

บรรณานุกรม

- กรกฎ ไยบัวเทศ, วัชรระ ทองงอก และคมกฤต เล็กสกุล. 2549. *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท็อป.
- กรมศุลกากร. 2554. “สถิติการนำเข้า-ส่งออก.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.customs.go.th/> (24 พฤษภาคม 2554).
- คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. 2552. *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์*. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
- ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. 2550. *การประเมินวัฏจักรชีวิต: เครื่องมือสำหรับ CDM (Life Cycle Assessment-LCA; Tool for CDM)*. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน). 2554. “ตารางระยะทางบิน รอยัล ออร์คิด พลัส.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.thaiairways.com/> (25 เมษายน 2554).
- ปฐม จອງปิ่นหย่า. 2545. *การจัดทำเว็บไซต์เพื่อการศึกษา กรณีศึกษา การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์*. โครงการวิจัยวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พัฒน์พงศ์ สุวรรณธวัช. 2546. *การประเมินความเชื่อถือได้ของจุดจ่ายไฟสถานีไฟฟ้าย่อยโดยวิธีจำลองเหตุการณ์มอนติคาร์โล*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2554. “Sensitivity Analysis.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.pdt.kmutnb.ac.th/E-Learning/> (10 มิถุนายน 2554).
- วิกิพีเดีย. 2553. “ฮาร์ดดิสก์.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://th.wikipedia.org/> (9 ตุลาคม 2553).
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2552. “กลุ่มรายงานสรุปมูลค่าการส่งออกของไทย.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www2.ops3.moc.go.th/> (15 สิงหาคม 2553).
- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2547. *คู่มือการจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์*. กรุงเทพฯ : โครงการการจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตปูนซีเมนต์และเหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม.
- สถาบันฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 2553. “หลักการและเหตุผล.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www3.easywebtime.com/hdd_cluster/ (15 สิงหาคม 2553).

- สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. 2554. “ข้อมูลเศรษฐกิจอุตสาหกรรม.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.thaieei.com/eei2009/th/market_data.aspx (19 มิถุนายน 2554).
- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. 2546. “อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://chineseinfo.boi.go.th/CIC/> (28 พฤษภาคม 2554).
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2554. *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*. โครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร.
- Anh Hoang, W. T., Shekar Viswanathan, Howard Evans. 2009. *Life Cycle Assessment of a Laptop Computer and its Contribution to Greenhouse Gas Emissions*. School of Engineering and Technology National University, San Diego.
- Choi, B.-C., Shin, H.-S., Lee, S.-Y. & Hur, T. 2006. Life Cycle Assessment of a Personal Computer and its Effective Recycling Rate (7 pp). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11, 122-128.
- Duan, H., Eugster, M., Hischier, R., Streicher-Porte, M. & Li, J. 2009. Life cycle assessment study of a Chinese desktop personal computer. *Science of The Total Environment*, 407, 1755-1764.
- Ecoinvent. 2007. *Life cycle inventories of metals*. Swiss centre for life cycle inventories, zürich and dübendorf.
- Farnel Capital. 2011. “Port distance calculation.” [Online]. Available <http://www.searates.com> (22 April 2011).
- Graedel, T. E. 1998. *Streamlined Life-Cycle Assessment*. Prentice Hall: Bell Laboratories, Lucent Technology, School of Forestry and Environmental Studies, Yale University.
- Henrik Wenzel, Michael Hauschild and Leo Alting. 1997. *Environmental Assessment of Products, Vol.1: Methodology, tool and case studies in product development*, Institute for Product Development, Technical University of Denmark.
- Herrmann, C. 2008. Environmental footprint of ICT equipment in manufacture, use and end of life. *ECOS Symposium 2008*. Brussel.
- Hikwama, B. P. 2005. *Life cycle assessment of a personal computer*. Toowoomba, Australia.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, in: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., M.Tignor,

- Miller, H.L. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. 2007. "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5: Waste." [Online]. Available <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/> (16 January 2011).
- Lu, L.-T., Wernick, I. K., Hsiao, T.-Y., Yu, Y.-H., Yang, Y.-M. & Ma, H.-W. 2006. Balancing the life cycle impacts of notebook computers: Taiwan's experience. *Resources, Conservation and Recycling*, 48, 13-25.
- Mohite, S. & Hong-Chao, Z. 2005. Disassembly analysis, material composition analysis and environmental impact analysis for computer drives. *Electronics and the Environment, 2005. Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on*.
- Mott, R. L. 2006. *Applied fluid mechanics*. Prentice Hall.
- PRé Consultants. 2010. *Introduction to LCA with SimaPro 7*.
- Rewlay-ngoan, C., Papong, S., Nitthithanakul, M., & Malakul, P. 2009. Well-to-Wheel Analysis for Environmental and Energy Aspects of Liquefied Petroleum Gas Produced from Natural Gas in Thailand. *Proceedings of International Conference on Green and Sustainable Innovation 2009*, Chiang Rai, Thailand, 2 – 4 December 2009.
- Weidema, B.P., Wesnæs, M.S. 1996. Data quality management for life cycle inventories - an example of using data quality indicators. *J. Clean. Prod.* 4, 167–174.
- Western digital. 2010. "Mobile Hard Drives WD Scorpio Blue Specifications." [Online]. Available <http://www.wdc.com/en/products/products.aspx?id=140> (2 December 2010).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณข้อมูลบัญชีรายการและการประเมินก๊าซเรือนกระจก

การจัดทำบัญชีรายการและการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ต้องมีการคำนวณสารขาเข้าและสารขาออกที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานประกอบการและข้อมูล ทัศนียภาพต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของปริมาณสุทธิต่อหน่วยการทำงานที่กำหนด โดยรายละเอียดการ คำนวณผลมีดังนี้

ก1 การคำนวณหาปริมาณมลพิษทางน้ำ

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตและถูกส่งไปยังบ่อบำบัดเมื่อผ่าน การใช้แล้ว ต้องมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้งก่อนปล่อยออกจากโรงงาน ข้อมูลส่วนนี้สามารถหาได้ จากรายงานการตรวจวัดคุณภาพน้ำโรงงานอุตสาหกรรมตามที่กฎหมายกำหนด การคำนวณในที่นี้ ทำการยกตัวอย่างกรณีของส่วนประกอบ VCM Coil มีผลการตรวจวัดค่า BOD เท่ากับ 21.51 mg/L มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตปริมาณ 0.40 L และเนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวไม่มีการ เก็บรวบรวมปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริง จึงใช้สมมติฐานในการประมาณค่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น เป็นร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำที่ใช้อย่างแท้จริง (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2554) สามารถคำนวณมลพิษทางน้ำที่เกิดจากกระบวนการผลิตส่วนประกอบนี้ได้ดังนี้

$$\text{มลพิษทางน้ำ (mg)} = \text{ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ (mg/L)} \times \text{ปริมาณน้ำเสีย (L)}$$

$$\text{ค่า BOD} = 21.51 \text{ mg/L} \times 0.40 \text{ L} \times 80\%$$

$$= 6.88 \text{ mg}$$

ดังนั้นในกระบวนการผลิต VCM Coil จำนวน 1 ชิ้นทำให้เกิดค่า BOD จำนวน 6.88 mg สำหรับดัชนีของมลพิษทางน้ำอื่น ๆ เช่น COD, TSS, TDS และ Oil & Grease สามารถทำการ คำนวณในลักษณะเดียวกัน

ก2 การคำนวณหาปริมาณมลพิษทางอากาศ

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือใช้สารเคมีอันตรายในกระบวนการผลิต จะมีการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องก่อนปล่อยออกจาก โรงงาน เพื่อเป็นการเฝ้าระวังผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้น ข้อมูลส่วนนี้สามารถหาได้จากรายงานการตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงงานอุตสาหกรรมตามที่กฎหมายกำหนด การคำนวณในที่นี้ทำการยกตัวอย่างกรณีของส่วนประกอบ VCM Coil สามารถทำการคำนวณได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ กรณีผลการตรวจวัดอยู่ในหน่วย ppm และ mg/m^3 ข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณแสดงดังตาราง ก1 สามารถคำนวณมลพิษทางอากาศที่เกิดจากกระบวนการผลิตส่วนประกอบนี้ได้ดังนี้

ตาราง ก1 ข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณมลพิษทางอากาศ (ที่มา: โรงงานผลิต VCM Coil)

ตัวแปร	หน่วย	ปริมาณ
1. ขนาดปล่อง	m	0.20×0.35
2. อุณหภูมิ	$^{\circ}\text{C}$	36
3. ความเร็วลมเฉลี่ย	m/s	1.30
4. Carbon monoxide (CO)	ppm	17.59
5. Copper (Cu)	mg/m^3	4.07
6. ชั่วโมงการทำงาน	h/day	24
7. ปริมาณการผลิต	unit/day	60,681

การคำนวณในกรณีผลการตรวจวัดอยู่ในหน่วย ppm เริ่มจากการหาอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ โดยคำนวณได้จากสมการ

$$\dot{m} = \rho Av$$

โดยค่าตัวแปรแต่ละตัวหาได้ดังนี้

- ρ คือ ค่าความหนาแน่นของอากาศ สามารถหาได้จากการเปิดตาราง จ2 โดยการเทียบค่าความหนาแน่นกับอุณหภูมิที่วัดได้ ผลที่ได้พบว่ามีค่าความหนาแน่นเท่ากับ $1.14 \text{ kg}/\text{m}^3$
- A คือ พื้นที่หน้าตัดของปล่องระบายอากาศ ในที่นี้เป็นปล่องแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าจึงสามารถหาได้จากการคูณกันระหว่างความกว้างและความยาว ผลจากการคูณกันพบว่ามีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 0.07 m^2

- v คือ ความเร็วของอากาศ สามารถหาได้จากการวัดความลมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.30 m/s

แทนค่า; $\dot{m} = \left(1.14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \times \left(0.07 \text{m}^2\right) \times \left(1.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 0.104 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

จากนั้นทำการคำนวณหาปริมาณการปล่อย CO ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต VCM Coil จำนวน 1 ชิ้น จากสมการ

$$\text{มลพิษทางอากาศ (kg)} = ((\text{ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ (ppm)} / 1,000,000) \times \text{อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)} \times \text{ชั่วโมงการทำงาน (h/day)}) / \text{ปริมาณการผลิต (unit/day)}$$

$$\text{ปริมาณ CO} = \frac{\left(\frac{17.59}{1,000,000}\right) \times \left(0.104 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) \times \left(24 \frac{\text{h}}{\text{day}} \cdot \frac{3,600 \text{s}}{1 \text{h}}\right)}{60,681 \text{ unit / day}}$$

$$= \frac{0.158 \text{ kg / day}}{60,681 \text{ unit / day}} = 0.00000261 \text{ kg หรือเท่ากับ } 2.61 \text{ mg}$$

ดังนั้นในกระบวนการผลิต VCM Coil จำนวน 1 ชิ้นทำให้เกิด CO จำนวน 2.61 mg สำหรับดัชนีของมลพิษทางอากาศอื่น ๆ เช่น SO₂, NO₂ และ IPA ที่อยู่ในหน่วย ppm สามารถทำการคำนวณในลักษณะเดียวกัน สำหรับในกรณีผลการตรวจวัดอยู่ในหน่วย mg/m³ โดยยกตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณการปล่อย Cu ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต VCM Coil จำนวน 1 ชิ้น ให้เริ่มจากการหาอัตราการไหลเชิงมวลของมลพิษนั้น ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\dot{m} = \rho A v$$

แทนค่า; $\dot{m}_{\text{Cu}} = \left(4.07 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}\right) \times \left(0.07 \text{m}^2\right) \times \left(1.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 0.37 \frac{\text{mg}}{\text{s}}$

จากนั้นทำการคำนวณหาปริมาณการปล่อย Cu ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต VCM Coil จำนวน 1 ชิ้น จากสมการ

$$\text{มลพิษทางอากาศ (kg)} = \frac{(\text{อัตราการไหลเชิงมวลของมลพิษ (kg/s)} \times \text{ชั่วโมงการทำงาน (h/day)})}{\text{ปริมาณการผลิต (unit/day)}}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณ Cu} &= \frac{\left(0.37 \frac{\text{mg}}{\text{s}}\right) \times \left(24 \frac{\text{h}}{\text{day}} \cdot \frac{3,600 \text{s}}{1 \text{h}}\right)}{60,681 \text{ unit / day}} \\ &= \frac{31,968 \text{ mg / day}}{60,681 \text{ unit / day}} = 0.53 \text{ mg} \end{aligned}$$

ดังนั้นในกระบวนการผลิต VCM Coil จำนวน 1 ชิ้นทำให้เกิด Cu จำนวน 0.53 mg สำหรับดัชนีของมลพิษทางอากาศอื่น ๆ เช่น TSP, NaOH, NaCO₃ และ NH₃ ที่อยู่ในหน่วย mg/m³ สามารถทำการคำนวณในลักษณะเดียวกัน

ก3 การคำนวณการปนส่วนของข้อมูล

การผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการ มีการผลิตผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งชนิด ทำให้มีการใช้ระบบสาธารณสุขปกคร่วมกันระหว่างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ หรืออาจมีการผลิตผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียวแต่มีการใช้ระบบสาธารณสุขปกคร่วมกันระหว่างส่วนการผลิตและสำนักงาน จึงต้องมีการปนส่วนของข้อมูลเพื่อพิจารณาส่วนของข้อมูลที่ต้องการ โดยลักษณะของการปนส่วนมีอยู่หลายประเภท การคำนวณในที่นี้ทำการยกตัวอย่างการปนส่วนโดยมวลในกรณีของโรงงานผลิต VCM Coil มีการใช้น้ำยา IPA ระหว่างผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด มีรายละเอียดดังตาราง ก2 สามารถคำนวณการปนส่วนการใช้น้ำยา IPA ได้จากสมการ 2.4

$$R_i = \frac{A_i P_i}{\sum_{i=1}^n A_i P_i}$$

ตาราง ก2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ของโรงงานผลิต VCM Coil (ที่มา: โรงงานผลิต VCM Coil)

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณการใช้ IPA (g)	น้ำหนักผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	ผลผลิต (ชิ้น)
1. VCM Coil	59,425	0.39	1,699,062
2. Arm Coil Assembly		2.37	1,627,685

การคำนวณเริ่มจากการหาอัตราการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ที่พิจารณา ซึ่งในที่นี้คือ VCM Coil โดยนำข้อมูลในตาราง ก2 แทนค่าในสมการ 2.4 จะได้

$$R_1 = \frac{(A_1 P_1)}{(A_1 P_1) + (A_2 P_2)}$$

$$R_1 = \frac{(0.39 \times 1,699,062)}{(0.39 \times 1,699,062) + (2.37 \times 1,627,685)} = 0.1466$$

จากนั้นนำอัตราการปันส่วนที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำยา IPA ต่อหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ที่พิจารณาจากสมการ

$$\text{ปริมาณการใช้น้ำยา IPA (g)} = \frac{(\text{อัตราการปันส่วน} \times \text{ปริมาณการใช้น้ำยา IPA รวม (g)})}{\text{ปริมาณการผลิต (ชิ้น)}}$$

$$\text{ปริมาณการใช้น้ำยา IPA (g)} = \frac{0.1466 \times 59,425 \text{ g}}{1,699,062 \text{ ชิ้น}} = 0.00513 \text{ g}$$

ก4 การคำนวณการสมดุลมวลของข้อมูล

การจัดทำบัญชีรายการมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนมาก เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดหรือบกพร่องในความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล จึงต้องทำการสมดุลมวลข้อมูลทั้งหมด การคำนวณในที่นี้ทำการยกตัวอย่างการสมดุลมวลในกรณีของโรงงานผลิต VCM Coil มีรายละเอียดดังตาราง ก3 สามารถคำนวณการสมดุลมวลได้จากสมการ 2.2

$$\text{มวลสารเข้าระบบ} = \text{มวลสารที่ออกจากระบบ} + \text{มวลสารที่สะสมในระบบ}$$

ตาราง ก3 ข้อมูลการคำนวณการสมดุลมวลของส่วนประกอบ VCM Coil

รายการสารขาเข้า	ปริมาณ (g)	รายการสารขาออก	ปริมาณ (g)
1. ลวดทองแดง	4.34E-01	1. VCM Coil	3.97E-01
2. น้ำยาเคลือบทองแดง	2.00E-03	2. เศษลวดทองแดง	4.40E-02
3. กาวติดงาน	5.00E-03		

แทนค่า; $4.34E-01 + 2.00E-03 + 5.00E-03 = 3.97E-01 + 4.40E-02$

$$4.41E-01 \text{ g} = 4.41E-01 \text{ g}$$

จากการคำนวณพบว่ามวลสารเข้าระบบมีค่าเท่ากับมวลสารที่ออกจากระบบเท่ากับ 0.441 g ซึ่งในกรณีนี้ไม่มีมวลสารที่สะสมในระบบ ทำให้สรุปได้ว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากโรงงานผลิตมีความครบถ้วนสมบูรณ์

ก5 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดหาวัตถุดิบ

วัตถุดิบของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในที่นี่หมายถึงวัตถุดิบทางตรงที่เป็นส่วนประกอบหลักของผลิตภัณฑ์ และวัตถุดิบทางอ้อมที่ใช้ในการสนับสนุนกระบวนการผลิต การจัดทำบัญชีรายการจะแสดงชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งข้อมูลทางด้านปริมาณจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในหน่วยของน้ำหนัก เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากสมการ 2.1 ในบทที่ 2

$$E_{x,i} = \sum_i (A_i \times EF_{x,i} \times GWP_x)$$

ยกตัวอย่างการคำนวณในการผลิต Ramp จำนวน 1 ชิ้น มีปริมาณการใช้วัตถุดิบ ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแสดงดังตาราง ก4

ตาราง ก4 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบในการผลิต Ramp

รายการวัตถุดิบ	A _i (kg)	EF _{x,i} (kg CO ₂ -eq/kg)	GWP _x	E _{x,i} (kg CO ₂ -eq)
1. เม็ดพลาสติกชนิดที่ 1	6.81E-04	1.13	1	7.70E-04
2. เม็ดพลาสติกชนิดที่ 2	9.73E-04	1.13	1	1.10E-03
3. น้ำหล่อเย็น	1.54E-03	0.0000266	1	4.10E-08
4. จารบี	9.11E-08	1.0547	1	9.61E-08
5. น้ำมันหล่อลื่น	3.72E-05	0.6157	1	2.29E-05
6. ยางสังเคราะห์	2.40E-05	4.22	1	1.01E-04
7. แอลกอฮอล์	1.10E-05	1.87	1	2.06E-05
8. PC	4.69E-04	6.7364	1	3.16E-03
9. LDPE	1.01E-05	2.636	1	2.66E-05
10. PVC	1.28E-07	1.1983	1	1.53E-07
11. กระดาษลูกฟูก	6.54E-05	0.826	1	5.40E-05
12. BOPP	3.10E-07	3.19	1	9.89E-07
13. เส้นใยฝ้าย	5.19E-08	5.79	1	3.01E-07
14. ไม้	2.07E-07	0.0615	1	1.27E-08
15. น้ำมันดีเซล (การผลิต)	7.94E-07	0.3215	1	2.55E-07
รวม				5.26E-03

ก6 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิต

กระบวนการผลิตของโรงงานมีการใช้สารขาเข้าเป็นกลุ่มของพลังงานและเชื้อเพลิง และสารขาออกจากโรงงานเป็นกลุ่มขยะของเสีย มลพิษทางน้ำและอากาศ โดยในงานวิจัยนี้ได้รวมกลุ่มขยะของเสียไปไว้ในขั้นตอนการกำจัดของเสีย การจัดทำบัญชีรายการจะแสดงชนิดและปริมาณของพลังงานและเชื้อเพลิงที่ใช้ ทำการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากสมการ 2.1

$$E_{x,i} = \sum_i (A_i \times EF_{x,i} \times GWP_x)$$

ยกตัวอย่างการคำนวณในการผลิต Ramp จำนวน 1 ชั้น มีปริมาณการใช้พลังงานและเชื้อเพลิง ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแสดงดังตาราง ก5

ตาราง ก5 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิต Ramp

รายการสารขาเข้า	A _i	หน่วย	EF _{x,i} (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	GWP _x	E _{x,i} (kg CO ₂ -eq)
1. พลังงานไฟฟ้า	3.97E-02	kWh	0.5610	1	2.23E-02
2. น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	9.18E-07	L	2.7080	1	2.49E-06
รวม					2.23E-02

ก7 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการประกอบ

การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีเพียงการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่านั้น การจัดทำบัญชีรายการจะแสดงชนิดและปริมาณของพลังงานที่ใช้ ทำการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากสมการ 2.1

$$E_{x,i} = \sum_i (A_i \times EF_{x,i} \times GWP_x)$$

การคำนวณในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว จำนวน 1 ชั้น มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแสดงดังตาราง ก6

ตาราง ก6 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

รายการสารขาเข้า	A _i (kWh)	EF _{x,i} (kg CO ₂ -eq/kWh)	GWP _x	E _{x,i} (kg CO ₂ -eq)
1. พลังงานไฟฟ้า	1.71E+00	0.5610	1	9.61E-01



ก8 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการขนส่ง (ขาไป-ขากลับ)

การขนส่งในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 5 ช่วงดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 และ 4 ทำการพิจารณาทั้งขาไปและขากลับ ยกเว้นการขนส่งมาจากต่างประเทศที่สมมติฐานให้มีการขนส่งเพียงขาเดียวเท่านั้น การจัดทำบัญชีรายการจะแสดงอยู่ในหน่วยตัน-กิโลเมตร (tkm) สำหรับการขนส่งขาไปและหน่วยกิโลเมตร (km) สำหรับการขนส่งกลับ โดยยกตัวอย่างการคำนวณการขนส่ง Ramp ที่เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไปยังโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เป็นการขนส่งโดยรถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน การคำนวณบัญชีรายการการขนส่งมีดังนี้

