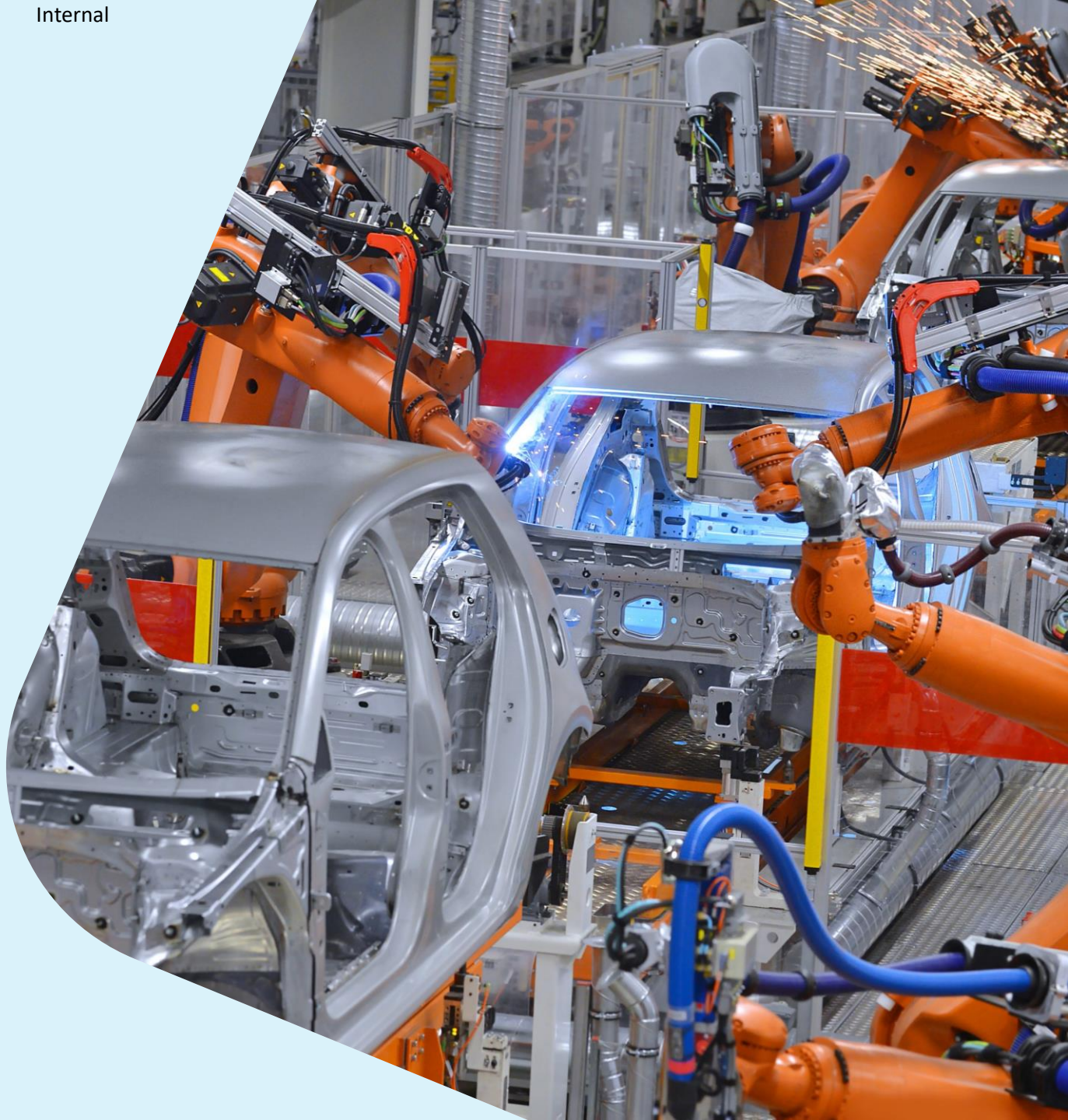
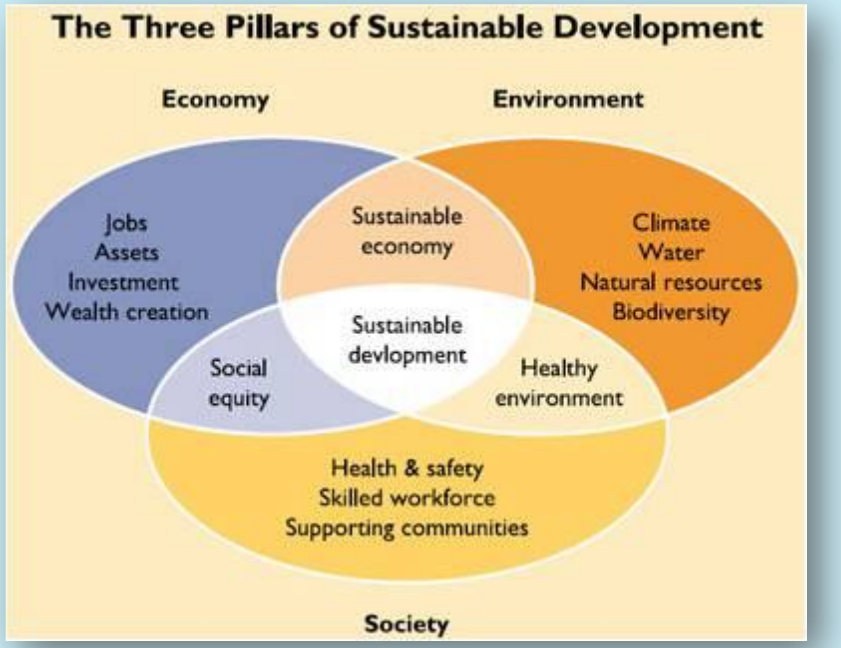


วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตสำหรับผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมยานยนต์ (LCA for automotive industry)

BSI Thailand

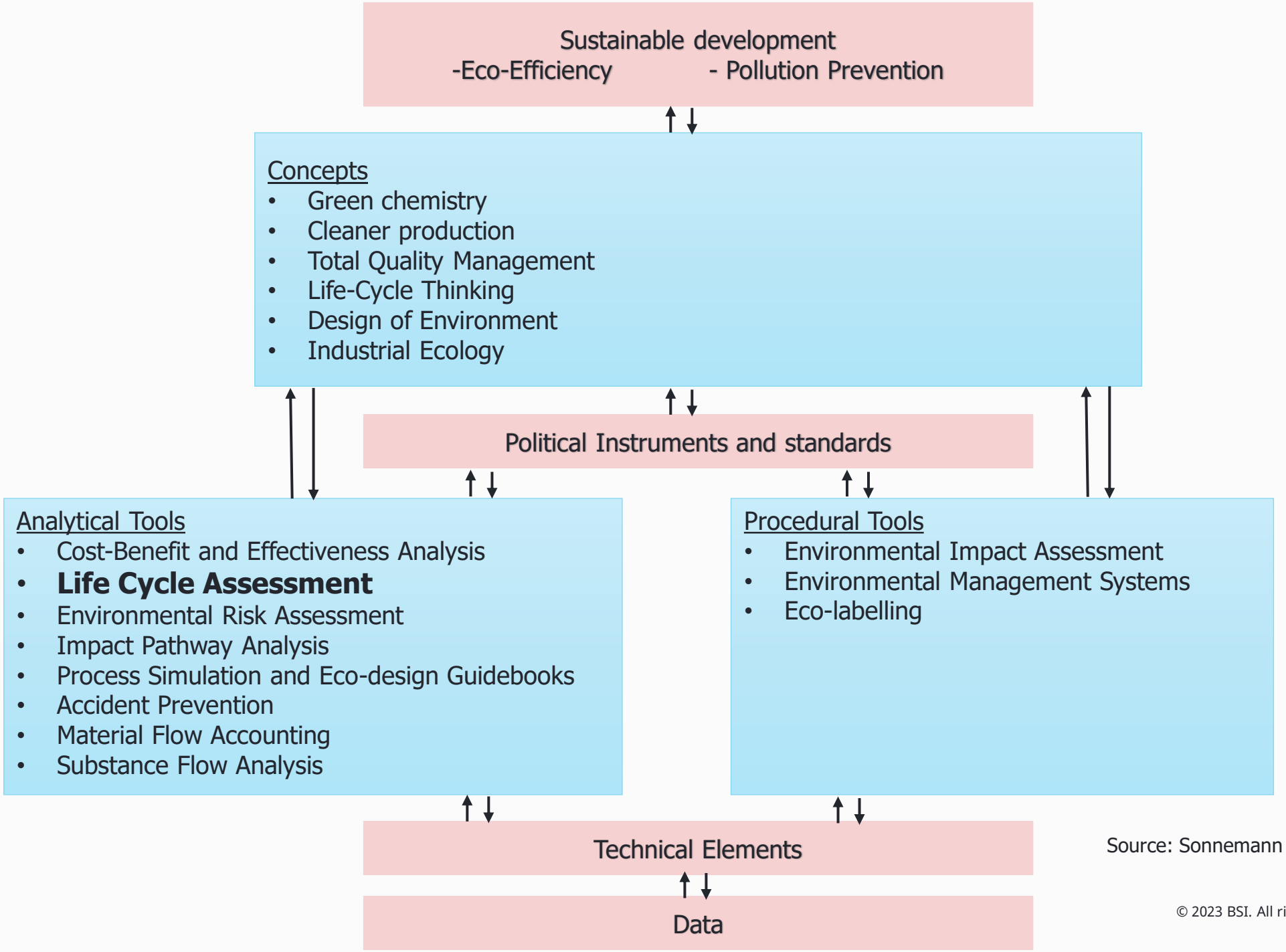
Sustainability – Sustainable Development

- **"Development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (World Commission on Environment and Development, 1987)**



Source: https://utscisgreen.wordpress.com/about/pillars-of-sustainability/

© 2023 BSI. All rights reserved.



Source: Sonnemann et al. 2004.

© 2023 BSI. All rights reserved.

Introduction to Life Cycle Assessment (LCA)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต

Which way are the best for Environment?

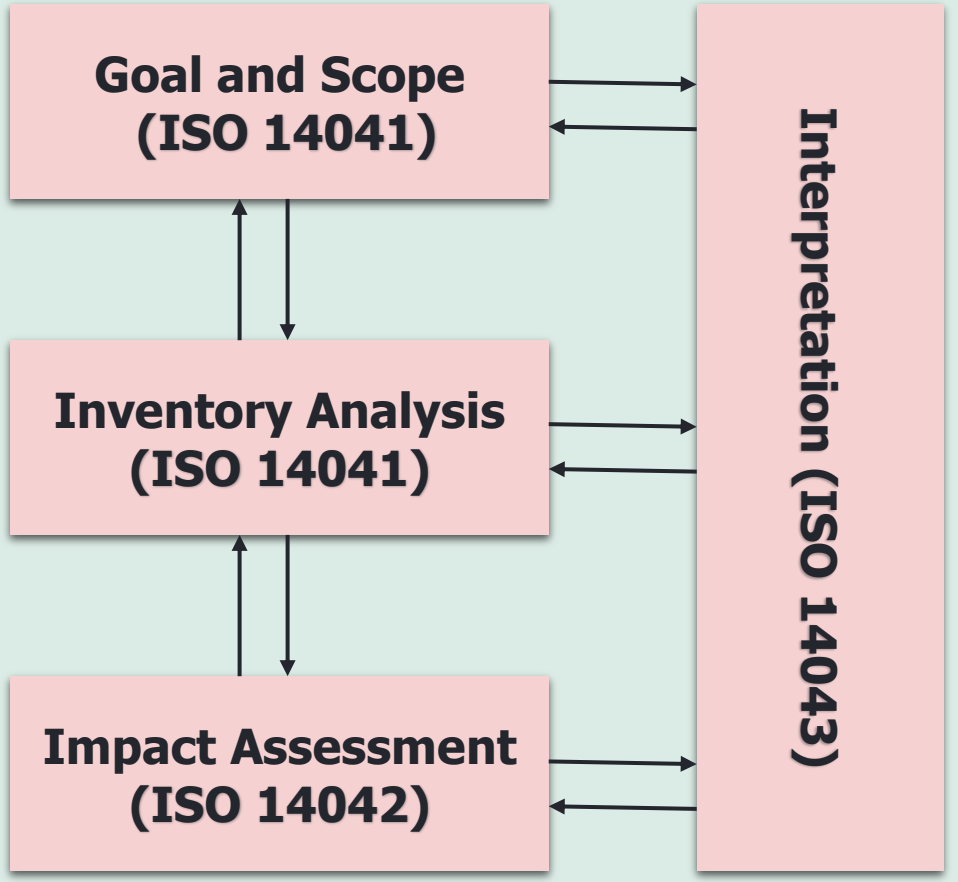
Which decision are the best ones?

How can they be translated from environmental concepts into implementation?

© 2023 BSI. All rights reserved.

What is Life Cycle Assessment (LCA) ?

- **LCA ของผลิตภัณฑ์คือการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวงจรชีวิต ตั้งแต่แหล่งการได้มาของวัตถุดิบจนกระทั่งการกำจัดซาก**



Available at : www. Afnor.fr

Source: http://www.solidworks.com/sustainability/design

© 2023 BSI. All rights reserved.

