

# การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตชุดวาล์ว

## Life Cycle Assessment of Water Valve Production

วรสิทธิ์ หินทอง<sup>1</sup> นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>บัณฑิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

### บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตชุดวาล์ว ด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ขอบเขตการศึกษาเริ่มจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ การผลิตชิ้นส่วน และการประกอบเป็นชุดวาล์ว โดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 ร่วมกับวิธีประเมิน Eco-Indicator 99 ผลการศึกษาพบว่าชุดวาล์วส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยค่าคะแนนเชิงเดี่ยวเท่ากับ  $1.168E-01$  Pt โดยชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือชิ้นส่วน Coil เท่ากับ  $5.608E-02$  Pt (48%) รองลงมาคือชิ้นส่วน Valve Body เท่ากับ  $1.543E-02$  Pt (13.21%) และอยู่ที่ขั้นตอนของการเตรียมวัตถุดิบเป็นสำคัญ แนวทางการปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมถูกเสนอแนะด้วยการทดลองปรับเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เปรียบเทียบผลกระทบในด้านต่างๆ เพื่อประกอบการออกแบบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : การประเมินวัฏจักรชีวิต วาล์ว ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

### Abstract

This research aims to study the environmental impact of water valve production along life cycle assessment. The main focuses of this study are material preparation, manufacturing of sub-parts, and assembly process of water valve using software SimaPro 7.1 and Eco-Indicator 99 method. The environmental impact of water valve is shown under a single score  $1.168E-01$  Pt with the highest impact in two parts; coil  $5.608E-02$  Pt (48%) and valve body  $1.543E-02$  Pt (13.21%), and in the process of material preparation. The ways to decrease environmental load are proposed by material changes. Comparison in impact categories is used for the design and improvement process in order to get eco-friendly products.

Keywords : Life cycle assessment, water valve, environmental impact

### 1. บทนำ

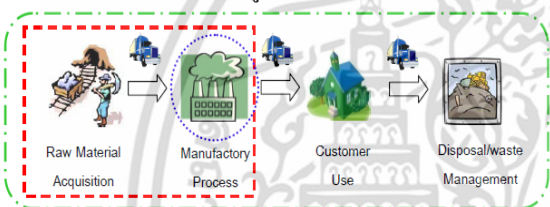
การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการ

จัดการเศษซาก รวมถึงการกำจัดและการรีไซเคิล ภายใต้มุมมองของการใช้ทรัพยากร (Resource) สุขภาพของมนุษย์ (Human Health) และผลกระทบต่อระบบนิเวศ (Natural Environment) การทราบถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ จะนำไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบและกระบวนการที่ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 [1]-[2] ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) การวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูล (Life Cycle Inventory Analysis, LCI) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) การแปลผล (Interpretation) ทั้งนี้การประเมินวัฏจักรชีวิตอาจพิจารณาเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งในโซ่คุณค่า (Gate to Gate) หรือพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบจนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์ (Cradle to Gate) หรือพิจารณาครบสมบูรณ์ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิตการนำไปใช้งาน ตลอดจนการจัดการซาก (Cradle to Grave) ดังรูปที่ 1

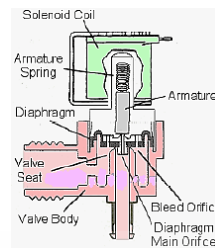


รูปที่ 1 ขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิต

หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตถูกนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์เช่น กล้องกระดาษ [3] และอุปกรณ์ไฟฟ้าบางประเภทเช่น หลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ [4] บัลลัสอิเล็กทรอนิกส์ [5] ตู้เย็น [6] และกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการฉีดพลาสติก [7]-[8] งานวิจัยเหล่านี้ประเมินและเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ด้วยวิธีการประเมิน (LCIA Method) และโปรแกรม (LCA Software) ที่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ที่ได้นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์และกระบวนการเช่น การเปลี่ยนวัตถุดิบ/วัสดุ การเลือกใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิต เป็นต้น

