้เย็นพาณิชย์รุ่น CRB180 และ CRB240 นั้นใช้สารทำความเย็น R134a เพียงอย่างเดียว รูปร่างและลักษณะของตู้เย็นพาณิชย์ทั้ง 3 แบบ

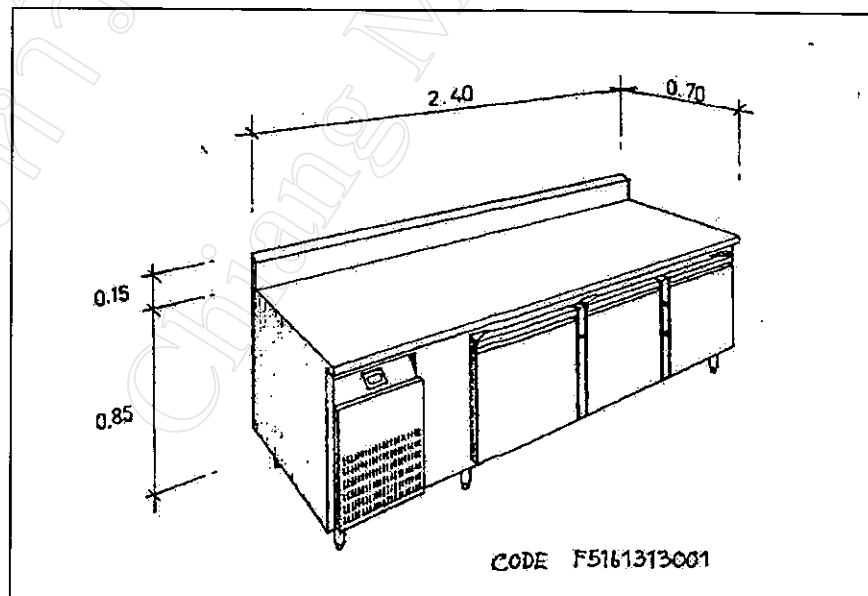


รูป 3.4 ตู้เย็นพาณิชย์ CRB120 มี 1 ประตู ใช้ได้ทั้ง R12 และ R134a

ที่มา: โรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร



รูปที่ 3.5 ตู้เย็นพาณิชย์รุ่น CRB180 มี 2 ประตู ใช้สารทำความเย็น R134a
ที่มา: โรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร



รูปที่ 3.6 ตู้เย็นพาณิชย์รุ่น CRB240 มี 3 ประตู ใช้สารทำความเย็น R134a
ที่มา: โรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร

3.5.3 การทำบัญชีรายการ (Inventory)

ในขั้นตอนการทำบัญชีรายการได้มีการเก็บ รวบรวมข้อมูลจากที่ต่าง ๆ กัน ตามขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต เริ่มจากในขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- วัสดุดิบ (Material)

ทำการการชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อหาปริมาณวัสดุดิบที่ใช้ อันก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่รุนแรง โดยที่ยังไม่เน้นการชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ทุกชนิด เพื่อที่จะไม่ทำให้เสียเวลากับวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากเท่าใดนัก ข้อมูลวัสดุดิบที่ใช้ในการผลิตตู้เย็นพาณิชย์ แสดงในตาราง 3.1

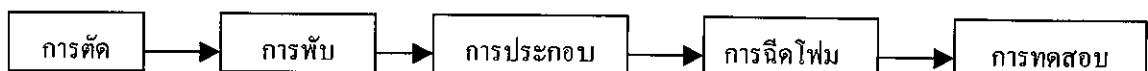
ตาราง 3.1 วัสดุดิบในการผลิตตู้เย็นพาณิชย์

รายการวัสดุดิบ	ชนิดของวัสดุดิบ	ปริมาณที่ใช้วัดโดยการชั่ง (กิโลกรัม)
1. คอยล์ร้อน	ทองแดง	1.21
2. คอยล์เย็น	ทองแดง	1.86
3. ท่อพักน้ำยา	ทองแดง	0.11
4. Capillary tube	ทองแดง	0.05
5. ท่อทองแดง 1/4"	ทองแดง	1.68
6. ท่อทองแดง 3/8"	ทองแดง	2.65
7. ขาพักลม Condenser	เหล็ก	0.28
8. ตะแกรงตู้เย็น	เหล็ก	2.53