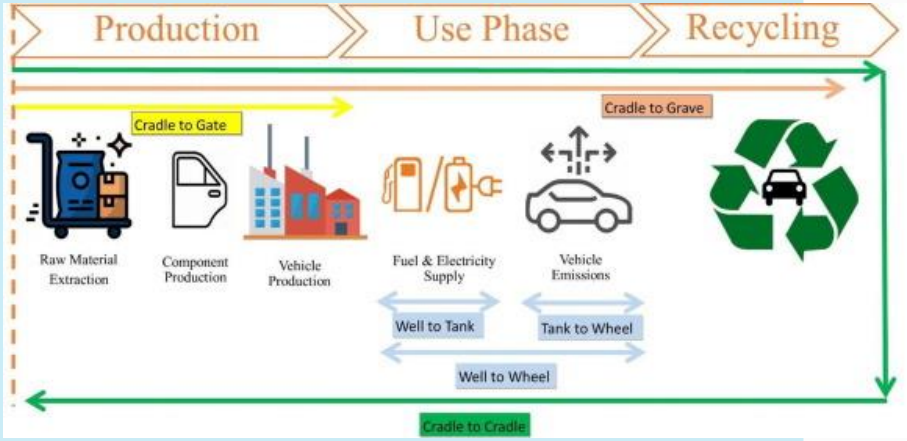
LCA APPLICATION IN THE AUTO INDUSTRY

อุตสาหกรรมยานยนต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องมาตั้งแต่ต้นทศวรรษ 1990 ในตอนนั้น ผู้ผลิตในยุโรปเห็นพ้องต้องกันเกี่ยวกับแนวทางการใช้งาน LCA ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งมีการนำเสนอในการประชุมระดับนานาชาติหลายครั้ง (ACEA, 2021)

ผู้ผลิตใช้วิธีการประเมิน LCA เป็นการสื่อสารภายในเป็นหลัก แม้ว่าผลลัพธ์บางส่วนจะได้รับการเผยแพร่สู่ภายนอกก็ตาม

การประเมิน LCA ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ 3 ด้านหลัก ดังนี้

- **Hot spot analysis / improvements**
- **Research to inform technical developments**
- **Internal steering of decarbonisation activities**



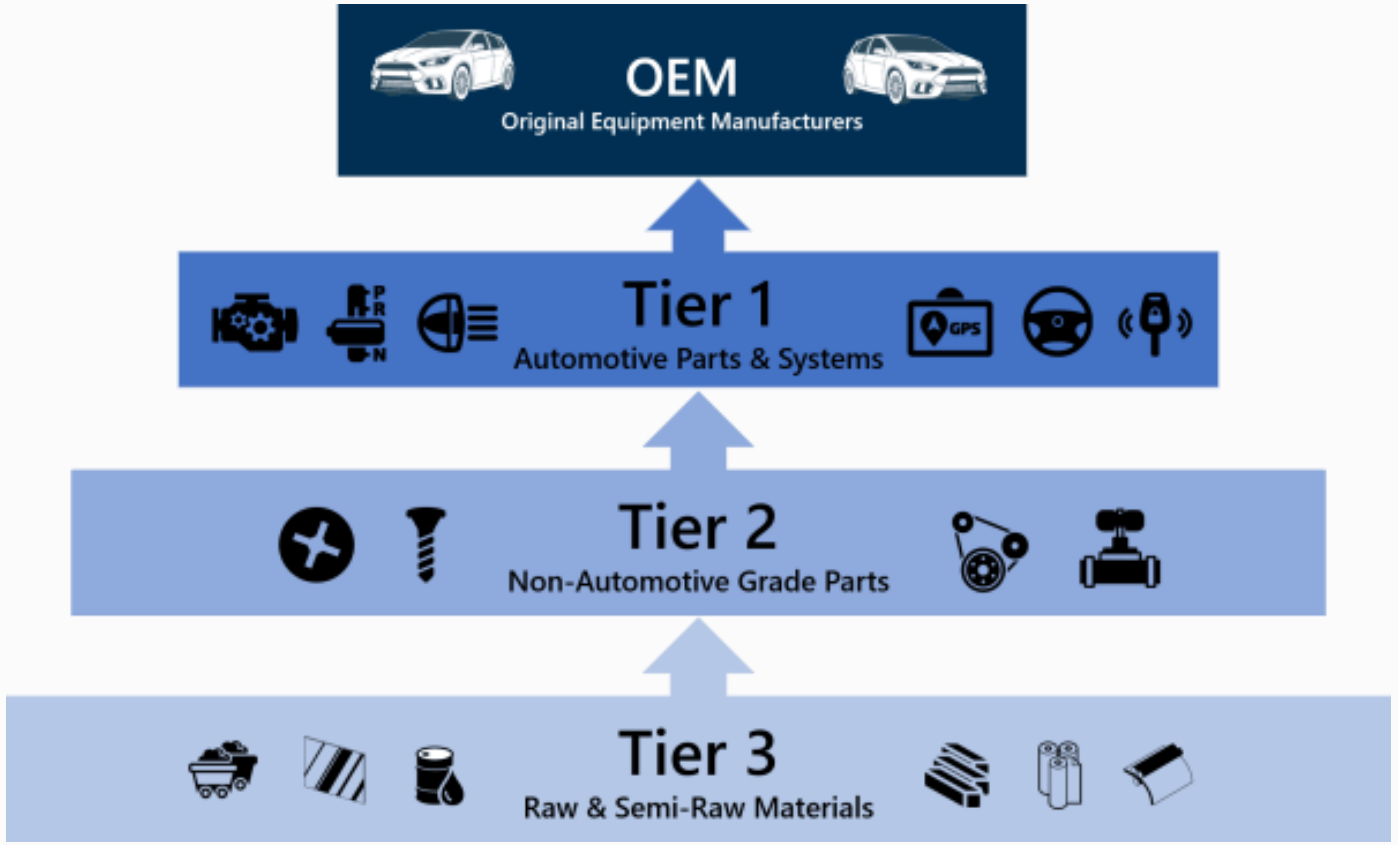
Verma, S., Dwivedi, G., & Verma, P. (2022). Life cycle assessment of electric vehicles in comparison to combustion engine vehicles: A review. Materials Today: Proceedings, 49, 217-222.

© 2023 BSI. All rights reserved.

Original Equipment Manufactures (OEM)

- เทียร์วัน (Tier One) หรือ เฟิร์สเทียร์ (First Tier) คือ ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์อะไหล่รถยนต์ และส่วนประกอบยานยนต์ต่างๆ ที่อยู่ทั้งภายในและภายนอกรถยนต์ เช่น ไฟหน้า กันชน กระจกรถยนต์ ยางรถยนต์ ล้อแม็กซ์ แผงคอนโซล เพลาสปริง วิทยุรถยนต์ ระบบอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องเสียง เป็นต้น ซึ่งคอยส่งชิ้นส่วนรถยนต์ที่ผลิตให้กับผู้ประกอบรถยนต์หลักต่อไป

- เทียร์ทู (Tier II) และเทียร์ทรี (Tier III) เป็นกลุ่มที่คอยผลิตชิ้นส่วนย่อยๆ ให้กับเทียร์วัน โดยกลุ่มทั้งหมดนี้สามารถเรียกได้ว่า กลุ่ม Automotive Part หรือ Auto Part



Source: https://flutech.co.th/the-automotive-industry/

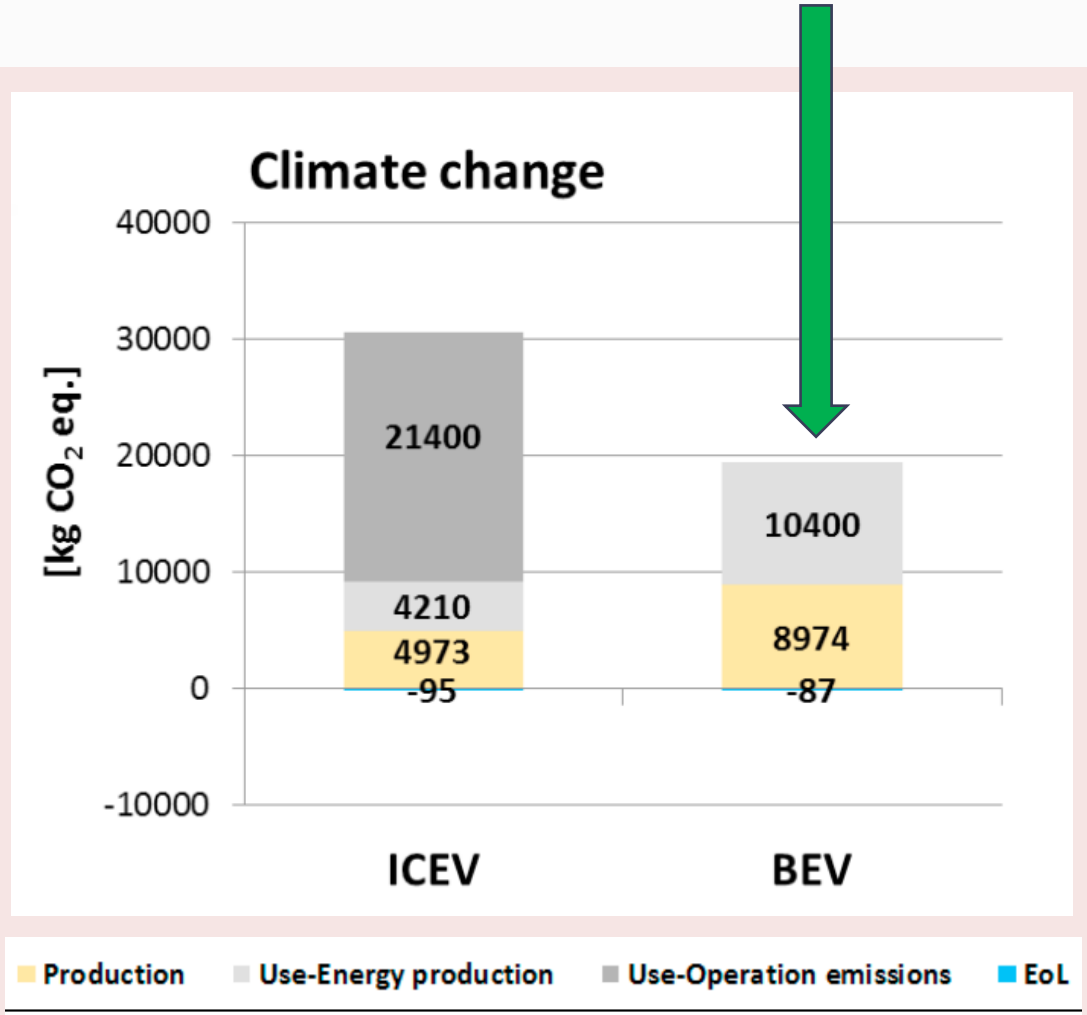
© 2023 BSI. All rights reserved.

LCA APPLICATION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

รถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ (BEV)
ให้ผลที่แตกต่างกัน

LCAs to determine the global warming potential (GWP) of vehicles – with an internal combustion engine (ICE)

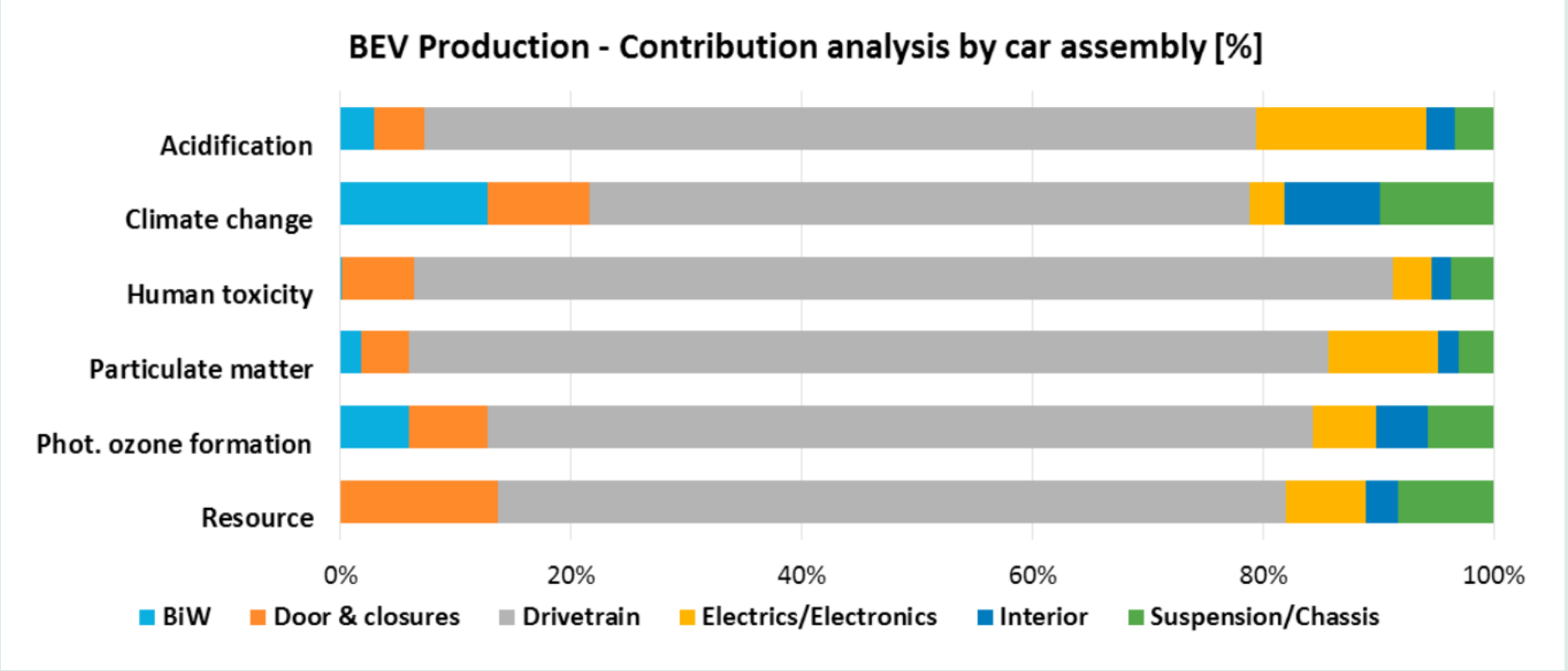
- The average use phase accounts for around 80% for passenger cars and even more for heavy-duty vehicles due to their range of applications.
- Within the production phase, a major share is determined by the materials of the supply chain.
- End-of-life emissions, including recycling, are only about 1% of the entire life cycle emissions.