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตชุดวาล์วน้ำ (Water Valve) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของเครื่องซักผ้า ทำหน้าที่เป็นควบคุมระบบการจ่ายน้ำ ชุดวาล์วน้ำประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ (ดังรูปที่ 2) ที่ผลิตจากวัสดุกลุ่มโลหะ พลาสติก และยาง ผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ จากบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier) ก่อนจะมาประกอบ

ความสำคัญต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และหาแนวทางการใช้พลังงานและทรัพยากรต่างๆ วิธีหนึ่งที่ใช้คือประเมินผลกระทบด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต



รูปที่ 2 ชุดวาล์วน้ำ [9]

## 2. การประเมินวัฏจักรชีวิตของชุดวาล์วน้ำ

เป้าหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิตของชุดวาล์วน้ำ เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิต ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ จนถึงขั้นตอนการประกอบเป็นชุดวาล์วน้ำที่พร้อมส่งให้กับบริษัทผู้ผลิตเครื่องซักผ้า (Gate to Gate)

### 2.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูล

การทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต่อการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แหล่งที่มาของข้อมูลรวบรวมจากบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วน การสืบค้นข้อมูลและการอ้างอิงจากฐานข้อมูลในโปรแกรม ร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของชุดวาล์วน้ำ ประกอบด้วย (1) ข้อมูลของการเตรียมวัตถุดิบ (Production of Material) ตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบจากแหล่งธรรมชาติ และเปลี่ยนสภาพเป็นวัตถุดิบที่พร้อมผลิตเป็นชิ้นส่วนต่างๆ โดยงานวิจัยนี้จะอ้างอิงข้อมูลจากฐานข้อมูล LCI ในโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 และ (2) การผลิตชุดวาล์วน้ำ (Production of Manufacturing) ตั้งแต่การนำเอาวัตถุดิบมาผลิตเป็นชิ้นส่วนต่างๆ และนำมาประกอบเป็นชุดวาล์วน้ำ

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนต่างๆ แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มโลหะ (Metal) กลุ่มยาง (Rubber) และกลุ่มพลาสติก (Plastic) ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (Mass of Raw Materials) ทำให้ทราบว่าชิ้นส่วน Coil มีปริมาณการใช้วัตถุดิบสูงสุดในกลุ่มโลหะ (Copper 2.890E-02 kg, Polyurethane Resin 1.521E-03 kg, Solder 4.000E-05 kg) และชิ้นส่วน Valve Body มีปริมาณการใช้วัตถุดิบ

ร่วมกันเป็นชุดวาล์วน้ำ โดยบริษัทผู้ผลิตซึ่งให้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดในกลุ่มพลาสติก (Plastic PA66 GF30% 2.119E-02 kg)

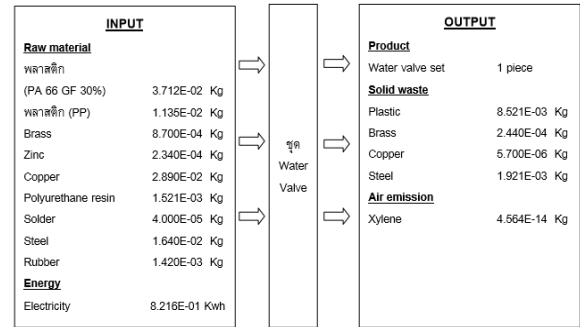
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตชุดวาล์วน้ำอ้างอิงจากคู่มือเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบชุดวาล์วน้ำ คำนวณจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องจักร ชิ้นส่วนที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ Valve Body (1.417E-01 kwh), Flow Regulator (1.050E-01 kwh) และ Filter (1.025E-01 kwh) ซึ่งกระบวนการผลิตของชิ้นส่วนทั้งสามจะเหมือนกันคือนำเม็ดพลาสติกมาบไล้ความชื้น (Drying) แล้วจึงฉีดขึ้นรูปด้วยความร้อน (Injection)

สำหรับของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบชุดวาล์วน้ำ แบ่งเป็น

(1) ของเสียประเภทของแข็ง (Solid Waste) รวบรวมจากของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต หรือเศษของชิ้นงาน (Scraps) โดยนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นของแต่ละชิ้นส่วน สำหรับชิ้นส่วนที่ผลิตจากวัตถุดิบกลุ่มยาง จะไม่นำมาคำนวณปริมาณของเสียเนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่ผลิตในประเทศ จึงไม่มีข้อมูลประกอบ