ที่มา: การตรวจวัดที่โรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร

- ขั้นตอนการผลิต

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตในขั้นต่าง ๆ ของเครื่องจักร ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิตดังรูป 3.7 แต่ในโรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์นี้ใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตเป็นส่วนใหญ่ จึงเก็บข้อมูลด้านพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว เสร็จแล้วคิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ต่อตู้เย็นพาณิชย์ 1 เครื่อง ข้อมูลการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตแสดงในตาราง 3.2



รูป 3.7 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตตู้เย็นพาณิชย์

ตาราง 3.2 กระบวนการผลิตตู้เย็นพาณิชย์ในขั้นตอนต่าง ๆ

กระบวนการผลิต	เครื่องจักร	ชั่วโมงทำงาน	kWh
1. การตัด	Amada 3065 H3065 (15.8 KVA)	4	47.4
2. การพับ	Amada RG-80 (4KVA)	3	9
4. การประกอบ (8.58 hp)	เครื่องเชื่อมอาร์กอน (8.58 HP)	30	192.2
5. การฉีดโฟม	Cannon (1.9 kW)	0.5	0.95
6. การทดสอบ (1p/second)	High potential test 3505D (1.4 KVA)	0.03	0.035

ที่มา: การตรวจวัดที่โรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร

- ขั้นตอนการขนส่ง

พิจารณาหลังจากที่ผลิตภัณฑ์ตู้เย็นพาณิชย์ที่สำเร็จจากโรงงานแล้ว มีการลำเลียงขนส่งไปยังโรงงานที่ได้สั่งทำเอาไว้ ส่วนใหญ่โรงงานอยู่ในเขตกรุงเทพ และปริมณฑล คิดเป็นระยะทางเฉลี่ยไป - กลับ เท่ากับ 100 กิโลเมตร

- ขั้นตอนการใช้

เนื่องจากตู้เย็นพาณิชย์ใช้กระแสไฟฟ้าในการปฏิบัติงาน ดังนั้นในขั้นตอนการใช้จึงทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องทำการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ขณะที่ตู้เย็นพาณิชย์ปฏิบัติการอยู่จนสิ้นระยะเวลาการทำงานสุดท้ายที่กำหนดไว้ คือที่ระยะเวลา 10 ปี โดยเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้าขณะตู้เย็นปฏิบัติงานคือ Clamp on meter และอุณหภูมิขณะใช้งานอยู่ในช่วง 2-4 องศาเซลเซียส

