

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การคำนวณด้วยวิธี [NETS]

ภาคผนวก ก
การคำนวณด้วยวิธี [NETS]

ตัวอย่างการคำนวณตู้เย็นพาณิชย์ รุ่น CRB120 แบบใช้ R12 เป็นสารทำความเย็น

- ด้านวัสดุดิบ (Materials)

พิจารณาเฉพาะวัสดุดิบที่เป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมมาก ๆ ได้แก่ ทองแดง และ เหล็ก การเก็บข้อมูลกระทำโดยการเอาส่วนประกอบของตู้เย็นมาชั่งบนเครื่องชั่งมาตรฐาน ได้ผลดังตาราง ก.1

ตาราง ก.1 ข้อมูลน้ำหนักของวัสดุดิบในการผลิตตู้เย็นพาณิชย์เฉพาะที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก

รายการวัสดุดิบ	ชนิดของวัสดุดิบ	ปริมาณที่ใช้วัดโดยการชั่ง (กิโลกรัม)	คิดเป็นปริมาณการใช้ใน หน่วยตัน (x_i)
1. คอยล์ร้อน	ทองแดง	1.21	0.00121
2. คอยล์เย็น	ทองแดง	1.86	0.00186
3. ท่อพักน้ำยา	ทองแดง	0.11	0.00011
4. Capillary tube	ทองแดง	0.05	0.00005
5. ท่อทองแดง 1/4"	ทองแดง	1.68	0.00168
6. ท่อทองแดง 3/8"	ทองแดง	2.65	0.00256
7. ขาพัดลม Condenser	เหล็ก	0.28	0.00028
8. ตะแกรงตู้เย็น	เหล็ก	2.53	0.00253

ที่มา: การตรวจวัดที่โรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร

หลังจากที่ได้ข้อมูลเป็นกิโลกรัมแล้ว ทำการเปลี่ยนเป็นตันเพื่อให้ง่ายในการคำนวณ [NETS] ตามสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จะได้คำตอบดังตาราง ก.2

$$ELM_i = MEV_i / P_i \text{ [NETS/ton, kWh, ...etc]} \quad (1)$$

$$EcL = \sum (ELM_i \times x_i) \text{ [NETS]} \quad (2)$$

ตาราง ก.2 แสดงผลการคำนวณตามวิธี [NETS]

รายการวัตถุดิบ	MEV_i [NETS]	ELM [NETS/ton]	EcL_{RD} [NETS]
1. คอยล์ร้อน	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.11
2. คอยล์เย็น	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.71
3. ท่อพักน้ำยา	5.9×10^{11}	9.2×10^2	0.10
4. Capillary tube	5.9×10^{11}	9.2×10^2	0.05
5. ท่อทองแดง 1/4"	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.55
6. ท่อทองแดง 3/8"	5.9×10^{11}	9.2×10^2	2.44
7. ขาพักลม Condenser	5.9×10^{11}	5.8×10^1	0.02
8. ตะแกรงตู้เย็น	5.9×10^{11}	5.8×10^1	0.15

จากตาราง ก.2 พิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมในเรื่องการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ในที่นี้คือ ทองแดง และเหล็ก ซึ่งจัดเป็นผลกระทบต่อทั้งโลก (Global issue) ดังนั้นค่า MEV_G ที่ใช้หาได้จากนำประชากรของทั้งโลก (ปี 1998 ประชากรโลก ประมาณ 5.9 พันล้านคน; สหประชาชาติ) คูณกับค่าภาระทางสิ่งแวดล้อมที่คน 1 คนสามารถแบกรับได้มากที่สุด 100[NETS] จะได้ค่า $MEV_G = 5.9 \times 10^{11}$

ค่า P_i เป็นค่าที่เก็บข้อมูลเอาไว้ (Mie University, Japan) จะแปรผันตามผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่พิจารณา โดยในที่นี้ จะพิจารณาในเรื่องการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้น ค่า P_i เป็นจะเป็นปริมาณสำรองของทรัพยากรธรรมชาตินั้น ๆ ในโลก ดังตาราง ก.3

ตาราง ก.3 แสดงค่า P_i ของทองแดง และเหล็ก

รายการวัตถุดิบ	ปริมาณสำรองโลก (P_i)	ELM_i
1. ทองแดง	6.4×10^8 ตัน	9.2×10^2
2. เหล็ก	1.02×10^{10} ตัน	5.8×10^1

ที่มา: Mie University, Japan 1998

คำนวณตามสมการที่ 1 จะทำให้ได้ค่า ELM ของทองแดง และเหล็ก คำนวณตามสมการที่ 2 ต่อไปจะทำให้ได้ค่า EcL ออกมาในหน่วย [NETS] ของแต่ละชนิด โดยสรุปเป็นค่า EcL_{total} ด้านวัตถุดิบเท่ากับ 7.12 [NETS]

- ด้านการผลิต (Manufacturing Process)

ส่วนนี้จะพิจารณาที่โรงงานผลิตตู้เย็นพานิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร เก็บข้อมูลทางด้านกระบวนการผลิต เชื้อเพลิง และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต และจำนวนชั่วโมงที่ทำการผลิตในขั้นตอนต่าง ๆ สามารถแสดงให้เห็นได้ดังตาราง ก.4

ตาราง ก.4 กระบวนการผลิตผู้เย็นพาณิชย์ในขั้นตอนต่าง 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

จากตาราง ก.4 มีการหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละกระบวนการผลิตที่คิดอยู่ในหน่วย kWh ส่วนใหญ่พิจารณาจาก Name plate ของเครื่องจักร แล้วเทียบเป็นกิโลวัตต์ โดยใช้สูตร $\text{Power factor} = \text{kW/KVA}$ (กำหนดให้ Power factor ของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเท่ากับ 0.75) ตัวอย่างเช่น