การขนส่งขาไป; การขนส่ง (tkm) = น้ำหนักบรรทุก (ton) × ระยะทางขนส่ง (km)

$$= 2.15E-07 \text{ ton} \times 0.23 \text{ km}$$

$$= 4.95E-08 \text{ tkm}$$

การขนส่งขากลับ; การขนส่ง (km) = $\frac{\text{น้ำหนักบรรทุก (ton)} \times \text{ระยะทางขนส่ง (km)}}{\text{น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ton)}}$

$$= (2.15E-07 \text{ ton} \times 0.23 \text{ km}) / 11 \text{ ton}$$

$$= 4.50E-09 \text{ km}$$

ทำการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากสมการ 2.1 มีปริมาณการขนส่ง ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแสดงดังตาราง ก7

$$E_{x,i} = \sum_i (A_i \times EF_{x,i} \times GWP_x)$$

ตาราง ก7 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการขนส่ง Ramp

รูปแบบการขนส่ง	A_i	หน่วย	$EF_{x,i}$ (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	GWP_x	$E_{x,i}$ (kg CO ₂ -eq)
1. รถตู้บรรทุก 6 ล้อ (ขาไป)	4.95E-08	tkm	0.0542	1	2.68E-09
2. รถตู้บรรทุก 6 ล้อ (ขากลับ)	4.50E-09	km	0.4337	1	1.95E-09
รวม					4.63E-09

ก9 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้งาน

การใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีเพียงการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนเท่านั้น การจัดทำบัญชีรายการจะแสดงชนิดและปริมาณของพลังงานที่ใช้ ในงานวิจัยนี้แบ่งการใช้งานออกเป็น 2 โหมด ได้แก่ การทำงานปกติ (Active) และการเตรียมพร้อมใช้งาน (Sleep) มีรายละเอียดแต่ละโหมดดังตาราง ก8 สำหรับการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตลอดระยะเวลา 4 ปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

การทำงานปกติ; พลังงานไฟฟ้า (kWh) = กำลังไฟฟ้า (kW) × ชั่วโมงการทำงาน (h)

$$= \left(\frac{1.675 \text{ kW}}{1,000} \right) \times \left(50.25 \frac{\text{h}}{\text{w}} \cdot \frac{52 \text{ w}}{1 \text{ y}} \cdot 4 \text{ y} \right)$$

$$= 17.51 \text{ kWh}$$

การเตรียมพร้อมใช้งาน; พลังงานไฟฟ้า (kWh) = กำลังไฟฟ้า (kW) × ชั่วโมงการทำงาน (h)

$$= \left(\frac{0.175 \text{ kW}}{1,000} \right) \times \left(57.60 \frac{\text{h}}{\text{w}} \cdot \frac{52 \text{ w}}{1 \text{ y}} \cdot 4 \text{ y} \right)$$

$$= 2.10 \text{ kWh}$$

ตาราง ก8 รายละเอียดของขั้นตอนการใช้งานฮาร์ดดิสก์ไครฟ์

โหมดการทำงาน	กำลังไฟฟ้า (W)	ชั่วโมงการทำงาน (h/w)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
1. การทำงานปกติ	1.675	50.25	17.51
2. การเตรียมพร้อมใช้งาน	0.175	57.60	2.10
รวม			19.61

ทำการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากสมการ 2.1 มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแสดงดังตาราง ก9

$$E_{x,i} = \sum_i (A_i \times EF_{x,i} \times GWP_x)$$

ตาราง ก9 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานฮาร์ดดิสก์ไครฟ์

รายการสารขาเข้า	A _i (kWh)	EF _{x,i} (kg CO ₂ -eq/kWh)	GWP _x	E _{x,i} (kg CO ₂ -eq)
1. พลังงานไฟฟ้า	1.96E+01	0.5610	1	1.10E+01

ก10 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการกำจัดขยะและของเสีย

การกำจัดขยะและของเสียแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 และ 4 การจัดทำบัญชีรายการจะแสดงชนิดและปริมาณของขยะและของเสียที่ออกจากโรงงาน ซึ่งข้อมูลทางด้านปริมาณจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในหน่วยของน้ำหนัก เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากสมการ 2.1

$$E_{x,i} = \sum_i (A_i \times EF_{x,i} \times GWP_x)$$

ยกตัวอย่างการคำนวณในการผลิต Ramp จำนวน 1 ชั้น มีปริมาณขยะและของเสีย ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแสดงดังตาราง ก10

ตาราง ก10 การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากขยะและของเสียในการผลิต Ramp

รายการขยะและของเสีย	A_i (kg)	$EF_{x,i}$ (kg CO ₂ -eq/kg)	GWP_x	$E_{x,i}$ (kg CO ₂ -eq)
1. พลาสติก	8.64E-04	2.32	1	2.00E-03
2. ยาง	2.40E-05	3.13	1	7.51E-05
3. ไม้	2.59E-07	3.33	1	8.62E-07
4. กระดาษ	1.37E-07	2.93	1	4.01E-07
รวม				2.08E-03

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

จากบทที่ 2 ได้กล่าวถึงการประเมินวัฏจักรชีวิตและการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไว้แล้ว ในภาคผนวก ข นี้จะแสดงรายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ รายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุดิบ พลังงาน การขนส่ง ขยะของเสีย มลพิษทางน้ำและทางอากาศที่ทำการเก็บรวบรวมจากโรงงานผู้ผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ข1 รายละเอียดเกี่ยวกับทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ในส่วนจของรายละเอียดของปริมาณทรัพยากรที่ใช้ และค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor: EF) ของทรัพยากรในกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ สามารถแยกออกเป็นรายละเอียดในแต่ละส่วนประกอบ คือ Breather filter, Crash stop, Glass disk substrate, Head stack arm, Head stack flex circuit, Latch, Motor base, Print circuit board assembly (PCBA), Ramp, Recirculation filter, Suspension, Top cover และ VCM Coil ซึ่งแสดงรายละเอียดดังตาราง ข1 - ข13 สำหรับแหล่งที่มาของค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีดังนี้

1. คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
2. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
3. การประปานครหลวง
4. งานวิจัยของ Rewlay-ngoan et al. (2009)
5. ฐานข้อมูล Industry data 2.0
6. ฐานข้อมูล Frankin USA 98
7. ฐานข้อมูล Ecoinvent 2.0
8. ฐานข้อมูล LCA Food DK
9. ฐานข้อมูล ETH-ESU 96
10. รายงานของ IPCC

ตาราง ข1 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Breather filter

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	เส้นใยฝ้าย	8.13E-05	kg	5.7900	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
2	กระดาษ	8.13E-05	kg	1.4755	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
3	สารดูดความชื้น	8.13E-05	kg	2.3800	Ecoinvent 2.0
4	PP	8.13E-05	kg	1.6862	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ตาราง ข2 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Crash stop

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	เม็ดพลาสติก	2.35E-04	kg	3.3284	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
2	สารช่วยชำระล้าง	1.08E-06	kg	4.4500	Ecoinvent 2.0
3	สารทำความสะอาดวัสดุ	1.35E-06	kg	2.2971	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
4	สารดูดความชื้น	2.69E-07	kg	2.3800	Ecoinvent 2.0
5	โซดาไฟ	1.45E-06	kg	1.0377	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
6	เกลือแกง	1.47E-05	kg	0.2020	Ecoinvent 2.0
7	สารป้องกันตะกัน	3.88E-07	kg	1.5800	Ecoinvent 2.0

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
8	น้ำหล่อเย็น	7.18E-04	kg	0.0000266	Ecoinvent 2.0
9	จารบี	3.78E-08	kg	1.0547	คู่มือแนวทาง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
10	น้ำมันหล่อลื่น	1.18E-06	kg	0.6157	คู่มือแนวทาง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
11	LDPE	7.19E-06	kg	2.6360	คู่มือแนวทาง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
12	กระดาษถูกฟูก	1.51E-05	kg	0.8260	Ecoinvent 2.0
13	แอลกอฮอล์	2.55E-06	kg	1.8700	Ecoinvent 2.0
14	ยางสังเคราะห์	1.42E-06	kg	4.2200	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
15	เส้นใยฝ้าย	1.53E-08	kg	5.7900	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
16	ไม้	6.14E-08	kg	0.0615	คู่มือแนวทาง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
17	ผ้าทำความสะอาด	3.93E-07	kg	9.4100	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
18	ใบมีด	1.56E-08	kg	2.4495	คู่มือแนวทาง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
19	PVC	5.72E-07	kg	1.1983	คู่มือแนวทาง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
20	BOPP	8.92E-08	kg	3.1900	Industry data 2.0
21	น้ำมันดีเซล (การผลิต)	1.85E-07	kg	0.3215	Thai LCI data
22	น้ำประปา	2.33E-02	kg	0.0000264	การประเมินครหลวง

ตาราง ข3 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Glass disk substrate

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	แผ่นแก้ว	1.09E-02	kg	0.5550	Ecoinvent 2.0
2	ผงซิลิโคน	6.09E-05	kg	2.3800	Ecoinvent 2.0
3	ผงซิลิโคนงาน	9.34E-03	kg	7.6100	Ecoinvent 2.0
4	น้ำยาขัดชนิดที่ 1	2.30E-03	kg	0.0211	Ecoinvent 2.0
5	น้ำยาขัดชนิดที่ 2	1.16E-06	kg	1.9000	Ecoinvent 2.0
6	น้ำยาขัดชนิดที่ 3	1.94E-04	kg	1.8500	Ecoinvent 2.0
7	น้ำยาขัดชนิดที่ 4	3.00E-04	kg	1.5800	Ecoinvent 2.0
8	น้ำยาขัดชนิดที่ 5	3.35E-05	kg	0.9530	Ecoinvent 2.0
9	น้ำยาขัดชนิดที่ 6	2.99E-05	kg	3.5300	Ecoinvent 2.0
10	น้ำยาขัดชนิดที่ 7	1.63E-04	kg	2.9500	Ecoinvent 2.0
11	แผ่นรองแก้ว	1.28E-04	kg	5.4523	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
12	น้ำหล่อเย็น	1.61E-05	kg	0.0000266	Ecoinvent 2.0
13	น้ำยาช่วยชำระล้าง	1.11E-05	kg	4.4500	Ecoinvent 2.0
14	แอลกอฮอล์	1.02E-02	kg	1.8700	Ecoinvent 2.0
15	ไนโตรเจน	2.34E-07	kg	0.1705	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
16	น้ำยาล้างแผ่นแก้วชนิดที่ 1	1.17E-04	kg	1.2100	Ecoinvent 2.0

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
17	น้ำตาล่างแผ่นแกวชนิดที่ 2	2.99E-05	kg	0.3230	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
18	น้ำตาล่างแผ่นแกวชนิดที่ 3	9.52E-06	kg	5.9653	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
19	น้ำตาล่างแผ่นแกวชนิดที่ 4	1.56E-03	kg	0.9220	Ecoinvent 2.0
20	น้ำตาล่างแผ่นแกวชนิดที่ 5	1.15E-04	kg	2.9500	Ecoinvent 2.0
21	น้ำตาล่างแผ่นแกวชนิดที่ 6	1.15E-03	kg	0.3230	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
22	น้ำตาล่างแผ่นแกวชนิดที่ 7	1.13E-04	kg	0.4740	Ecoinvent 2.0
23	กรดกำมะถัน	9.12E-06	kg	0.1380	Ecoinvent 2.0
24	PP	2.34E-04	kg	1.6862	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
25	ยางสังเคราะห์	6.96E-04	kg	4.2200	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
26	กระดาษลูกฟูก	1.40E-05	kg	0.8260	Ecoinvent 2.0
27	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (การผลิต)	5.15E-03	kg	0.4116	Thai LCI data
28	น้ำประปา	3.90E+01	kg	0.0000264	การประปานครหลวง

ตาราง ข4 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Head stack arm

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	อะลูมิเนียม	1.52E-03	kg	12.3401	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
2	เหล็กกล้าไร้สนิม	3.89E-04	kg	5.3360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
3	ทองเหลือง	3.89E-05	kg	2.5500	Ecoinvent 2.0

ตาราง ข5 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Head stack flex circuit

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	แผงวงจรแบบอ่อน	4.56E-04	kg	8.7300	Ecoinvent 2.0
2	แอลกอฮอล์	3.27E-04	kg	1.8700	Ecoinvent 2.0
3	ตะกั่วเปียก	4.00E-05	kg	26.2000	Ecoinvent 2.0
4	น้ำยาประสาน	1.62E-06	kg	2.0500	Ecoinvent 2.0
5	ไนโตรเจน	3.34E-02	kg	0.1705	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
6	กาวติดวงจรรวม	8.10E-06	kg	1.6000	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
7	จารบี	3.55E-07	kg	1.0547	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
8	น้ำมันหล่อลื่นเครื่องตัดกาว	2.44E-09	kg	8.6600	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
9	น้ำยาบำรุงเครื่องวาง	2.56E-08	kg	1.0547	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
10	น้ำยาบำรุงเครื่องอบ	2.85E-06	kg	1.0547	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
11	น้ำยาหล่อลื่นเครื่องอบ	4.64E-07	kg	0.4131	Ecoinvent 2.0
12	น้ำยาล้างเครื่องอบ	2.73E-06	kg	3.4900	Ecoinvent 2.0
13	สารป้องกันตะกรัน	4.75E-04	kg	1.5800	Ecoinvent 2.0
14	โซดาไฟ	3.70E-05	kg	1.0377	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
15	เกลือแกง	6.04E-05	kg	0.2020	Ecoinvent 2.0
16	สารปรับสภาพน้ำ	2.62E-04	kg	1.3100	Ecoinvent 2.0
17	LDPE	3.50E-04	kg	2.6360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
18	ตัวเก็บประจุ	8.98E-06	kg	59.8000	Ecoinvent 2.0
19	ตัวต้านทาน	8.98E-06	kg	132.0000	Ecoinvent 2.0
20	ตัวขยายสัญญาณ	8.98E-06	kg	147.0000	Ecoinvent 2.0
21	วงจรรวม	4.74E-04	kg	509.0000	Ecoinvent 2.0
22	น้ำมันหล่อลื่น	8.39E-07	kg	0.6157	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
23	กาว	7.23E-07	kg	4.1900	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
24	ยางสังเคราะห์	1.03E-04	kg	4.2200	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
25	ผ้าทำความสะอาด	3.51E-05	kg	9.4100	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
26	อะลูมิเนียม	1.42E-06	kg	14.6965	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
27	PP	2.73E-05	kg	1.6862	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
28	PU (ชนิดแข็ง)	2.61E-05	kg	3.3284	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
29	PVC	5.57E-07	kg	1.1983	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
30	PPS	1.17E-08	kg	22.3000	Ecoinvent 2.0
31	PET	6.60E-06	kg	3.7700	ETH-ESU 96
32	น้ำประปา	4.82E-01	kg	0.0000264	การประปานครหลวง

ตาราง ข6 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Latch

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 1	2.69E-04	kg	6.7364	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
2	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 2	2.69E-04	kg	345.0000	Ecoinvent 2.0
3	เหล็กกล้าไร้สนิม	1.35E-05	kg	5.3360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
4	สารช่วยชำระล้าง	1.73E-06	kg	4.4500	Ecoinvent 2.0
5	เกลือแกง	4.56E-04	kg	0.2020	Ecoinvent 2.0
6	สารป้องกันตะกรัน	2.85E-06	kg	1.5800	Ecoinvent 2.0

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
7	น้ำหล่อเย็น	7.61E-04	kg	0.0000266	Ecoinvent 2.0
8	จารบี	4.74E-08	kg	1.0547	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
9	น้ำมันหล่อลื่น	5.29E-06	kg	0.6157	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
10	ยางสังเคราะห์	6.00E-06	kg	4.2200	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
11	แอลกอฮอล์	1.44E-06	kg	1.8700	Ecoinvent 2.0
12	APET	7.20E-03	kg	2.7500	Ecoinvent 2.0
13	LDPE	4.40E-05	kg	2.6360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
14	PVC	6.78E-06	kg	1.1983	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
15	กระดาษลูกฟูก	1.28E-04	kg	0.8260	Ecoinvent 2.0
16	BOPP	6.69E-07	kg	3.1900	Industry data 2.0
17	เส้นใยฝ้าย	1.35E-08	kg	5.7900	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
18	ไม้	5.40E-08	kg	0.0615	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
19	น้ำมันดีเซล (การผลิต)	3.91E-07	kg	0.3215	Thai LCI data
20	น้ำประปา	3.19E-01	kg	0.0000264	การประปานครหลวง

ตาราง ข7 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Motor base

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	เหล็กกล้าไร้สนิม (แท่ง)	5.56E-03	kg	5.3360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
2	เหล็กกล้าไร้สนิม (แผ่น)	3.78E-05	kg	5.5398	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
3	ทองแดง	1.55E-03	kg	3.4700	Ecoinvent 2.0
4	สังกะสี	3.11E-04	kg	3.0964	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
5	แม่เหล็ก	1.24E-03	kg	34.4000	Ecoinvent 2.0
6	น้ำมันหล่อลื่น	1.43E-05	kg	0.6157	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
7	กาวติดชุดขดลวด	1.30E-05	kg	3.8600	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
8	กาวติดฝาปิด	2.30E-06	kg	5.2342	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
9	สารช่วยชำระล้าง (ชนิดปกติ)	2.76E-04	kg	1.8500	Ecoinvent 2.0
10	กาวติดปลอกหุ้ม	4.30E-06	kg	1.8500	Ecoinvent 2.0
11	อะลูมิเนียม	3.34E-02	kg	14.6965	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
12	PBT	6.53E-06	kg	7.5400	Ecoinvent 2.0
13	แผงวงจรแบบอ่อน	1.91E-04	kg	8.7300	Ecoinvent 2.0
14	ฉนวนป้องกัน	3.72E-04	kg	0.3249	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
15	เหล็ก	9.75E-04	kg	1.7600	Ecoinvent 2.0
16	กระดาษ	1.20E-04	kg	1.4755	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
17	ลวดตะกั่ว	1.87E-04	kg	15.9000	Ecoinvent 2.0
18	ตัวนำไฟฟ้า	1.30E-06	kg	1.2000	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
19	การตัดชุดคอมพิวเตอร์	2.40E-06	kg	1.0000	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
20	PET	7.00E-05	kg	3.7700	ETH-ESU 96
21	แอลกอฮอล์	2.42E-03	kg	1.8700	Ecoinvent 2.0
22	น้ำยาคำความสะอาด	3.45E-03	kg	0.9190	Ecoinvent 2.0
23	การตัดฐาน	5.20E-05	kg	3.9257	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
24	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 1	5.14E-06	kg	1.8500	Ecoinvent 2.0
25	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 2	6.43E-06	kg	1.8500	Ecoinvent 2.0
26	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 3	9.00E-06	kg	4.9500	Ecoinvent 2.0
27	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 4	1.09E-05	kg	0.3700	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
28	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 5	1.33E-04	kg	1.8500	Ecoinvent 2.0
29	น้ำยาป้องกันกากรัดกร่อน	1.29E-06	kg	0.1380	Ecoinvent 2.0
30	สารป้องกันตะกั่ว	3.45E-06	kg	1.5800	Ecoinvent 2.0
31	โซดาไฟ	1.46E-06	kg	1.0377	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
32	เกลือแกง	1.73E-04	kg	0.2020	Ecoinvent 2.0
33	สารช่วยชำระล้าง (ชนิดขั้น)	1.63E-07	kg	1.8500	Ecoinvent 2.0

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
34	จาร์บี	3.39E-08	kg	1.0547	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
35	ยางธรรมชาติ	6.21E-07	kg	0.4419	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
36	PVC	2.80E-05	kg	1.1983	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
37	ผงหมึกพิมพ์	6.73E-06	kg	46.6000	Ecoinvent 2.0
38	LLDPE	3.37E-07	kg	2.2300	Frankin USA 98
39	APET	1.64E-03	kg	2.7500	Ecoinvent 2.0
40	กระดาษลูกฟูก	1.12E-03	kg	0.8260	Ecoinvent 2.0
41	ไม้	3.13E-03	kg	0.0615	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
42	LDPE	1.43E-03	kg	2.6360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
43	PPS	8.35E-08	kg	22.3000	Ecoinvent 2.0
44	EPR	1.23E-08	kg	2.1700	Ecoinvent 2.0
45	ลวดตะกั่ว (ชนิดบาง)	5.14E-06	kg	15.5933	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
46	หัวแรง	2.56E-06	kg	13.7900	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
47	ไนลอน	2.22E-07	kg	1.9100	LCA Food DK
48	ยางสังเคราะห์	3.26E-04	kg	4.2200	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
49	PP	7.33E-05	kg	1.6862	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
50	PU (ชนิดแข็ง)	4.26E-07	kg	3.3284	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
51	PU (ชนิดอ่อน)	9.53E-06	kg	3.9736	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
52	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (การผลิต)	4.88E-05	kg	0.4116	Thai LCI data
53	น้ำประปา	3.45E-01	kg	0.0000264	การประสานครหลวง

ตาราง ๗8 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต PCBA

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	แผ่นวงจรพิมพ์	1.02E-02	kg	27.7000	Ecoinvent 2.0
2	ตะกั่วเปียก	2.50E-04	kg	26.2000	Ecoinvent 2.0
3	ตัวเชื่อมสัญญาณ	1.65E-03	kg	40.3000	Ecoinvent 2.0
4	แอลกอฮอล์	9.20E-05	kg	1.8700	Ecoinvent 2.0
5	จารบี	9.09E-07	kg	1.0547	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
6	ตัวเก็บประจุ	2.11E-03	kg	59.8000	Ecoinvent 2.0
7	ตัวควบคุมสัญญาณ	2.11E-03	kg	232.0000	Ecoinvent 2.0
8	ตัวต้านทาน	2.11E-03	kg	132.0000	Ecoinvent 2.0
9	ตัวขยายสัญญาณ	2.11E-03	kg	147.0000	Ecoinvent 2.0
10	วงจรรวม	7.93E-04	kg	509.0000	Ecoinvent 2.0

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
11	น้ำยาทำความสะอาด	1.76E-06	kg	1.5575	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
12	ลวดตะกั่ว	1.27E-07	kg	15.9000	Ecoinvent 2.0
13	น้ำยาประสาน	4.38E-06	kg	2.0500	Ecoinvent 2.0
14	ตะกั่วแท่ง	6.55E-07	kg	20.5000	Ecoinvent 2.0
15	น้ำยาช่วยยึด	1.75E-07	kg	0.2650	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
16	น้ำมันหล่อลื่น	2.78E-09	kg	0.6157	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
17	อะลูมิเนียม	1.01E-06	kg	14.6965	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
18	ยางสังเคราะห์	3.53E-05	kg	4.2200	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
19	PTFE	6.22E-06	kg	345.0000	Ecoinvent 2.0
20	ยางลาเทค	3.41E-06	kg	0.6160	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
21	PET	4.57E-05	kg	3.7700	ETH-ESU 96
22	PVC	1.16E-05	kg	1.1983	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
23	ยางผสม	1.20E-07	kg	2.6300	Ecoinvent 2.0
24	กระดาษ	1.57E-04	kg	1.4755	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
25	EVA	3.37E-07	kg	2.1300	Ecoinvent 2.0
26	PP	9.46E-06	kg	1.6862	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
27	เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง	1.97E-07	kg	1.5187	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
28	เส้นใยฝ้าย	3.30E-05	kg	5.7900	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
29	ไม้	2.86E-03	kg	0.0615	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
30	หัวแร่	1.03E-07	kg	13.7900	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
31	ไนลอน	4.84E-05	kg	1.9100	LCA Food DK
32	LLDPE	6.25E-05	kg	2.2300	Frankin USA 98
33	กระดาษลูกฟูก	1.47E-04	kg	0.8260	Ecoinvent 2.0
34	ใบมีด	7.79E-07	kg	17.4830	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
35	ไนลอนผสม	2.74E-06	kg	7.2900	Ecoinvent 2.0
36	เหล็กกล้าไร้สนิม (แท่ง)	6.51E-08	kg	5.3360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
37	ไนลอนแข็ง	4.84E-09	kg	8.0100	Ecoinvent 2.0
38	LDPE	7.58E-06	kg	2.6360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
39	ทองแดง	1.15E-06	kg	3.4700	Ecoinvent 2.0
40	สังกะสี	4.23E-06	kg	3.0964	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
41	PU (ชนิดอ่อน)	1.18E-07	kg	3.9736	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
42	น้ำปราศจากไอออน	4.36E-05	kg	0.00103	Ecoinvent 2.0