Del Pero, F., Delogu, M., & Pierini, M. (2018). Life Cycle Assessment in the automotive sector: A comparative case study of Internal Combustion Engine (ICE) and electric car. Procedia Structural Integrity, 12, 521-537.

LCA APPLICATION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

ปัจจุบัน ประมาณ 50% ของการปล่อย CO2 ของ BEV เกิดขึ้นในช่วงการผลิต มาตรการปรับปรุงในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่ส่วนประกอบของระบบส่งกำลังไฟฟ้า เช่น แบตเตอรี่แรงฉุดไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งมีศักยภาพอย่างมากในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม



Del Pero, F., Delogu, M., & Pierini, M. (2018). Life Cycle Assessment in the automotive sector: A comparative case study of Internal Combustion Engine (ICE) and electric car. Procedia Structural Integrity, 12, 521-537.

© 2023 BSI. All rights reserved.

LCA APPLICATION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

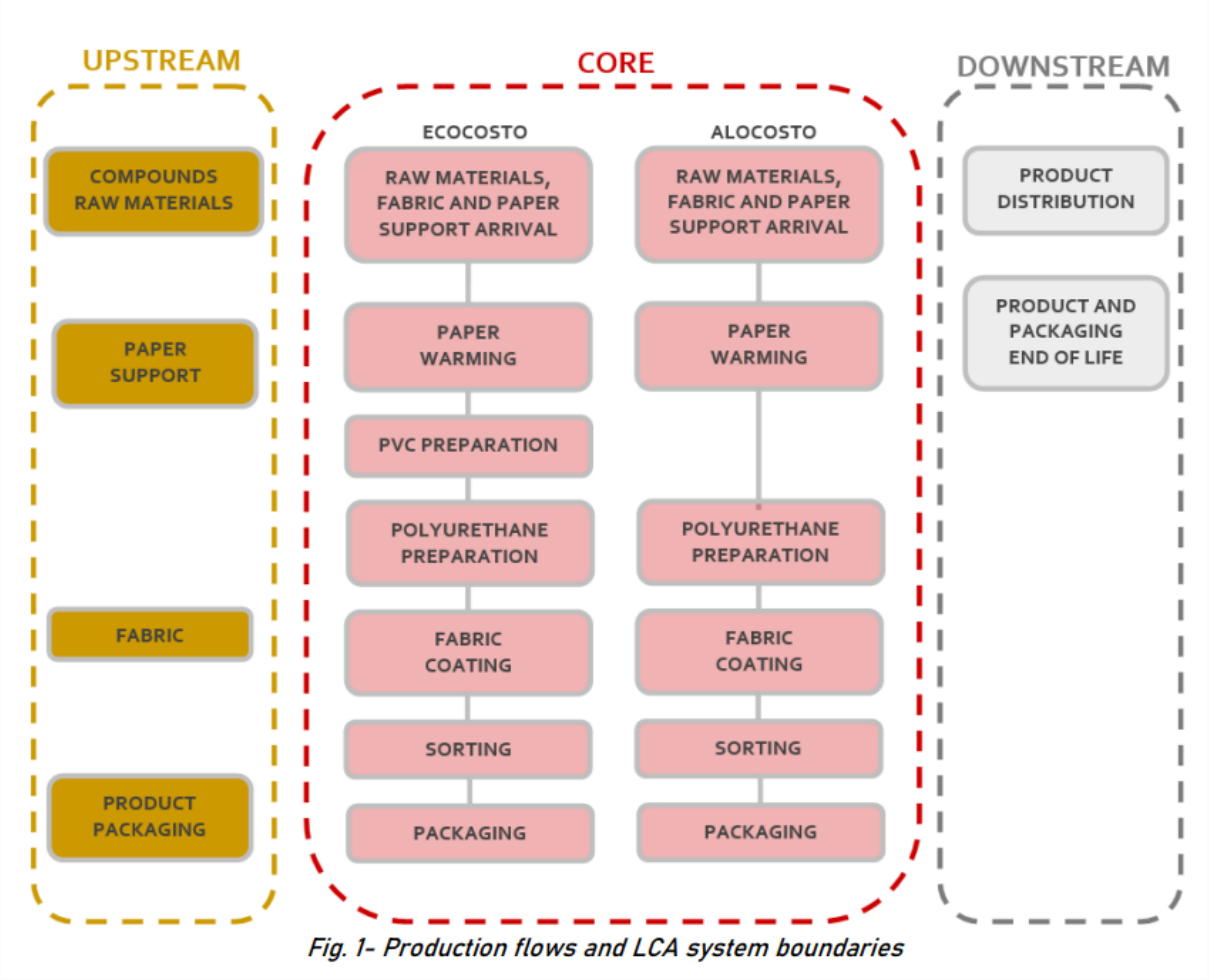


Fig. 1- Production flows and LCA system boundaries

EPD®

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD) FOR PLASTIC COATED FABRICS FOR THE AUTOMOTIVE SECTOR OF

SPAC winningplus

THE COMPANY

SPAC SpA is a company founded in 1973 and includes 2 production sites: one in Arzignano (VI), with the production of synthetic leathers through the coating of PVC and PU, and one in Alonte (VI), where the Vegam Division is located, specialized in lamination of high tech fabrics. The company is present in various markets (automotive, high tech fabrics, footwear, furniture, etc.) and with a production capacity of around 60.000 m2 per day.

The constant investments in structures, research and development and new technologies make Spac an avantgarde company in the proposition of new future solutions, always with an eye on the environment.

Spac believes it is possible to produce in a safe and sustainable way for the environment. This is confirmed by the certification of its Environmental Management System in compliance with the standard ISO 14001, of the quality management with the ISO 9001 and ISO 16949, of the occupational health and safety OHSAS 18001.

https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/36131528-ecce-4010-81cf-56285e3b2b35/Data

© 2023 BSI. All rights reserved.

Step 1: Goal and Scope definition

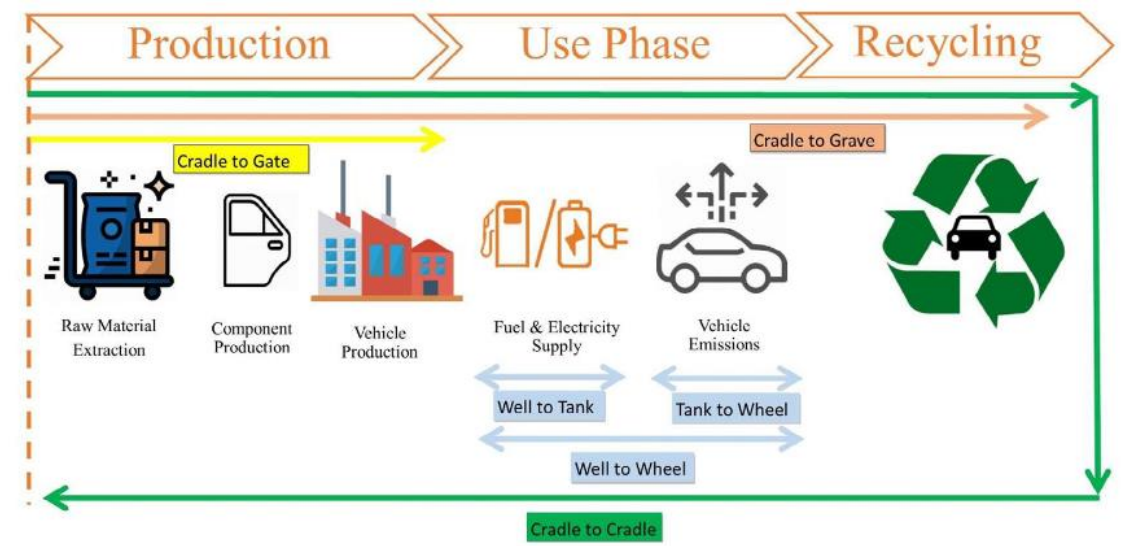
© 2023 BSI. All rights reserved.

การตั้งเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน (Goal and Scope definition)

Purpose of the LCA study

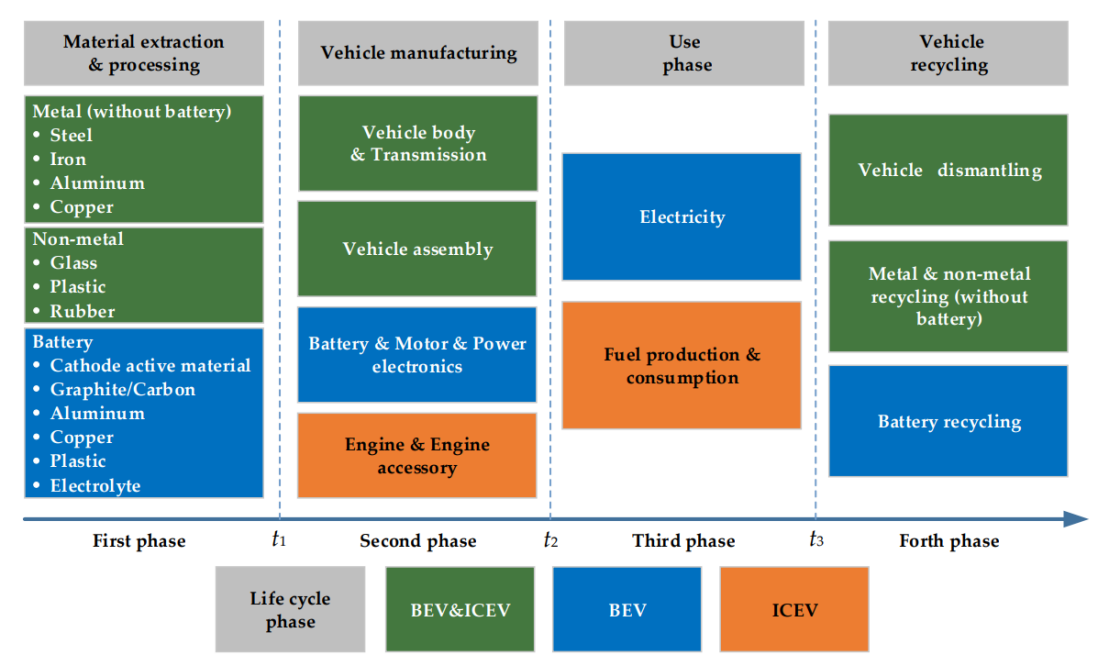
เป้าหมายที่ LCA ได้รับการพัฒนา – ควรกำหนดไว้อย่างชัดเจนตั้งแต่เริ่มต้น เนื่องจากมีอิทธิพลอย่างมากต่อขั้นตอนต่อไป

การบ่งชี้ envi hotspot เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงในอนาคต



Verma, S., Dwivedi, G., & Verma, P. (2022). Life cycle assessment of electric vehicles in comparison to combustion engine vehicles: A review. Materials Today: Proceedings, 49, 217-222..

การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจ



Tang, B., Xu, Y., & Wang, M. (2022). Life cycle assessment of battery electric and internal combustion engine vehicles considering the impact of electricity generation mix: a case study in China. Atmosphere, 13(2), 252.

© 2023 BSI. All rights reserved.

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน

กำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- ให้เหตุผล ทำไมเราถึงต้องการประเมิน LCA เช่น ประเมินเพื่อต้องการเปรียบเทียบผลกระทบระหว่างผลิตภัณฑ์ หรือประเมินเพื่อบ่งชี้ Envi Hotspot ของวงจรชีวิต หรือกระบวนการผลิต

กำหนดหน่วยเทียบ (Functional Unit)

- Used as a basis for calculation and a basis for comparison btw different systems

ประเภทของระบบ	รูปแบบการประเมิน	หน่วยเทียบ	ประเภทหน่วยเทียบ
การใช้งานสินค้า	การซักผ้าเครื่องซักผ้า	5 kg ของผ้าที่ซัก	Input
การผลิตสินค้า	การผลิตพลังงานไฟฟ้า	1 kWh ของไฟฟ้าที่ผลิต	Output
การใช้งานระบบ	สมรรถนะของกระบวนการผลิตแก๊สโซลีน	100 m^3 / h	Capacity
การบริการ	ระยะทางขนส่งสินค้า	100 tkm ของการขนส่งสินค้า 1 เที่ยว	Transportation

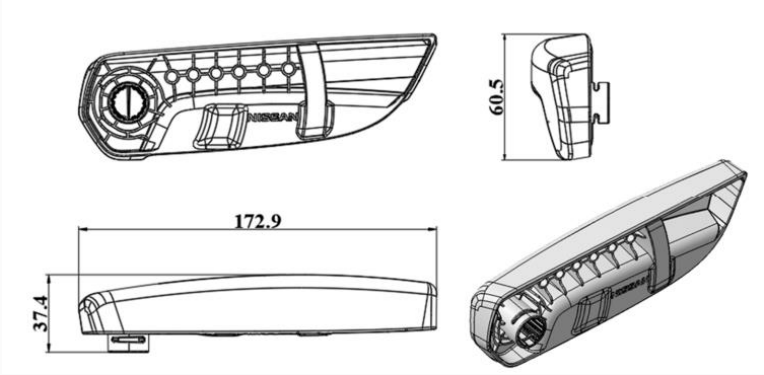
© 2023 BSI. All rights reserved.