การตัดใช้เครื่องจักร Amada H3065 ขนาด KVA ของเครื่องบน name plate เท่ากับ 15.8 KVA คิดเป็น kW เท่ากับ $0.75 \times 15.8 = 11.85 \text{ kW}$ เสร็จแล้วนำจำนวนชั่วโมงที่ทำงานมาคูณจะได้ 47.4 kWh

จากนั้นนำมาคำนวณหาว่า kWh ที่ใช้ไปหรือกระแสไฟฟ้าที่ใช้ไปจะทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมใดที่ร้ายแรงบ้าง ในที่นี้จะกล่าวถึงการลดลงของเชื้อเพลิง เนื่องจากการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก ซึ่งเชื้อเพลิงดังกล่าวมีปริมาณน้อย และมีแนวโน้มว่าจะหมดลงไปเร็ววัน

ตาราง ก.5 แสดงอัตราส่วนระหว่างโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กันของประเทศไทย

โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิง	อัตราส่วน
1. ถ่านหิน	17 %
2. ก๊าซธรรมชาติ	36 %
3. น้ำมันเตา	18 %
4. น้ำมันดีเซล	1.0 %

ที่มา: รายงานประจำปีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี 2542

จากตาราง ก.5 อัตราส่วนที่แสดงมีเฉพาะโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล จะเห็นว่ารวมทั้งหมดได้ 72 % ส่วนที่เหลืออีก 28 % เป็นไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำ และการสั่งซื้อจากต่างประเทศ ซึ่งจะยังไม่นำมาคิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการวิจัยนี้

หลังจากนี้ด้านการผลิต เราประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่องการลดลงของเชื้อเพลิงในเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ จากข้อมูลของโรงไฟฟ้าแต่ละแห่งได้ผลดังต่อไปนี้

ตาราง ก.6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหิน

จำนวน kWh	จำนวนถ่านหินที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ton]	EcL [NETS]
42.40	0.0369 ton	5.9×10^{11}	8.9×10^{-1}	0.033

จากตาราง ก.6 จะได้ค่า EcL เท่ากับ 0.033 [NETS] ซึ่งแปลความหมายได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการผลิต 249.4054 kWh คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหินเท่ากับ 17% หรือ 42.40 kWh ซึ่งจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต แม้จะ กำหนดว่า ทุก 1 kWh จะต้องใช้ถ่านหินในการผลิต 0.87 กิโลกรัม ทำให้เราคำนวณต่อไปได้ว่า ปริมาณถ่านหินที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตตู้เย็นพาณิชย CRB120 เท่ากับ 0.0369 ตัน ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่อง การลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหินเท่ากับ 0.033 [NETS]

ตาราง ก.7 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

จำนวน kWh	จำนวน NG ที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ft ³]	EcL [NETS]
89.79	9.88 ft ³	5.9×10^{11}	1.19×10^{-4}	0.00118

จากตาราง ก.7 จะได้ค่า EcL เท่ากับ 0.00118 [NETS] ซึ่งแปลความหมายได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการผลิต 249.4054 kWh คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซธรรมชาติเท่ากับ 36% หรือ 89.79 kWh ซึ่งจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต กำหนดไว้ว่า ทุก 1 kWh จะต้องใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิต 0.11 ลูกบาศก์ฟุต ทำให้เราคำนวณต่อไปได้ว่า ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตตู้เย็นพาณิชย CRB120 เท่ากับ 9.88 ลูกบาศก์ฟุต ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่อง การลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ เท่ากับ 0.00118 [NETS]

ตาราง ก.8 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันเตาที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
44.89	190.78 ลิตร	5.9×10^{11}	3.65×10^{-3}	0.69635

จากตาราง ก.8 จะได้ค่า EcL เท่ากับ 0.69635 [NETS] ซึ่งแปลความหมายได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการผลิต 249.4054 kWh คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานจากน้ำมันเตาเท่ากับ 18 % หรือ 49.89 kWh ซึ่งจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต กำหนดไว้ว่า ทุก 1 kWh จะต้องใช้น้ำมันเตาในการผลิต 4.25 ลิตร ทำให้เราคำนวณต่อไปได้ว่า ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตตู้เย็นพาณิชย CRB120 เท่ากับ 190.78 ลิตร ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่อง การลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตาเท่ากับ 0.69635 [NETS]

ตาราง ก.9 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันดีเซลที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
2.49	10.51 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	0.06695

จากตาราง ก.9 จะได้ค่า EcL เท่ากับ 0.06695 [NETS] ซึ่งแปลความหมายได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการผลิต 249.4054 kWh คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานจากน้ำมันเตาเท่ากับ 1 % หรือ 2.49 kWh ซึ่งจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต กำหนดไว้ว่า ทุก 1 kWh จะต้องใช้น้ำมันดีเซลในการผลิต 4.22 ลิตร ทำให้เรากำนวณต่อไปได้ว่า ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตตู้เย็นพาณิชย์ CRB120 เท่ากับ 10.51 ลิตร ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่อง การลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตาเท่ากับ 0.06695 [NETS]

ดังนั้นทางด้านการผลิต (Manufacturing Process) จะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการลดลงของเชื้อเพลิงเท่ากับ $0.033 + 0.00118 + 0.69635 + 0.06695$ เท่ากับ 0.8 [NETS]