ตาราง ข9 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Ramp

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 1	6.81E-04	kg	1.1300	Ecoinvent 2.0
2	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 2	9.73E-04	kg	1.1300	Ecoinvent 2.0
3	น้ำหล่อเย็น	1.54E-03	kg	0.0000266	Ecoinvent 2.0
4	จารบี	9.11E-08	kg	1.0547	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
5	น้ำมันหล่อลื่น	3.72E-05	kg	0.6157	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
6	ยางสังเคราะห์	2.40E-05	kg	4.2200	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
7	แอลกอฮอล์	1.10E-05	kg	1.8700	Ecoinvent 2.0
8	PC	4.69E-04	kg	6.7364	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
9	LDPE	1.01E-05	kg	2.6360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
10	PVC	1.28E-07	kg	1.1983	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
11	กระดาษลูกฟูก	6.54E-05	kg	0.8260	Ecoinvent 2.0
12	BOPP	3.10E-07	kg	3.1900	Industry data 2.0
13	เส้นใยฝ้าย	5.19E-08	kg	5.7900	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
14	ไม้	2.07E-07	kg	0.0615	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
15	น้ำมันดีเซล (การผลิต)	7.94E-07	kg	0.3215	Thai LCI data

ตาราง ข10 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Recirculation filter

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	เส้นใยฝ้าย	2.27E-05	kg	5.7900	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
2	กระดาษ	2.27E-05	kg	1.4755	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
3	PP	2.27E-05	kg	1.6862	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ตาราง ข11 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Suspension

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	เหล็กกล้าไร้สนิม	6.29E-05	kg	5.5398	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
2	แผงวงจรแบบอ่อน	2.33E-06	kg	8.7300	Ecoinvent 2.0
3	ทองแดง	1.86E-06	kg	3.4700	Ecoinvent 2.0
4	สารช่วยชำระล้างชนิดที่ 1	1.15E-05	kg	2.5575	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
5	สารช่วยชำระล้างชนิดที่ 2	1.08E-05	kg	1.4833	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
6	สารช่วยชำระล้างชนิดที่ 3	1.72E-05	kg	0.7150	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
7	แอลกอฮอล์	2.27E-05	kg	1.8700	Ecoinvent 2.0
8	ไนโตรเจน	4.23E-03	kg	0.1705	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
9	น้ำยาป้องกันไฟฟ้าสถิต	1.45E-07	kg	0.9164	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
10	สารปรับสภาพน้ำ	2.87E-06	kg	1.3100	Ecoinvent 2.0
11	โซดาไฟ	1.11E-05	kg	1.0377	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
12	สารป้องกันตะกรัน	8.03E-06	kg	1.5800	Ecoinvent 2.0
13	เกลือแกง	1.11E-04	kg	0.2020	Ecoinvent 2.0
14	ผ้าทำความสะอาด	1.43E-05	kg	9.4100	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
15	ยางสังเคราะห์	1.02E-05	kg	4.2200	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
16	เส้นใยฝ้าย	1.34E-05	kg	5.7900	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
17	กระดาษ	1.20E-04	kg	1.4755	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
18	น้ำยาทำความสะอาด	2.44E-07	kg	0.2805	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
19	ยางธรรมชาติ	1.78E-04	kg	0.6160	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
20	PVC	4.43E-04	kg	1.1983	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
21	PP	3.90E-04	kg	1.6862	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
22	PU (ชนิดอ่อน)	6.86E-05	kg	3.9736	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
23	PET	9.83E-04	kg	3.7700	ETH-ESU 96
24	LDPE	1.60E-04	kg	2.6360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
25	กระดาษลูกฟูก	6.33E-04	kg	0.8260	Ecoinvent 2.0

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
26	น้ำมันดีเซล (การผลิต)	8.48E-06	kg	0.3215	Thai LCI data
27	น้ำประปา	5.63E-01	kg	0.0000264	การประปานครหลวง

ตาราง ข12 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต Top cover

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	เหล็กกล้าไร้สนิม	2.55E-02	kg	5.5398	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
2	น้ำมัน	3.09E-04	kg	1.6710	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
3	สารช่วยล้างขั้นต้นชนิดที่ 1	1.17E-03	kg	0.4740	Ecoinvent 2.0
4	สารช่วยล้างขั้นต้นชนิดที่ 2	2.74E-03	kg	1.1887	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
5	สารช่วยล้างขั้นต้นชนิดที่ 3	5.14E-03	kg	1.5800	Ecoinvent 2.0
6	แอลกอฮอล์	1.20E-04	kg	1.8700	Ecoinvent 2.0
7	กาวติดขอบ	8.81E-04	kg	2.3966	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
8	สารช่วยล้างขั้นสุดท้าย	4.65E-05	kg	0.0221	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
9	กรดไนตริก	5.86E-03	kg	0.3230	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
10	สารปรับสภาพน้ำ	3.92E-06	kg	1.3100	Ecoinvent 2.0
11	PACL	4.08E-03	kg	3.4500	Ecoinvent 2.0

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
12	ปูนขาว	1.94E-03	kg	1.0761	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
13	โซดาไฟ	1.76E-03	kg	1.0377	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
14	สารปรับแต่งคุณภาพ	1.23E-05	kg	3.2500	Ecoinvent 2.0
15	กรดเกลือ	5.69E-04	kg	5.2626	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
16	สารป้องกันตะกัน	1.64E-04	kg	1.5800	Ecoinvent 2.0
17	คลอรีนน้ำ	3.05E-03	kg	0.3249	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
18	เกลือแกง	4.82E-03	kg	0.2020	Ecoinvent 2.0
19	LDPE	6.73E-04	kg	2.6360	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
20	กระดาษลูกฟูก	3.35E-03	kg	0.8260	Ecoinvent 2.0
21	PET	3.22E-03	kg	3.7700	ETH-ESU 96
22	PVC	6.18E-05	kg	1.1983	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
23	ไม้	2.29E-02	kg	0.0615	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
24	ยางสังเคราะห์	2.65E-04	kg	4.2200	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
25	PP	5.26E-05	kg	1.6862	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
26	ไนลอน	3.01E-05	kg	1.9100	LCA Food DK
27	ผ้าทำความสะอาด	2.10E-04	kg	9.4100	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
28	LLDPE	7.01E-05	kg	2.2300	Franklin USA 98

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
29	เส้นใยฝ้าย	1.32E-04	kg	5.7900	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
30	กระดาษ	1.87E-06	kg	1.4755	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
31	น้ำประปา	6.39E+00	kg	0.0000264	การประสานครหลวง
32	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (การผลิต)	1.50E-03	kg	0.4116	Thai LCI data

ตาราง ข13 รายละเอียดทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต VCM Coil

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1	ขดลวด	4.34E-04	kg	3.4700	Ecoinvent 2.0
2	แอลกอฮอล์	5.13E-06	kg	1.8700	Ecoinvent 2.0
3	น้ำยาประสาน	3.03E-06	kg	1.8690	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
4	น้ำยาเคลือบทองแดง	1.70E-06	kg	5.4523	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
5	กาวติดงาน	5.34E-06	kg	3.4300	Ecoinvent 2.0
6	ตะกั่วแท่ง	1.67E-05	kg	20.5000	Ecoinvent 2.0
7	สารช่วยล้างขันทัน	1.52E-06	kg	0.0223	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
8	สารปรับสภาพน้ำ	8.91E-06	kg	1.3100	Ecoinvent 2.0
9	โซดาไฟ	1.81E-05	kg	1.0377	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ลำดับ	รายการทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
10	สารป้องกันตะกัน	8.91E-06	kg	1.5800	Ecoinvent 2.0
11	น้ำยาทำความสะอาด	1.78E-06	kg	5.3500	Ecoinvent 2.0
12	น้ำยาเช็ดงาน	8.56E-05	kg	2.2200	Ecoinvent 2.0
13	ยางสังเคราะห์	4.71E-06	kg	4.2200	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากฐานข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง
14	PP	1.54E-06	kg	1.6862	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
15	PU (ชนิดแข็ง)	6.02E-08	kg	3.3284	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
16	ผ้าทำความสะอาด	1.59E-06	kg	9.4100	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
17	HDPE	1.04E-04	kg	1.5200	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
18	PPS	1.53E-08	kg	22.3000	Ecoinvent 2.0
19	ยางธรรมชาติ	2.57E-05	kg	0.6160	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
20	น้ำประปา	4.03E-01	kg	0.0000264	การประปานครหลวง

ข2 รายละเอียดเกี่ยวกับสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ในส่วนขของรายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออก และค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ทำการเก็บข้อมูลภายในโรงงานผลิตจำนวน 10 ส่วนประกอบ ได้แก่ Crash stop, Glass disk substrate, Head stack flex circuit, Latch, Motor base, PCBA, Ramp, Suspension, Top cover และ VCM Coil สำหรับอีก 3 ส่วนประกอบที่เหลือมีข้อจำกัดในด้านการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลและการเข้าไปเก็บข้อมูลภายในโรงงาน จึงไม่มีรายละเอียดของข้อมูลในส่วนนี้ โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนประกอบแสดงดังตาราง ข14 - ข23

ตาราง ข14 รายละเอียดสารเข้าและสารออกในกระบวนการผลิต Crash stop

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
สารเข้า	1. พลังงาน ไฟฟ้า	1.64E-02	kWh	0.5610	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
	2. น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	2.13E-07	L	2.7080	IPCC 2007
สารออก (ขยะ)	1. พลาสติก	1.99E-04	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
	2. ยาง	1.42E-06	kg	3.1300	IPCC 2006 Vol.5
	3. ผ้า	3.93E-07	kg	2.0000	IPCC 2006 Vol.5
	4. ไม้	7.67E-08	kg	3.3300	IPCC 2006 Vol.5
	5. กระดาษ	4.15E-07	kg	2.9300	IPCC 2006 Vol.5
	6. เหล็ก	1.56E-08	kg	-1.5928	Ecoinvent 2.0
สารออก (มลพิษอากาศ)	1. H ₂ S	3.42E-08	kg	-	-
	1. น้ำเสีย	1.86E-02	kg	-	-
สารออก (มลพิษน้ำ)	2. SS	4.57E-07	kg	-	-
	3. Oil & Grease	1.73E-07	kg	-	-
	4. BOD	1.28E-06	kg	-	-
	5. COD	5.66E-06	kg	-	-
	6. Detergent	1.38E-08	kg	-	-

ตาราง ข15 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต Glass disk substrate

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
สารขาเข้า	1. พลังงานไฟฟ้า	7.50E-01	kWh	0.5610	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
	2. ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (เผาไหม้)	5.15E-03	kg	2.7835	Rewlay-ngoen et al. (2009)
สารขาออก (ขยะ)	1. แก้ว	6.12E-03	kg	0.0000	IPCC 2006 Vol.5
	2. พลาสติก	4.73E-03	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
	3. ยาง	6.96E-04	kg	3.1300	IPCC 2006 Vol.5
	4. ไม้	1.90E-05	kg	3.3300	IPCC 2006 Vol.5
	5. กระดาษ	5.78E-03	kg	2.9300	IPCC 2006 Vol.5
	6. เหล็ก	1.72E-03	kg	-1.5928	Ecoinvent 2.0
สารขาออก (มลพิษอากาศ)	1. Particulate	2.79E-05	kg	-	-
	2. NO ₂	3.61E-05	kg	-	-
	3. SO ₂	2.94E-07	kg	-	-
	4. CO	1.19E-05	kg	-	-
	5. IPA	7.22E-05	kg	-	-
	6. H ₂ SO ₄	9.42E-07	kg	-	-
	7. Sodium acid	7.03E-06	kg	-	-
	8. KOH	2.52E-05	kg	-	-

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
	9. HCl	5.84E-07	kg	-	-
	1. น้ำเสีย	3.12E+01	kg	-	-
	2. SS	1.41E-03	kg	-	-
	3. Oil & Grease	9.29E-06	kg	-	-
	4. BOD	5.94E-04	kg	-	-
	5. COD	9.78E-04	kg	-	-
	6. TKN	8.68E-06	kg	-	-
	7. Lead	2.97E-06	kg	-	-
	8. Fluoride	4.78E-06	kg	-	-
	9. Formaldehyde	1.10E-06	kg	-	-
	10. Copper	3.92E-08	kg	-	-
สารขาออก (มลพิษน้ำ)					

ตาราง ข16 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต Head stack flex circuit

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา	
สารขาเข้า	1. พลังงานไฟฟ้า	1.72E-01	kWh	0.5610	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	
	สารขาออก (ขยะ)	1. พลาสติก	5.20E-05	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
		2. ยาง	1.03E-04	kg	3.1300	IPCC 2006 Vol.5
		3. ผ้า	3.51E-05	kg	2.0000	IPCC 2006 Vol.5
สารขาออก (มลพิษอากาศ)	4. ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	4.85E-06	kg	0.0000	IPCC 2006 Vol.5	
	1. Copper	1.92E-07	kg	-	-	
	2. Tin	1.45E-07	kg	-	-	
	3. IPA	9.51E-07	kg	-	-	
	1. น้ำเสีย	3.86E-01	kg	-	-	
	2. TDS	2.96E-05	kg	-	-	
สารขาออก (มลพิษน้ำ)	3. TSS	6.83E-06	kg	-	-	
	4. Oil & Grease	3.79E-07	kg	-	-	
	5. BOD	4.88E-06	kg	-	-	
	6. COD	1.72E-05	kg	-	-	

ตาราง ข17 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต Latch

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
สารขาเข้า	1. พลังงานไฟฟ้า	3.59E-02	kWh	0.5610	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
	2. น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	4.52E-07	L	2.7080	IPCC 2007
สารขาออก (ขยะ)	1. พลาสติก	4.38E-04	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
	2. ยาง	6.00E-06	kg	3.1300	IPCC 2006 Vol.5
	3. ไม้	6.75E-08	kg	3.3300	IPCC 2006 Vol.5
	4. กระดาษ	5.61E-06	kg	2.9300	IPCC 2006 Vol.5
สารขาออก (มลพิษอากาศ)	1. H ₂ S	3.35E-07	kg	-	-
	1. น้ำเสีย	2.55E-01	kg	-	-
	2. SS	1.65E-05	kg	-	-
	3. Oil & Grease	2.47E-06	kg	-	-
	4. BOD	1.13E-05	kg	-	-
	5. COD	5.31E-05	kg	-	-
สารขาออก (มลพิษน้ำ)	6. Detergent	2.55E-08	kg	-	-

ตาราง ข18 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต Motor base

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
สารขาเข้า	1. พลังงานไฟฟ้า	1.59E-01	kWh	0.5610	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
	2. ก๊าซไนโตรเจนเหลว (เผาไหม้)	4.88E-05	kg	2.7835	Rewlay-ngoen et al. (2009)
สารขาออก (ขยะ)	1. พลาสติก	2.35E-03	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
	2. ยาง	3.26E-04	kg	3.1300	IPCC 2006 Vol.5
	3. ไม้	5.16E-04	kg	3.3300	IPCC 2006 Vol.5
	4. กระดาษ	2.38E-02	kg	2.9300	IPCC 2006 Vol.5
	5. เหล็ก	4.29E-03	kg	-1.5928	Ecoinvent 2.0
	6. ทองเหลือง	4.12E-06	kg	-2.5500	Ecoinvent 2.0
	7. แม่เหล็ก	5.74E-06	kg	0.0000	IPCC 2006 Vol.5
	8. อะลูมิเนียม	1.55E-04	kg	-12.0780	Ecoinvent 2.0
	9. ทองแดง	8.11E-05	kg	-2.6489	Ecoinvent 2.0
สารขาออก (มลพิษน้ำ)	1. น้ำเสีย	2.76E-01	kg	-	-
	2. TDS	1.12E-04	kg	-	-
	3. TSS	4.24E-06	kg	-	-
	4. Oil & Grease	3.69E-07	kg	-	-
	5. BOD	1.49E-06	kg	-	-

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
	6. COD	8.92E-06	kg	-	-

ตาราง ข19 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต PCBA

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
สารขาเข้า	1. พลังงานไฟฟ้า	2.30E-01	kWh	0.5610	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
	1. พลาสติก	6.87E-03	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
	2. ยาง	3.88E-05	kg	3.1300	IPCC 2006 Vol.5
	3. ฝ้าย	3.30E-05	kg	2.0000	IPCC 2006 Vol.5
	4. ไม้	1.02E-05	kg	3.3300	IPCC 2006 Vol.5
	5. กระดาษ	4.25E-04	kg	2.9300	IPCC 2006 Vol.5
	6. เหล็ก	1.60E-06	kg	-1.5928	Ecoinvent 2.0
	7. ทองเหลือง	1.05E-07	kg	-2.5500	Ecoinvent 2.0
	8. อะลูมิเนียม	9.96E-07	kg	-12.0780	Ecoinvent 2.0
	9. ทองแดง	3.49E-06	kg	-2.6489	Ecoinvent 2.0
	10. แผงวงจร	4.89E-06	kg	0.0000	IPCC 2006 Vol.5
สารขาออก (ขยะ)	11. ตะกั่ว	2.29E-06	kg	-16.9623	Ecoinvent 2.0

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
	12. จารบี	3.64E-08	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
สารขาออก (มลพิษอากาศ)	1. ตะกั่ว	8.35E-08	kg	-	-
สารขาออก (มลพิษน้ำ)	1. น้ำเสีย	3.49E-05	kg	-	-

ตาราง ข20 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต Ramp

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
สารขาเข้า	1. พลังงานไฟฟ้า	3.97E-02	kWh	0.5610	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
	2. น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	9.18E-07	L	2.7080	IPCC 2007
สารขาออก (ขยะ)	1. พลาสติก	8.64E-04	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
	2. ยาง	2.40E-05	kg	3.1300	IPCC 2006 Vol.5
	3. ไม้	2.59E-07	kg	3.3300	IPCC 2006 Vol.5
	4. กระดาษ	1.37E-07	kg	2.9300	IPCC 2006 Vol.5



ตาราง ข21 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต Suspension

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
สารขาเข้า	1. พลังงาน ไฟฟ้า	6.29E-02	kWh	0.5610	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
	2. น้ำมันดีเซล (เผาใหม่)	9.81E-06	L	2.7080	IPCC 2007
สารขาออก (ขยะ)	1. พลาสติก	6.71E-04	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
	2. ยาง	2.83E-04	kg	3.1300	IPCC 2006 Vol.5
	3. ผ้า	1.43E-05	kg	2.0000	IPCC 2006 Vol.5
	4. ไม้	9.76E-06	kg	3.3300	IPCC 2006 Vol.5
	5. กระดาษ	1.46E-04	kg	2.9300	IPCC 2006 Vol.5
	6. เหล็ก	1.20E-04	kg	-1.5928	Ecoinvent 2.0
สารขาออก (มลพิษน้ำ)	1. น้ำเสีย	4.50E-01	kg	-	-
	2. TDS	2.10E-04	kg	-	-
	3. TSS	3.94E-06	kg	-	-
	4. Oil & Grease	4.51E-07	kg	-	-
	5. BOD	1.31E-06	kg	-	-
	6. COD	2.67E-05	kg	-	-
	7. H ₂ S	9.01E-09	kg	-	-
	8. TKN	3.18E-07	kg	-	-

ตาราง ข22 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต Top cover

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
สารขาเข้า	1. พลังงานไฟฟ้า	2.30E-02	kWh	0.5610	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
	2. ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (เผาไหม้)	1.50E-03	kg	2.7835	Rewlay-ngoen et al. (2009)
สารขาออก (ขยะ)	1. พลาสติก	2.04E-03	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
	2. ยาง	4.86E-04	kg	3.1300	IPCC 2006 Vol.5
	3. ผ้า	3.43E-04	kg	2.0000	IPCC 2006 Vol.5
	4. ไม้	1.93E-02	kg	3.3300	IPCC 2006 Vol.5
	5. กระดาษ	9.66E-03	kg	2.9300	IPCC 2006 Vol.5
	6. เหล็ก	1.23E-02	kg	-1.5928	Ecoinvent 2.0
	7. กาว	8.11E-05	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
	8. น้ำมัน	3.09E-04	kg	-1.6700	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
	9. สังกะสี	2.21E-02	kg	-3.1000	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
สารขาออก (มลพิษอากาศ)	1. Zinc	8.96E-07	kg	-	-
	2. CO	2.71E-06	kg	-	-
	3. NaOH	6.25E-07	kg	-	-
	4. SO ₂	1.53E-05	kg	-	-
	5. Ammonium	1.20E-03	kg	-	-

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
	6. Na ₂ CO ₃	3.97E-04	kg	-	-
สารขาออก (มลพิษน้ำ)	1. น้ำเสีย	5.11E+00	kg	-	-
	2. TDS	1.73E-03	kg	-	-
	3. TSS	1.03E-04	kg	-	-
	4. Oil & Grease	6.68E-06	kg	-	-
	5. BOD	9.03E-05	kg	-	-
	6. COD	3.05E-04	kg	-	-

ตาราง ข23 รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต VCM Coil

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
สารขาเข้า	1. พลังงานไฟฟ้า	3.97E-02	kWh	0.5610	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
	1. พลาสติก	7.78E-04	kg	2.3200	IPCC 2006 Vol.5
สารขาออก (ขยะ)	2. ยาง	3.04E-05	kg	3.1300	IPCC 2006 Vol.5
	3. ผ้า	1.59E-06	kg	2.0000	IPCC 2006 Vol.5
	4. ไม้	5.38E-04	kg	3.3300	IPCC 2006 Vol.5
	5. กระดาษ	9.49E-04	kg	2.9300	IPCC 2006 Vol.5