(2) ของเสียประเภทก๊าซ (Gas Emission) จะทำการเก็บข้อมูลจากปล่อยปล่อยควันของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วน โดยมีการตรวจวัดทุกๆ 6 เดือน แล้วนำค่าที่วัดได้มาเป็นส่วน (Allocation) ตามปริมาณการผลิตของชุดวาล์วน้ำ

ข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกนำมาวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูล (Life Cycle Inventory Analysis, LCI) ในแต่ละกระบวนการจะถูกแปลออกมาเป็นมวลสารเข้าและออกด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณ ไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการผลิตจะถูกแปลออกมาเป็นตัวเลขการใช้ทรัพยากรและการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและปริมาณสารขาออกของกระบวนการผลิตชุดวาล์วน้ำ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูลของชุดวาล์วน้ำ

## 2.2 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของชุดวาล์วน้ำ ด้วยการวิเคราะห์จากข้อมูลของทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ไปในกระบวนการผลิต รวมถึงการปล่อยของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต ทำการประมวลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อประเมินผลกระทบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 และวิธีการประเมินแบบ Eco-Indicator 99 ซึ่งเป็นวิธีที่แสดงผลกระทบเป็นค่าคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับผลกระทบ 3 กลุ่มคือ สุขภาพมนุษย์ ระบบนิเวศ และการใช้ทรัพยากร ทั้งสามกลุ่มสามารถจำแนกเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ อีก 11 หัวข้อ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินผลกระทบแบบ Eco-Indicator 99

Damage Category; Unit	Impact Category	Substances
Human Health; DALYs (Disability Adjusted Life Years)	Carcinogens	Arsenic, Cadmium, Nickel
	Respiratory Organics	Methane, Benzene, Xylene
	Respiratory Inorganics	CO, SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub>
	Climate Change	CO <sub>2</sub> , Methane, CFCs
	Radiation	Nuclear Energy Production
Ecosystem Quality; PDF (Potentially Disappeared Fraction)	Ozone Layer	CFCs, HFCs
	Ecotoxicity	Heavy Metals, Benzene
	Acidification/Eutrophication	SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub>
Resource Depletion; MJ surplus Energy	Land Use	Grassland, Woods
	Minerals	Copper, Nickel, Zinc
	Fossil Fuels	Crude Oil, Coals

ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ (หน่วย: DALY) หมายถึง การสูญเสียการมีสุขภาพที่ดี (ปีที่สูญเสียไปเพราะตายก่อนถึงวัยอันควร + ปีที่สูญเสียไปเพราะเจ็บป่วยหรือพิการ) ซึ่งหนึ่งหน่วยจะเท่ากับการสูญเสียช่วงอายุของการมีสุขภาพที่ดีไปจำนวน 1 ปี

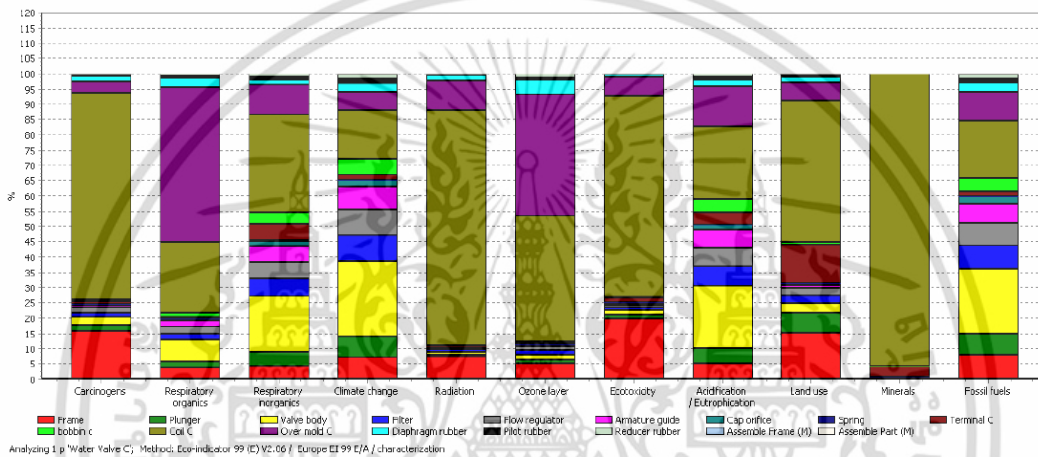
ผลกระทบต่อระบบนิเวศ (หน่วย: PDF\*m<sup>2</sup>yr) หมายถึง สัดส่วนการสูญหายของความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตต่อพื้นที่