Functional unit for an automotive product

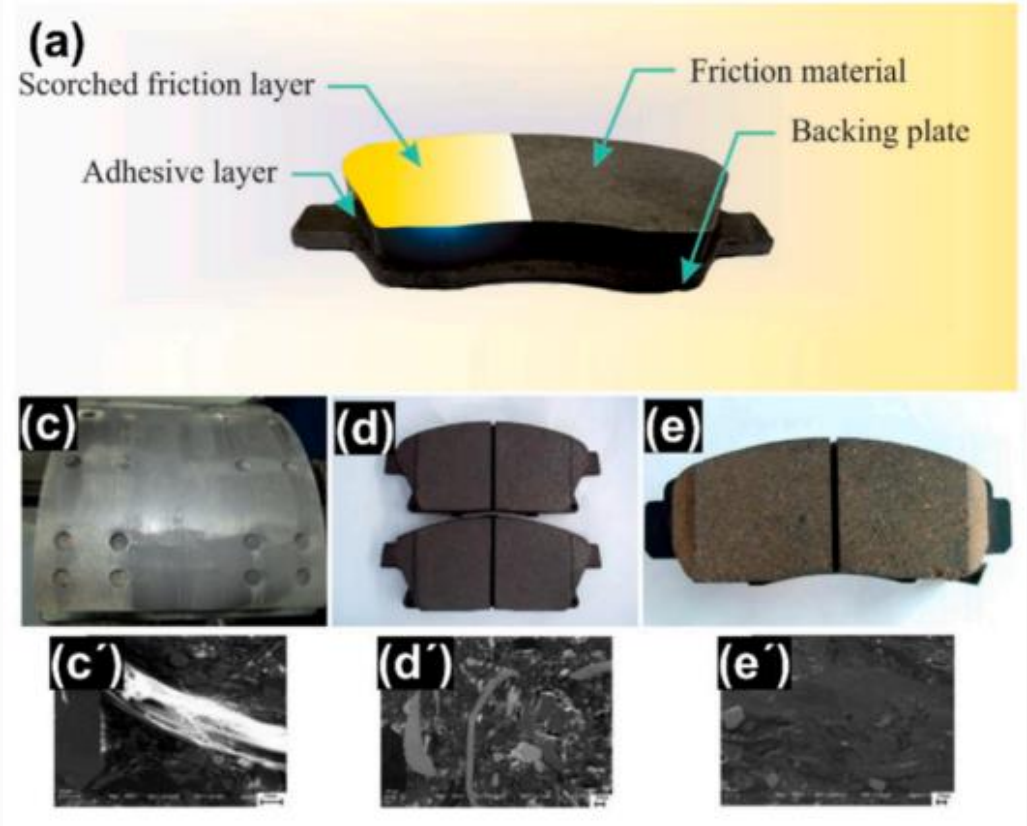
รถยนต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน ประกอบด้วยชิ้นส่วนกว่า 5000 ชิ้น และวัตถุดิบ เป็น 10,000 ประเภท การกำหนดหน่วยทำงาน ควรจะต้องสะท้อนกับวัตถุประสงค์ในการทำ LCA ที่ได้ตั้งไว้

ข้อมูลทางเทคนิคต่อไปนี้ ตัวอย่าง คำจำกัดความของหน่วยการทำงาน ของการประเมิน LCA ผลิตภัณฑ์ยานยนต์ (Automotive product) :

- รถยนต์ 1 คัน
- ประแจปรับเอนเบาะรถยนต์ 1 กก.
- น้ำหนักวัสดุที่ใช้ในการสร้าง Console ของรถยนต์ (อายุการใช้งาน 10 ปี 150,000 กม)



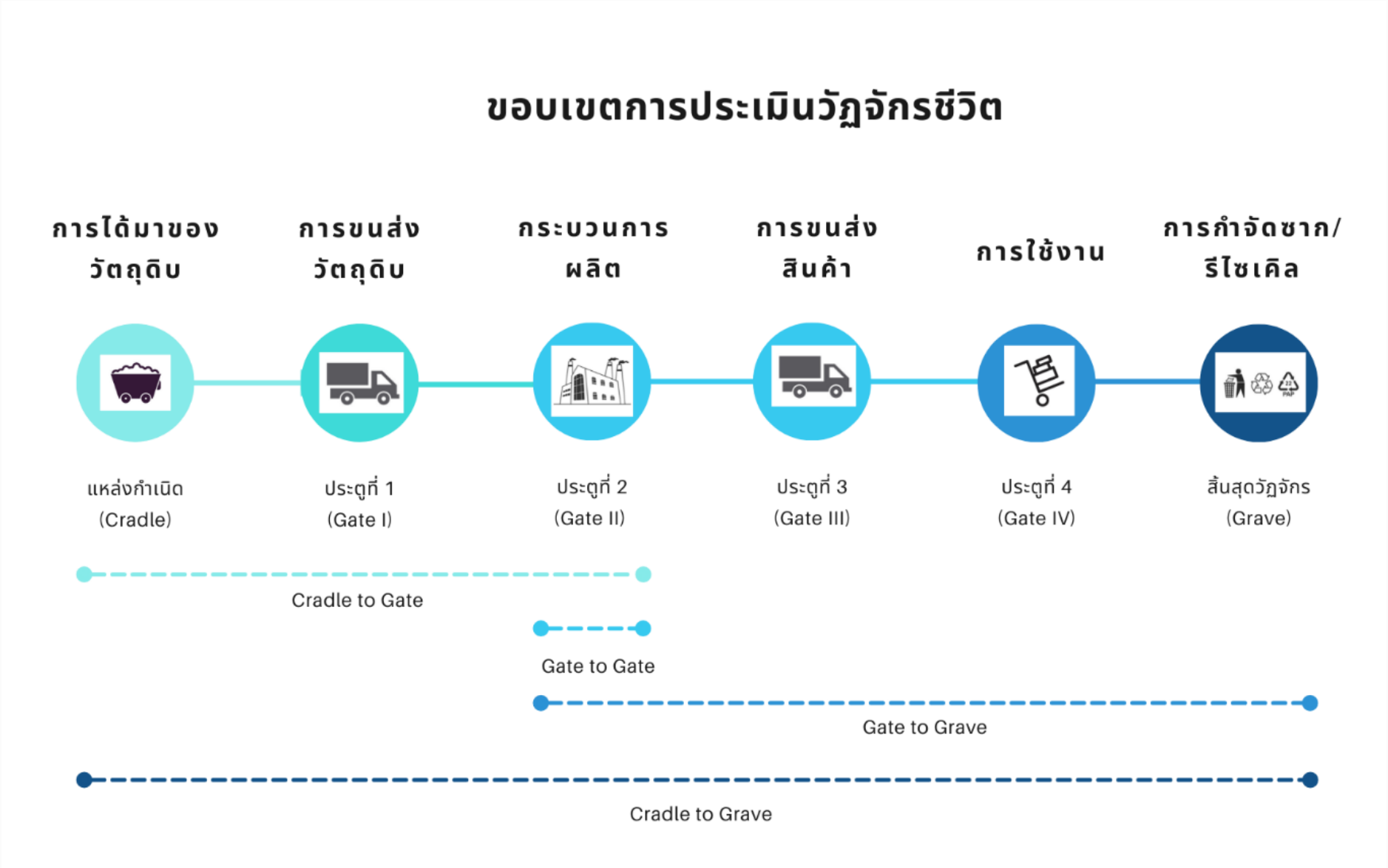
Feng, T., Guo, W., Li, W., Meng, Z., Zhu, Y., Zhao, F., & Liang, W. (2023). Unveiling Sustainable Potential: A Life Cycle Assessment of Plant–Fiber Composite Microcellular Foam Molded Automotive Components. Materials, 16(14), 4952.



Saha, D., Sharma, D., & Satapathy, B. K. (2023). Challenges pertaining to particulate matter emission of toxic formulations and prospects on using green ingredients for sustainable eco-friendly automotive brake composites. Sustainable Materials and Technologies, e00680.

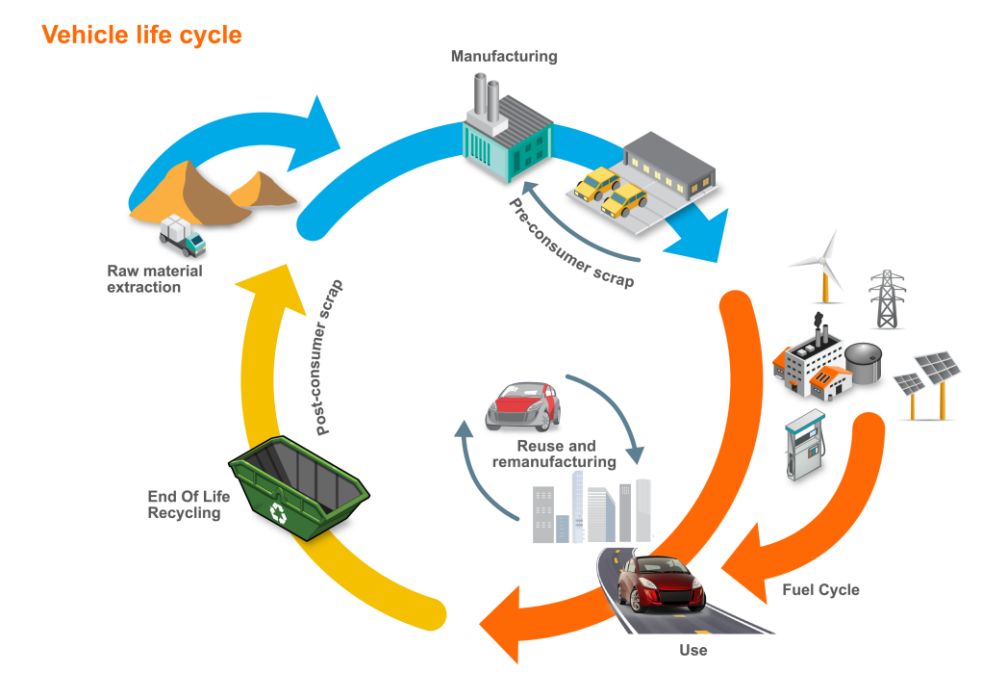
© 2023 BSI. All rights reserved.

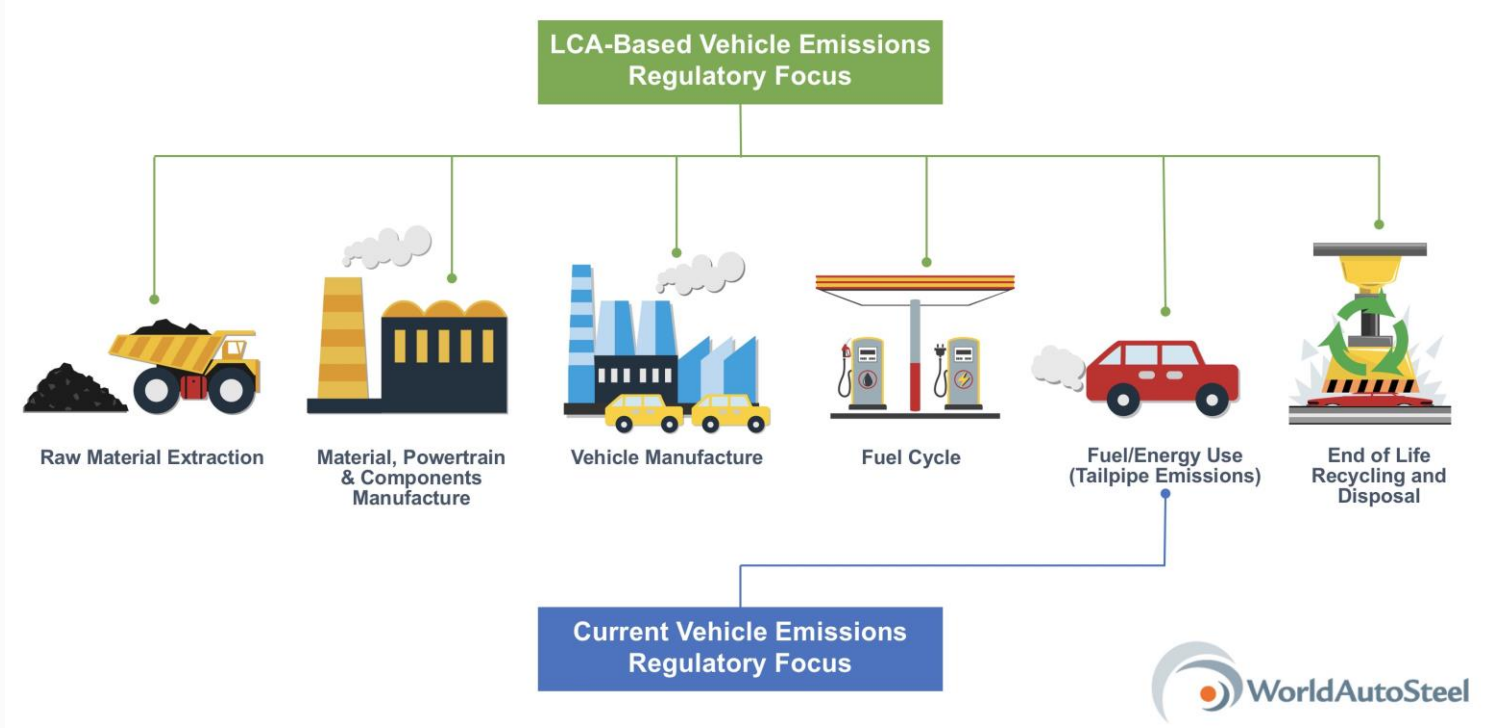
การกำหนดขอบเขตการประเมิน – System boundaries



© 2023 BSI. All rights reserved.