- ด้านการขนส่ง

ในขั้นตอนนี้เราจะคิดตอนที่มีการขนส่งผลิตภัณฑ์ตู้เย็นพาณิชย์ที่เสร็จเรียบร้อยแล้วจากโรงงานไปยังโรงแรมที่ได้สั่งทำเอาไว้ โดยจะส่งบริเวณกรุงเทพ และปริมณฑล คิดเป็นระยะทางโดยประมาณ 100 กิโลเมตร ซึ่งมีรถบรรทุกเป็นตัวขนส่งมีอัตราการกินน้ำมัน 4 กิโลเมตร/ลิตร ได้ค่า EcL ดังตาราง ก.10

ตาราง ก.10 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกตีค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

ระยะทาง	ใช้น้ำมันดีเซล	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
100 กิโลเมตร	25 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	0.16

จากตาราง ก.10 จะทำให้ทราบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่องการลดลงของเชื้อเพลิง ที่เกิดในขั้นตอนของการขนส่งมีค่าเท่ากับ 0.16 [NETS]

- ด้านการใช้

ภายหลังจากที่มีการขนส่งมายังโรงแรมแล้ว โรงแรมดำเนินการใช้งานตู้เย็นพาณิชย์ตามปกติ คือใช้เก็บรักษาความเย็นของอาหารต่าง ๆ เพื่อใช้ในการประกอบอาหารต่อไป

ดังนั้น ตู้เย็นจะมีการเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง แต่เนื่องจากตู้เย็นมีคอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะมีการตัดการทำงานคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40 % (สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) ดังนั้นตู้เย็นที่ใช้นี้จะทำงานอย่างเต็มที่วันละ 9.6 ชั่วโมง และระยะเวลาการใช้งานของตู้เย็นพาณิชย์นี้คิดที่ 10 ปี ทำให้สามารถหาค่า kWh ตลอดทั้งระยะเวลาการใช้งานได้เท่ากับ 9,811.20 kWh จากนั้นนำค่าที่ได้นี้ไปคำนวณหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมซึ่งมีลักษณะเดียวกับในขั้นตอนการผลิต คือ การลดลงของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซล ตามอัตราส่วนที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตเป็นผู้ผลิต ผลที่ได้ดังตาราง ก.11 - ก.14

ตาราง ก.11 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหิน

จำนวน kWh	จำนวนถ่านหินที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ton]	EcL [NETS]
1667.904	1.45 ton	5.9×10^{11}	8.9×10^{-1}	1.29

จากตาราง ก.11 จะได้ค่า EcL เท่ากับ 1.29 [NETS] ซึ่งแปลความหมายได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการใช้ 9,811.20 kWh คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหินเท่ากับ 17% หรือ 1,667.904 kWh ซึ่งจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแม่เมาะ กำหนดว่า ทุก 1 kWh จะต้องใช้ถ่านหินในการผลิต 0.87 กิโลกรัม ทำให้คำนวณต่อไปได้ว่า ปริมาณถ่านหินที่ใช้ในขั้นตอนการใช้ตู้เย็นพาณิช CRB120 เท่ากับ 1.45 ตัน ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่อง การลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหินเท่ากับ 1.29 [NETS]

ตาราง ก.12 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

จำนวน kWh	จำนวน NG ที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ft ³]	EcL [NETS]
3,532.032	388.52 ft ³	5.9×10^{11}	1.19×10^{-4}	0.0462

จากตาราง ก.12 จะได้ค่า EcL เท่ากับ 0.0462 [NETS] ซึ่งแปลความหมายได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการใช้ 9,811.20 kWh คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซธรรมชาติเท่ากับ 36% หรือ 3,532.032 kWh ซึ่งจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต กำหนดไว้ว่า ทุก 1 kWh จะต้องใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิต 0.11 ลูกบาศก์ฟุต ทำให้คำนวณต่อไปได้ว่า ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในขั้นตอนการใช้ตู้เย็นพาณิช CRB120 เท่ากับ 388.52 ลูกบาศก์ฟุต ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่อง การลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ เท่ากับ 0.0462 [NETS]

ตาราง ก.13 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันเตาที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
1,766.016	7,505.57 ลิตร	5.9×10^{11}	3.65×10^{-3}	27.395

จากตาราง ก.13 จะได้ค่า EcL เท่ากับ 27.395 [NETS] ซึ่งแปลความหมายได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการใช้ 9,811.2 kWh คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานจากน้ำมันเตาเท่ากับ 18 % หรือ 1,766.016 kWh ซึ่งจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต กำหนดไว้ว่า ทุก 1 kWh จะต้องใช้น้ำมันเตาในการผลิต 4.25 ลิตร ทำให้คำนวณต่อไปได้ว่า ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ในขั้นตอนการใช้ตู้เย็นพาณิช CRB120 เท่ากับ 7,505.57 ลิตร ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่อง การลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตาเท่ากับ 27.395 [NETS]

ตาราง ก.14 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันดีเซลที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
98.112	414.03 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	2.64

จากตาราง ก.14 จะได้ค่า EcL เท่ากับ 2.64 [NETS] ซึ่งแปลความหมายได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการใช้ 9,811.2 kWh คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานจากน้ำมันเตาเท่ากับ 1 % หรือ 98.112 kWh ซึ่งจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต กำหนดไว้ว่า ทุก 1 kWh จะต้องใช้น้ำมันดีเซลในการผลิต 4.22 ลิตร ทำ

ให้คำนวณต่อไปได้ว่า ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ในขั้นตอนการใช้ตู้เย็นพาณิชย์ CRB120 เท่ากับ 414.03 ลิตร ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่อง การลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตาเท่ากับ 2.64 [NETS]