ผลกระทบของการใช้ทรัพยากร (หน่วย: MJ surplus) หมายถึง การลดลงของทรัพยากรหรือปริมาณที่เหลืออยู่ ทั้งในรูปของสินแร่และเชื้อเพลิง (MJ เท่ากับปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการสกัดแร่หรือเชื้อเพลิง)

คะแนนเชิงเดี่ยว (หน่วย: Pt (Person for Target Year)) เป็น ตัวเลข ที่ แสดง ถึง ค่า ผลกระทบ ทาง สิ่งแวดล้อมของกระบวนการหรือวัตถุดิบ ตัวเลขที่มีค่ามากหมายถึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก หน่วย Pt เกิดจากการหาขนาดของผลกระทบที่ต้องการจะรวมค่าในกลุ่มผลกระทบต่างๆ ที่มีหน่วยต่างกัน โดยการหาร

ด้วยค่ากลาง ดังนั้นหน่วย Pt จะแสดงถึงจำนวนเท่าของค่ากลาง ทำให้ทราบได้ว่าคะแนนที่ได้มีค่ามากหรือน้อยจากการเปรียบเทียบกับค่ากลางหรือใช้เปรียบเทียบค่า Pt ด้วยตนเอง

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของชุดวาล์ว น้ำ เริ่มจากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ทั้ง 11 หัวข้อของชิ้นส่วนทั้งหมด เพื่อศึกษาว่าชิ้นส่วนใดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุด ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของชิ้นส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4 พบว่าชิ้นส่วน Coil จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ มากที่สุด ในขณะที่ชิ้นส่วน Overmold จะส่งผลกระทบด้านการหายใจจากอินทรีย์สาร (Respiratory Organics) สูงสุด ส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านภาวะโลกร้อน (Climate Change) และการใช้เชื้อเพลิง (Fossil Fuel) สูงสุดคือชิ้นส่วน Valve Body ผลกระทบของชุดวาล์ว น้ำ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของชุดวาล์ว น้ำ

Damage Category	Impact Category	Water Valve
Human Health	Carcinogens	6.049E-08 DALY
	Res. Organics	1.515E-09 DALY
	Res. Inorganics	8.652E-07 DALY
	Climate Change	3.221E-07 DALY
	Radiation	2.960E-09 DALY
	Ozone Layer	2.633E-10 DALY
Ecosystem Quality	Ecotoxicity	2.494E-01 PAF*m <sup>3</sup> yr
	Acid/Eutrophicat	2.835E-02 PDF*m <sup>3</sup> yr
	Land Use	9.181E-03 PDF*m <sup>3</sup> yr
Resource Depletion	Minerals	1.138E+00 MJ surplus
	Fossil Fuels	1.230E+00 MJ surplus

เกิดการสูญเสียโอกาสการมีสุขภาพดีเนื่องจากผลกระทบด้านการหายใจจากอินทรีย์สารเท่ากับ 8.652E-07 ปี

ผลกระทบต่อระบบนิเวศมากที่สุดคือด้านความเป็นพิษ อธิบายได้ว่าชุดวาล์ว น้ำ ทำให้มีสัดส่วนของพืชที่มีโอกาสได้รับผลกระทบเท่ากับ 24.94% ของพื้นที่ 1 ตารางเมตรต่อปี

ผลกระทบของการใช้ทรัพยากรมากที่สุดคือด้านการใช้เชื้อเพลิง อธิบายได้ว่าชุดวาล์ว น้ำ ส่งผลให้ระดับของเชื้อเพลิงในอนาคตลดลงเท่ากับ 1.230 MJ