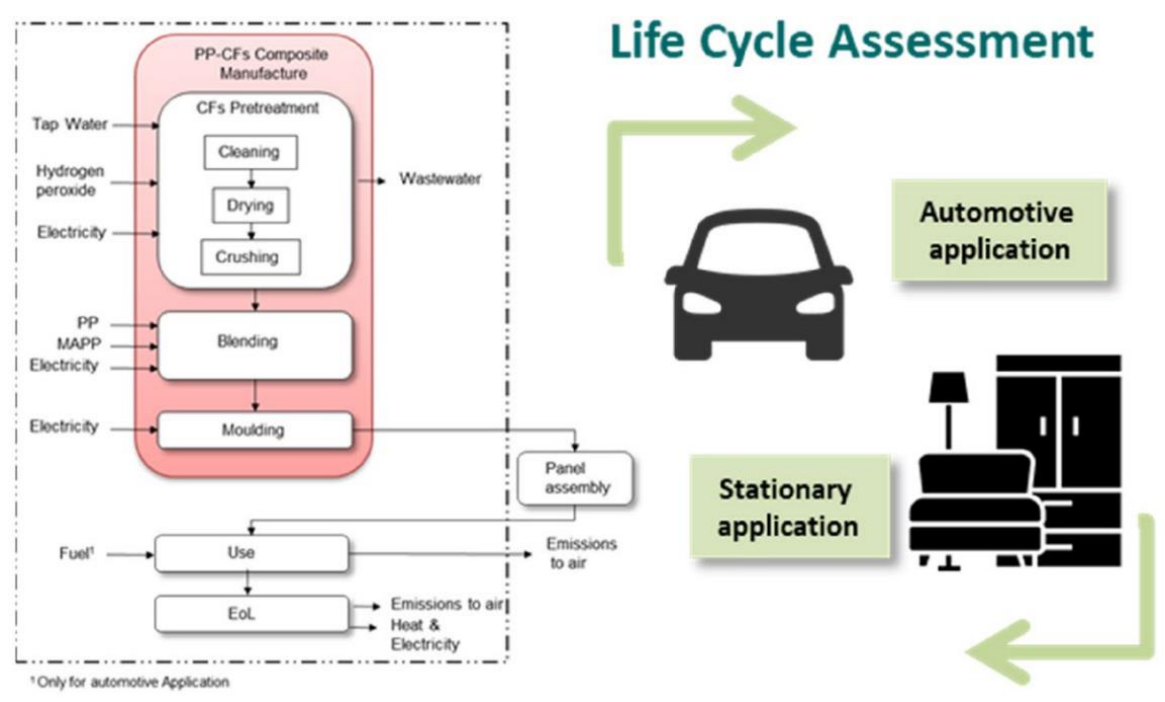
Example of LCA automotive product boundary



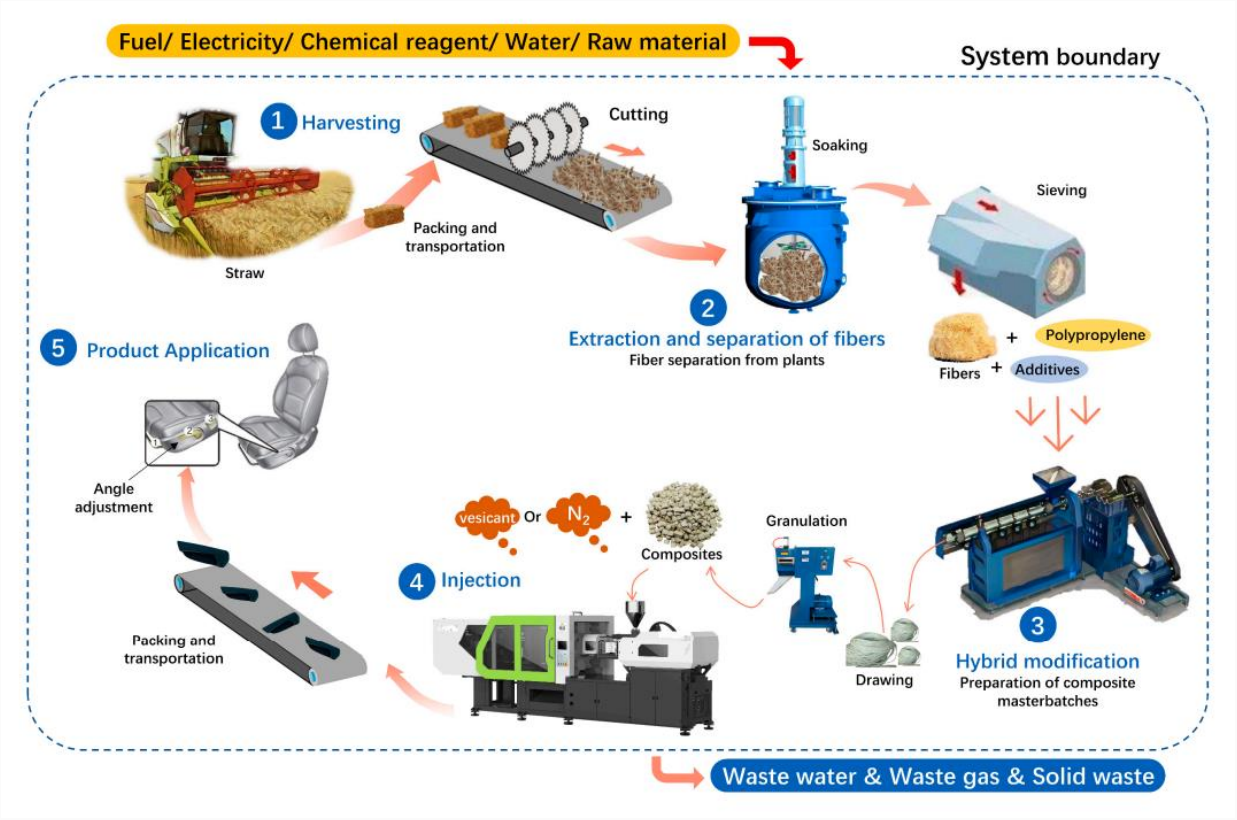


Source: https://ahssinsights.org/blog/life-cycle-assessment-why-is-it-important/

Boundary of automotive product in LCA



Source: Álvarez-del-Castillo, M. D., Garrido-Soriano, N., Casadesús, M., Macanás, J., Molins-Duran, G., & Carrillo-Navarrete, F. (2022). Environmental impact of chicken feathers based polypropylene composites developed for automotive and stationary applications and comparison with glass-fibre analogues. Waste and Biomass Valorization, 13(11), 4585-4598..



Source: Feng, T., Guo, W., Li, W., Meng, Z., Zhu, Y., Zhao, F., & Liang, W. (2023). Unveiling Sustainable Potential: A Life Cycle Assessment of Plant–Fiber Composite Microcellular Foam Molded Automotive Components. Materials, 16(14), 4952

Boundary of automotive product in LCA

กระบวนการวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยานยนต์

การได้มาของวัตถุดิบ (Raw material acquisition)	ซึ่งรวมถึงการใช้น้ำ สารเคมี พลังงาน และวัสดุ และการขนส่งวัตถุดิบไปยังสถานที่ผลิตผลิตภัณฑ์
การผลิต (Manufacturing)	การผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในอุตสาหกรรมยานยนต์และการกำจัดของเสียรวมถึงการกำจัดของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต
การใช้งาน (Use)	การใช้พลังงาน หรือวัตถุดิบในขั้นตอนการใช้งาน
การกำจัดซาก (End-of-life)	พลังงานและสารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์จะถูกพิจารณาในขั้นตอนนี้ รวมถึงการปลดปล่อยมลพิษต่างๆ จากขั้นตอนการกำจัดซาก

Step 2: Life Cycle Inventory Analysis

© 2023 BSI. All rights reserved.

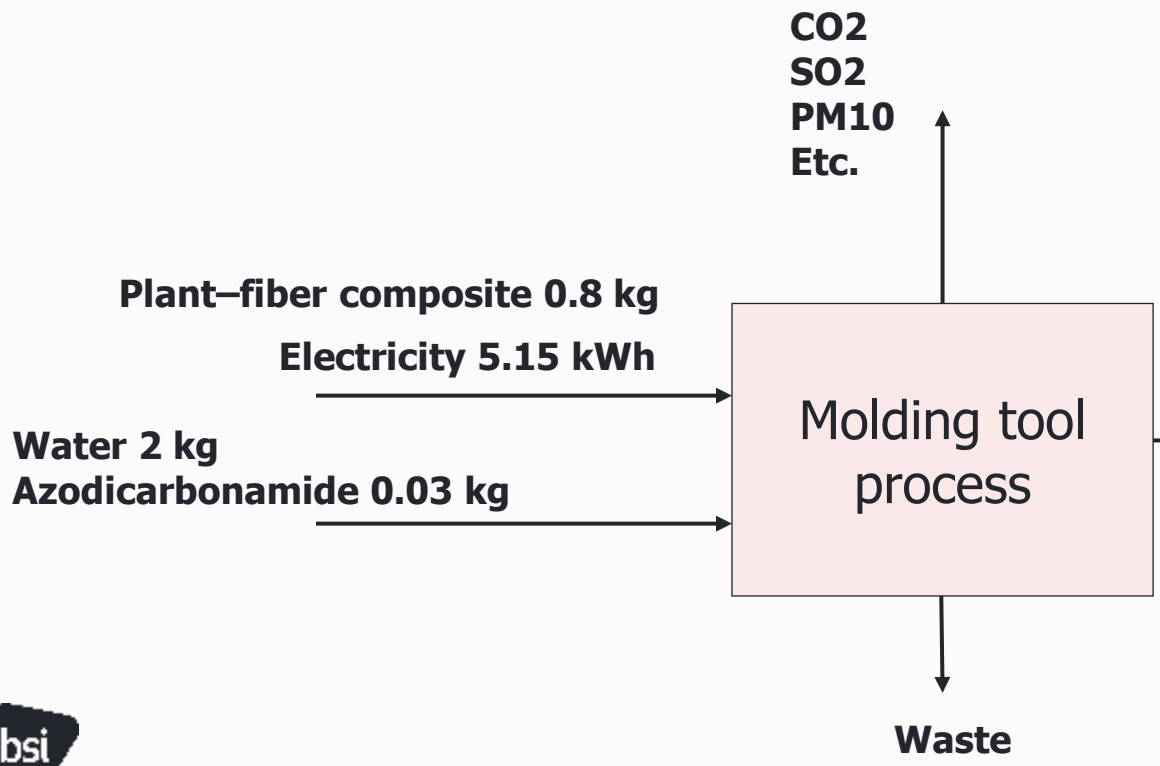
การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory)

- **Data collection**

➡ Most time-consuming task in an LCA study

Data source	
Electronic database	**Software databases, and internet sources on LCA**
Literature data	**Scientific papers, public reports and existing LCA studies**
Unreported data	**Provided by companies, laboratories, authorities and correlated source**
Measurements and/or computations	**Calculated or estimated where data are nonexistent or should be improved**

Adapted from : Hauschild and Wenzel (1998)



Plant–Fiber Composite Microcellular Foam Molded

Allocation

Allocation in Standards and Technical Rules

- แนวทางที่นิยมใช้ในการพิจารณาการปันส่วนจะอ้างอิงตาม EN ISO 14044:2006
- ประกอบด้วย 2 แนวทาง ทั้งนี้การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ในการประเมิน LCA แต่ละกรณี

แนวปฏิบัติในการปันส่วน

- ขั้นตอนแรกถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการปันส่วน !!!
- หากไม่ได้ให้พิจารณาการปันส่วนแบบ physical relationship
- หากการพิจารณาแบบ physical relationship ไม่เพียงพอที่จะสื่อความหมายที่ถูกต้องได้ ให้พิจารณาการปันส่วนแบบอื่น เช่น Economic value

วิธีการปันส่วนแบบไหนถึงจะเหมาะสม

When Physical Allocation Needed?

- Precondition to use physical values for allocation is that the physical values reflect the main characteristics of a product
- Usually corresponding to multi-output, co-products with different revenue – such physical values are not available.

When Economic Allocation Needed?

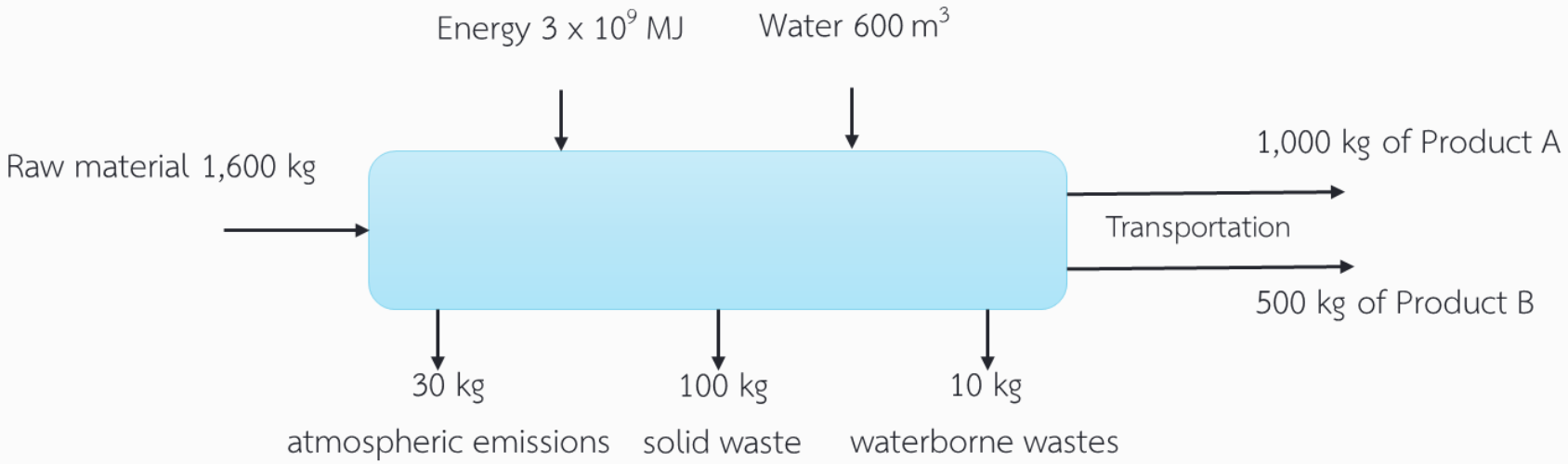
- Mass or volume is in most cases not an appropriate figure to describe the technical value of a product
- Lack of appropriate physical data, market prices are a possibility to value the products.