- ด้านการย่อยสลายทำลาย

ในส่วนนี้จะคิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดหลังจากมีการทิ้งตู้เย็นพาณิชย์ไปแล้ว ประเทศไทยยังไม่มีกระบวนการรีไซเคิลตู้เย็น ดังนั้นตู้เย็นจะถูกทำลายไปโดยการทิ้งอยู่ที่ บริเวณที่ทิ้งขยะ สารทำความเย็นจะรั่วไหลออกมา ทำให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ คือ ภาวะโลกร้อนขึ้น และรูรั่วของชั้นโอโซน โดยที่สามารถประเมินเป็นค่า EcL ได้ดังตาราง ก.15

ตาราง ก.15 ค่า EcL ของภาวะโลกร้อนขึ้นและการลดลงของ โอโซนเนื่องจากการใช้ R12

ปริมาณ CFCs	MEV [NETS]	ELM_{GW}	EcL_{GW}	ELM_{OD}	EcL_{OD}
0.00043 ตัน	5.9×10^{11}	2.2×10^3	0.94	8.0×10^3	3.4

จากตาราง ก.15 อธิบายได้ว่า ตู้เย็นพาณิชย์ CRB120 จะใช้สารทำความเย็น R12 เท่ากับ 0.00043 ตัน ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นแบบ Global issue คือ ภาวะโลกร้อนขึ้น และชั้นโอโซนในบรรยากาศ ลดลง ค่า MEV_G ของทั้งสองผลกระทบเท่ากับ 5.9×10^{11} [NETS] และค่า ELM_{GW} ของภาวะโลกร้อนขึ้นเท่ากับ 2.2×10^3 [NETS/ton] กล่าวคือใช้สาร CFCs หรือ R12 เป็นปริมาณ 1 ตัน ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 2.2×10^3 [NETS] ดังนั้นเมื่อใช้ R12 เป็นจำนวน 0.00043 ตัน ก็ทำให้เกิดผลกระทบในเรื่องภาวะโลกร้อนขึ้นเท่ากับ 0.94 [NETS] และในทำนองเดียวกัน ก็ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่องของชั้นโอโซนในบรรยากาศลดลงคิดเป็น 3.4 [NETS] เพราะฉะนั้นโดยรวมผลของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของด้านการย่อยสลายทำลายจะมีค่า EcL เท่ากับ $0.94 + 3.4$ เท่ากับ 4.34 [NETS]

ภาคผนวก ข
แสดงการปรับปรุงข้อมูลพื้นฐานด้วยวิธีการคำนวณ EDIP

ภาคผนวก ข
แสดงการปรับปรุงข้อมูลพื้นฐานด้วยวิธีการคำนวณ EDIP

ตาราง ข.1 แสดงปริมาณถ่านหินลิกไนต์ที่ใช้ในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ (ตัน)

ปีอ้างอิง และปีเป้าหมาย	ปี 1990	ปี 2000
ปริมาณลิกไนต์ที่ใช้	9,875,300	10,521,918

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

1. หาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาในปีอ้างอิง 1990

$$\text{จากสมการ} \quad \text{SO}_2 = \text{SEF} \times \text{L} \times (1 - \text{FS}) / 1000$$

ดังนั้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{SO}_2 &= (15 \times 2.34) \times 9,875,300 \times (1 - 0) / 1000 \\ &= 346,623.03 \text{ ตัน} \end{aligned}$$

2. หาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาในปีเป้าหมาย 2000

$$\text{จากสมการ} \quad \text{SO}_2 = \text{SEF} \times \text{L} \times (1 - \text{FS}) / 1000$$

ดังนั้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{SO}_2 &= (15 \times 2.34) \times 9,875,300 \times (1 - 92\%) / 1000 \\ &= 29,545.55 \text{ ตัน} \end{aligned}$$

* หมายเหตุ หลังจากปี 1995 ได้มีการใช้เครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่มีประสิทธิภาพ 92-95 %

3. หาปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่ปล่อยออกมาในปีอ้างอิง 1990

$$\text{จากสมการ} \quad \text{NO}_2 = \text{NEF} \times \text{L} \times (1 - \text{FN}) / 1000$$

ดังนั้นก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่ปล่อยออกมาเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 &= 7 \times 9,875,300 \times (1 - 0) / 1000 \\ &= 69,127.10 \text{ ตัน} \end{aligned}$$

4. หาปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่ปล่อยออกมาในปีเป้าหมาย 2000

$$\text{จากสมการ} \quad \text{NO}_2 = \text{NEF} \times \text{L} \times (1 - \text{FN}) / 1000$$

ดังนั้นก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่ปล่อยออกมาเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 &= 7 \times 10,521,918 \times (1 - 0) / 1000 \\ &= 73,653.43 \text{ ตัน} \end{aligned}$$

5. หาค่า EP_j ในปีต่าง ๆ

ตาราง ข.2 แสดงค่า EP_j ของปีอ้างอิง และ ปีเป้าหมาย

สารประกอบ	Total Emission 1990 (ton/year)	Total Emission 2000 (ton/year)	EF	EP_{j90} gSO ₂ /gก๊าซ	EP_{j2000} gSO ₂ /gก๊าซ
ก๊าซ SO ₂	346,623.03	29,545.55	1.0	346,623.03	29,545.55
ก๊าซ NO _x	69,127.10	73,653.43	0.7	48,388.97	51,557.40
Total				395,012	81,102.95

6. หาค่า Normalization Reference (ER_j) ในปีต่าง ๆ

ตาราง ข.3 แสดงจำนวนประชากรของจังหวัดลำปางในปีอ้างอิง และปีเป้าหมาย

ปีที่พิจารณา	ปี 1990	ปี 2000
จำนวนประชากร	797,846	806,762

ที่มา: กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

$$\begin{aligned}\text{ค่า } ER_{j90} &= EP_{j90} / POP_{90} \\ &= 395,012 \text{ ton-SO}_2\text{-eq} / 797,846 \text{ person} = 0.50 \text{ ton/person/year}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่า } ER_{j2000} &= EP_{j2000} / POP_{2000} \\ &= 81,102.95 \text{ ton-SO}_2\text{-eq} / 806,762 \text{ person} = 0.10 \text{ ton/person/year}\end{aligned}$$