เมื่อพิจารณาค่าคะแนนเชิงเดี่ยวเพื่อบ่งชี้ภาระทางสิ่งแวดล้อมพบว่าชุดวาล์ว น้ำ 1 ชุดส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 1.168E-01 Pt โดยชิ้นส่วน Coil ทำให้เกิดการทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด (5.608E-02 Pt) รองลงมาคือ ชิ้น ส่วน Valve Body (1.543E-02 Pt) ชิ้นส่วนทั้งสองส่วนมีผลกระทบด้านการใช้ทรัพยากรสูงสุด ค่าคะแนนเชิงเดี่ยวของชิ้นส่วนต่างๆ แสดงดัง

เอกสารผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์มากที่สุดคือด้านการหายใจจากอินทรีย์สาร อธิบายได้ว่าชุดวาล์ว น้ำ ทำให้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

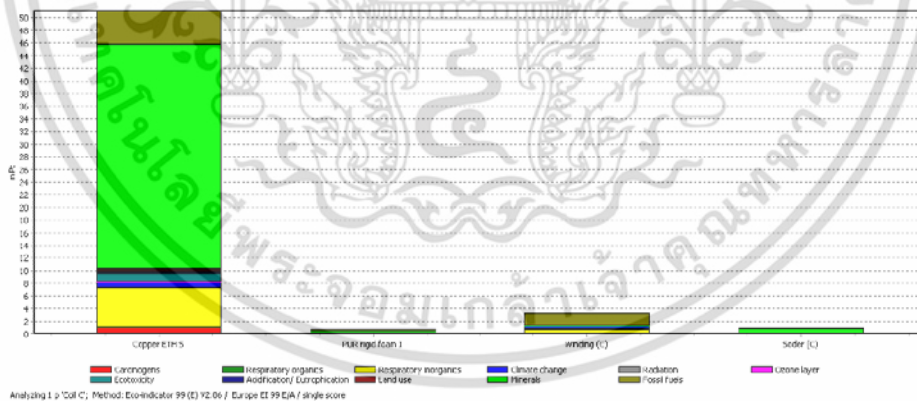
ตารางที่ 3 ค่าคะแนนเชิงเดี่ยวของชิ้นส่วนต่างๆ

Parts	Single Score	Percent
Coil	5.608E-02	48%
Valve Body	1.543E-02	13.21%
Overmold	7.086E-03	6.06%
Frame	5.922E-03	5.07%
Filter	5.428E-03	4.65%
Flow Regulator	5.154E-03	4.41%
Plunger	4.682E-03	4.01%
Armature Guide	4.573E-03	3.91%
Terminal	3.683E-03	3.15%
Bobbin	3.154E-03	2.70%
Diaphragm Rubber	2.063E-03	1.77%
Cap Orifice	1.557E-03	1.33%
Reducer Rubber	9.689E-04	0.83%
Pilot Rubber	9.008E-04	0.77%
Assembler Frame	9.620E-05	0.08%
Spring	4.090E-05	0.04%
Assemble Part	2.310E-05	0.02%

จะเห็นได้ว่าสองอันดับแรกของชิ้นส่วนที่ทำให้เกิดภาระทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ Coil และ Valve Body ซึ่งจะพิจารณาที่กระบวนการผลิตชิ้นส่วนเหล่านี้ต่อไป

### 3. ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของชิ้นส่วน

การหาแนวทางลดภาระทางสิ่งแวดล้อมเริ่มจากการประเมินผลกระทบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วน Coil ซึ่งประกอบด้วยกรรมวิธีเตรียมวัตถุดิบ (Copper, PUR Rigid



รูปที่ 5 ค่าคะแนนเชิงเดี่ยวของชิ้นส่วน Coil

### 4. แนวทางการปรับปรุงเพื่อลดภาระสิ่งแวดล้อม

ผลการวิเคราะห์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเตรียมวัตถุดิบเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางบริษัทผู้ผลิตจึงได้ทดลองปรับเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เป็น 2 แนวทางดังนี้