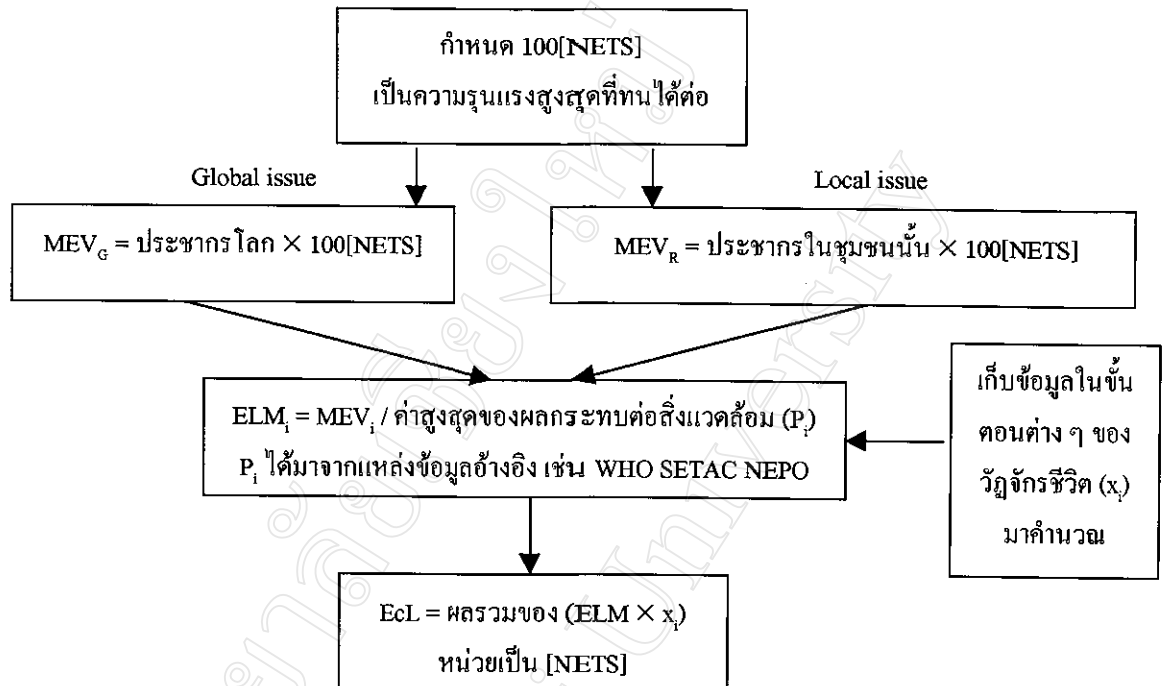
- ขั้นตอนการทิ้ง ย่อยสลาย ทำลาย

ในประเทศไทยยังไม่มีจัดการเรื่องขยะที่ดี ดังนั้นขยะส่วนใหญ่จึงถูกนำไปทิ้งในที่ฝังกลบของเทศบาล ปริมาณสารทำความเย็นสามารถรั่วไหลออกไปได้หมดในขั้นตอนนี้

3.5.4 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Impact assessment)

วิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ใช้การคำนวณ [NETS] และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SimaPro

3.5.4.1 วิธี [NETS] มีแผนผังการคำนวณดังรูป 3.7



รูป 3.7 แสดง Flow chart การคำนวณด้วยวิธี [NETS]

การคำนวณด้วยวิธี [NETS] เริ่มจากการสมมติค่าความรุนแรงที่มนุษย์หนึ่งคนสามารถทนรับได้ให้เท่ากับ 100 [NETS] จากนั้นจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 หัวข้อใหญ่คือ Global issue และ Local issue กล่าวคือ ถ้าเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นแล้วจะมีแนวโน้มให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมกับทั้งโลก เช่น ภาวะโลกร้อนขึ้น การลดลงของทรัพยากร ฯลฯ ให้นำ จำนวนประชากร โลกคูณด้วย 100[NETS] จะเป็นความรุนแรงทางสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์ทั้งโลกสามารถทนรับได้ ขณะที่ Local Issue จะเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นแล้วมีผลกระทบเพียงบริเวณชุมชนนั้น ๆ เช่น ปัญหาขยะ ปัญหาฝนกรด ให้เอาประชากรที่ได้รับผลกระทบในบริเวณนั้นคูณด้วย 100[NETS] ก็จะเป็นความรุนแรงทางสิ่งแวดล้อมที่ประชาชนชุมชนนั้นได้รับและสามารถทนได้สูงสุด ค่าที่ได้เรียกว่าค่า MEV_i (Maximum eco-load value)

นำผลจากที่ได้มาหาค่าอัตราส่วนภาระทางสิ่งแวดล้อม ELM_i (Eco-load module) โดยจะหาได้จากการนำค่า MEV_i หารด้วยค่าสูงสุดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (P_i) ซึ่งค่า P_i นี้ได้นำข้อมูลมาจากแหล่งอ้างอิงที่เชื่อถือได้ เช่น WHO (World health organization) EPA (Environmental protection agency) SETAC (Society of environment toxicology and chemistry) และอื่น ๆ ค่า ELM_i ที่ได้จะเป็นอัตราส่วนอยู่ในหน่วย [NETS/ton, kg, liters, kWh,...] อย่างเป็นอย่างหนึ่ง

นำเอาข้อมูลที่เก็บได้จากโรงงาน x_i อยู่ในหน่วย ton, kg, liters, kWh หรือเป็นอย่างใดอย่างหนึ่ง คูณกับอัตราส่วนที่ได้จะทำให้เราได้ค่า EcL (Eco-load value) ซึ่งอยู่ในหน่วย [NETS] ในขั้นตอนนี้เองหลังจากเสร็จสิ้น

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทุกอย่างจะสามารถเขียนให้อยู่ใน หน่วยของ [NETS] สามารถบวก ลบ หรือทำการคำนวณใด ๆ เพื่อเปรียบเทียบได้ง่าย และชัดเจน

3.5.5 การทำ LCA ด้วยโปรแกรม SimaPro

3.5.5.1 ป้อนโครงการที่จะทำลงไป ซึ่งในที่นี้ก็คือ ตู้เย็นพาณิชย์

3.5.5.2 ป้อนข้อมูลด้านต่าง ๆ ลงไป ซึ่งได้แก่ วัตถุดิบ การขนส่ง การใช้ และการกำจัดทิ้ง

3.5.5.3 เปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับวิธี [NETS]