7. ค่า Weighting Factor (WF_j)

$$\begin{aligned}\text{ค่า } WF_j &= ER_{90} / ER_{2000} \\ &= 0.5 / 0.1 = 5\end{aligned}$$

8. ตัวอย่างการหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม SimaPro หลังจากมีการปรับปรุงข้อมูลพื้นฐานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการพิจารณาคู่มือพหุคูณ CRB120 ที่ใช้ R12 เป็นสารทำความเย็น ซึ่งในขั้นตอนของการผลิต และขั้นตอนการใช้ ในวัฏจักรชีวิต มีการใช้กระแสไฟฟ้า โดยที่กระแสไฟฟ้างกล่าวส่วนหนึ่งมาจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าแม่เมาะ ซึ่งใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง จึงต้องทำการหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ที่เกิดขึ้น ดังตาราง ข. 4

ตาราง ข.4 แสดงการหาปริมาณก๊าซ SO_x และ NO_x ที่มาจากการเผาไหม้ถ่านลิกไนต์

วัฏจักรชีวิต	ปริมาณถ่านหินที่ใช้ (ตัน)	SO _x (ตัน)	NO _x (ตัน)
ขั้นตอนการผลิต	0.037	0.000104	0.000259
ขั้นตอนการใช้	1.45	0.004072	0.01015
Total	1.49	0.004175	0.010409

จากตาราง ข.4 ทำให้ทราบก๊าซ SO_x และ NO_x ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ถ่านลิกไนต์ จากนั้นจึงทำการเทียบค่า เป็นค่าเทียบเท่าของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในเรื่องภาวะกรดในบรรยากาศ ในที่นี้เทียบค่าเป็น tonSO₂-eq/year ได้ผลดังตาราง ข.5

ตาราง ข.5 แสดงการเทียบค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในเรื่องภาวะกรดในบรรยากาศ

สารประกอบ	Total Emission (ton/year)	EF	EP _i TonSO ₂ -eq/year
ก๊าซ SO ₂	0.004175	1.0	0.004175
ก๊าซ NO _x	0.010409	0.7	0.007286
Total			0.0115

จากตาราง ข.5 ทำให้ทราบว่าผู้ยื่นพยานิชย์รุ่น CRB120 ที่ใช้ R12 เป็นสารทำความเย็นนี้ มีค่าเทียบเท่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในเรื่องภาวะกรดในบรรยากาศต่อปี คิดเป็น 0.012 tonSO₂-eq จากนั้นจึงทำการหาค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นในปี 2000 จากค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่หามาได้ดังตาราง ข.6

ตาราง ข.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	ER ₉₀	Unit	WF
Acidification	0.5	tonSO ₂ -eq/person/year	5

$$\begin{aligned}\text{ผู้ยื่นพยานิชย์มีผลกระทบ } WP_{T2000} &= WF \times EP_{j(\text{Product})} / ER_{j90} \\ &= 5 \times 0.012 / 0.5 = 0.12 PE_{T2000}\end{aligned}$$

หมายความว่าผู้ยื่นพยานิชย์รุ่น CRB120 ที่ใช้สารทำความเย็น R12 ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในเรื่องภาวะกรดในบรรยากาศ คิดเป็น 12 % ของผลกระทบที่เกิดในเรื่องของภาวะกรดในบรรยากาศต่อคน ของจังหวัดลำปาง ในปี 2000

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการคำนวณด้วยวิธี [NETS] ของผู้ยื่นพยานหลักฐานต่าง ๆ

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการคำนวณด้วยวิธี [NETS] ของตู้เย็นพาณิชย์รุ่นต่าง ๆ

ตาราง ค.1 แสดงข้อมูลการคำนวณด้วยวิธี [NETS] ของตู้เย็นพาณิชย์ CRB 120 (R12)

- ด้านวัสดุ (Materials)

ตาราง ค.1.1 ข้อมูลน้ำหนักของวัสดุในการผลิตตู้เย็นพาณิชย์เฉพาะที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก

รายการวัสดุ	ชนิดของวัสดุ	ปริมาณที่ใช้วัดโดยการชั่ง (กิโลกรัม)	คิดเป็นปริมาณการใช้ใน หน่วยตัน (x_i)
1. คอยล์ร้อน	ทองแดง	1.21	0.00121
2. คอยล์เย็น	ทองแดง	1.86	0.00186
3. ท่อพ่นน้ำยา	ทองแดง	0.11	0.00011
4. Capillary tube	ทองแดง	0.05	0.00005
5. ท่อทองแดง 1/4"	ทองแดง	1.68	0.00168
6. ท่อทองแดง 3/8"	ทองแดง	2.65	0.00256
7. ขาพักลม Condenser	เหล็ก	0.28	0.00028
8. ตะแกรงตู้เย็น	เหล็ก	2.53	0.00253

ที่มา: การตรวจวัดที่โรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร

ตาราง ค.1.2 แสดงผลการคำนวณตามวิธี [NETS]

รายการวัสดุ	MEV _i [NETS]	ELM _i [NETS/ton]	EcL _{RD} [NETS]
1. คอยล์ร้อน	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.11
2. คอยล์เย็น	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.71
3. ท่อพ่นน้ำยา	5.9×10^{11}	9.2×10^2	0.10
4. Capillary tube	5.9×10^{11}	9.2×10^2	0.05
5. ท่อทองแดง 1/4"	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.55
6. ท่อทองแดง 3/8"	5.9×10^{11}	9.2×10^2	2.44
7. ขาพักลม Condenser	5.9×10^{11}	5.8×10^1	0.02
8. ตะแกรงตู้เย็น	5.9×10^{11}	5.8×10^1	0.15