(1) ลดปริมาณ การใช้ Copper โดยทดลองนำ Aluminium 5% ผสมกับ Copper พบว่าที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม วัตถุดิบ Copper ให้ค่าคะแนนเชิงเดี่ยวเท่ากับ 1.77 Pt ส่วน วัตถุดิบ Copper + Aluminium 5% ให้ค่า

Foam) การพัน ลวด ทองแดง กับ ชิ้น ส่วน Bobbin (Winding Process) และการเชื่อม ลวด ทองแดง กับ ชิ้นส่วน Terminal (Solder Process) ผลของค่าคะแนนเชิงเดี่ยวมากที่สุดคือการเตรียมวัตถุดิบ Copper (5.115E-02 Pt) คิดเป็น 91.21% ของการผลิตชิ้นส่วน Coil ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือการใช้สินแร่ (Minerals) เท่ากับ 3.565E-02 Pt ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 5

กระบวนการผลิตชิ้นส่วน Valve Body ประกอบด้วย การเตรียมวัตถุดิบ (เม็ดพลาสติก PA66 GF30) การอบไล่ความชื้น (Drying Process) การฉีดขึ้นรูปด้วยความร้อน (Injection Process) และการตัดแต่งชิ้นงาน (Cut Runner) ผลของค่าคะแนนเชิงเดี่ยวมากที่สุดคือกรรมวิธีเตรียมวัตถุดิบ PA66 GF30 (9.977E-03 Pt) คิดเป็น 64.66% ของการผลิตชิ้นส่วน Valve Body รองลงมาคือกรรมวิธีขึ้นรูปด้วยความร้อน (4.963E-03 Pt) คิดเป็น 32.16% ขั้นตอนทั้งสองมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือการใช้เชื้อเพลิง (Fossil Fuels) เท่ากับ 5.379E-03 Pt และ 3.041E-03 Pt ตามลำดับ

คะแนนเชิงเดี่ยวเท่ากับ 1.72 Pt ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการใช้สินแร่ลดลงจากเดิม 1.233 Pt เป็น 1.175 Pt แต่มีผลกระทบหลายด้านที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4 เมื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการ IPCC2001 GWP20a เพื่อหาปริมาณการปล่อยสาร CO<sub>2</sub> พบว่าวัตถุดิบ Copper เท่ากับ 5.89 kg CO<sub>2</sub> equiv. ขณะที่ วัตถุดิบ Copper + Aluminium 5% มีปริมาณน้อยกว่าคือ 2.26 kg CO<sub>2</sub> equiv.

และสามารถเป็นเอกสารที่ส่งไปยังโรงเรียนการช่างเพื่อการศึกษาและนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการศึกษา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่าคะแนนเชิงเดี่ยวของการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ

ImpactCategory	Unit	Cu	Cu+Al 5%	PA66GF30	PET30%
Carcinogens	Pt	3.294E-02	3.243E-02	3.253E-04	2.632E-04
Res. Organics	Pt	1.955E-04	2.042E-04	9.279E-05	9.283E-04
Res. Inorganics	Pt	2.185E-01	2.232E-01	1.392E-01	6.868E-02
Climate Change	Pt	2.972E-02	3.186E-02	6.152E-02	9.802E-03
Radiation	Pt	2.020E-03	2.080E-03	0.000E+0	0.000E+0
Ozone Layer	Pt	9.481E-05	9.926E-05	0.000E+0	4.553E-08
Ecotoxicity	Pt	4.365E-02	4.227E-02	4.384E-04	8.052E-04
Acid/Eutrophicat	Pt	1.466E-02	1.461E-02	1.530E-02	8.197E-03
Land Use	Pt	1.061E-02	1.093E-02	0.000E+0	2.470E-03
Minerals	Pt	1.233E+0	1.175E+0	3.965E-05	5.194E-06
Fossil Fuels	Pt	1.837E-01	1.909E-01	2.539E-01	1.391E-01