Allocation

- Industrial process normally manufacture more than one product on a single production line
- "How the environmental impact should be allocated in each of product"

Allocation methods

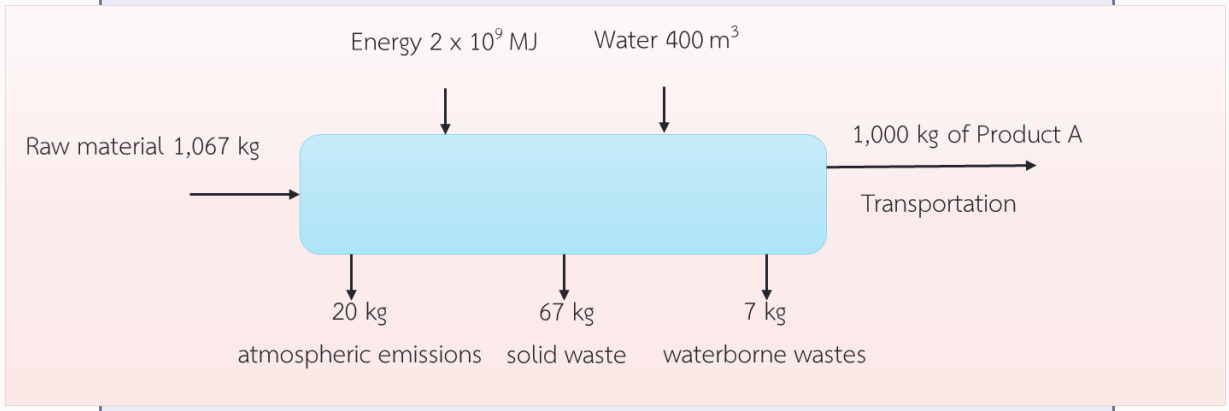
- Physical allocation
- Economic allocation



Physical allocation

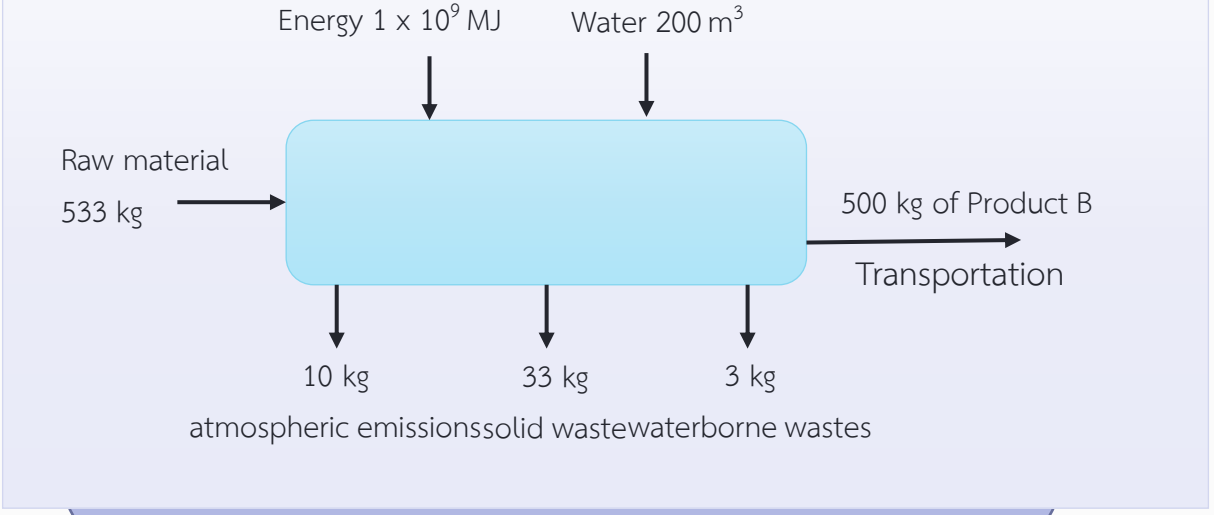
Allocation for product A

สัดส่วน นน. ของ A = 1000/1500



Allocation for product B

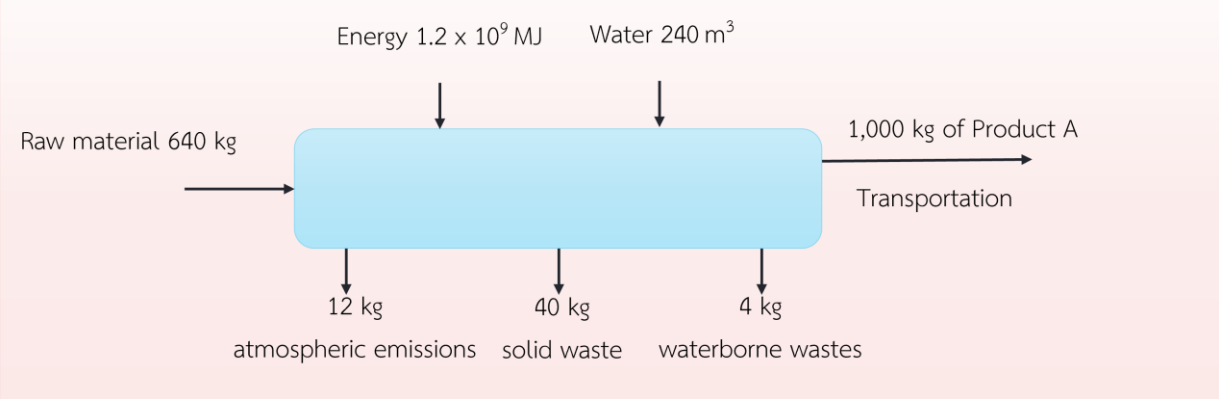
สัดส่วน นน. ของ B = 500/1500



Economic allocation

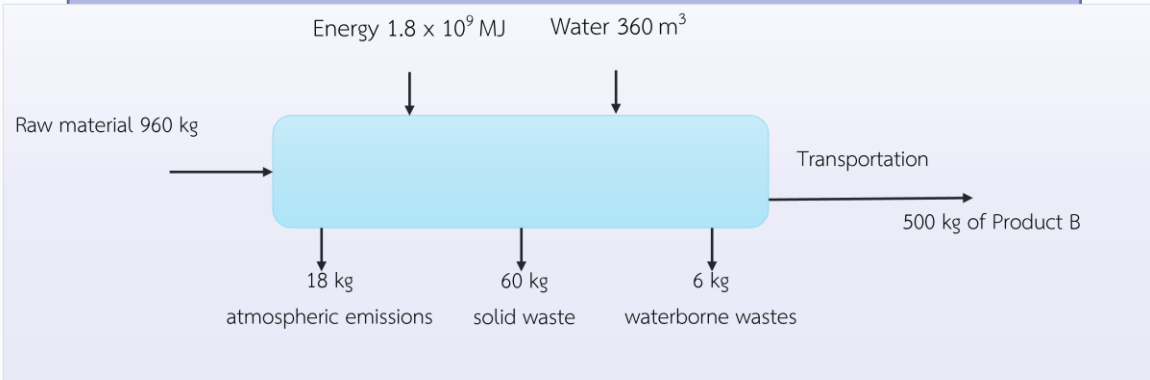
Allocation for product A : price A 2000 baht

สัดส่วน ราคา ของ A = 2000/5000



Allocation for product B: price B 3000 baht

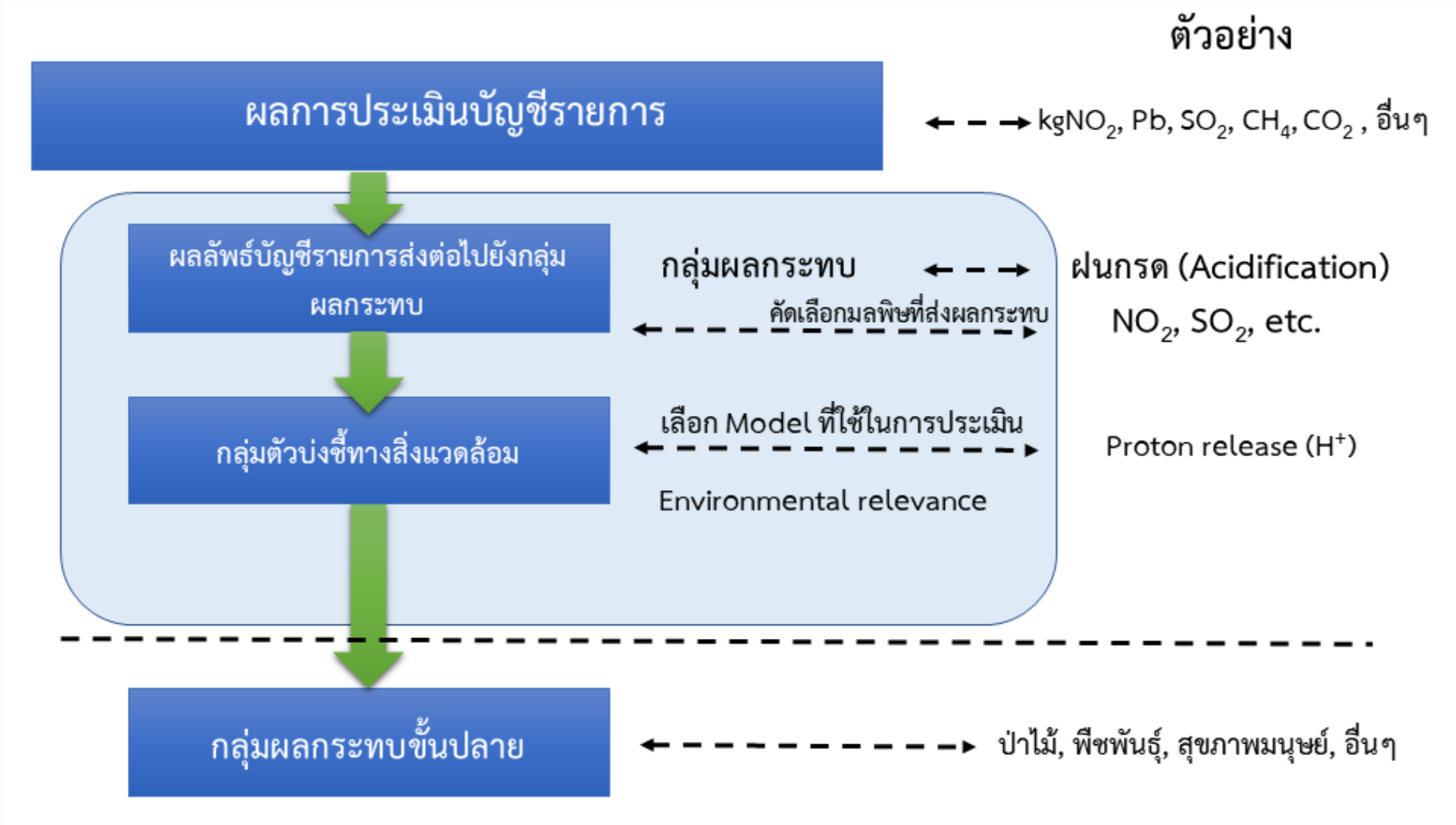
สัดส่วน ราคา ของ B = 3000/5000



Step 3: Life Cycle Impact Assessment

© 2023 BSI. All rights reserved.

LCIA framework (ISO 14042, 2002)



(ดัดแปลงจาก ISO 14042, 2002)

Source: (ISO 14042, 2002) available at www.afnor.fr

การกำหนดบทบาท (Characterization)

- เป็นขั้นตอนในการนำข้อมูลปริมาณสารต่างๆ ที่ได้จากการบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมมาประเมินผลกระทบเชิงปริมาณตามกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม
- การประเมินทำได้โดยการแปลงค่าสารแต่ละตัวในกลุ่มผลกระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปตัวเลข
- เนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน จึงต้องนำมาเทียบอ้างอิงกับสารพื้นฐาน
- ใช้ค่า Characterization factor ในการคูณเพื่อเปลี่ยนจากปริมาณน้ำหนักเป็นค่าบ่งชี้ผลกระทบ และรวมค่าทั้งหมดของแต่ละผลกระทบ

$$EP_j = \sum (Q_j \times EF_{ij})$$

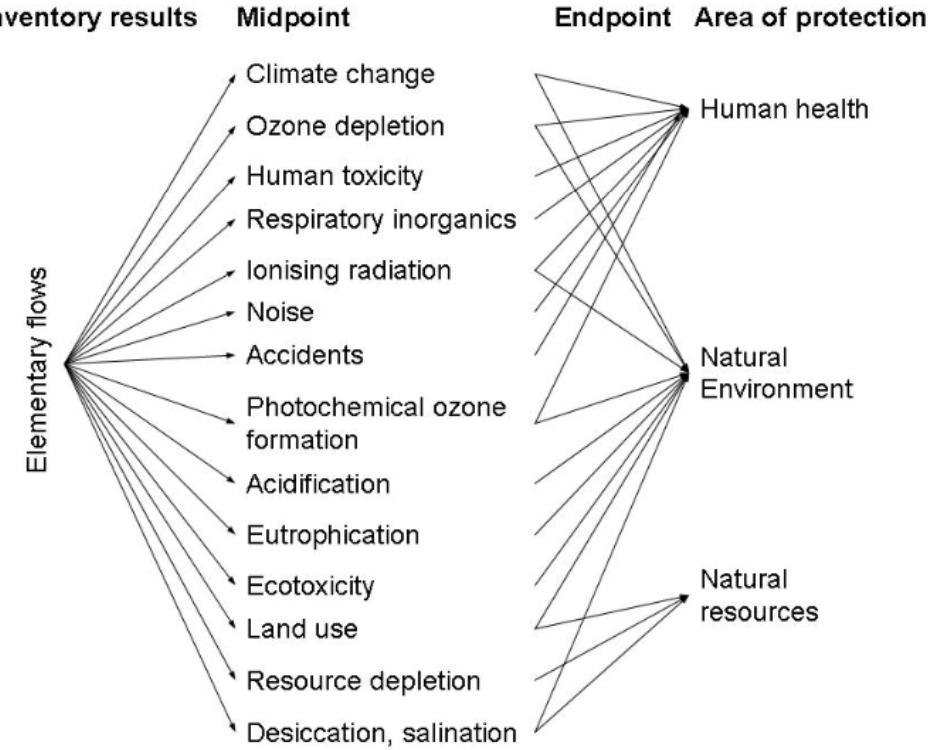


Figure 1-1 Framework of impact categories for characterisation modelling at midpoint and endpoint (Area of Protection) levels.