- ด้านการผลิต (Manufacturing Process)

ตาราง ค.1.3 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

ตาราง ค.1.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหิน

จำนวน kWh	จำนวนถ่านหินที่ใช้	MEV ₀ [NETS]	ELM ₁ [NETS/ton]	EcL [NETS]
42.40	0.0369 ton	5.9×10^{11}	8.9×10^{-1}	0.033

ตาราง ค.1.5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

จำนวน kWh	จำนวน NG ที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ก ³]	EcL [NETS]
89.79	9.88 ก ³	5.9×10^{11}	1.19×10^{-4}	0.00118

ตาราง ค.1.6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันเตาที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
44.89	190.78 ลิตร	5.9×10^{11}	3.65×10^{-3}	0.69635

ตาราง ค.1.7 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันดีเซลที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
2.49	10.51 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	0.06695

- ด้านการขนส่ง

ตาราง ค.1.8 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

ระยะทาง	ใช้น้ำมันดีเซล	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
100 กิโลเมตร	25 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	0.16

- ด้านการใช้

ตาราง ค.1.9 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหิน

จำนวน kWh	จำนวนถ่านหินที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ton]	EcL [NETS]
1667.904	1.45 ton	5.9×10^{11}	8.9×10^{-1}	1.29

ตาราง ค.1.10 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

จำนวน kWh	จำนวน NG ที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ft ³]	EcL [NETS]
3,532.032	388.52 ft ³	5.9×10^{11}	1.19×10^{-4}	0.0462

ตาราง ค.1.11 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันเตาที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
1,766.016	7,505.57 ลิตร	5.9×10^{11}	3.65×10^{-3}	27.395

ตาราง ค.1.12 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันดีเซลที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
98.112	414.03 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	2.64

- ด้านการย่อยสลายทำลาย

ตาราง ค.1.13 ค่า EcL ของภาวะโลกร้อนขึ้นและการลดลงของโอโซนเนื่องจากการใช้ R12

ปริมาณ CFCs	MEV [NETS]	ELM _{GW}	EcL _{GW}	ELM _{OD}	EcL _{OD}
0.00043 ตัน	5.9×10^{11}	2.2×10^3	0.94	8.0×10^3	3.4

ตาราง ก.2 แสดงข้อมูลการคำนวณด้วยวิธี [NETS] ของตู้เย็นพาณิชย์ CRB 120 (R134a)

- ด้านวัสดุ (Materials)

ตาราง ก.2.1 ข้อมูลน้ำหนักของวัสดุในการผลิตตู้เย็นพาณิชย์เฉพาะที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก

รายการวัสดุ	ชนิดของวัสดุ	ปริมาณที่ใช้วัดโดยการชั่ง (กิโลกรัม)	คิดเป็นปริมาณการใช้ใน หน่วยตัน (x_i)
1. คอยล์ร้อน	ทองแดง	1.21	0.00121
2. คอยล์เย็น	ทองแดง	1.86	0.00186
3. ท่อพิกนัส	ทองแดง	0.11	0.00011
4. Capillary tube	ทองแดง	0.05	0.00005
5. ท่อทองแดง 1/4"	ทองแดง	1.68	0.00168
6. ท่อทองแดง 3/8"	ทองแดง	2.65	0.00256
7. ขาพัก Condenser	เหล็ก	0.28	0.00028
8. ตะแกรงตู้เย็น	เหล็ก	2.53	0.00253

ที่มา: การตรวจวัดที่โรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร

ตาราง ก.2.2 แสดงผลการคำนวณตามวิธี [NETS]

รายการวัสดุ	MEV_i [NETS]	ELM_i [NETS/ton]	EcL_{RD} [NETS]
1. คอยล์ร้อน	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.11
2. คอยล์เย็น	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.71
3. ท่อพิกนัส	5.9×10^{11}	9.2×10^2	0.10
4. Capillary tube	5.9×10^{11}	9.2×10^2	0.05
5. ท่อทองแดง 1/4"	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.55
6. ท่อทองแดง 3/8"	5.9×10^{11}	9.2×10^2	2.44
7. ขาพัก Condenser	5.9×10^{11}	5.8×10^1	0.02
8. ตะแกรงตู้เย็น	5.9×10^{11}	5.8×10^1	0.15

- ด้านการผลิต (Manufacturing Process)

ตาราง ค.2.3 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

ตาราง ค.2.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหิน

จำนวน kWh	จำนวนถ่านหินที่ใช้	MEV _G [NETS]	ELM _i [NETS/ton]	EcL [NETS]
42.40	0.0369 ton	5.9×10^{11}	8.9×10^{-1}	0.033

ตาราง ค.2.5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

จำนวน kWh	จำนวน NG ที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ft ³]	EcL [NETS]
89.79	9.88 ft ³	5.9×10^{11}	1.19×10^{-4}	0.00118

ตาราง ค.2.6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันเตาที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
44.89	190.78 ลิตร	5.9×10^{11}	3.65×10^{-3}	0.69635

ตาราง ค.2.7 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันดีเซลที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
2.49	10.51 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	0.06695

- ด้านการขนส่ง

ตาราง ค.2.8 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

ระยะทาง	ใช้น้ำมันดีเซล	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
100 กิโลเมตร	25 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	0.16

- ด้านการใช้

ตาราง ค.2.9 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหิน

จำนวน kWh	จำนวนถ่านหินที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ton]	EcL [NETS]
2,561.424	2.23 ton	5.9×10^{11}	8.9×10^{-1}	1.98