หมายเหตุ: เฉลี่ยค่า หมายถึง ผลกระทบที่ลดลง

(2) ทดลองเปลี่ยน PA66 GF30 เป็น PET30% Glass Fiber พบว่าที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม พลาสติก PA66 GF30 ให้ค่าคะแนนเชิงเดี่ยวเท่ากับ 4.708E-01 Pt ส่วนพลาสติก PET30% Glass Fiber ให้ค่าคะแนนเชิงเดี่ยวเท่ากับ 2.302E-01 Pt ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการใช้เชื้อเพลิงลดลงจากเดิม 2.539E-01 Pt เป็น 1.391E-01 Pt แต่มีผลกระทบหลายด้านที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4 เมื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการ IPCC2001 GWP20a เพื่อหาปริมาณการปล่อยสาร CO<sub>2</sub> พบว่าพลาสติก PA66 GF30 เท่ากับ 11.7 kg CO<sub>2</sub> equiv. ขณะที่พลาสติก PET30% Glass Fiber มีปริมาณน้อยกว่าคือ 1.81 kg CO<sub>2</sub> equiv.

## 5. สรุปผลงานวิจัย

การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตชุดวาล์วน้ำเริ่มจากการวิเคราะห์หาชิ้นส่วนประกอบที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยใช้วิธี Eco-Indicator 99 ร่วมกับโปรแกรม SimaPro 7.1 ทำให้ทราบว่าชิ้นส่วน Coil และ Valve Body ให้ผลกระทบมากที่สุด และอยู่ในขั้นตอนของการเตรียมวัตถุดิบ แนวทางการปรับปรุงเพื่อลดภาระทางสิ่งแวดล้อมด้วยการทดลองปรับเปลี่ยนวัตถุดิบของชิ้นส่วน Coil จากเดิม Copper เป็น Copper + Aluminium5% และของชิ้นส่วน Valve Body จากเดิม PA66 GF30 เป็น PET30% Glass Fiber การเปลี่ยนวัตถุดิบดังกล่าว ส่งผลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในการตัดสินใจที่จะเลือกใช้วัตถุดิบใดนั้น อาจใช้การประเมินผลกระทบวิธีอื่นๆ เข้าร่วมพิจารณาด้วยเช่น วิธี IPCC2001 GWP20a เพื่อดูปริมาณการปล่อยสาร

CO<sub>2</sub> เป็นต้น ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ต้นทุนและความเป็นไปได้ของการปรับปรุงกระบวนการหรือวัตถุดิบ

แนวทางการวิจัยต่อไปอาจพิจารณาที่กระบวนการผลิตขึ้นรูปเพื่อเพิ่มปริมาณชิ้นงานต่อรอบการผลิต หรือการนำหลักการเทคโนโลยีสะอาดเข้ามาใช้ รวมทั้งประเมินด้วยวิธีอื่น เช่น CML 2001, EDIP 2003 เป็นต้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทตัวอย่าง ดร.ปริญญา บุญกนิษฐ และบริษัท Eco Design Consultant สำหรับข้อมูล/โปรแกรม

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Pollution Control Department, "Strategy of Waste Management from Electrical and Electronic Equipments," Ministry of Natural Resources and Environment, 2550.
- [2] D. Phylipsen, M. Kerssemeeckers, K. Blok, M. Patel, J. de Beer, "Assessing the environmental potential of clean material technologies," European Commission, Joint Research Centre, Report EUR 20515 EN, 2012.
- [3] A. Ongmongkolkul, "LCA paperboard packaging produced medium-size factories in Thailand," Thesis, Asian Institute of Technology, 2001.
- [4] N. Rodprasert, "LCA of fluorescent lamp," Thesis, Khon Kaen University, 2548.
- [5] P. Boonkanit, A. Apikajornsinsin and A. Kengpol, "Eco products improvement using LCA: case of electronic ballast," Journal of KMITNB, Vol.16, No.4, 2549.
- [6] S. Vitsalapong, "LCA of refrigerator," Thesis, Kasetsart University, 2548.
- [7] R. Marco, F. Mandorli, M. Germani, "LCA as eco-design tool to support the development of injection molded products," Retrieved October, 2009, <http://www.mech.kuleuven.be/lce2006/038.pdf>
- [8] A. Thiriez, T. Gutowski, "An environmental analysis of injection molding," Retrieved October 2009, [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=1650060](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1650060)
- [9] <http://www.appliance411.com>