ประเภท	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	Emission factor (kg CO ₂ -eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
	6. ทองแดง	4.37E-05	kg	-2.6489	Ecoinvent 2.0
สารขาออก (มลพิษอากาศ)	1. CO	2.61E-06	kg	-	-
	2. Copper	5.27E-07	kg	-	-
	3. NO ₂	9.57E-07	kg	-	-
	4. SO ₂	1.77E-06	kg	-	-
	5. TSP	2.36E-06	kg	-	-
สารขาออก (มลพิษน้ำ)	1. น้ำเสีย	3.22E-01	kg	-	-
	2. TDS	6.98E-05	kg	-	-
	3. TSS	6.93E-06	kg	-	-
	4. Oil & Grease	4.48E-07	kg	-	-
	5. BOD	6.93E-06	kg	-	-
	6. COD	1.98E-05	kg	-	-

ข3 รายละเอียดเกี่ยวกับการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ในส่วนจขงรายลละเบียดการขนส่งวัตถุดิบมีข้อมูลทั้งหมด 10 ส่วนประกอบ ได้แก่ Crash stop, Head stack arm, Head stack flex circuit, Latch, Motor base, PCBA, Ramp, Suspension, Top cover และ VCM Coil สำหรับอีก 3 ส่วนประกอบที่เหลื้อมีข้อจำกัดในด้านการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลและการเข้าไปเก็บข้อมูลภายในโรงงาน จึงไม่มีรายละเอียดของข้อมูลในส่วนนี้ สำหรับค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งรูปแบบต่าง ๆ ทั้งการขนส่งขาไปและขากลับแสดงดังตาราง ข24 และ ข25 ข้อมูลน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของการขนส่งแสดงดังตาราง ข26 ในส่วนของรายละเอียดแต่ละส่วนประกอบแสดงดังตาราง ข27 - ข36

ตาราง ข24 ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่ง (ขาไป)

รูปแบบการขนส่ง	Emission factor (kg CO ₂ -eq/tkm)	แหล่งที่มา
1. เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	1.1500	Ecoinvent 2.0
2. เครื่องบินขนส่ง (ข้ามทวีป)	1.0800	Ecoinvent 2.0
3. เรือบรรทุกสินค้า	0.0107	Ecoinvent 2.0
4. รถตู้บรรทุกกิ่งฟุ้ง 18 ล้อ	0.0446	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
5. รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.0471	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
6. รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	0.0451	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
7. รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	0.0542	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
8. รถตู้บรรทุก 4 ล้อขนาดเล็ก	0.2136	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ตาราง ข25 ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่ง (ขากลับ)

รูปแบบการขนส่ง	Emission factor (kg CO ₂ -eq/km)	แหล่งที่มา
1. รถตู้บรรทุกกิ่งฟุ้ง 18 ล้อ	0.8147	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
2. รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	0.4882	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
3. รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	0.5700	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
4. รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	0.4337	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
5. รถตู้บรรทุก 4 ล้อขนาดเล็ก	0.2395	คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ตาราง ข26 น้ำหนักบรรทุกสูงสุดของการขนส่ง

รูปแบบการขนส่ง	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (ton)
1. รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ	32
2. รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	16
3. รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	16
4. รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	11
5. รถตู้บรรทุก 4 ล้อขนาดเล็ก	1.5

ที่มา: คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (2552)

การคำนวณข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบดำเนินการตามข้อกำหนดในการจัดทำฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ ในส่วนของระยะทางเฉลี่ยทำได้ดังต่อไปนี้

1. ให้คำนวณระยะทางโดยใช้ข้อมูลจริงให้มากที่สุด ไม่ว่าจะมียุคค่าเพียงรายเดียวหรือมากกว่า 1 ราย
2. กรณีมีคู่ค้าของวัตถุดิบชนิดหนึ่งมากกว่า 1 ราย และทราบระยะทางระหว่างโรงงานผลิตและคู่ค้าทั้งหมด ระยะทางเฉลี่ยหาจากการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก
3. กรณีคู่ค้าของวัตถุดิบชนิดหนึ่งมากกว่า 1 ราย และมีข้อมูลของคู่ค้าไม่ครบ ให้เลือกคำนวณเท่าที่มีข้อมูล โดยต้องไม่ละทิ้งข้อมูลของคู่ค้ารายใหญ่
4. กรณีคู่ค้ามากกว่า 1 ราย แต่ทราบข้อมูลระยะทางและปริมาณวัตถุดิบที่ได้จากคู่ค้า A เพียงรายเดียว และไม่สามารถหาหรือคาดเดาระยะทางจากคู่ค้ารายอื่น ๆ มายังโรงงานผลิต ในกรณีนี้ให้ใช้ระยะทางระหว่างคู่ค้า A และโรงงานเป็นระยะทางเฉลี่ย

สำหรับการขนส่งวัตถุดิบจากคู่ค้าภายนอกประเทศสามารถคำนวณระยะทางเฉลี่ยได้ดังต่อไปนี้

1. กรณีที่ทราบว่าขนส่งเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ Port ใด ให้คำนวณระยะทางจาก Port ของประเทศนั้น ๆ ถึง Port ของประเทศไทย รวมกับระยะทางจาก Port ของประเทศไทยไปยังโรงงาน
2. กรณีที่ไม่ทราบว่าขนส่งเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ Port ใด มีรายละเอียดปลีกย่อย ดังนี้
 - คู่ค้าเป็นประเทศในเอเชีย ให้ใช้ค่าเฉลี่ยระยะทางจากทุก Port ในประเทศนั้น ๆ มาถึง Port ของประเทศไทย
 - คู่ค้าเป็นประเทศที่นอกเหนือจากเอเชีย ให้เลือก Port ที่อยู่ใกล้ประเทศไทยมากที่สุด
 - ส่วน Port ในประเทศไทยนั้น ให้เลือก Port ที่อยู่ใกล้โรงงานมากที่สุด

ตาราง ข27 รายละเอียดการขนส่งวัสดุขุดที่ใช้ในกระบวนการผลิต Crash stop

ลำดับ	รายการวัสดุขุด	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	เม็ดพลาสติก	เรือบรรทุกสินค้า	5,365.24	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	172.00
2	สารช่วยชำระล้าง	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	77.20
3	สารทำความสะอาดวัสดุ	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	77.20
4	สารดูดความชื้น	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	77.20
5	โซดาไฟ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	80.30
6	เกลือแกง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	266.00
7	สารป้องกันตะกรัน	เรือบรรทุกสินค้า	20,396.08	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	172.00
8	น้ำหล่อเย็น	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	62.60
9	จารบี	เรือบรรทุกสินค้า	5,365.24	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	172.00
10	น้ำมันหล่อลื่น	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	62.60
11	LDPE	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	77.20
12	กระดาษลูกฟูก	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	22.30
13	แอลกอฮอล์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	82.40
14	ยางสังเคราะห์	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	1,467.00	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	31.90
15	เส้นใยฝ้าย	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	14.00
16	ไม้	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	14.00

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
17	ผ้าทำความสะอาด	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	14.00
18	ใบมีด	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	77.20
19	PVC	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	14.00
20	BOPP	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	60.20
21	น้ำมันดีเซล	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4.70

ตาราง ข28 รายละเอียดการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต Head stack arm

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	อะลูมิเนียม	-	-	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	1,583.00
2	เหล็กกล้าไร้สนิม	-	-	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	1,583.00
3	ทองเหลือง	-	-	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	1,583.00

ตาราง ข29 รายละเอียดการขนส่งวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิต Head stack flex circuit

ลำดับ	รายการวัสดุ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	แผงวงจรแบบอ่อน	เรือบรรทุกสินค้า	3,159.51	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	182.00
2	แอลกอฮอล์	เรือบรรทุกสินค้า	14,188.17	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	83.70
3	ตะกั่วเปียก	เรือบรรทุกสินค้า	1,429.74	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	89.60
4	น้ำยาประสาน	เรือบรรทุกสินค้า	1,429.74	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	89.60
5	ไนโตรเจน	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	78.70
6	กาวติดวงจรรวม	เรือบรรทุกสินค้า	14,188.17	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	78.30
7	จารบี	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ) (88.2%) เรือบรรทุกสินค้า (11.8%)	7,407.11 14,188.17	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่ (88.2%) รถตู้บรรทุก 10 ล้อ (11.8%)	83.30 182.00
8	น้ำมันหล่อลื่นเครื่องตัดกาว	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	13,290.34	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	83.30
9	น้ำยาบำรุงเครื่องวาง	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	83.30
10	น้ำยาบำรุงเครื่องอบ	เรือบรรทุกสินค้า	14,188.17	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	182.00
11	น้ำยาหล่อลื่นเครื่องอบ	เรือบรรทุกสินค้า	14,188.17	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	182.00
12	น้ำยาล้างเครื่องอบ	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	13,290.34	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	83.30
13	สารป้องกันตะกั่ว	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	78.70
14	โซดาไฟ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	78.70
15	เกลือแกง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	78.70

ลำดับ	รายการวัสดุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
16	สารปรับสภาพน้ำ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	78.70
17	LDPE	เรือบรรทุกสินค้า	3,939.20	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	109.00
18	ตัวเก็บประจุ	เรือบรรทุกสินค้า	4,507.77	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	182.00
19	ตัวต้านทาน	เรือบรรทุกสินค้า	2,972.46	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	182.00
20	ตัวขยายสัญญาณ	เรือบรรทุกสินค้า	4,507.77	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	182.00
21	วงจรรวม	เรือบรรทุกสินค้า	3,921.44	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	182.00
22	น้ำมันหล่อลื่น	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ) (0.1%) เรือบรรทุกสินค้า (99.9%)	13,290.34 14,188.17	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่ (0.1%) รถตู้บรรทุก 10 ล้อ (99.9%)	83.30 182.00
23	กาว	เรือบรรทุกสินค้า	14,188.17	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	182.00
24	ยางสังเคราะห์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	135.00
25	ผ้าทำความสะอาด	เรือบรรทุกสินค้า	14,188.17	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	83.90
26	อะลูมิเนียม	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	78.70
27	PP	เรือบรรทุกสินค้า	12,738.37	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่ (10.2%) รถตู้บรรทุก 10 ล้อ (89.8%)	109.00 81.20
28	PU (ชนิดแข็ง)	เรือบรรทุกสินค้า	4,733.58	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	79.20
29	PVC	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	20.70
30	PPS	เรือบรรทุกสินค้า	14,188.17	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	78.80

ลำดับ	รายการวัสดุ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
31	PET	เรือบรรทุกสินค้า	12,250.12	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	83.10

ตาราง ข30 รายละเอียดการขนส่งวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิต Latch

ลำดับ	รายการวัสดุ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 1	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	1,425.57	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	77.20
2	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 2	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	1,425.57	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	77.20
3	เหล็กกล้าไร้สนิม	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	77.20
4	สารช่วยชำระล้าง	เครื่องบินขนส่ง (ข้ามทวีป)	13,290.34	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	77.20
5	เกลือแกง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	266.00
6	สารป้องกันตะกั่ว	เรือบรรทุกสินค้า	14,188.17	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	172.00
7	น้ำหล่อเย็น	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	62.60
8	จารบี	เรือบรรทุกสินค้า	5,365.24	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	172.00
9	น้ำมันหล่อลื่น	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	62.60
10	ยางสังเคราะห์	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	1,467.00	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	31.90
11	แอลกอฮอล์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	82.40
12	APET	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	1,809.00

ลำดับ	รายการวัสดุ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
13	LDPE	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	42.10
14	PVC	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	14.00
15	กระดาษลูกฟูก	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	22.30
16	BOPP	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	60.20
17	เส้นใยฝ้าย	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	14.00
18	ไม้	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	14.00
19	น้ำมันดีเซล	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4.70

ตาราง ข31 รายละเอียดการขนส่งวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิต Motor base

ลำดับ	รายการวัสดุ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	เหล็กกล้าไร้สนิม (แท่ง)	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ) (1.1%) เรือบรรทุกสินค้า (98.7%)	4,221.61 4,464.73	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	194.40
2	เหล็กกล้าไร้สนิม (แผ่น)	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ) (92.9%)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	80.00
3	ทองแดง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	6.80
4	สังกะสี	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	15.00
5	แม่เหล็ก	เรือบรรทุกสินค้า	3,939.20	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	0.20

ลำดับ	รายการวัสดุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
6	น้ำมันหล่อลื่น	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	83.00
7	การติดตั้งชุดลดความเร็ว	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	83.00
8	การติดตั้งฝาปิด	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.00
9	สารช่วยทำละลาย (ชนิดปกติ)	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	78.40
10	การติดตั้งปลอกหุ้ม	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	78.40
11	อะลูมิเนียม	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	1,583.00	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
12	PBT	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	83.00
13	แผงวงจรแบบอ่อน	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	1,425.57	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.00
14	ฉนวนป้องกัน	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	83.00
15	เหล็ก	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	2.00
16	กระดาษ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	29.50
17	ลวดตะกั่ว	เรือบรรทุกสินค้า	5,385.62	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	190.80
18	ตัวนำไฟฟ้า	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	83.00
19	การติดตั้งมอเตอร์	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	1,425.57	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	83.00
20	PET	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	120.00
21	แอลกอฮอล์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.00
22	น้ำยาทำความสะอาด	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.00

ลำดับ	รายการวัสดุ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
23	กาวยึดฐาน	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	1,425.57	83.00
24	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 1	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	105.00
25	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 2	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	105.00
26	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 3	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	105.00
27	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 4	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	105.00
28	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 5	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	87.70
29	น้ำยาป้องกันการกัดกร่อน	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	105.00
30	สารป้องกันตะกัน	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	87.70
31	โซดาไฟ	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	87.70
32	เกลือแกง	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	87.70
33	สารช่วยชำระล้าง (ชนิดจัน)	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	1,425.57	83.00
34	จารบี	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	78.40
35	ยางธรรมชาติ	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	78.40
36	PVC	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	40.00
37	ผงหมึกพิมพ์	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	33.70
38	LLDPE	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	40.00
39	APET	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	6.00

ลำดับ	รายการวัสดุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
40	กระดาษลูกฟูก	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
41	ไม้	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
42	LDPE	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
43	PPS	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
44	EPR	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
45	ลวดตะกั่ว (ชนิดบาง)	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
46	หัวแรง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
47	ไนลอน	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
48	ยางสังเคราะห์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	120.00
49	PP	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
50	PU (ชนิดแข็ง)	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
51	PU (ชนิดอ่อน)	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	40.00
52	กำขี้ไทรเลียมเหลว	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	10.00

ตาราง ข32 รายละเอียดการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต PCBA

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	แผ่นวงจรพิมพ์	เรือบรรทุกสินค้า	2,770.59	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	36.70
2	ตะกั่วเปียก	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	1,425.57	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	60.00
3	ตัวเชื่อมสัญญาณ	เรือบรรทุกสินค้า	2,694.66	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	36.70
4	แอลกอฮอล์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
5	จารบี	เรือบรรทุกสินค้า (96.0%)	5,472.66	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่ (96.0%)	36.70
6	ตัวเก็บประจุ	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	6,026.38	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	60.00
7	ตัวควบคุมสัญญาณ	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	6,026.38	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	60.00
8	ตัวต้านทาน	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	6,026.38	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	60.00
9	ตัวขยายสัญญาณ	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	6,026.38	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	60.00
10	วงจรรวม	เรือบรรทุกสินค้า	3,492.87	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	36.70
11	น้ำยาทำความสะอาด	เรือบรรทุกสินค้า	14,275.22	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	36.70
12	ลวดตะกั่ว	เรือบรรทุกสินค้า (42.9%)	14,275.22	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	33.10
13	น้ำยาประสาน	เรือบรรทุกสินค้า	4,594.81	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	36.70
14	ตะกั่วแท่ง	เรือบรรทุกสินค้า	14,275.22	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	36.70
15	น้ำยาช่วยตัด	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
16	น้ำมันหล่อลื่น	เรือบรรทุกสินค้า	17,825.50	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	36.70

ลำดับ	รายการวัสดุ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
17	อะลูมิเนียม	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	71.60
18	ยางสังเคราะห์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	29.40
19	PTFE	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
20	ยางลาเทก	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	26.10
21	PET	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
22	PVC	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
23	ยางผสม	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
24	กระดาษ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
25	EVA	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
26	PP	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	71.20
27	เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
28	เส้นใยผ้า	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
29	ไม้	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
30	หัวแรง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
31	ไนลอน	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
32	LLDPE	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
33	กระดาษลูกฟูก	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40

ลำดับ	รายการวัสดุ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
34	ใบมีด	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	39.80
35	ในลอนผสม	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
36	เหล็กกล้าไร้สนิม (แท่ง)	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
37	ในลอนแข็ง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
38	LDPE	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
39	ทองแดง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
40	สังกะสี	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40
41	PU (ชนิดอ่อน)	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.00
42	นำปราศจากไอออน	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	30.40

ตาราง ข33 รายละเอียดการขนส่งวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิต Ramp

ลำดับ	รายการวัสดุ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 1	เรือบรรทุกสินค้า	5,365.24	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	172.00
2	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 2	เรือบรรทุกสินค้า	13,121.42	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	172.00
3	น้ำหล่อเย็น	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	62.60
4	จารบี	เรือบรรทุกสินค้า	5,365.24	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	172.00

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
5	น้ำมันหล่อลื่น	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	62.60
6	ยางสังเคราะห์	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	1,467.00	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	31.90
7	แอลกอฮอล์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	82.40
8	PC	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	2.60
9	LDPE	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	38.50
10	PVC	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	14.00
11	กระดาษฉลุลูก	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	22.30
12	BOPP	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	60.20
13	เส้นใยฝ้าย	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	14.00
14	ไม้	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	14.00
15	น้ำมันดีเซล	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4.70

ตาราง ข34 รายละเอียดการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต Suspension

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	เหล็กกล้าไร้สนิม	เรือบรรทุกสินค้า	10,898.94	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	165.00
2	แผงวงจรเบรอน	เรือบรรทุกสินค้า	3,939.20	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	165.00

ลำดับ	รายการวัตถุประสงค์	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
3	ทองแดง	เรือบรรทุกสินค้า	3,939.20	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	165.00
4	สารช่วยชำระล้างชนิดที่ 1	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	1,425.57	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	72.70
5	สารช่วยชำระล้างชนิดที่ 2	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	1,425.57	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	72.70
6	สารช่วยชำระล้างชนิดที่ 3	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	1,425.57	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	72.70
7	แอลกอฮอล์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	67.50
8	ไนโตรเจน	-	-	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	69.40
9	น้ำยาป้องกันไฟฟ้าสถิต	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	73.70
10	สารปรับสภาพน้ำ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	64.30
11	โซดาไฟ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	64.30
12	สารป้องกันตะกอน	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	64.30
13	เกลือแกง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	50.80
14	ผ้าทำความสะอาด	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	65.90
15	ยางสังเคราะห์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	20.30
16	เส้นใยฝ้าย	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	18.20
17	กระดาษ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	18.20
18	น้ำยาทำความสะอาด	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	65.90
19	ยางธรรมชาติ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	38.40

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
20	PVC	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	26.90
21	PP	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	18.30
22	PU (ชนิดอ่อน)	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	18.20
23	PET	เรือบรรทุกสินค้า	3,939.20	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	165.00
24	LDPE	เรือบรรทุกสินค้า (58.3%)	4,670.74	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	104.70
25	กระดาษลูกฟูก	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	35.20
26	น้ำมันดีเซล	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	61.80

ตาราง ข35 รายละเอียดการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต Top cover

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	เหล็กกล้าไร้สนิม	เรือบรรทุกสินค้า	2,972.46	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	183.00
2	น้ำมัน	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	12.50
3	สารช่วยล้างขั้นต้นชนิดที่ 1	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	98.40
4	สารช่วยล้างขั้นต้นชนิดที่ 2	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	109.00
5	สารช่วยล้างขั้นต้นชนิดที่ 3	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
6	แอดกอกซอล	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
7	กาวดีชอบ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	183.00
8	สารช่วยล้างขั้นสุดท้าย	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	68.20
9	กรดไนตริก	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
10	สารปรับสภาพน้ำ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	68.20
11	PACL	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
12	ปูนขาว	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
13	โซดาไฟ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
14	สารปรับแต่งคุณภาพ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	41.60
15	กรดเกลือ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.50
16	สารป้องกันตะกรัน	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
17	คลอรีนน้ำ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
18	เกลือแกง	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
19	LDPE	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	183.00
20	กระดาษลูกฟูก	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	32.50
21	PET	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	12.50
22	PVC	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	71.00

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
23	ไม้	เรือบรรทุกสินค้า (84.5%)	2,972.46	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่ (84.5%) รถตู้บรรทุก 10 ล้อ (15.5%)	21.70 183.00
24	ยางสังเคราะห์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
25	PP	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
26	ในลอน	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	94.20
27	ผ้าทำความสะอาด	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	37.60
28	LLDPE	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
29	เส้นใยฝ้าย	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	72.10
30	กระดาษ	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	12.50
31	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	12.50

ตาราง ข36 รายละเอียดการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต VCM Coil

ลำดับ	รายการวัตถุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	ขดลวด	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4,221.61	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	84.20
2	แอลกอฮอล์	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	79.60
3	น้ำยาประสาน	-	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	90.50

ลำดับ	รายการวัสดุดิบ	รูปแบบการขนส่ง (ต่างประเทศ)	รูปแบบการขนส่ง (ภายในประเทศ)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
4	น้ำยาเคลือบทองแดง	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	1,425.57	84.20
5	การติดตั้ง	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	938.05	84.20
6	ตะกั่วแท่ง	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	79.60
7	สารช่วยล้างชิ้นต้น	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	90.50
8	สารปรับสภาพน้ำ	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	79.60
9	โซดาไฟ	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	90.50
10	สารป้องกันตะกรัน	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	79.60
11	น้ำยาทำความสะอาด	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	79.60
12	น้ำยาเช็ดงาน	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	79.60
13	ยางสังเคราะห์	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	136.00
14	PP	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	37.40
15	PU (ชนิดแข็ง)	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	84.90
16	ผ้าทำความสะอาด	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	84.90
17	HDPE	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	24.20
18	PPS	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	21.60
19	ยางธรรมชาติ	-	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	-	136.00