ตาราง ค.2.10 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

จำนวน kWh	จำนวน NG ที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lt ³]	EcL [NETS]
5,454.192	596.661 lt ³	5.9×10^{11}	1.19×10^{-4}	0.071

ตาราง ค.2.11 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันเตาที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lt]	EcL [NETS]
2,712.096	11,526.41 ลิตร	5.9×10^{11}	3.65×10^{-3}	42.07

ตาราง ค.2.12 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันดีเซลที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lt]	EcL [NETS]
150.67	635.84 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	4.05

- ด้านการย่อยสลายทำลาย

ตาราง ค.2.13 ค่า EcL ของภาวะโลกร้อนขึ้นและการลดลงของโอโซนเนื่องจากการใช้ R134a

ปริมาณ R134a	MEV [NETS]	ELM _{GW}	EcL _{GW}	ELM _{OD}	EcL _{OD}
0.00043 ตัน	5.9×10^{11}	3.4×10^2	0.14	0	0

ตาราง ค.3 แสดงข้อมูลการคำนวณด้วยวิธี [NETS] ของตู้เย็นพาณิชย์ CRB 180 (R134a)

- ด้านวัสดุดิบ (Materials)

ตาราง ค.3.1 ข้อมูลน้ำหนักของวัสดุดิบในการผลิตตู้เย็นพาณิชย์เฉพาะที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก

รายการวัสดุดิบ	ชนิดของวัสดุดิบ	ปริมาณที่ใช้วัดโดยการชั่ง (กิโลกรัม)	คิดเป็นปริมาณการใช้ใน หน่วยตัน (x_i)
1. คอยล์ร้อน	ทองแดง	1.21	0.00121
2. คอยล์เย็น	ทองแดง	1.86	0.00186
3. ท่อพักน้ำยา	ทองแดง	0.11	0.00011
4. Capillary tube	ทองแดง	0.06	0.00006
5. ท่อทองแดง 1/4"	ทองแดง	1.68	0.00168
6. ท่อทองแดง 3/8"	ทองแดง	2.65	0.00256
7. ขาพัดลม Condenser	เหล็ก	0.28	0.00028
8. ตะแกรงตู้เย็น	เหล็ก	4.129	0.00413

ที่มา: การตรวจวัดที่โรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร

ตาราง ค.3.2 แสดงผลการคำนวณตามวิธี [NETS]

รายการวัสดุดิบ	MEV_i [NETS]	ELM_i [NETS/ton]	EcL_{RD} [NETS]
1. คอยล์ร้อน	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.11
2. คอยล์เย็น	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.71
3. ท่อพักน้ำยา	5.9×10^{11}	9.2×10^2	0.10
4. Capillary tube	5.9×10^{11}	9.2×10^2	0.06
5. ท่อทองแดง 1/4"	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.55
6. ท่อทองแดง 3/8"	5.9×10^{11}	9.2×10^2	2.44
7. ขาพัดลม Condenser	5.9×10^{11}	5.8×10^1	0.02
8. ตะแกรงตู้เย็น	5.9×10^{11}	5.8×10^1	0.24

- ด้านการผลิต (Manufacturing Process)

ตาราง ค.3.3 กระบวนการผลิตตู้เย็นพาณิชย์ในขั้นตอนต่าง ๆ

กระบวนการผลิต	เครื่องจักร	ชั่วโมงทำงาน	KWh
1. การตัด	Amada 3065 H3065 (15.8 KVA)	6	71.1
2. การพับ	Amada RG-80 (4KVA)	4	12
4. การประกอบ (8.58 hp)	เครื่องเชื่อมอาร์กอน (8.58 HP)	35	224.02
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

ตาราง ค.3.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหิน

จำนวน kWh	จำนวนถ่านหินที่ใช้	MEV _G [NETS]	ELM _i [NETS/ton]	EcL [NETS]
52.38	0.0456 ton	5.9×10^{11}	8.9×10^{-1}	0.041

ตาราง ค.3.5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

จำนวน kWh	จำนวน NG ที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ก ³]	EcL [NETS]
110.92	12.20 ก ³	5.9×10^{11}	1.19×10^{-4}	0.00145

ตาราง ค.3.6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันเตาที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
55.46	235.70 ลิตร	5.9×10^{11}	3.65×10^{-3}	0.86

ตาราง ค.3.7 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันดีเซลที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
3.08	13 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	0.083

- ด้านการขนส่ง

ตาราง ค.3.8 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

ระยะทาง	ใช้น้ำมันดีเซล	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
100 กิโลเมตร	25 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	0.16

- ด้านการใช้

ตาราง ค.3.9 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหิน

จำนวน kWh	จำนวนถ่านหินที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ton]	EcL [NETS]
3,008.184	2.62 ton	5.9×10^{11}	8.9×10^{-1}	2.33

ตาราง ค.3.10 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

จำนวน kWh	จำนวน NG ที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/กิโลกรัม]	EcL [NETS]
6,370.27	700.73 กิโลกรัม	5.9×10^{11}	1.19×10^{-4}	0.0834

ตาราง ค.3.11 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันเตาที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ลิตร]	EcL [NETS]
3,185.14	13,536.83 ลิตร	5.9×10^{11}	3.65×10^{-3}	49.41

ตาราง ค.3.12 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันดีเซลที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ลิตร]	EcL [NETS]
176.95	746.74 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	4.76

- ด้านการย่อยสลายทำลาย

ตาราง ค.3.13 ค่า EcL ของภาวะโลกร้อนขึ้นและการลดลงของโอโซนเนื่องจากการใช้ R134a

ปริมาณ CFCs	MEV [NETS]	ELM _{GW}	EcL _{GW}	ELM _{OD}	EcL _{OD}
0.0005 ตัน	5.9×10^{11}	3.4×10^2	0.17	0	0