Source: (JRC, 2010.) available at www. https://eplca.jrc.ec.europa.eu/

EP_j (environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ (kg substance equivalent)

Q_j (Quantity of substance) คือปริมาณมลภาวะสาร j ที่ปล่อยออกมา (kg substance j)

EF_{ij} (Equivalency factor) คือ ค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent/kg substance j)

++!!! แต่ละวิธีการอาจมีค่า Characterization factor ที่แตกต่างกัน ++!!

LCIA methodologies

Table 2 Analysed LCIA methodologies

Methodology	Developed by	Country of origin
CML2002	CML	Netherlands
Eco-indicator 99	PRé	Netherlands
EDIP97 – EDIP2003	DTU	Denmark
EPS 2000	IVL	Sweden
Impact 2002+	EPFL	Switzerland
LIME	AIST	Japan
LUCAS	CIRAIG	Canada
ReCiPe	RUN + PRé + CML + RIVM	Netherlands
Swiss Ecoscarcity 07	E2+ ESU-services	Switzerland
TRACI	US EPA	USA
MEEuP	VhK	Netherlands

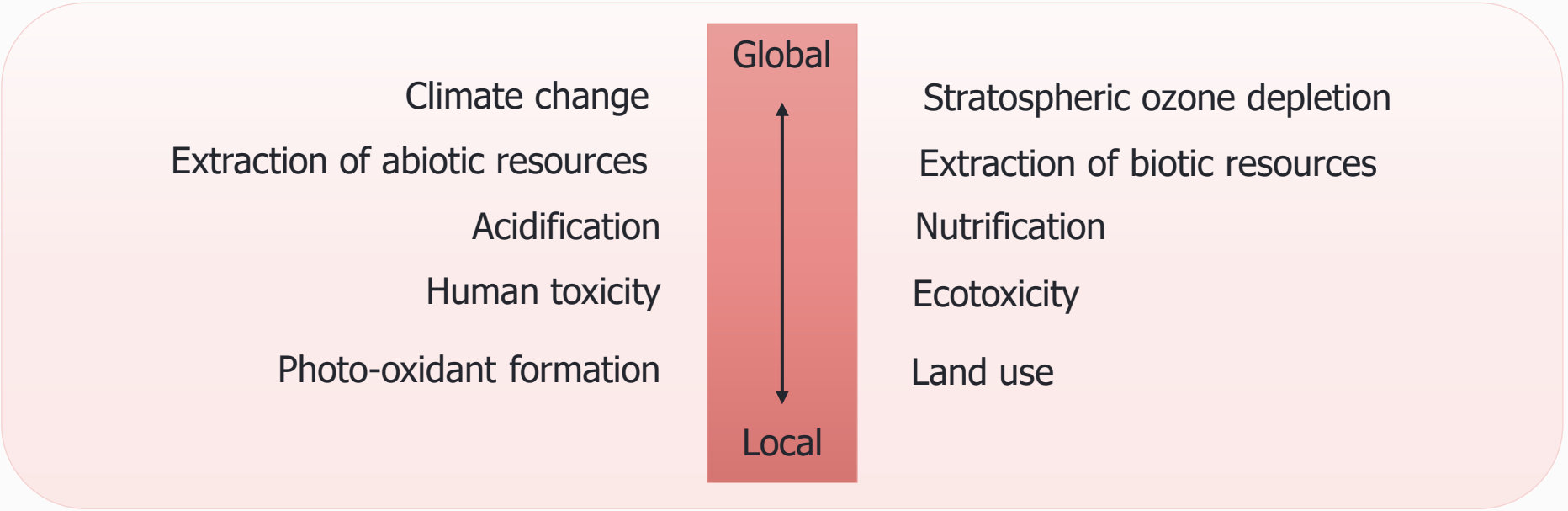
Source: https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Recommendation-of-methods-for-LCIA-def.pdf

การจัดกลุ่มผลกระทบ

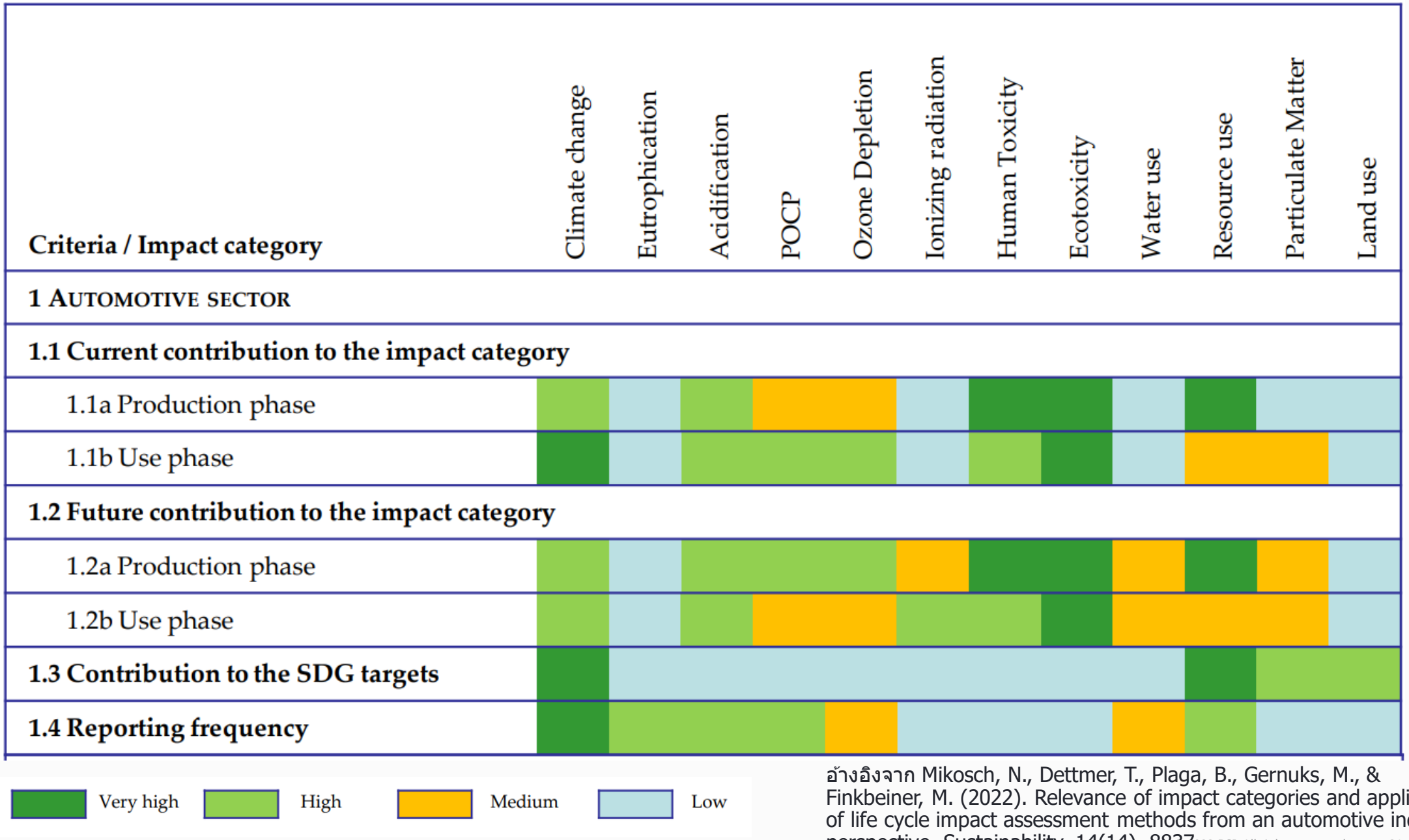
การจัดกลุ่มผลกระทบสามารถดำเนินการได้ 2 รูปแบบ :

Input – environmental impacts associated with material and energy input to the system

Output – corresponding to damages due to emissions or pollutants, vibrations, or radiation



Source: (UNEPDTIE, 2003)



อ้างอิงจาก Mikosch, N., Dettmer, T., Plaga, B., Gernuks, M., & Finkbeiner, M. (2022). Relevance of impact categories and applicability of life cycle impact assessment methods from an automotive industry perspective. Sustainability, 14(14), 8837.

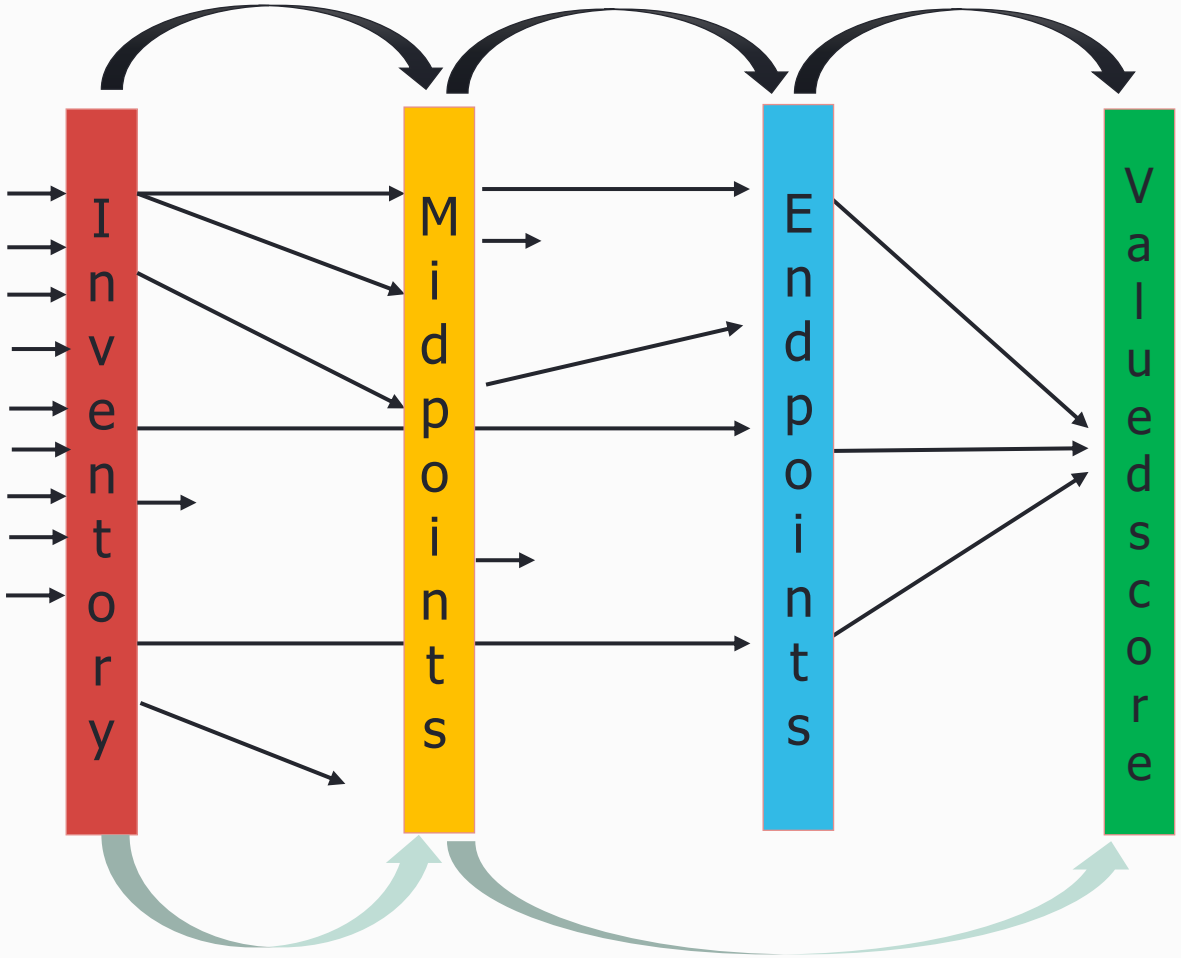
© 2023 BSI. All rights reserved.