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูล

คะแนนด้านความไม่แน่นอนของปัจจัยในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ (U1-U6, Ub) เป็นผลการประเมินที่ได้จากคะแนนตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 2 โดยผลคะแนนมีทั้งหมด 13 ฐานข้อมูลของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งในการวิเคราะห์จะนำค่าการประเมินเหล่านี้มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิตยกกำลังสอง แล้วทำการวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนรวมของผลการศึกษาที่เกิดจากการคำนวณแบบมอนติคาร์โลผ่านโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro แสดงผลดังตาราง ค14 และ ค15 สำหรับรายละเอียดการวิเคราะห์ผลแสดงไว้ในบทที่ 4

ค1 คำอธิบายของเกณฑ์สำหรับค่าความไม่แน่นอนของปัจจัย

1. ความเชื่อถือได้ (U1)

- ข้อมูลถูกตรวจสอบบนพื้นฐานของการวัด หมายถึง ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมโดยผ่านกระบวนการวัดในเชิงปริมาณอย่างมีระบบ เช่น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำจากมิเตอร์ของผู้ควบคุม ปริมาณวัตถุดิบที่ทราบการใช้อย่างแน่นอน น้ำหนักวัตถุดิบจากการชั่งน้ำหนัก ปริมาณมลพิษทางน้ำและอากาศที่ผ่านตรวจวัดตามที่กฎหมายกำหนด เป็นต้น
- ข้อมูลถูกตรวจสอบบนสมมติฐาน หมายถึง ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมโดยผ่านการใช้สมมติฐานที่มีความสอดคล้องและเหมาะสม เช่น ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานผ่านการปันส่วน ระยะทางการขนส่งที่ได้จากแหล่งอ้างอิง ปริมาณน้ำเสียที่ผ่านการคำนวณโดยใช้สมมติฐาน เป็นต้น
- ข้อมูลถูกตรวจสอบตามการประมาณที่ผ่านการรับรอง หมายถึง ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมโดยผ่านกระบวนการคำนวณอย่างมีหลักการหรือข้อมูลจากบุคคลที่มีความน่าเชื่อถือ เช่น ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญหรือทำงานประจำในอุตสาหกรรม ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผ่านการคำนวณจากใบเสร็จค่าไฟฟ้า เป็นต้น

2. ความสมบูรณ์ (U2)

- สถานที่ที่เกี่ยวข้อง หมายถึง โรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมดในประเทศไทยที่ผลิตสินค้าประเภทเดียวกัน

- การพิจารณาการตลาด หมายถึง การพิจารณาตามสัดส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในช่วงเวลาที่เท่ากัน
- ช่วงเวลาเพียงพอ หมายถึง ข้อมูลผ่านการเก็บรวบรวมในช่วงเวลาอย่างน้อย 1 ปี ตามข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, 2552)
- ความผันผวนปกติ หมายถึง การดำเนินการผลิตของโรงงานอย่างปกติ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิตหรือการเปลี่ยนแปลงปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลให้กระบวนการผลิตปกติมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น การหยุดผลิตโดยมีเหตุจำเป็น ไม่มียอดสั่งซื้อสินค้า หรือการปิดโรงงาน เป็นต้น

3. ความสัมพันธ์ทางเวลา (U3)

- ปีที่ศึกษา หมายถึง ปีที่เริ่มทำการศึกษาและเก็บข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ ซึ่งในที่นี่คือปี พ.ศ. 2553

4. ความสัมพันธ์ทางภูมิศาสตร์ (U4)

- พื้นที่ภายใต้การศึกษา หมายถึง พื้นที่ของประเทศไทยทั้งหมด ซึ่งสามารถพิจารณาแยกตามภูมิภาคต่าง ๆ ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ โดยตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมอาจกระจายอยู่ตามภูมิภาคต่าง ๆ ซึ่งทำให้เกิดปัจจัยที่ทำให้ข้อมูลบัญชีรายการมีความแตกต่างกัน เช่น ระยะทางการขนส่ง หรือคุณภาพของดินและน้ำที่ใช้เพื่อการเกษตร เป็นต้น

5. ความสัมพันธ์ทางเทคโนโลยี (U5)

- ข้อมูลจากผู้ประกอบการ หมายถึง ข้อมูลผ่านการเก็บรวบรวมโดยการอนุเคราะห์จากโรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิตสินค้าที่ศึกษา
- เทคโนโลยี หมายถึง เทคโนโลยีที่ใช้ผลิตข้อมูลที่ศึกษา อาจเป็นเทคโนโลยีเฉพาะทาง หรือมีการใช้เทคโนโลยีหลายชนิด

6. ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (U6)

- รายงานด้านสิ่งแวดล้อม หมายถึง รายงานการตรวจวัดคุณภาพน้ำและอากาศโรงงานอุตสาหกรรมตามที่กฎหมายกำหนด ที่ผ่านการวิเคราะห์โดยผู้ผ่านการรับรองมาตรฐาน

ค2 การคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิตยกกำลังสอง (SD_{g95})

ในที่นี้ทำการแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิตยกกำลังสองของส่วนประกอบ Breather filter สามารถคำนวณได้ดังสมการ 2.5 ในบทที่ 2

$$SD_{g95} = \exp \sqrt{[\ln(U1)]^2 + [\ln(U2)]^2 + [\ln(U3)]^2 + [\ln(U4)]^2 + [\ln(U5)]^2 + [\ln(U6)]^2 + [\ln(Ub)]^2}$$

ส่วนประกอบ Breather filter มีการเก็บข้อมูลการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิต คือ เส้นใยฝ้าย โดยการคำนวณต้องทำการหาคะแนนของแต่ละปัจจัย เพื่อนำไปหาค่าความไม่แน่นอนจากตาราง 2.2 และ 2.3 พบว่าคะแนนของปัจจัยต่าง ๆ จากการเก็บข้อมูลของเส้นใยฝ้าย มีดังนี้

- ปัจจัย U1 มีคะแนนเท่ากับ 4 จากตาราง 2.2 มีค่าความไม่แน่นอนเท่ากับ 1.20
- ปัจจัย U2 มีคะแนนเท่ากับ 3 จากตาราง 2.2 มีค่าความไม่แน่นอนเท่ากับ 1.05
- ปัจจัย U3 มีคะแนนเท่ากับ 1 จากตาราง 2.2 มีค่าความไม่แน่นอนเท่ากับ 1.00
- ปัจจัย U4 มีคะแนนเท่ากับ 1 จากตาราง 2.2 มีค่าความไม่แน่นอนเท่ากับ 1.00
- ปัจจัย U5 มีคะแนนเท่ากับ 1 จากตาราง 2.2 มีค่าความไม่แน่นอนเท่ากับ 1.00
- ปัจจัย U6 มีคะแนนเท่ากับ 5 จากตาราง 2.2 มีค่าความไม่แน่นอนเท่ากับ 1.20
- ปัจจัย Ub อยู่ในรายการอันดับ 3 เนื่องจากเส้นใยฝ้ายเป็นกลุ่มสินค้าสำเร็จรูป จาก

ตาราง 2.3 มีค่าความไม่แน่นอนเท่ากับ 1.05

$$SD_{g95} = \exp \sqrt{[\ln(1.20)]^2 + [\ln(1.05)]^2 + [\ln(1.00)]^2 + [\ln(1.00)]^2 + [\ln(1.00)]^2 + [\ln(1.20)]^2 + [\ln(1.05)]^2}$$

$$SD_{g95} = \exp^{0.267}$$

$$SD_{g95} = 1.306$$

ค3 ผลการประเมินคะแนนด้านความไม่แน่นอนของข้อมูล

คะแนนด้านความไม่แน่นอนของข้อมูลใน 6 ปัจจัยแรก (U1-U6) ทำการประเมินจากรูปแบบการเก็บข้อมูลจริงที่ได้ดำเนินการในสถานประกอบการ สำหรับปัจจัยพื้นฐาน (Ub) สามารถประเมินค่าปัจจัยความไม่แน่นอนได้จากจากตารางมาตรฐาน มีรายละเอียดดังตาราง ค1 - ค13

ตาราง ค1 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Breather filter

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	เส้นใยฝ้าย	4	3	1	1	1	5	3	1.306
2	กระดาษ	4	3	1	1	1	5	3	1.306
3	สารดูดความชื้น	4	3	1	1	1	5	3	1.306
4	PP	4	3	1	1	1	5	3	1.306

ตาราง ค2 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Crash stop

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	เม็ดพลาสติก	2	1	1	1	1	5	3	1.215
2	สารช่วยชำระล้าง	2	1	1	1	1	5	3	1.215
3	สารทำความสะอาดวัสดุ	2	1	1	1	1	5	3	1.215
4	สารดูดความชื้น	2	1	1	1	1	5	3	1.215
5	โซดาไฟ	2	1	1	1	1	5	3	1.215
6	เกลือแกง	2	1	1	1	1	5	9	1.215
7	สารป้องกันตะกรัน	2	1	1	1	1	5	3	1.215
8	น้ำหล่อเย็น	2	1	1	1	1	5	3	1.215
9	จารบี	2	1	1	1	1	5	3	1.215
10	น้ำมันหล่อลื่น	2	1	1	1	1	5	3	1.215
11	LDPE	1	1	1	1	1	5	3	1.208
12	กระดาษลูกฟูก	1	1	1	1	1	5	3	1.208
13	แอลกอฮอล์	2	1	1	1	1	5	3	1.215
14	ยางสังเคราะห์	3	1	1	1	1	5	3	1.235
15	เส้นใยฝ้าย	3	1	1	1	1	5	3	1.235
16	ไม้	3	1	1	1	1	5	3	1.235
17	ผ้าทำความสะอาด	2	1	1	1	1	5	3	1.215
18	ไบมิด	2	1	1	1	1	5	3	1.215

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
19	PVC	1	1	1	1	1	5	3	1.208
20	BOPP	2	1	1	1	1	5	3	1.215
21	น้ำมันดีเซล (การผลิต)	2	1	1	1	1	5	4	1.215
22	น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	2	1	1	1	1	5	4	1.215
23	น้ำประปา	4	1	1	1	1	5	4	1.300
24	พลังงานไฟฟ้า	4	1	1	1	1	5	2	1.300
25	พลาสติก (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
26	ยาง (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
27	ผ้า (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
28	ไม้ (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
29	กระดาษ (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
30	เหล็ก (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
31	H ₂ S (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	38	1.504
32	น้ำเสีย	4	1	1	1	1	5	6	1.300
33	SS (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504
34	Oil & Grease (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504
35	BOD (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	13	1.504
36	COD (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	13	1.504
37	Detergent (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504
38	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4	1	1	1	1	5	5	2.095
39	เรือบรรทุกสินค้า	4	1	1	1	1	5	5	2.095
40	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	4	1	1	1	1	5	5	2.095
41	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4	1	1	1	1	5	5	2.095

ตาราง ก3 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Glass disk substrate

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g⁹⁵}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	แผ่นแก้ว	1	1	1	1	1	5	3	1.208
2	ผงขัดขอบ	2	1	1	1	1	5	3	1.215
3	ผงขัดชิ้นงาน	2	1	1	1	1	5	3	1.215
4	น้ำยาขัดชนิดที่ 1	2	1	1	1	1	5	3	1.215
5	น้ำยาขัดชนิดที่ 2	2	1	1	1	1	5	3	1.215
6	น้ำยาขัดชนิดที่ 3	2	1	1	1	1	5	3	1.215
7	น้ำยาขัดชนิดที่ 4	2	1	1	1	1	5	3	1.215
8	น้ำยาขัดชนิดที่ 5	2	1	1	1	1	5	3	1.215
9	น้ำยาขัดชนิดที่ 6	2	1	1	1	1	5	3	1.215
10	น้ำยาขัดชนิดที่ 7	2	1	1	1	1	5	3	1.215
11	แผ่นรองแก้ว	2	1	1	1	1	5	3	1.215
12	น้ำหล่อเย็น	2	1	1	1	1	5	3	1.215
13	น้ำยาช่วยชำระล้าง	2	1	1	1	1	5	3	1.215
14	แอลกอฮอล์	2	1	1	1	1	5	3	1.215
15	ไนโตรเจน	2	1	1	1	1	5	3	1.215
16	น้ำยาล้างแผ่นแก้วชนิดที่ 1	2	1	1	1	1	5	3	1.215
17	น้ำยาล้างแผ่นแก้วชนิดที่ 2	2	1	1	1	1	5	3	1.215
18	น้ำยาล้างแผ่นแก้วชนิดที่ 3	2	1	1	1	1	5	3	1.215
19	น้ำยาล้างแผ่นแก้วชนิดที่ 4	2	1	1	1	1	5	3	1.215
20	น้ำยาล้างแผ่นแก้วชนิดที่ 5	2	1	1	1	1	5	3	1.215
21	น้ำยาล้างแผ่นแก้วชนิดที่ 6	2	1	1	1	1	5	3	1.215
22	น้ำยาล้างแผ่นแก้วชนิดที่ 7	2	1	1	1	1	5	3	1.215
23	กรดกำมะถัน	2	1	1	1	1	5	3	1.215
24	PP	2	1	1	1	1	5	3	1.215
25	ยางสังเคราะห์	3	1	1	1	1	5	3	1.235
26	กระดาษลูกฟูก	1	1	1	1	1	5	3	1.208

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD ₉₅
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
27	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (การผลิต)	2	1	1	1	1	5	4	1.215
28	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (เผาไหม้)	2	1	1	1	1	5	4	1.215
29	น้ำประปา	4	1	1	1	1	5	4	1.300
30	พลังงานไฟฟ้า	4	1	1	1	1	5	2	1.300
31	แก้ว (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
32	พลาสติก (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
33	ยาง (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
34	ไม้ (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
35	กระดาษ (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
36	เหล็ก (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
37	Particulate (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	33	2.003
38	NO ₂ (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	23	1.504
39	SO ₂ (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	22	1.071
40	CO (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	24	5.004
41	IPA (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	30	2.003
42	H ₂ SO ₄ (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	38	1.504
43	Sodium acid (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	38	1.504
44	KOH (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	38	1.504
45	HCl (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	38	1.504
46	น้ำเสีย	4	1	1	1	1	5	6	1.300
47	SS (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504
48	Oil & Grease (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504
49	BOD (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	13	1.504
50	COD (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	13	1.504
51	TKN (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504
52	Lead (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	16	5.004
53	Fluoride (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
54	Formaldehyde (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504
55	Copper (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	16	5.004

ตาราง ค4 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Head stack arm

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	อะลูมิเนียม	4	4	1	3	1	5	3	1.323
2	เหล็กกล้าไร้สนิม	4	4	1	3	1	5	3	1.323
3	ทองเหลือง	4	4	1	3	1	5	3	1.323
4	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	4	4	1	3	1	5	5	2.108

ตาราง ค5 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Head stack flex circuit

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	แผงวงจรแบบอ่อน	1	3	1	1	1	5	3	1.215
2	แอลกอฮอล์	2	3	1	1	1	5	3	1.223
3	ตะกั่วเปียก	2	3	1	1	1	5	3	1.223
4	น้ำยาประสาน	2	3	1	1	1	5	3	1.223
5	ไนโตรเจน	4	3	1	1	1	5	3	1.306
6	กาวติดวงจรรวม	2	3	1	1	1	5	3	1.223
7	จารบี	2	3	1	1	1	5	3	1.223
8	น้ำมันหล่อลื่นเครื่องติดกาว	2	3	1	1	1	5	3	1.223
9	น้ำยาบำรุงเครื่องวาง	2	3	1	1	1	5	3	1.223
10	น้ำยาบำรุงเครื่องอบ	2	3	1	1	1	5	3	1.223
11	น้ำยาหล่อลื่นเครื่องอบ	2	3	1	1	1	5	3	1.223
12	น้ำยาล้างเครื่องอบ	2	3	1	1	1	5	3	1.223
13	สารป้องกันตะกรัน	2	3	1	1	1	5	3	1.223

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g⁹⁵}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
14	โซดาไฟ	2	3	1	1	1	5	3	1.223
15	เกลือแกง	2	3	1	1	1	5	9	1.223
16	สารปรับสภาพน้ำ	2	3	1	1	1	5	3	1.223
17	LDPE	1	3	1	1	1	5	3	1.215
18	ตัวเก็บประจุ	5	3	1	1	1	5	3	1.568
19	ตัวต้านทาน	5	3	1	1	1	5	3	1.568
20	ตัวขยายสัญญาณ	5	3	1	1	1	5	3	1.568
21	วงจรรวม	1	3	1	1	1	5	3	1.215
22	น้ำมันหล่อลื่น	2	3	1	1	1	5	3	1.223
23	กาว	3	3	1	1	1	5	3	1.242
24	ยางสังเคราะห์	3	3	1	1	1	5	3	1.242
25	ผ้าทำความสะอาด	2	3	1	1	1	5	3	1.223
26	อะลูมิเนียม	2	3	1	1	1	5	3	1.223
27	PP	2	3	1	1	1	5	3	1.223
28	PU (ชนิดแข็ง)	2	3	1	1	1	5	3	1.223
29	PVC	1	3	1	1	1	5	3	1.215
30	PPS	4	3	1	1	1	5	3	1.306
31	PET	2	3	1	1	1	5	3	1.223
32	น้ำประปา	4	3	1	1	1	5	4	1.306
33	พลังงานไฟฟ้า	2	3	1	1	1	5	2	1.223
34	พลาสติก (ขยะ)	2	3	1	1	1	5	6	1.223
35	ยาง (ขยะ)	2	3	1	1	1	5	6	1.223
36	ผ้า (ขยะ)	2	3	1	1	1	5	6	1.223
37	ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (ขยะ)	2	3	1	1	1	5	6	1.223
38	Copper (มลพิษอากาศ)	1	3	1	1	1	3	29	5.007
39	Tin (มลพิษอากาศ)	1	3	1	1	1	3	29	5.007
40	IPA (มลพิษอากาศ)	1	3	1	1	1	3	30	2.007

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
41	น้ำเสีย	4	3	1	1	1	5	6	1.306
42	TDS (มลพิษน้ำ)	1	3	1	1	1	3	14	1.509
43	TSS (มลพิษน้ำ)	1	3	1	1	1	3	14	1.509
44	Oil & Grease (มลพิษน้ำ)	1	3	1	1	1	3	14	1.509
45	BOD (มลพิษน้ำ)	1	3	1	1	1	3	13	1.509
46	COD (มลพิษน้ำ)	1	3	1	1	1	3	13	1.509
47	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4	3	1	1	1	5	5	2.098
48	เครื่องบินขนส่ง (ข้ามทวีป)	4	3	1	1	1	5	5	2.098
49	เรือบรรทุกสินค้า	4	3	1	1	1	5	5	2.098
50	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	4	3	1	1	1	5	5	2.098
51	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4	3	1	1	1	5	5	2.098

ตาราง ค6 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Latch

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 1	3	1	1	1	1	5	3	1.235
2	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 2	3	1	1	1	1	5	3	1.235
3	เหล็กกล้าไร้สนิม	1	1	1	1	1	5	3	1.208
4	สารช่วยชำระล้าง	2	1	1	1	1	5	3	1.215
5	เกลือแกง	2	1	1	1	1	5	9	1.215
6	สารป้องกันตะกรัน	2	1	1	1	1	5	3	1.215
7	น้ำหล่อเย็น	2	1	1	1	1	5	3	1.215
8	จารบี	2	1	1	1	1	5	3	1.215
9	น้ำมันหล่อลื่น	2	1	1	1	1	5	3	1.215
10	ยางสังเคราะห์	3	1	1	1	1	5	3	1.235
11	แอลกอฮอล์	2	1	1	1	1	5	3	1.215
12	APET	1	1	1	1	1	5	3	1.208

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
13	LDPE	1	1	1	1	1	5	3	1.208
14	PVC	1	1	1	1	1	5	3	1.208
15	กระดาษลูกฟูก	1	1	1	1	1	5	3	1.208
16	BOPP	2	1	1	1	1	5	3	1.215
17	เส้นใยฝ้าย	3	1	1	1	1	5	3	1.235
18	ไม้	3	1	1	1	1	5	3	1.235
19	น้ำมันดีเซล (การผลิต)	2	1	1	1	1	5	4	1.215
20	น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	2	1	1	1	1	5	4	1.215
21	น้ำประปา	4	1	1	1	1	5	4	1.300
22	พลังงานไฟฟ้า	4	1	1	1	1	5	2	1.300
23	พลาสติก (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
24	ยาง (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
25	ไม้ (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
26	กระดาษ (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
27	H ₂ S (มลพิษอากาศ)	1	1	1	1	1	3	38	1.504
28	น้ำเสีย	4	1	1	1	1	5	6	1.300
29	SS (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504
30	Oil & Grease (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504
31	BOD (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	13	1.504
32	COD (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	13	1.504
33	Detergent (มลพิษน้ำ)	1	1	1	1	1	3	14	1.504
34	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4	1	1	1	1	5	5	2.095
35	เครื่องบินขนส่ง (ข้ามทวีป)	4	1	1	1	1	5	5	2.095
36	เรือบรรทุกสินค้า	4	1	1	1	1	5	5	2.095
37	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	4	1	1	1	1	5	5	2.095
38	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4	1	1	1	1	5	5	2.095

ตาราง ก7 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Motor base

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g⁹⁵}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	เหล็กกล้าไร้สนิม (แท่ง)	2	2	1	1	1	5	3	1.216
2	เหล็กกล้าไร้สนิม (แผ่น)	2	2	1	1	1	5	3	1.216
3	ทองแดง	2	2	1	1	1	5	3	1.216
4	สังกะสี	1	2	1	1	1	5	3	1.209
5	แม่เหล็ก	1	2	1	1	1	5	3	1.209
6	น้ำมันหล่อลื่น	2	2	1	1	1	5	3	1.216
7	กาวติดชุดขดลวด	1	2	1	1	1	5	3	1.209
8	กาวติดฝาปิด	1	2	1	1	1	5	3	1.209
9	สารช่วยชำระล้าง (ชนิดปกติ)	2	2	1	1	1	5	3	1.216
10	กาวติดปลอกหุ้ม	1	2	1	1	1	5	3	1.209
11	อะลูมิเนียม	1	2	1	1	1	5	3	1.209
12	PBT	1	2	1	1	1	5	3	1.209
13	แผงวงจรแบบอ่อน	1	2	1	1	1	5	3	1.209
14	ฉนวนป้องกัน	1	2	1	1	1	5	3	1.209
15	เหล็ก	3	2	1	1	1	5	3	1.237
16	กระดาษ	1	2	1	1	1	5	3	1.209
17	ลวดตะกั่ว	2	2	1	1	1	5	3	1.216
18	ตัวนำไฟฟ้า	1	2	1	1	1	5	3	1.209
19	กาวติดชุดมอเตอร์	1	2	1	1	1	5	3	1.209
20	PET	1	2	1	1	1	5	3	1.209
21	แอลกอฮอล์	2	2	1	1	1	5	3	1.216
22	น้ำยาทำความสะอาด	2	2	1	1	1	5	3	1.216
23	กาวติดฐาน	1	2	1	1	1	5	3	1.209
24	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 1	2	2	1	1	1	5	3	1.216
25	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 2	3	2	1	1	1	5	3	1.237
26	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 3	2	2	1	1	1	5	3	1.216