ตาราง ค.4 แสดงข้อมูลการคำนวณด้วยวิธี [NETS] ของตู้เย็นพาณิชย์ CRB 240 (R134a)

- ด้านวัสดุดิบ (Materials)

ตาราง ค.4.1 ข้อมูลน้ำหนักของวัสดุดิบในการผลิตตู้เย็นพาณิชย์เฉพาะที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก

รายการวัสดุดิบ	ชนิดของวัสดุดิบ	ปริมาณที่ใช้วัดโดยการชั่ง (กิโลกรัม)	คิดเป็นปริมาณการใช้ใน หน่วยตัน (x_i)
1. คอยล์ร้อน	ทองแดง	1.753	0.00175
2. คอยล์เย็น	ทองแดง	2.76	0.00276
3. ท่อพ่นน้ำยา	ทองแดง	0.11	0.00011
4. Capillary tube	ทองแดง	0.06	0.00006
5. ท่อทองแดง 1/4"	ทองแดง	1.68	0.00168
6. ท่อทองแดง 3/8"	ทองแดง	2.65	0.00256
7. ขาพักลม Condenser	เหล็ก	0.28	0.00028
8. ตะแกรงตู้เย็น	เหล็ก	5.02	0.00502

ที่มา: การตรวจวัดที่โรงงานผลิตตู้เย็นพาณิชย์ ณ จังหวัดสมุทรสาคร

ตาราง ค.4.2 แสดงผลการคำนวณตามวิธี [NETS]

รายการวัสดุดิบ	MEV_i [NETS]	ELM_i [NETS/ton]	EcL_{RD} [NETS]
1. คอยล์ร้อน	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.61
2. คอยล์เย็น	5.9×10^{11}	9.2×10^2	2.54
3. ท่อพ่นน้ำยา	5.9×10^{11}	9.2×10^2	0.10
4. Capillary tube	5.9×10^{11}	9.2×10^2	0.06
5. ท่อทองแดง 1/4"	5.9×10^{11}	9.2×10^2	1.55
6. ท่อทองแดง 3/8"	5.9×10^{11}	9.2×10^2	2.44
7. ขาพักลม Condenser	5.9×10^{11}	5.8×10^1	0.02
8. ตะแกรงตู้เย็น	5.9×10^{11}	5.8×10^1	0.29

- ด้านการผลิต (Manufacturing Process)

ตาราง ค.4.3 กระบวนการผลิตตู้เย็นพาณิชย์ในขั้นตอนต่าง ๆ

กระบวนการผลิต	เครื่องจักร	ชั่วโมงทำงาน	kWh
1. การตัด	Amada 3065 H3065 (15.8 KVA)	7	82.95
2. การพับ	Amada RG-80 (4KVA)	4.5	13.5
4. การประกอบ (8.58 hp)	เครื่องเชื่อมอาร์กอน (8.58 HP)	40	256.03
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

ตาราง ค.4.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหิน

จำนวน kWh	จำนวนถ่านหินที่ใช้	MEV ₀ [NETS]	ELM ₁ [NETS/ton]	EcL [NETS]
60.09	0.0523 ton	5.9×10^{11}	8.9×10^{-1}	0.047

ตาราง ค.4.5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

จำนวน kWh	จำนวน NG ที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ft ³]	EcL [NETS]
127.25	14 ft ³	5.9×10^{11}	1.19×10^{-4}	0.00167

ตาราง ค.4.6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันเตาที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
63.62	270.40 ลิตร	5.9×10^{11}	3.65×10^{-3}	0.99

ตาราง ค.4.7 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันดีเซลที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
3.53	14.92 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	0.095

- ด้านการขนส่ง

ตาราง ค.4.8 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกตีค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

ระยะทาง	ใช้น้ำมันดีเซล	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
100 กิโลเมตร	25 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	0.16

- ด้านการใช้

ตาราง ก.4.9 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงถ่านหิน

จำนวน kWh	จำนวนถ่านหินที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ton]	EcL [NETS]
3,112.43	2.71 ton	5.9×10^{11}	8.9×10^{-1}	2.41

ตาราง ก.4.10 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

จำนวน kWh	จำนวน NG ที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/ft ³]	EcL [NETS]
6,591.02	725.01 ft ³	5.9×10^{11}	1.19×10^{-4}	0.086

ตาราง ก.4.11 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันเตาที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
3,295.51	14,005.93 ลิตร	5.9×10^{11}	3.65×10^{-3}	51.12

ตาราง ก.4.12 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกประเมินค่าเป็น [NETS] ของการลดลงของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

จำนวน kWh	จำนวนน้ำมันดีเซลที่ใช้	MEV [NETS]	ELM [NETS/lit]	EcL [NETS]
183.08	772.61 ลิตร	5.9×10^{11}	6.37×10^{-3}	4.92

- ด้านการย่อยสลายทำลาย

ตาราง ก.4.13 ค่า EcL ของภาวะโลกร้อนขึ้นและการลดลงของโอโซนเนื่องจากการใช้ R134a

ปริมาณ CFCs	MEV [NETS]	ELM _{GW}	EcL _{GW}	ELM _{OD}	EcL _{OD}
0.00043 ตัน	5.9×10^{11}	3.4×10^2	0.24	0	0

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายเศรษฐ์ สัมภักตะกุล
วัน เดือน ปี เกิด	20 มีนาคม 2518
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2535 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2539 นักเรียนต่างชาติแลกเปลี่ยนโครงการ AIEU ณ มหาวิทยาลัยมิเอะ ประเทศญี่ปุ่น ปี พ.ศ. 2540
ทุนการศึกษา	ได้รับทุนอุดหนุนบัณฑิตศึกษา ทุนเชลล์ กองทุนการศึกษาเชลล์ 100 ปี