3.6 แนวทางและวิธีการวิเคราะห์ผล

เมื่อทำการทดสอบ วัดและเก็บข้อมูลจนครบตามขั้นตอนในหัวข้อที่กล่าวมาแล้ว จึงนำข้อมูลต่าง ๆ มาวิเคราะห์ เพื่อคำนวณหา

3.6.1 ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของตู้เย็นพาณิชย์แต่ละรุ่น

โดยในการวิจัยนี้การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นพาณิชย์ โดยวิธี [NETS] ได้มีการกำหนดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นดังนี้

3.6.1.1 ภาวะโลกร้อนขึ้น (Global warming)

- มนุษย์เป็นตัวการที่ทำให้โลกร้อนขึ้น โดยการปล่อยก๊าซซึ่งทำให้เกิดการกักขังรังสีความร้อนในชั้นบรรยากาศของโลกเรียกว่า เรือนกระจก ก๊าซที่เป็นตัวการก่อมลภาวะนี้ได้แก่ Greenhouse gases โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น

3.6.1.2 การลดลงของโอโซน (Ozone layer depletion)

- เกิดจากการปล่อยสาร Halocarbons (CFCs, tetachloromethane, 1,1,1-trichloroethane, HCFCs, Halons และ Methyl bromide) ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้กันเครื่องปรับอากาศ และแอร์โชนอลต่าง ๆ ทำให้ปริมาณโอโซนลดลง ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของรังสี UV ในแสงอาทิตย์สามารถส่องถึงพื้นโลกได้โดยตรง เป็นอันตรายต่อทุกสิ่งในโลก

3.6.1.3 การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ (Resources depletion)

แหล่งทรัพยากรส่วนมากใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างตัวนานมาก ๆ เช่น แร่ธาตุต่าง ๆ มนุษย์มีการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ อย่างสิ้นเปลือง โดยไม่มีการประหยัด ถ้าไม่มีการรณรงค์เรื่องการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ชาติต่าง ๆ เหล่านี้ก็จะหมดไป

3.6.1.4 การลดลงของเชื้อเพลิง (Fossil fuel depletion)

เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuel) เป็นเชื้อเพลิงที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นับวันจึงหมดไปเรื่อย ๆ ปัจจุบันเชื้อเพลิงเหล่านี้มีปริมาณลดลงมาก เนื่องจากการเติบโตของประชากรสูง มีความต้องการใช้เชื้อเพลิงเหล่านี้มากยิ่งขึ้น ถือเป็นปัญหาสำคัญอันดับต้น ๆ ในการพิจารณาเรื่องผลกระทบทั้งทางสิ่งแวดล้อมและสังคม

3.6.2 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R12 เป็น R134a ของตู้เย็นพาณิชย์รุ่น CRB120

- ทำการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของวัฏจักรชีวิต

- ทำการเปรียบเทียบประเภทของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

3.6.3 ศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเมื่อมีการเพิ่มระยะเวลาการใช้งาน เป็น 15 ปี และลดระยะเวลาการใช้งานลงเป็น 5 ปีของตู้เย็นพาณิชย์

- ทำการเปรียบเทียบในระยะเวลาการใช้งานต่าง ๆ กันของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของวัฏจักรชีวิต
- ทำการเปรียบเทียบประเภทของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเมื่อระยะเวลาการใช้งานเปลี่ยนแปลง

3.6.4 ศึกษาเปรียบเทียบค่า EER ของตู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้สารทำความเย็นแตกต่างกัน

- ทำการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของวัฏจักรชีวิต
- ทำการสร้างกราฟเปรียบเทียบประเภทของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

3.6.5 นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ตั้งแต่หัวข้อ 3.6.1 ถึง 3.6.2 มาสรุปผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของตู้เย็นพาณิชย์แต่ละรุ่น และปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดผลกระทบนั้น ๆ โดยอธิบายละเอียดในบทที่ 4

3.6.6 ปรับปรุงข้อมูลพื้นฐานของโปรแกรมการประเมินวัฏจักรชีวิต SimaPro เพื่อให้มีความเหมาะสมและอธิบายถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อประเทศไทยได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งในการวิจัยนี้จะพิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลโดยตรงต่อประเทศไทย คือ ภาวะกรดในบรรยากาศ ซึ่งจะมีการคำนวณและอธิบายไว้ ณ ภาคผนวก ข