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD ₉₅
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
27	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 4	3	2	1	1	1	5	3	1.237
28	น้ำยาปรับสภาพชนิดที่ 5	3	2	1	1	1	5	3	1.237
29	น้ำยาป้องกันการกัดกร่อน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
30	สารป้องกันตะกรัน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
31	โซดาไฟ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
32	เกลือแกง	2	2	1	1	1	5	9	1.216
33	สารช่วยชำระล้าง (ชนิดขุ่น).	2	2	1	1	1	5	3	1.216
34	จารบี	2	2	1	1	1	5	3	1.216
35	ยางธรรมชาติ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
36	PVC	2	2	1	1	1	5	3	1.216
37	ผงหมึกพิมพ์	2	2	1	1	1	5	3	1.216
38	LLDPE	2	2	1	1	1	5	3	1.216
39	APET	1	2	1	1	1	5	3	1.209
40	กระดาษลูกฟูก	1	2	1	1	1	5	3	1.209
41	ไม้	1	2	1	1	1	5	3	1.209
42	LDPE	1	2	1	1	1	5	3	1.209
43	PPS	4	2	1	1	1	5	3	1.301
44	EPR	2	2	1	1	1	5	3	1.216
45	ลวดตะกั่ว (ชนิดบาง)	2	2	1	1	1	5	3	1.216
46	หัวเร่ง	3	2	1	1	1	5	3	1.237
47	ไนลอน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
48	ยางสังเคราะห์	3	2	1	1	1	5	3	1.237
49	PP	2	2	1	1	1	5	3	1.216
50	PU (ชนิดแข็ง)	2	2	1	1	1	5	3	1.216
51	PU (ชนิดอ่อน)	2	2	1	1	1	5	3	1.216
52	ก้ำซิปิโตรเลียมเหลว (การผลิต)	2	2	1	1	1	5	4	1.216
53	ก้ำซิปิโตรเลียมเหลว (เผาไหม้)	2	2	1	1	1	5	4	1.216

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
54	น้ำประปา	4	2	1	1	1	5	4	1.301
55	พลังงานไฟฟ้า	2	2	1	1	1	5	2	1.216
56	พลาสติก (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
57	ยาง (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
58	ไม้ (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
59	กระดาษ (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
60	เหล็ก (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
61	ทองเหลือง (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
62	แม่เหล็ก (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
63	อะลูมิเนียม (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
64	ทองแดง (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
65	น้ำเสีย	4	2	1	1	1	5	6	1.301
66	TDS (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
67	TSS (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
68	Oil & Grease (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
69	BOD (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	13	1.505
70	COD (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	13	1.505
71	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4	2	1	1	1	5	5	2.096
72	เรือบรรทุกสินค้า	4	2	1	1	1	5	5	2.096
73	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	4	2	1	1	1	5	5	2.096
74	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4	2	1	1	1	5	5	2.096

ตาราง ค8 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ PCBA

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	แผ่นวงจรพิมพ์	1	2	1	1	1	5	3	1.209
2	ตะกั่วเปียก	2	2	1	1	1	5	3	1.216

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g⁵}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
3	ตัวเชื่อมสัญญาณ	1	2	1	1	1	5	3	1.209
4	แอลกอฮอล์	2	2	1	1	1	5	3	1.216
5	จารบี	2	2	1	1	1	5	3	1.216
6	ตัวเก็บประจุ	5	2	1	1	1	5	3	1.565
7	ตัวควบคุมสัญญาณ	5	2	1	1	1	5	3	1.565
8	ตัวต้านทาน	5	2	1	1	1	5	3	1.565
9	ตัวขยายสัญญาณ	5	2	1	1	1	5	3	1.565
10	วงจรรวม	1	2	1	1	1	5	3	1.209
11	น้ำยาทำความสะอาด	2	2	1	1	1	5	3	1.216
12	ลวดตะกั่ว	2	2	1	1	1	5	3	1.216
13	น้ำยาประสาน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
14	ตะกั่วแท่ง	2	2	1	1	1	5	3	1.216
15	น้ำยาช่วยตัด	2	2	1	1	1	5	3	1.216
16	น้ำมันหล่อลื่น	2	2	1	1	1	5	3	1.216
17	อะลูมิเนียม	2	2	1	1	1	5	3	1.216
18	ยางสังเคราะห์	3	2	1	1	1	5	3	1.237
19	PTFE	2	2	1	1	1	5	3	1.216
20	ยางลาเทค	2	2	1	1	1	5	3	1.216
21	PET	2	2	1	1	1	5	3	1.216
22	PVC	2	2	1	1	1	5	3	1.216
23	ยางผสม	2	2	1	1	1	5	3	1.216
24	กระดาษ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
25	EVA	2	2	1	1	1	5	3	1.216
26	PP	2	2	1	1	1	5	3	1.216
27	เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง	2	2	1	1	1	5	3	1.216
28	เส้นใยฝ้าย	2	2	1	1	1	5	3	1.216
29	ไม้	2	2	1	1	1	5	3	1.216

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
30	หัวเร้ง	3	2	1	1	1	5	3	1.237
31	ไนลอน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
32	LLDPE	2	2	1	1	1	5	3	1.216
33	กระดาษลูกฟูก	1	2	1	1	1	5	3	1.209
34	ใบมีด	2	2	1	1	1	5	3	1.216
35	ไนลอนผสม	2	2	1	1	1	5	3	1.216
36	เหล็กกล้าไร้สนิม (แท่ง)	2	2	1	1	1	5	3	1.216
37	ไนลอนแข็ง	2	2	1	1	1	5	3	1.216
38	LDPE	2	2	1	1	1	5	3	1.216
39	ทองแดง	2	2	1	1	1	5	3	1.216
40	สังกะสี	2	2	1	1	1	5	3	1.216
41	PU (ชนิดอ่อน)	2	2	1	1	1	5	3	1.216
42	น้ำปราศจากไอออน	4	2	1	1	1	5	4	1.301
43	พลังงานไฟฟ้า	4	2	1	1	1	5	2	1.301
44	พลาสติก (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
45	ยาง (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
46	ผ้า (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
47	ไม้ (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
48	กระดาษ (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
49	เหล็ก (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
50	ทองเหลือง (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
51	อะลูมิเนียม (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
52	ทองแดง (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
53	แผงวงจร (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
54	ตะกั่ว (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
55	จารบี (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
56	ตะกั่ว (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	29	5.004

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g⁹⁵}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
57	น้ำเสีย	4	2	1	1	1	5	6	1.301
58	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4	2	1	1	1	5	5	2.096
59	เรือบรรทุกสินค้า	4	2	1	1	1	5	5	2.096
60	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4	2	1	1	1	5	5	2.096

ตาราง ก9 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Ramp

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g⁹⁵}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 1	2	1	1	1	1	5	3	1.215
2	เม็ดพลาสติกชนิดที่ 2	2	1	1	1	1	5	3	1.215
3	น้ำหล่อเย็น	2	1	1	1	1	5	3	1.215
4	จารบี	2	1	1	1	1	5	3	1.215
5	น้ำมันหล่อลื่น	2	1	1	1	1	5	3	1.215
6	ยางสังเคราะห์	3	1	1	1	1	5	3	1.235
7	แอลกอฮอล์	2	1	1	1	1	5	3	1.215
8	PC	1	1	1	1	1	5	3	1.208
9	LDPE	1	1	1	1	1	5	3	1.208
10	PVC	1	1	1	1	1	5	3	1.208
11	กระดาษลูกฟูก	1	1	1	1	1	5	3	1.208
12	BOPP	2	1	1	1	1	5	3	1.215
13	เส้นใยฝ้าย	3	1	1	1	1	5	3	1.235
14	ไม้	3	1	1	1	1	5	3	1.235
15	น้ำมันดีเซล (การผลิต)	2	1	1	1	1	5	4	1.215
16	น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	2	1	1	1	1	5	4	1.215
17	พลังงานไฟฟ้า	4	1	1	1	1	5	2	1.300
18	พลาสติก (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
19	ยาง (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215



ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
20	ไม้ (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
21	กระดาษ (ขยะ)	2	1	1	1	1	5	6	1.215
22	เรือบรรทุกสินค้า	4	1	1	1	1	5	5	2.095
23	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	4	1	1	1	1	5	5	2.095
24	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4	1	1	1	1	5	5	2.095

ตาราง ค10 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Recirculation filter

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	เส้นใยฝ้าย	4	3	1	1	1	5	3	1.306
2	กระดาษ	4	3	1	1	1	5	3	1.306
3	PP	4	3	1	1	1	5	3	1.306

ตาราง ค11 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Suspension

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	เหล็กกล้าไร้สนิม	2	2	1	1	1	5	3	1.216
2	แผงวงจรแบบอ่อน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
3	ทองแดง	2	2	1	1	1	5	3	1.216
4	สารช่วยชำระล้างชนิดที่ 1	3	2	1	1	1	5	3	1.237
5	สารช่วยชำระล้างชนิดที่ 2	3	2	1	1	1	5	3	1.237
6	สารช่วยชำระล้างชนิดที่ 3	3	2	1	1	1	5	3	1.237
7	แอลกอฮอล์	2	2	1	1	1	5	3	1.216
8	ไนโตรเจน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
9	น้ำยาป้องกันไฟฟ้าสถิต	2	2	1	1	1	5	3	1.216
10	สารปรับสภาพน้ำ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
11	โซดาไฟ	2	2	1	1	1	5	3	1.216

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
12	สารป้องกันตะกรัน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
13	เกลือแกง	2	2	1	1	1	5	9	1.216
14	ผ้าทำความสะอาด	2	2	1	1	1	5	3	1.216
15	ยางสังเคราะห์	3	2	1	1	1	5	3	1.237
16	เส้นใยฝ้าย	3	2	1	1	1	5	3	1.237
17	กระดาษ	3	2	1	1	1	5	3	1.237
18	น้ำยาทำความสะอาด	2	2	1	1	1	5	3	1.216
19	ยางธรรมชาติ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
20	PVC	1	2	1	1	1	5	3	1.209
21	PP	2	2	1	1	1	5	3	1.216
22	PU (ชนิดอ่อน)	2	2	1	1	1	5	3	1.216
23	PET	1	2	1	1	1	5	3	1.209
24	LDPE	1	2	1	1	1	5	3	1.209
25	กระดาษลูกฟูก	1	2	1	1	1	5	3	1.209
26	น้ำมันดีเซล (การผลิต)	2	2	1	1	1	5	4	1.216
27	น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	2	2	1	1	1	5	4	1.216
28	น้ำประปา	2	2	1	1	1	5	4	1.216
29	พลังงานไฟฟ้า	2	2	1	1	1	5	2	1.216
30	พลาสติก (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
31	ยาง (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
32	ผ้า (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
33	ไม้ (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
34	กระดาษ (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
35	เหล็ก (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
36	น้ำเสีย	2	2	1	1	1	5	6	1.216
37	TDS (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
38	TSS (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
39	Oil & Grease (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
40	BOD (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	13	1.505
41	COD (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	13	1.505
42	H ₂ S (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
43	TKN (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
44	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4	2	1	1	1	5	5	2.096
45	เรือบรรทุกสินค้า	4	2	1	1	1	5	5	2.096
46	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	4	2	1	1	1	5	5	2.096
47	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4	2	1	1	1	5	5	2.096

ตาราง ค12 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ Top cover

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	เหล็กกล้าไร้สนิม	1	2	1	1	1	5	3	1.209
2	น้ำมัน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
3	สารช่วยล้างขั้นต้นชนิดที่ 1	2	2	1	1	1	5	3	1.216
4	สารช่วยล้างขั้นต้นชนิดที่ 2	2	2	1	1	1	5	3	1.216
5	สารช่วยล้างขั้นต้นชนิดที่ 3	2	2	1	1	1	5	3	1.216
6	แอลกอฮอล์	2	2	1	1	1	5	3	1.216
7	กาวติดขอบ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
8	สารช่วยล้างขั้นสุดท้าย	2	2	1	1	1	5	3	1.216
9	กรดไนตริก	2	2	1	1	1	5	3	1.216
10	สารปรับสภาพน้ำ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
11	PACL	2	2	1	1	1	5	3	1.216
12	ปูนขาว	2	2	1	1	1	5	3	1.216
13	โซดาไฟ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
14	สารปรับแต่งคุณภาพ	2	2	1	1	1	5	3	1.216

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g⁹⁵}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
15	กรดเกลือ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
16	สารป้องกันตะกรัน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
17	คลอรีนน้ำ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
18	เกลือแกง	2	2	1	1	1	5	9	1.216
19	LDPE	1	2	1	1	1	5	3	1.209
20	กระดาษลูกฟูก	1	2	1	1	1	5	3	1.209
21	PET	1	2	1	1	1	5	3	1.209
22	PVC	2	2	1	1	1	5	3	1.216
23	ไม้	2	2	1	1	1	5	3	1.216
24	ยางสังเคราะห์	3	2	1	1	1	5	3	1.237
25	PP	2	2	1	1	1	5	3	1.216
26	ไนลอน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
27	ผ้าทำความสะอาด	2	2	1	1	1	5	3	1.216
28	LLDPE	2	2	1	1	1	5	3	1.216
29	เส้นใยฝ้าย	2	2	1	1	1	5	3	1.216
30	กระดาษ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
31	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (การผลิต)	2	2	1	1	1	5	4	1.216
32	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (เผาไหม้)	2	2	1	1	1	5	4	1.216
33	น้ำประปา	4	2	1	1	1	5	4	1.301
34	พลังงานไฟฟ้า	2	2	1	1	1	5	2	1.216
35	พลาสติก (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
36	ยาง (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
37	ผ้า (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
38	ไม้ (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
39	กระดาษ (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
40	เหล็ก (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
41	กาว (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
42	น้ำมัน (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
43	ถังกะสี (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
44	Zinc (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	29	5.004
45	CO (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	24	5.004
46	NaOH (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	38	1.505
47	SO ₂ (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	22	1.074
48	Ammonium (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	23	1.505
49	Na ₂ CO ₃ (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	38	1.505
50	น้ำเสีย	4	2	1	1	1	5	6	1.301
51	TDS (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
52	TSS (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
53	Oil & Grease (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
54	BOD (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	13	1.505
55	COD (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	13	1.505
56	เรือบรรทุกสินค้า	4	2	1	1	1	5	5	2.096
57	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	4	2	1	1	1	5	5	2.096
58	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4	2	1	1	1	5	5	2.096

ตาราง ค13 ผลการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลของ VCM Coil

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
1	ขดลวด	1	2	1	1	1	5	3	1.209
2	แอลกอฮอล์	2	2	1	1	1	5	3	1.216
3	น้ำยาประสาน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
4	น้ำยาเคลือบทองแดง	2	2	1	1	1	5	3	1.216
5	กาวติดงาน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
6	ตะกั่วแท่ง	2	2	1	1	1	5	3	1.216

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g⁹⁵}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
7	สารช่วยล้างขี้ตัน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
8	สารปรับสภาพน้ำ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
9	โซดาไฟ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
10	สารป้องกันตะกรัน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
11	น้ำยาทำความสะอาด	2	2	1	1	1	5	3	1.216
12	น้ำยาเช็ดงาน	2	2	1	1	1	5	3	1.216
13	ยางสังเคราะห์	3	2	1	1	1	5	3	1.237
14	PP	2	2	1	1	1	5	3	1.216
15	PU (ชนิดแข็ง)	2	2	1	1	1	5	3	1.216
16	ผ้าทำความสะอาด	2	2	1	1	1	5	3	1.216
17	HDPE	1	2	1	1	1	5	3	1.209
18	PPS	4	2	1	1	1	5	3	1.301
19	ยางธรรมชาติ	2	2	1	1	1	5	3	1.216
20	น้ำประปา	4	2	1	1	1	5	4	1.301
21	พลังงานไฟฟ้า	4	2	1	1	1	5	2	1.301
22	พลาสติก (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
23	ยาง (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
24	ผ้า (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
25	ไม้ (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
26	กระดาษ (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
27	ทองแดง (ขยะ)	2	2	1	1	1	5	6	1.216
28	CO (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	24	5.004
29	Copper (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	29	5.004
30	NO ₂ (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	23	1.505
31	SO ₂ (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	22	1.074
32	TSP (มลพิษอากาศ)	1	2	1	1	1	3	33	2.004
33	น้ำเสีย	4	2	1	1	1	5	6	1.301

ลำดับ	รายการสารขาเข้า-ขาออก	คะแนนของปัจจัยความไม่แน่นอน							SD _{g95}
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	Ub	
34	TDS (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
35	TSS (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
36	Oil & Grease (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	14	1.505
37	BOD (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	13	1.505
38	COD (มลพิษน้ำ)	1	2	1	1	1	3	13	1.505
39	เครื่องบินขนส่ง (ปกติ)	4	2	1	1	1	5	5	2.096
40	รถตู้บรรทุก 6 ล้อขนาดใหญ่	4	2	1	1	1	5	5	2.096

ตาราง ค14 ผลการวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนรวมของฐานข้อมูลส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ ไครฟ์

ลำดับ	ส่วนประกอบ	ค่าเฉลี่ย (kg CO ₂ -eq)	ค่ามัธยฐาน (kg CO ₂ -eq)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สัมประสิทธิ์การแปรผัน (%)	ค่าความเชื่อมั่น		ความผิดพลาดมาตรฐาน ของค่าเฉลี่ย
						2.5%	97.5%	
1	Breather filter	9.27E-04	9.19E-04	0.0000716	7.78	0.000792	0.001070	0.00246
2	Crash stop	1.06E-02	1.05E-02	0.0012300	11.60	0.008470	0.013500	0.00367
3	Glass disk substrate	5.68E-01	5.64E-01	0.0564000	9.95	0.468000	0.683000	0.00315
4	Head stack arm	2.11E-02	2.09E-02	0.0025000	11.90	0.016600	0.026800	0.00376
5	Head stack flex circuit	3.56E-01	3.55E-01	0.0256000	7.19	0.311000	0.410000	0.00227
6	Latch	1.38E-01	1.38E-01	0.0106000	7.66	0.120000	0.160000	0.00242
7	Motor base	7.63E-01	7.58E-01	0.0483000	6.34	0.675000	0.867000	0.00201
8	PCBA	2.18E+00	2.18E+00	0.1550000	7.12	1.890000	2.500000	0.00225
9	Ramp	2.98E-02	2.96E-02	0.0030200	10.10	0.024400	0.036400	0.00320
10	Recirculation filter	2.04E-04	2.02E-04	0.0000185	9.11	0.000169	0.000242	0.00288
11	Suspension	4.61E-02	4.60E-02	0.0034900	7.56	0.039700	0.053300	0.00239
12	Top cover	2.35E-01	2.33E-01	0.0163000	7.00	0.201000	0.266000	0.00221
13	VCM Coil	3.31E-02	3.32E-02	0.0030600	9.18	0.027600	0.039700	0.00290
	รวม	4.38E+00	-	-	-	3.78E+00	5.06E+00	-

ตาราง ค15 ผลการวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนรวมของฐานข้อมูลในงานวิจัยนี้และ Ecoinvent

ลำดับ	แหล่งฐานข้อมูล	ค่าเฉลี่ย (kg CO ₂ -eq)	ค่ามัธยฐาน (kg CO ₂ -eq)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สัมประสิทธิ์การแปรผัน (%)	ค่าความเชื่อมั่น		ความผิดพลาดมาตรฐาน ของค่าเฉลี่ย
						2.5%	97.5%	
1	งานวิจัยนี้	4.25	4.25	0.1650000	3.88	3.97	4.61	0.00123
2	Ecoinvent	3.61	3.51	0.6420000	17.80	2.65	4.98	0.00563

ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์ความไวของข้อมูล

การวิเคราะห์ความไวที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 ทำการศึกษา 2 กรณี ได้แก่ การศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบเฉพาะส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และการศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มีผลการศึกษาแสดงดังตาราง ง1 และ ง2

ตาราง ง2 ผลการวิเคราะห์ความไวของวัฏจักรชีวิตคาร์บอนไดออกไซด์

ลำดับ	รายการตัวแปร	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมตามอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปร (kg CO ₂ -eq)										
		-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	+10%	+20%	+30%	+40%	+50%
1	ปริมาณวัตถุดิบหลัก	14.10	14.41	14.72	15.02	15.33	15.64	15.94	16.25	16.55	16.86	17.16
2	พลังงานไฟฟ้าในการผลิต	15.21	15.29	15.38	15.46	15.55	15.64	15.72	15.81	15.89	15.98	16.06
3	อายุการใช้งาน	10.14	11.23	12.33	13.43	14.53	15.64	16.73	17.83	18.93	20.03	21.13
4	พลังงานไฟฟ้าในการประกอบ	15.15	15.25	15.35	15.44	15.54	15.64	15.73	15.83	15.92	16.02	16.11
5	ชั่วโมงการทำงานปกติ	11.31	12.18	13.04	13.91	14.77	15.64	16.50	17.36	18.23	19.09	19.96
6	กำลังไฟฟ้าในโหมดการทำงานปกติ	10.72	11.71	12.69	13.67	14.65	15.64	16.62	17.60	18.58	19.56	20.54
7	กำลังไฟฟ้าในโหมดการเตรียมพร้อมใช้งาน	15.05	15.16	15.28	15.40	15.52	15.64	15.75	15.87	15.99	16.10	16.22
8	ปริมาณขยะแบบฝังกลบ	15.52	15.54	15.56	15.59	15.61	15.64	15.66	15.68	15.71	15.73	15.75

ภาคผนวก จ

แบบสำรวจเก็บข้อมูลและข้อมูลการคำนวณ

จ1 แบบสำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ (General information of enterprise)	
ชื่อบริษัท (Name)	
สถานที่ตั้ง (Address)	
โทรศัพท์ (Tel)	
โทรสาร (Fax)	
ทุนจดทะเบียน (Capital)	
จำนวนพนักงาน (Number of employees)	
ลักษณะธุรกิจ (Nature of business)	
กลุ่มลูกค้า (Customers)	

ผู้ติดต่อประสานงาน

ผู้ติดต่อ/ประสานงาน (Contact / Coordinator)	
ชื่อ-สกุล (Name-surname)	
ตำแหน่ง (Position)	
โทรศัพท์ (Tel)	
โทรสาร (Fax)	
E-mail	

ข้อมูลผลิตภัณฑ์

ข้อมูลผลิตภัณฑ์ (Product information)			
ชื่อผลิตภัณฑ์ (Product name)	ปริมาณการผลิตต่อปี (Quantity produced per year)	หน่วย (Unit)	ชิ้นส่วน HDD (ใช้/ไม่ใช้)
1)			(โปรดเลือก)
2)			(โปรดเลือก)
3)			(โปรดเลือก)

ลักษณะการใช้พลังงาน

ลักษณะการใช้พลังงาน (Energy profile)	
หม้อแปลงไฟฟ้า (จำนวน)	_____ ชุด ขนาดรวม _____ kVA
การใช้เชื้อเพลิง	
1. ประเภทเชื้อเพลิง	_____ ค่าเชื้อเพลิง _____ บาท/หน่วย
2. ประเภทเชื้อเพลิง	_____ ค่าเชื้อเพลิง _____ บาท/หน่วย
พลังงานอื่น ๆ (โปรดระบุ)	_____

อุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงาน

อุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงาน (Primary energy equipment)	
หม้อไอน้ำ (Boiler) (จำนวน)	_____ ชุด ขนาดรวม _____ ตัน/ชั่วโมง
เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) (จำนวน)	_____ ชุด ขนาดรวม _____ ตันความเย็น
อุปกรณ์อื่น ๆ (โปรดระบุ)	_____

ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า

ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า (Electricity costs)						
เดือน	Maximum Demand (kW)			พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)		
	On Peak	Partial Peak	Off Peak	On Peak	Partial Peak	Off Peak
1						
2						
3						

รายละเอียดการใช้เชื้อเพลิง

รายละเอียดการใช้เชื้อเพลิง (Details of fuel consumption)				
เดือน	เชื้อเพลิงประเภทที่ 1		เชื้อเพลิงประเภทที่ 2	
	ปริมาณที่ใช้	หน่วย	ปริมาณที่ใช้	หน่วย
1		(โพรดเลือก)		(โพรดเลือก)
2		(โพรดเลือก)		(โพรดเลือก)
...		(โพรดเลือก)		(โพรดเลือก)
12		(โพรดเลือก)		(โพรดเลือก)

ข้อมูลของระบบสนับสนุนในการผลิต

ระบบแสงสว่าง						
พื้นที่	หลอดไฟ		บัลลาสต์		จำนวน (หลอด)	การใช้งาน (ชั่วโมง/วัน)
	ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)		
สำนักงาน						
การผลิต						

ระบบปรับอากาศและทำความเย็น						
พื้นที่	ชนิดเครื่อง	ขนาด (Ton หรือ Btu/h)	จำนวน (เครื่อง)	ประเภทสาร ทำความเย็น	ปริมาณ (kg/ปี)	การใช้งาน (ชั่วโมง/วัน)
สำนักงาน						
การผลิต						

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า					
พื้นที่	รายการอุปกรณ์	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	จำนวน (เครื่อง)	การใช้งาน (ชั่วโมง/วัน)
สำนักงาน					
การผลิต					

รายการสารขาเข้าและสารขาออกของโรงงาน

รายการสารขาเข้า				
สารขาเข้า (Input)	กระบวนการที่ 1		กระบวนการที่ 2	
	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบและสารเคมี				
1)				
2)				
บรรจุภัณฑ์และวัสดุอื่น ๆ				
1)				
2)				
พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง				
1)				
2)				

รายการสารขาออก				
สารขาออก (Output)	กระบวนการที่ 1		กระบวนการที่ 2	
	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย
ขยะและของเสีย				
1)				
2)				
มลพิษทางน้ำ				
1)				
2)				
มลพิษทางอากาศ				
1)				
2)				



รายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกของโรงงาน

รายละเอียดสารขาเข้า									
สารขาเข้า (Input)	วัตถุดิบ/วัสดุ/สารเคมี		สัดส่วนของแหล่งที่มา (%)		การขนส่งจากต่างประเทศ		การขนส่งภายในประเทศ		ระยะทาง (km)
	ประเภท	IUPAC	CAS No.	ในประเทศ	ต่างประเทศ	รูปแบบขนส่ง	ระยะทาง (km)	รูปแบบขนส่ง	
วัตถุดิบและสารเคมี									
1)									
2)									
บรรจุภัณฑ์และวัสดุอื่น ๆ									
1)									
2)									
เชื้อเพลิง									
1)									
2)									

รายละเอียดสารขาออก	
ขยะและของเสีย	วิธีการกำจัด
1)	
2)	

จ2 ข้อมูลที่ใช้ในการคิดคำนวณปริมาณของมลพิษทางอากาศ

ตาราง จ1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความหนาแน่นของอากาศ

อุณหภูมิ (°C)	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m ³)
+40	1.1266
+35	1.1455
+30	1.1644
+25	1.1839
+20	1.2041
+15	1.2250
+10	1.2466
+5	1.2690
0	1.2920
-5	1.3163
-10	1.3413
-15	1.3673
-20	1.3943
-25	1.4224

ที่มา: Mott (2006)

จ3 ข้อมูลสถิติการส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และการนำเข้าคอมพิวเตอร์แบบพกพา

ตาราง จ2 สถิติการส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของประเทศไทย (ที่มา: กรมศุลกากร, 2554)

ประเทศ	FOB Value (บาท)						รวม
	มี.ย. 52 - พ.ย. 52	ธ.ค. 52 - พ.ค. 53	มี.ย. 53 - พ.ย. 53	ธ.ค. 53 - มี.ค. 54			
UNITED ARAB EMIRATES	5,425,839	15,782,052	2,629,610	310,062			24,147,563
NETHERLANDS ANTILLES	1,978,631	0	0	0			1,978,631
ARGENTINA	0	0	0	455			455
AUSTRALIA	80,661	0	196,281	335,218			612,160
BAHRAIN	0	0	0	1,800			1,800
BELGIUM	60,820,598	99,455,861	24,945,061	11,138,132			196,359,652
BRAZIL	0	40,279,535	0	0			40,279,535
CANADA	9,737,903	7,862,471	0	0			17,600,374
SWITZERLAND	0	0	0	0			0
CHINA	23,366,625,958	25,934,212,486	25,310,357,285	12,049,541,828			86,660,737,557
CZECH REPUBLIC	95,771,591	149,542,466	132,837,093	279,060,301			657,211,451
GERMANY	522,068,289	466,267,117	387,413,660	197,058,263			1,572,807,329
FINLAND	6,586,133	6,810,414	0	0			13,396,547

ประเทศ	FOB Value (บาท)							
	มิ.ย. 52 - พ.ย. 52	ธ.ค. 52 - พ.ค. 53	มิ.ย. 53 - พ.ย. 53	ธ.ค. 53 - มี.ค. 54	รวม			
FRANCE	0	0	0	1,925	1,925			
UNITED KINGDOM	49,691,604	31,294,862	53,802,809	83,072,147	217,861,422			
HONG KONG	5,142,291,921	4,177,940,331	6,338,296,113	5,899,194,152	21,557,722,517			
HONDURAS	2,660	0	0	0	2,660			
HUNGARY	74,734,751	45,143,371	34,928,409	25,040,811	179,847,342			
INDONESIA	0	0	5,016	3,869	8,885			
IRELAND	72,162,515	107,444,131	171,718,981	178,224,831	529,550,458			
ISRAEL	4,546,104	1,002,457	0	0	5,548,561			
INDIA	334	0	0	3,067	3,401			
ITALY	0	0	0	3,646	3,646			
JAPAN	3,212,477,550	3,170,656,512	2,681,667,807	1,709,307,220	10,774,109,089			
CAMBODIA	0	0	0	0	0			
KOREA,R	125,440,104	135,529,570	124,864,899	125,937,826	511,772,399			
LAO REPUBLIC	82,553	9,480	25,700	37,075	154,808			
MYANMAR	0	0	45,520	184,894	230,414			
MAURITIUS	0	0	0	8	8			

ประเทศ	FOB Value (บาท)						รวม
	มี.ย. 52 - พ.ย. 52	ธ.ค. 52 - พ.ค. 53	มี.ย. 53 - พ.ย. 53	ธ.ค. 53 - มี.ค. 54	รวม	รวม	
MEXICO	300,910,265	363,472,677	261,692,257	142,022,074	1,068,097,273		
MALAYSIA	590,528,724	629,287,685	191,656,916	93,031,905	1,504,505,230		
NETHERLANDS	941,383,135	1,725,769,706	908,012,982	574,113,240	4,149,279,063		
PHILIPPINES	783,355	509,847	403,390	114,944	1,811,536		
POLAND	69,212,449	127,352,628	49,293,120	23,380,896	269,239,093		
SINGAPORE	618,757,232	697,509,771	924,289,435	892,713,756	3,133,270,194		
TUNISIA	0	0	0	13,298,007	13,298,007		
TURKEY	0	0	0	170,228	170,228		
TAIWAN PROVINCE OF CHINA	153,548,728	171,112,895	278,981,403	165,970,511	769,613,537		
UNITED STATES MINOR	2,128,922	0	0	0	2,128,922		
UNITED STATES	3,366,719,079	2,991,507,883	2,552,663,885	1,955,006,092	10,865,896,939		
VIETNAM	0	0	0	0	0		
SOUTH AFRICA	2,432,248	0	0	897	2,433,145		
รวม	38,796,929,836	41,095,756,208	40,430,727,632	24,418,280,080	144,741,693,756		

หมายเหตุ: FOB Value ย่อมมาจาก Free On Board Value หมายถึง ราคาสินค้า ณ ด้านศุลกากรส่งออก โดยไม่รวมค่าประกันภัยและค่าขนส่งจากด้านศุลกากรส่งออกไปต่างประเทศ

ตาราง ๑3 สถิติการนำเข้าคอมพิวเตอร์แบบพกพาของประเทศไทย (ที่มา: กรมศุลกากร, 2554)

ประเทศ	CIF Value (บาท)					
	มิ.ย. 52 - พ.ย. 52	ธ.ค. 52 - พ.ค. 53	มิ.ย. 53 - พ.ย. 53	ธ.ค. 53 - มี.ค. 54	รวม	
UNITED ARAB EMIRATES	276,350	551,153	21,523	14,505	863,531	
NETHERLANDS ANTILLES	0	0	0	0	0	
AFGHANISTAN	0	0	0	5,345	5,345	
ANGOLA	7,589	0	0	0	7,589	
AUSTRIA	221,144	939,680	0	82,252	1,243,076	
AUSTRALIA	1,107,367	671,469	1,091,343	407,845	3,278,024	
BOSNIA AND HERZEGOVINA	0	0	33,669	0	33,669	
BELGIUM	52,034	392,154	111,289	32,927	588,404	
BAHRAIN	0	19,849	0	0	19,849	
BRUNEI DARUSSALAM	0	0	5,000	0	5,000	
CANADA	213,226	975,247	403,754	365,108	1,957,335	
SWITZERLAND	233,473	219,426	158,537	493,613	1,105,049	
CHINA	13,203,789,760	10,375,983,466	14,541,002,712	8,745,233,123	46,866,009,061	
CZECH REPUBLIC	479,986	736,192	166,711	0	1,382,889	
GERMANY	3,844,788	2,565,756	3,014,448	1,587,193	11,012,185	
DENMARK	125,022	656,163	52,535	698,953	1,532,673	

ประเทศ	CIF Value (บาท)					รวม
	ม.ย. 52 - พ.ย. 52	ธ.ค. 52 - พ.ค. 53	มิ.ย. 53 - พ.ย. 53	ธ.ค. 53 - มี.ค. 54	รวม	
DOMINICAN REPUBLIC	5,353	0	0	0	5,353	
SPAIN	30,809	0	29,394	0	60,203	
FINLAND	67,417	53,616	160,920	57,602	339,555	
FRANCE	293,774	1,510,136	230,149	177,130	2,211,189	
UNITED KINGDOM	1,144,829	1,274,787	1,284,380	2,267,755	5,971,751	
HONG KONG	4,639,419	3,974,314	17,836,201	5,899,049	32,348,983	
HUNGARY	0	19,869	183,743	100,670	304,282	
INDONESIA	56,025	7,674,694	92,271	175,786	7,998,776	
IRELAND	413,593	217,819	317,708	18,727	967,847	
ISRAEL	17,379	0	62,317	0	79,696	
INDIA	63,140	35,070	78,177	19,586	195,973	
IRAQ	18,212	47,271	0	19,673	85,156	
IRAN	0	0	0	0	0	
ITALY	732,433	42,705	75,788	11,724	862,650	
JAPAN	90,871,996	67,727,456	57,790,536	43,466,319	259,856,307	
CAMBODIA	0	19,459	32,350	42,296	94,105	
KOREA,R	2,262,887	2,960,861	1,079,014	335,791	6,638,553	

ประเทศ	CIF Value (บาท)					รวม
	ม.ย. 52 - พ.ย. 52	ธ.ค. 52 - พ.ค. 53	มิ.ย. 53 - พ.ย. 53	ธ.ค. 53 - มี.ค. 54		
LAO REPUBLIC	5,442	0	0	0	5,442	
LEBANON	0	0	0	10,155	10,155	
SAINT LUCIA	0	0	0	0	0	
LUXEMBOURG	61,606	0	0	38,990	100,596	
MALDIVES	14,813	0	0	0	14,813	
MEXICO	72,787	311,479	656,892	0	1,041,158	
MYANMAR	0	5,000	0	0	5,000	
MALAYSIA	278,130,134	242,330,338	71,270,768	4,786,098	596,517,338	
NIGERIA	24,655	33,375	0	0	58,030	
NETHERLANDS	272,788	69,737	212,948	37,476	592,949	
NORWAY	0	0	63,434	15,277	78,711	
NEW ZEALAND	113,346	183,883	227,836	96,864	621,929	
OMAN	0	10,000	0	0	10,000	
PHILIPPINES	214,828	9,334,855	63,843	51,677	9,665,203	
PAKISTAN	0	0	15,000	0	15,000	
POLAND	0	311,847	0	0	311,847	
PORTUGAL	0	8,774	0	0	8,774	

ประเทศ	CIF Value (บาท)						รวม
	มี.ย. 52 - พ.ย. 52	ธ.ค. 52 - พ.ค. 53	มี.ย. 53 - พ.ย. 53	ธ.ค. 53 - มี.ค. 54	รวม	รวม	
PALAU	27,791	0	0	0	0	27,791	
RUSSIAN FEDERATION	0	0	0	0	0	0	
SAUDI ARABIA	11,468	0	22,200	5,000	38,668		
SWEDEN	1,039,178	201,641	685,031	733,741	2,659,591		
SEYCHELLES	0	997,059	10,491,473	1,624,918	13,113,450		
SINGAPORE	36,924,891	63,942,436	81,842,421	59,335,521	242,045,269		
THAILAND	1,274,165	354,789	612,569	473,353	2,714,876		
TURKEY	0	0	3,765	20,000	23,765		
TAIWAN PROVINCE OF CHINA	15,079,068	4,187,629	45,484,444	6,691,751	71,442,892		
UNITED STATES	5,419,874	8,074,297	18,973,811	8,099,003	40,566,985		
VIETNAM	70,679	67,919	62,368	29,591	230,557		
SOUTH AFRICA	87,855	0	65,935	55,211	209,001		
OTHER COUNTRY	0	0	251,776	34,535	286,311		
รวม	13,649,813,373	10,799,693,670	14,856,320,983	8,883,652,133	48,189,480,159		

หมายเหตุ: CIF Value ข้อมาจาก Cost, Insurance and Freight Value หมายถึง ราคาสินค้ารวมกับค่าประกันภัยและค่าขนส่งถึงด่านศุลกากรที่นำสินค้าเข้ามา
ราชอาณาจักร

ภาคผนวก ฉ
บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่



การถ่ายทอด
พลังงานความร้อนและมวล
ในอุปกรณ์ตามความร้อนและกระบวนการ
(ครั้งที่ 10)

และการร่วมฉลองการก้าวเข้าสู่ปีที่ 72
ของศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์

The 10th Conference on Energy
Heat and Mass Transfer in Thermal Equipments
and Processes in Commemoration to the Pace
of the 72nd Year of Professor Dr. Prida Wibulsawas



วันที่ 10-11 มีนาคม 2554
ณ โรงแรม เชียงใหม่แกรนด์วิว จังหวัดเชียงใหม่
ห้องประชุมแกรนด์บอลรูมทางออกเทพ ศาลาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
27. การประเมินวัฏจักรชีวิตขอโรงไฟฟ้าชุมชนแก๊สชีวภาพขนาด 100 kWe ปราณี หนูทองแก้ว, จอมภพ แวตักดิ์, ชูสิทธิ์ณ คงเรือง และ สุภาวรรณ ฐิระวาณิชกุล	145
28. การศึกษาพฤติกรรมความเสี่ยงของการไหลหมุนควงต่อการถ่ายเทความร้อนในท่อ ที่มีการติดตั้งแผ่นใบพัดที่ต้นท่อ พยุขะ ทองชุม, สมศักดิ์ เพ็ชรกุล, วิชัญ คงเกียรติใหญ่ และ สมิทธิ์ เอี่ยมสะอาด	151
29. การศึกษาระบบไมโครเวฟสำหรับป้อนคอนกรีตของผิวจราจร พรเจริญ ธานี, บรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ, ณัฐรี มากุล และ ผดุงศักดิ์ วัฒนเศโร	158
30. การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการเลือกขนาดระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พลัมภ์ วัฒนเลิศ และ ณัฐณี วรรณ	163
31. อิทธิพลของจำนวนครีบภายในห้องเผาไหม้รูปทรงสี่เหลี่ยมต่อคุณลักษณะการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊ส ศิษิษฐ สุสา, ชินวัจน์ เขียวพงษ์ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์	170
32. การลดการใช้พลังงานในหัวเผาท่อไอ้โดยการใช้ระบบเก็บสะสมพลังงานความร้อน แบบกึ่งการวัดที่มีการไหลแบบบายพาส ภคภค เสาร์เรือน, ณัฐณี วรรณ, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ อติพงษ์ นันทพันธุ์	175
33. การวิเคราะห์พลังงานและต้นทุนของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากของเสียในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภพร แสนสิ่ง, ณัฐณี วรรณ, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ เหมือนจิต แจ่มศิลป์	184
34. การเพิ่มสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบร่องขนานด้วยการติดตั้งสามเหลี่ยมรูปตัววี ภายใต้ฉนวน ฟูนพงษ์, ภูติช ชัยดีลพัฒนากุล และ พงษ์เจต พรหมวงศ์	190
35. ผลของเวลาที่อัลตราโซนิกที่มีผลต่อการผลิตน้ำมันผสมดีเซลและเมทาดีนใน รูปอิมัลชันเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก วรพจน์ ไพธาเจริญ, เศรษฐ์ สัมภักตะกุล, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ กิติพงษ์ นาคภักดิ์	196
36. การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อวัฏจักรชีวิตของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชน วรินทร์ บุลศรี และ เศรษฐ์ สัมภักตะกุล	201
37. การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วลมร้อนต่อการอบแห้งพอร์ซเลนเซรามิก วราคม วงศ์ชัย และ อนุชา พรหมวังษา	207
38. การประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ วรุณ วัชกุลกานต์, เอกพร นวภานันท์, ณัฐณี วรรณ และ เศรษฐ์ สัมภักตะกุล	213
39. การพัฒนาห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่มีระบบก๊าซซีไอเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริมสำหรับการอบแห้งผลผลิตทางเกษตร วสันต์ ปิยะเต, วาสนา คำโสภา, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, ณัฐณี วรรณ และ ณัฐวุฒิ คุชฎี	219
40. การหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์การการศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ วัชรพงษ์ ทรงกรวด, ชรินทร์ทา ฤทธิมันต์ และ วรพจน์ อังสิทธิ์	224

การประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ Life Cycle GHGs Assessment of Hard Disk Drive

วรุณ รักสกุลกานต์
เอกพร นวภานันท์
ณัฐณี วรายศ
เศรษฐ์ สัมภักตะกุล
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ : 0-5394-4146
E-mail: varoon_n@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะโลกร้อนหรือก๊าซเรือนกระจกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก อีกทั้งเป็นอุปกรณ์พื้นฐานของผลิตภัณฑ์หลายชนิดโดยเฉพาะเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต หน่วยหน้าที่ของการศึกษาคือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 1 ชิ้น ขนาด 2.5 นิ้ว อายุการใช้งาน 4 ปี ขอบเขตการศึกษาครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การประกอบ การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัด ผลจากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 ด้วยวิธี IPCC 2007 พบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 19.8 kg CO₂-eq ขั้นตอนการใช้งานก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากกระบวนการนี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนกลไกการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ รองลงมาคือขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ดังนั้นการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้งานจึงควรมุ่งเน้นไปที่การวิจัยและพัฒนาออกแบบให้ระบบการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract

This study aims to assess the life cycle environmental impact in global warming or greenhouse gases of hard disk drive (HDD), a product that is used widely in Thailand and around the world as well as a basic equipment of many kinds of products, especially electrical appliances and electronics using Life Cycle Assessment (LCA). The functional unit is a 2.5-inch hard disk drive, life span 4 years. System boundary includes the entire life cycle of the product, including pre-manufacturing (raw material production), manufacturing, assembly, transportation, use and disposal. The LCA is constructed by SimaPro software version 7.1 and expressed with IPCC 2007 life cycle impact assessment method. The established LCA study shows that a greenhouse gas emissions (GHG) over the life cycle of a hard disk drive were 19.8 kg CO₂-eq. The use phase of such devices is one of the most contributing processes because this process consumes electricity to drive the mechanism of the hard disk drive, followed by the pre-manufacturing phase. Possible ways of improving the environmental burden should focus on research and development the hard disk drive with electricity consumption efficiency.

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและกิจกรรมการค้าเงินชีวิตของมนุษย์ รวมทั้งเป็นปัจจัยที่ทำให้ประเทศมีการพัฒนาขับเคลื่อนไปข้างหน้า โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนาจะพบว่าอัตราการใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ สำหรับประเทศไทยความต้องการใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี จากข้อมูลการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำนวนตามสาขาเศรษฐกิจในปีพ.ศ. 2552 พบว่า ภาคอุตสาหกรรม

การผลิตมีการใช้พลังงานสูงถึงร้อยละ 35.7 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของประเทศ [1] จึงทำให้ภาคนี้เป็นภาคเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ มีพลังงานเป็นตัวแปรสำคัญในการพัฒนาภาคอุตสาหกรรม เพราะว่าการผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคจำเป็นต้องใช้พลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม สำหรับผลิตภัณฑ์สำคัญในกลุ่มนี้คือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และส่วนประกอบ โดยในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยสามารถส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ทั้งที่สำเร็จรูปและเป็นชิ้นส่วนได้สูงถึง 537,118 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ

214 การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวล
ในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ
(ครัวที่ 10)

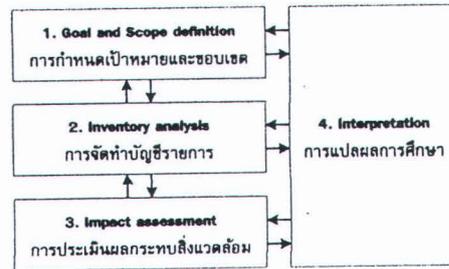
ละ 37.18 ของการส่งออกสินค้าไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด และคิดเป็นร้อยละ 10.33 ของการส่งออกโดยรวมของทั้งประเทศ [2]

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ประเทศไทยได้ก้าวขึ้นมาเป็นฐานการผลิตและส่งออกรหัสอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญของโลก ทำให้อุตสาหกรรมนี้มีการพัฒนาเจริญเติบโตเพื่อแข่งขันอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การใช้วัสดุดิบ สารเคมี พลังงาน และมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ประกอบกับปัจจุบันได้มีกติกากันทางการค้าในรูปแบบอื่นนอกจากกำแพงภาษี กล่าวคือ มีการใช้มาตรการด้านสิ่งแวดล้อมมาเป็นตัวกีดกันทางการค้า เช่น การแสดงเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint: CFP) ของผลิตภัณฑ์ การปฏิบัติตามระเบียบว่าด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Waste from Electrical and Electronic Equipment: WEEE) ระเบียบว่าด้วยการห้ามใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Restriction of the use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment: RoHS) เป็นต้น อีกทั้งมีการบังคับใช้มาตรฐานข้อปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นจริยธรรม และจรรยาบรรณในการดำเนินธุรกิจของกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Industry Code of Conduct: EICC) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเตรียมการอย่างเร่งด่วน เพื่อรองรับกับมาตรการด้านการค้าและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังเป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นภายในประเทศได้ในขณะเดียวกันอีกด้วย

จากประเด็นดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะโลกร้อนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัสดุดิบ การผลิต การประกอบ การขนส่ง การใช้ งาน และการกำจัด ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คือ ฐานข้อมูลการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ รวมถึงแนวทางช่วยในการตัดสินใจปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง

2. วิธีการศึกษา

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product: CFP) หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัสดุดิบ การประกอบชิ้นส่วน การขนส่ง การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂-eq) [3] การประเมิน CFP ด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 [4] ดังรูปที่ 1 มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory: LCI) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) และการแปลผล (Interpretation) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 วิธี IPCC 2007 สำหรับประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

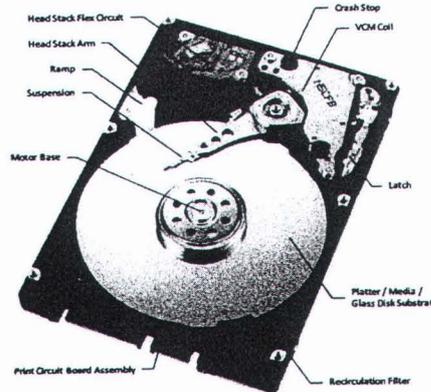


รูปที่ 1 ขั้นตอนการประเมิน LCA

2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

2.1.1 การกำหนดเป้าหมาย

- ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
- จัดทำฐานข้อมูลการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ การปล่อยของเสียออกสู่อากาศ และนำตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการศึกษารประเมินวัฏจักรชีวิตสำหรับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ในประเทศไทย
- ทราบถึงแนวทางการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2.1.2 หน่วยหน้าที่ของการศึกษา

กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับกำหนดการวัดหรือเก็บข้อมูลของสารเข้าและสารออกจากระบบที่ศึกษา ในงานวิจัยนี้ หน่วยหน้าที่ของการศึกษา (Functional unit: FU) คือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 1 ชิ้น ขนาด 2.5 นิ้ว อายุการใช้งาน 4 ปี ใช้เป็นอุปกรณ์หลักภายในคอมพิวเตอร์แบบพกพา

2.1.3 การกำหนดขอบเขตงานวิจัย

- จัดทำบัญชีรายการของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ครอบคลุมทั้งหมด 13 ส่วนประกอบ ดังรูปที่ 2 โฉนดแผ่นกรองอากาศภายนอก (Breather Filter) ตัวป้องกันการชน (Crash Stop) แผ่นจานบันทึกข้อมูล (Glass Disk Substrate) แขนหัวอ่าน (Head Stack Arm) ชุดประกอบวงจรมอเตอร์ชนิดอ่อน (Head Stack Flex Circuit) ตัวล็อกแขนหัวอ่าน (Latch) ชุดมอเตอร์ (Motor Base) แผงวงจรมอเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์สำเร็จรูป (Print Circuit Board Assembly: PCBA) ตัวพักหัวอ่าน (Ramp) แผ่นกรองอากาศภายใน (Recirculation Filter) แขนยึดหัวอ่าน-เขียน (Suspension) ฝาปิดด้านบน (Top Cover) และชุดมอเตอร์ของชุดประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (VCM Coil)
- ขอบเขตการศึกษาของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การประกอบ การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัด (Cradle to Grave) ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เช่น อลูมิเนียม เหล็กกล้า วัสดุพลาสติก หลอดทองแดง แผงวงจรมอเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ และสารเคมีชนิดต่าง ๆ เป็นต้น 2) การผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 3) การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป 4) การขนส่ง 5) การใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เป็นส่วนประกอบหลักในคอมพิวเตอร์แบบพกพา และ 6) การกำจัด รายละเอียดแต่ละขั้นตอนได้อธิบายไว้ในหัวข้อการวิเคราะห์บัญชีรายการ

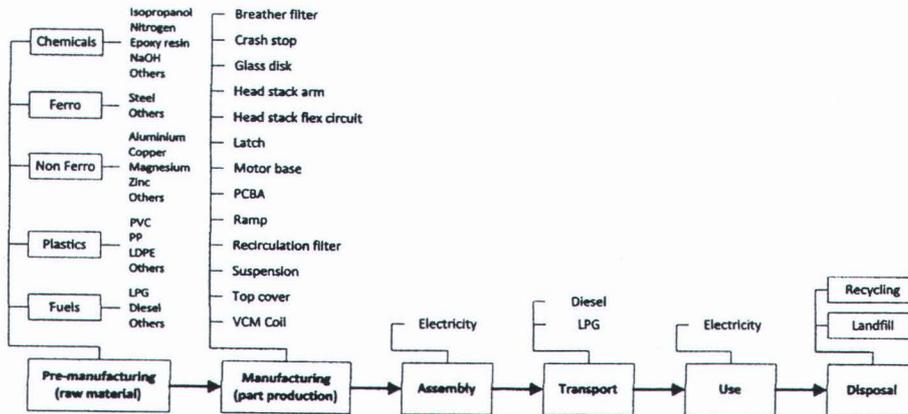
ผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในงานวิจัยนี้ ส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ จึงจำเป็นต้องใช้ฐานข้อมูลจากต่างประเทศ เช่น EcoInvent 2.0 ซึ่งได้จากโปรแกรม SimaPro 7.1 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้รับการยอมรับในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม [5] และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดที่มาของข้อมูลในแต่ละขั้นตอน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แหล่งที่มาของข้อมูลในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต

ขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต	เก็บข้อมูลจากโรงงาน	งานวิจัย / เอกสารอ้างอิง	ฐานข้อมูล SimaPro 7.1
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
- การผลิตเหล็กกล้าไร้สนิม อลูมิเนียม ทองแดง อิพลอน ซีเรียม โพลีเอทิลีน			•
การผลิตส่วนประกอบ			
- การผลิต Breather Filter, Recirculation Filter, Suspension			•
- การผลิต Crash Stop, Glass Disk Substrate, Head Stack Arm, Head Stack Flex Circuit, Latch, Motor Base, PCBA, Ramp, Top Cover, VCM Coil	•		
การประกอบ			•
การขนส่ง			
- การใช้พลังงานในการขนส่ง		•	•
- ระยะทางในการขนส่ง	•		
การใช้งาน		•	
การกำจัดของเสีย			
- ปริมาณขยะของเสีย	•	•	
- การฝังกลบ			•
- การนำกลับมาใช้ใหม่			•

2.1.4 การตั้งสมมติฐานและข้อจำกัดในงานวิจัย

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตจำเป็นต้องใช้ฐานข้อมูลการผลิตวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามข้อมูลดังกล่าวของประเทศไทยมีการเก็บรวบรวมไว้ไม่มากนัก อีกทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการ



รูปที่ 3 ขอบเขตการศึกษาของระบบวัฏจักรชีวิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ

หมายถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต และคำนวณเพื่อหาปริมาณสารเข้า (Inputs) และสารขาออก (Outputs) ของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) ซึ่งรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนนี้ ถูกอธิบายในหัวข้อถัดไป

2.2.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ

เริ่มศึกษาตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบออกจากธรรมชาติ จนได้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนนี้อาศัยจากฐานข้อมูลของต่างประเทศ โดยวัตถุดิบของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีจำนวนมาก ในที่นี้จึงมุ่งเน้นไปที่วัตถุดิบหลัก เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) อลูมิเนียม (Aluminium) ทองแดง (Copper) อีพอกซีเรซิน (Epoxy resin) โพลีเอทิลีน (Polyethylene) และบรรจุภัณฑ์ (Packaging) เป็นต้น

2.2.2 การผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

เป็นขั้นตอนตั้งแต่การนำวัตถุดิบมาผลิตเป็นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่พร้อมส่งต่อไปยังโรงงานประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สำเร็จรูป เนื่องจากส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีจำนวนมาก ในที่นี้จึงเลือกศึกษาส่วนประกอบที่สำคัญ และเป็นคู่ค้าในลำดับที่ 1 (First Tier Supplier) ของโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทั้งหมด 13 ส่วนประกอบที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งข้อมูลในขั้นตอนนี้ได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัทผู้ผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่ของประเทศ โดยวัตถุดิบ สารเคมี พลังงานที่ใช้ และของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แสดงดังรูปที่ 4

2.2.3 การประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ขั้นตอนนี้เป็นการนำส่วนประกอบต่าง ๆ มาประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สำเร็จรูป ข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนนี้อาศัยจากฐานข้อมูลของต่างประเทศ

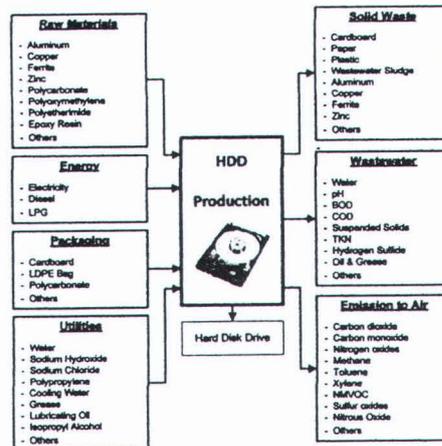
2.2.4 การขนส่ง

ในงานวิจัยนี้การขนส่ง หมายถึง การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และการขนส่งส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปยังโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ข้อมูลของการขนส่งทั้งหมดทำการเก็บรวบรวมจากบริษัทผู้ผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่ของประเทศ ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง (ในหน่วยกิโลกรัมของผลิตภัณฑ์ต่อตันกิโลเมตร) และพลังงานที่ใช้มาจากการคำนวณในโปรแกรม SimaPro 7.1 และฐานข้อมูลการขนส่งโดยรอบรทุกของประเทศไทย ซึ่งคำนวณตามชนิดพาหนะ ระยะทาง และน้ำหนักที่ขนส่ง

2.2.5 การใช้งาน

วัตถุประสงค์ของการใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คือการเก็บบันทึกข้อมูลแบบถาวร ได้แก่ ระบบปฏิบัติการ ระบบการใช้งานของซอฟต์แวร์ โปรแกรมประยุกต์ และข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่บนเครื่อง

คอมพิวเตอร์ ดังนั้นในงานวิจัยการใช้งานหมายถึงขั้นตอนการใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เป็นส่วนประกอบหลักในคอมพิวเตอร์ขนาดพกพาที่ใช้ในสำนักงาน โดยพิจารณาการทำงานออกเป็น 2 โหมด คือ การทำงานปกติ (Active) และการเตรียมพร้อมใช้งาน (Sleep) มีระยะเวลาการใช้งาน 50.25 และ 57.60 ชั่วโมงต่อปีตามลำดับ [6] การบริโภคพลังงานไฟฟ้าสะสมของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตลอดอายุการใช้งาน 4 ปี [6, 7, 8] สามารถได้ทั้งสิ้น 19.60 kWh



รูปที่ 4 สารเข้า-ออกจากการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2.2.6 การกำจัด

เป็นขั้นตอนการกำจัดของเสียจากกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และหลังหมดอายุการใช้งาน โดยทำการพิจารณา 2 กรณี คือ การฝังกลบ (Landfill) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประกอบไปด้วยวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้จำนวนมากและมีส่วนประกอบที่เป็นสารพิษเพียงเล็กน้อย ทำให้มีอัตราการรีไซเคิลมากถึงร้อยละ 90 ของการกำจัดของเสีย และส่วนที่เหลือเป็นการฝังกลบ [9] การจัดการขยะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยปกติจะถูกถอดแยกออกจากคอมพิวเตอร์ก่อน จากนั้นจะถูกนำเข้าสู่เครื่องบด แล้วทำการคัดแยกของเสียที่สามารถรีไซเคิลได้ เช่น พลาสติก เหล็กกล้าไร้สนิม อลูมิเนียม และอื่น ๆ เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบขั้นต้นต่อไป

2.3 การประเมินผลกระทบ

หมายถึงการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการปล่อยของเสียหรือสารเข้าและขาออก ที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม โดยการจำแนกจัดกลุ่ม และเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นการเตรียมข้อมูลไว้ใช้ในการแปลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ต่อไป

ในงานวิจัยนี้ ผลจากการใช้วัตถุดิบ พลังงานและของเสียที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ถูกนำไปคำนวณเพื่อ

ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะโลกร้อนโดยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี IPCC 2007 [10] ซึ่งประกอบด้วยการจำแนกกลุ่มของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Classification) และการตีค่าผลกระทบของแต่ละกลุ่ม (Characterization)

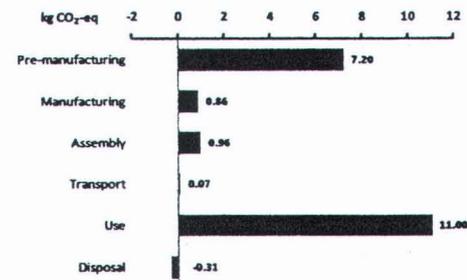
2.4 การแปลผล

เป็นการแปลผลจากขั้นตอนของการประเมินผลกระทบ ทำให้ทราบถึงแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ โดยสามารถชี้ชัดลงไปได้อย่างชัดเจนถึงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และควรมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุง ณ จุดนั้น ๆ เพื่อให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น

3. ผลการศึกษา

3.1 ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

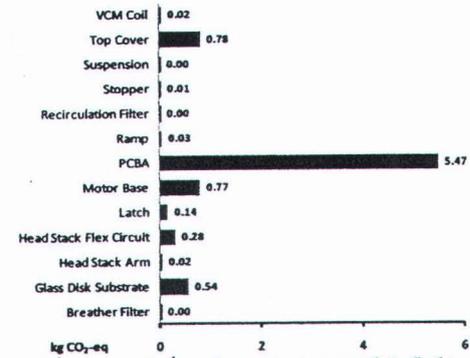
ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แสดงดังรูปที่ 5 ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านภาวะโลกร้อน หรือมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 19.8 kg CO₂-eq สำหรับขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ขั้นตอนการใช้งาน มีการปล่อยทั้งสิ้น 11.0 kg CO₂-eq หรือคิดเป็นร้อยละ 55.6 ของมลพิษทั้งหมด รองลงมาคือขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การประกอบ การผลิต การขนส่ง และการกำจัด ตามลำดับ โดยขั้นตอนการใช้งานปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบถึง 1.5 เท่า และสูงกว่าขั้นตอนการประกอบ 11.4 เท่า สำหรับขั้นตอนการกำจัดของเสียจะเห็นได้ว่าค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีค่าติดลบ เนื่องจากของเสียผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ ทำให้ช่วยลดระยะและของเสียที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ก๊าซเรือนกระจกลดลง 0.3 kg CO₂-eq



รูปที่ 5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

จากที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ทำการพิจารณาทั้งหมด 13 ส่วนประกอบหลัก ดังนั้นเพื่อให้ทราบว่าส่วนประกอบใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด จึงต้องทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบร่วมกับการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แสดงดังรูปที่ 6 พบว่าส่วนประกอบ PCBA เป็นส่วนประกอบหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดถึง 5.5 kg CO₂-eq หรือคิดเป็นร้อยละ 67.9 ของส่วนประกอบทั้งหมด รองลงมาคือ Top

Cover, Motor Base, Glass Disk Substrate, Head Stack Flex Circuit, Latch, Ramp, VCM Coil, Head Stack Arm, Stopper, eather Filter, Suspension และ Recirculation Filter ตามลำดับ โดยปัจจัยหลักที่ทำให้ PCBA ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดมาจากระบวนการผลิตวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมามากถึงร้อยละ 69.9 ของการผลิต PCBA



รูปที่ 6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

การเปรียบเทียบผลการประเมินก๊าซเรือนกระจกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในงานวิจัยนี้กับฐานข้อมูล Ecoinvent [11] ที่ทำการประเมินฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เป็นอุปกรณ์หลักในคอมพิวเตอร์แบบพกพา แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีขอบเขตเหมือนกันตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการประกอบ และไม่รวมการพิจารณา PCBA ในงานวิจัยนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 3.6 kg CO₂-eq พบว่ามีค่าสูงกว่าฐานข้อมูลที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.3 kg CO₂-eq เนื่องมาจากข้อมูลของฐานข้อมูลไม่ได้ทำการพิจารณากระบวนการผลิตส่วนประกอบภายในโรงงาน แต่ทำการเก็บข้อมูลการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นผลิตภัณฑ์เท่านั้น และวิเคราะห์เฉพาะข้อมูลประเภทและน้ำหนักของวัตถุดิบหลัก จึงทำให้ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าความเป็นจริง

ตารางที่ 2 ผลการประเมินก๊าซเรือนกระจกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

การประเมินผลกระทบ ¹	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO ₂ -eq)
งานวิจัยนี้	3.6
ฐานข้อมูล Ecoinvent	2.3

1: ขอบเขตการประเมินผลกระทบไม่รวมการใช้งานและการกำจัด

3.2 การแปลผลวัฏจักรชีวิต และการประเมินเพื่อปรับปรุง

จากผลการศึกษาพบว่า แหล่งสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด มาจากการบริโภคพลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Use) ดังนั้นแนวทางในการลดผลกระทบจึงมุ่งเน้นไปที่เรื่องของการบริโภคพลังงานไฟฟ้า โดยต้องมีการวิจัยและพัฒนาออกแบบให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีอัตราการใช้ไฟฟ้าลดลง

การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวล
ในอุปกรณ์ด้านความถี่และระบบงาน
(ครั้งที่ 10)

อย่างไรก็ตามหากทำการพิจารณาที่ส่วนประกอบหลักของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะเห็นได้ว่า PCBA ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดสาเหตุหลักมาจากการผลิต IC ดังนั้นแนวทางในการลดผลกระทบจึงควรมุ่งเน้นไปที่เรื่องของกระบวนการผลิต IC โดยต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ และเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

4. สรุป

จากผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะโลกร้อนหรือก๊าซเรือนกระจกพบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 19.8 kg CO₂-eq แหล่งสำคัญที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ การบริโภคพลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการใช้งานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาปล่อยก๊าซเรือนกระจกถึง 11.0 kg CO₂-eq หรือคิดเป็นร้อยละ 55.6 ของมลพิษทั้งหมด และหากพิจารณาแยกตามส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์พบว่า PCBA มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 5.5 kg CO₂-eq หรือคิดเป็นร้อยละ 67.9 ของส่วนประกอบทั้งหมด ดังนั้นการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จึงควรมุ่งเน้นไปที่การลดการใช้ไฟฟ้าในขั้นตอนการใช้งาน และการปรับปรุงกระบวนการผลิต IC หรือเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งน่าจะเป็นประเด็นที่นำมาใช้ปรับปรุงกระบวนการให้เหมาะสมต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มผู้ผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ สำหรับความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552. "สถิติพลังงานของประเทศไทยปี 2552." [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.deda.go.th/> (10 สิงหาคม 2553)
- [2] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2552. "กลุ่มรายงานสรุปมูลค่าการส่งออกของไทย." [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www2.ops3.moc.go.th/> (15 สิงหาคม 2553)
- [3] คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. 2552. แนวทางการประเมินคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. บริษัท อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
- [4] Graedel, T. E. 1998. *Streamlined Life-Cycle Assessment*. Prentice Hall: Bell Laboratories, Lucent Technology, School of Forestry and Environmental Studies, Yale University.
- [5] European Commission. 2010. *Tool SimaPro 7* [Online]. Available: <http://ca.jrc.ec.europa.eu/> (2011, January 25)
- [6] Anh Hoang, W. T., Shekar Viswanathan, Howard Evans. 2009. Life Cycle Assessment of a Laptop Computer and its Contribution to Greenhouse Gas Emissions. *School of Engineering and Technology National University, San Diego*.

- [7] Hermann, C. 2008. Environmental footprint of ICT equipment in manufacture, use and end of life. *ECOS Symposium 2008*. Brussel.
- [8] Western Digital. 2011. *Specifications of Mobile Hard Drives, WD Scorpio Blue* [Online]. Available: <http://www.wdc.com/> (2011, January 12)
- [9] Lu, L.-T., Wernick, I. K., Hsiao, T.-Y., Yu, Y.-H., Yang, Y.-M. & Ma, H.-W. 2006. Balancing the life cycle impacts of notebook computers: Taiwan's experience. *Resources, Conservation and Recycling*, 48, 13-25.
- [10] IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, in: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., M.Tignor, Miller, H.L. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [11] Ecoinvent Centre. 2007. ecoinvent data v2.01, ecoinvent reports No. 1-25. CD-ROM, Swiss Centre for Life Cycle Inventories: Duebendorf, Switzerland, Retrieved from www.ecoinvent.org.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายวรุณ รักสกุลกานต์

วัน เดือน ปีเกิด 14 กรกฎาคม 2528

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น
จากโรงเรียนมงฟอร์ตวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2543
สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนมงฟอร์ตวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2546
สำเร็จการศึกษาปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2551