Impact for LCA automotive industry

Impact Category	CML	ReCiPe 2016	ILCD/PEF/UNEP Recommendation
Resource use, elements	ADP ultimate reserves (Guinée 2002 [31] and van Oers et al. 2002) [32]	SOP (Vieira et al. 2016) [33]	Same as in CML
Resource use, fossil [1]	ADP-fossil (Guinée 2002 [31] and van Oers et al. 2002) [32]	FFP (Jungbluth and Frischknecht 2010) [34]	Same as in CML
Human toxicity	USES-LCA (Huijbregts et al. 2000) [37]	USES-LCA 2.0 (van Zelm et al. 2009) [38]	USEtox (Rosenbaum et al. 2008) [39]
Ecotixicity	USES-LCA (Huijbregts et al. 2000) [37]	USES-LCA 2.0 (van Zelm et al. 2009) [38]	USEtox (Rosenbaum et al. 2008) [39]
Acidification	Guinee et al. 2002 [40]	Roy et al. 2014 [41]	AE (Seppälä et al. 2006) [42]
Eutrophication	Guinee et al. 2002 [40]	Helmes et al. 2012 [43]	AE (Seppälä et al. 2006) [42]
Photochemical Ozone Creation	Derwent et al. 1998 [44]	Van Zelm et al. 2016 [45]	Van Zelm et al. 2008 [46]
Particulate Matter Formation	n/a [2]	Van Zelm et al. 2016 [45]	Fantke et al. 2017 [47]
Water use	n/a [3]	Döll and Siebert 2002 [48], Hoekstra and Mekonnen 2012 [49]	AWARE (Boulay et al. 2018) [50]
Land use	n/a [4]	de Baan et al. 2013 [53], Curran et al. 2014 [53]	LANCA 2.0 (Bos et al. 2016, 2020) [54,55]

อ้างอิงจาก Mikosch, N., Dettmer, T., Plaga, B., Gernuks, M., & Finkbeiner, M. (2022). Relevance of impact categories and applicability of life cycle impact assessment methods from an automotive industry perspective. Sustainability, 14(14), 8837.

Midpoint and Endpoint Indicator

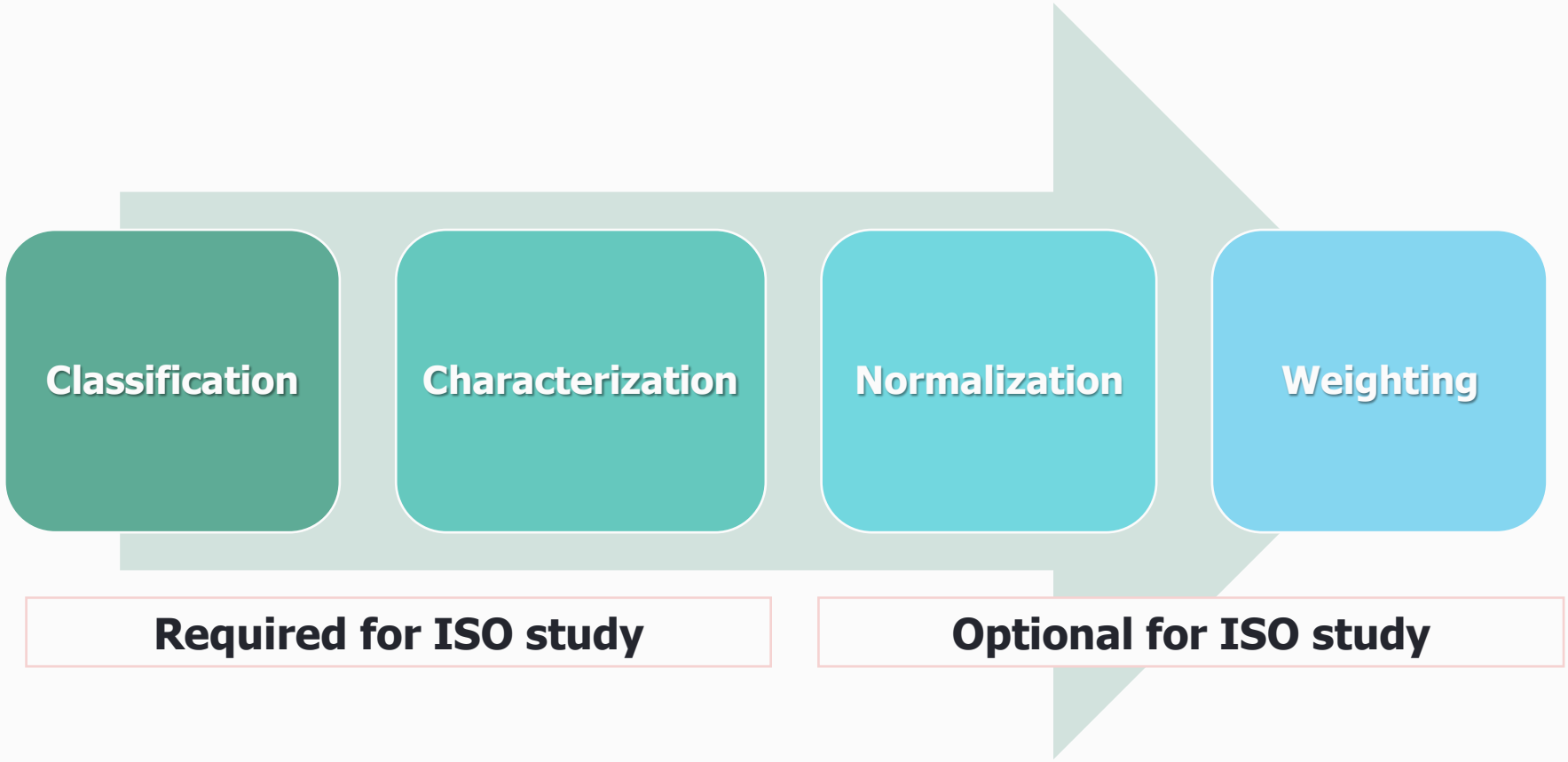


Procedure with endpoint approach

Procedure with midpoint approach

Source: Sonnemann et al. 2004.

Steps in Life Cycle Impact Assessment



Case study

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD) FOR PLASTIC COATED FABRICS FOR THE AUTOMOTIVE SECTOR OF

SPAC winningplus

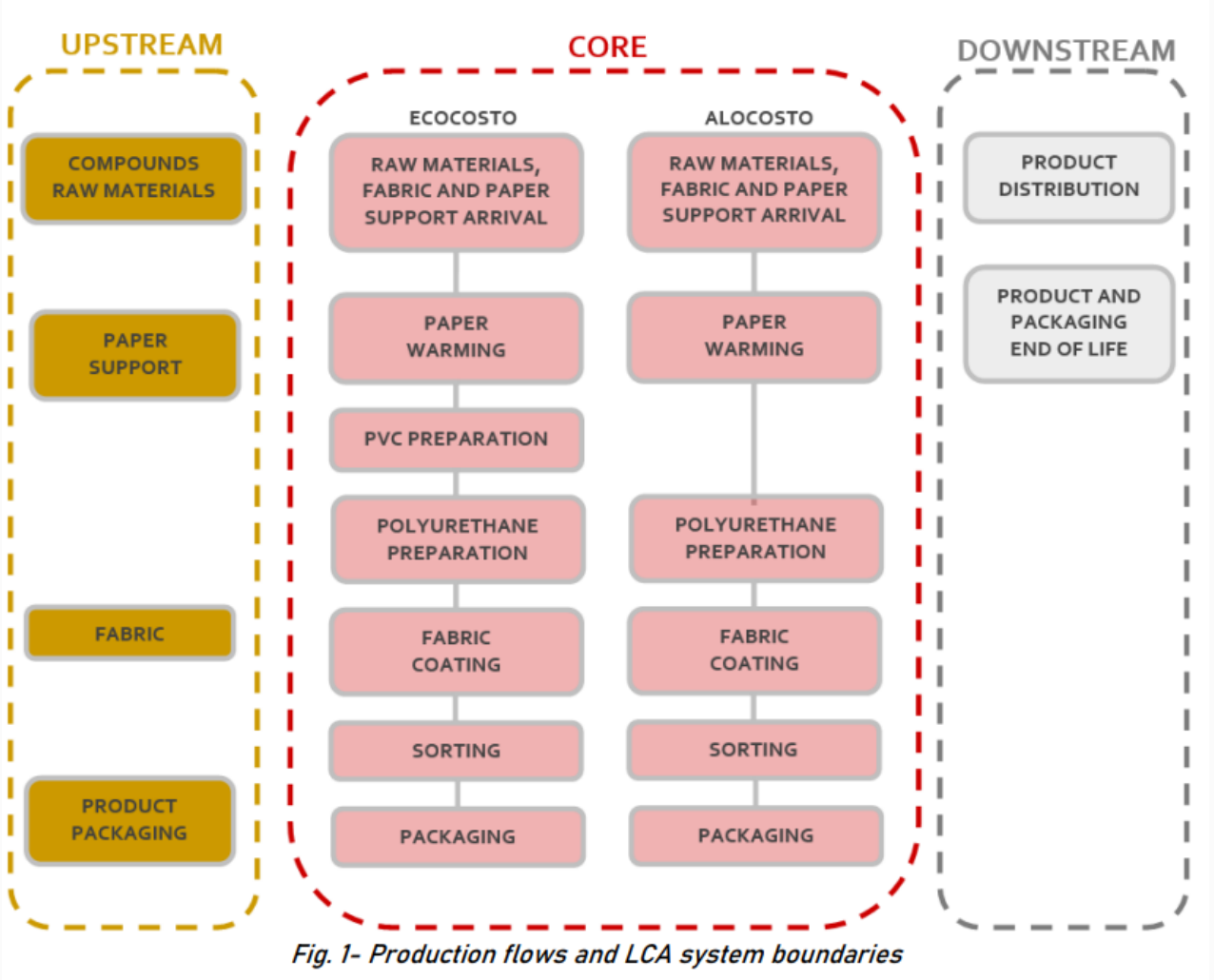


Fig. 1- Production flows and LCA system boundaries

Source: https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/e01039d6-2e98-479a-eae0-08db673344ea/Data

Case study

Ecocosto 199/10 HTG 13-10						
INDICATORI			TOTALE	UPSTREAM	CORE	DOWNSTREAM
GWP_{100}	Fossil	kg CO_2eq	1,11E+01	8,44E+00	1,66E+00	1,04E+00
	Bio		4,08E-02	1,46E-02	2,72E-03	2,35E-02
	Land use		1,50E-02	1,48E-02	5,58E-05	9,86E-05
	Total		1,12E+01	8,47E+00	1,66E+00	1,07E+00
AP		kg SO_2eq	3,99E-02	2,96E-02	7,54E-03	2,72E-03
EP		kg PO_4^{---}eq	1,33E-02	9,58E-03	1,67E-03	2,01E-03
POCP		kg NMVOC eq	3,37E-02	2,20E-02	8,92E-03	2,80E-03
ADPe		kg Sb eq	1,93E-05	1,73E-05	1,35E-07	1,90E-06
ADPff		MJ	1,60E+02	1,29E+02	2,25E+01	7,61E+00
WSF		m^3eq	4,10E+00	3,30E+00	1,93E-01	6,08E-01
PERR	Energy carrier	MJ	6,86E+00	6,02E+00	7,25E-01	1,13E-01
	Raw material		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	Total		6,86E+00	6,02E+00	7,25E-01	1,13E-01
PERNR	Energy carrier		1,81E+02	1,45E+02	2,79E+01	8,22E+00
	Raw material		2,89E-02	2,89E-02	0,00E+00	0,00E+00
	Total		1,82E+02	1,45E+02	2,79E+01	8,22E+00
SM		kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF		MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NRSF		MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
FW		m^3	2,55E-02	7,38E-03	1,84E-03	1,62E-02
HWD		kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NHWD		kg	6,32E-01	0,00E+00	1,10E-01	5,22E-01
RWD		kg	2,53E-04	1,19E-04	8,04E-05	5,28E-05
CFR		kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MFR		kg	2,61E-01	4,58E-04	1,20E-01	1,41E-01
MFER		kg	5,08E-01	0,00E+00	0,00E+00	5,08E-01
EEE		MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EET		MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tab. 2-Potential impacts, use of resources, waste and output flows EcoCosto 199/10 HTG 13-10 [DU: 1m^2]

Source: https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/e01039d6-2e98-479a-eae0-08db673344ea/Data

Case study

Life-Cycle Inventory for Heavy-Duty Vehicle Production

Table A1. Inventory data for the production and assembly of the frame (European tractor). Total mass is based on the model by Fries et al. [54,58,59]. Components are adapted and scaled based on *GREET* V2.7 [26] and Hawkins [44] and verified by an expert interview [63].

Category	Frame	Unit	Value	Source
	Total Mass	kg	854	[54,58]
Components	Frame	kg	366	[26]
	Weld Blanks, Fasteners	kg	268.4	[26]
	Saddle Clutch	kg	219.6	[26]
Materials	Steel	kg	719.8	[26,44]
	Aluminum	kg	134.2	[26,44]
Additional Data	Surface Area	m^2	16	[63]
	Welding Distance	m	1.5	[63]

Table A2. Inventory data for the production and assembly of a standard sleeper cab for long-haul transportation. Total mass is based on the model by Fries et al. [54,58,59]. Components are adapted and scaled based on Hawkins [44] and verified by an expert interview [63]. The amount of energy results from Hawkins [44].

Category	Cab	Unit	Value	Source
	Total Mass	kg	1386.68	[54,58]
Materials	Steel Mass	kg	609.84	[44]
	Rubber Mass	kg	11.25	[44]
	Aluminum Mass	kg	18.09	[44]
	Thermoset Mass	kg	212.37	[44,63]
	Thermoplastic Mass	kg	257.15	[44,63]
	Copper Mass	kg	30.29	[44]
	Magnesium Mass	kg	0.96	[44]
	Zinc Mass	kg	0.4	[44]
	Organic Materials Mass	kg	39.82	[44]
	Other Mass	kg	0.56	[44]
	Glass Mass	kg	159.07	[44]
	Paint Mass	kg	46.86	[44]
Energy Interior	Assembly	kWh	18.55	[44]
	Heat	MJ	173.07	[44]
Energy Exterior	Assembly	kWh	806.64	[44]
	Heat	MJ	1884.65	[44]
Total Energy	Assembly	kWh	825.19	[44]
	Heat	MJ	2057.72	[44]
Additional Data	Water	m^3	27.52	[44]
	Oxygen	kg	0.11	[44]
	Acetylene	kg	0.01	[44]
	Nitrogen	kg	0.22	[44]
	Carbon dioxide	kg	0.47	[44]
	Natural gas	kg	3.28	[44]

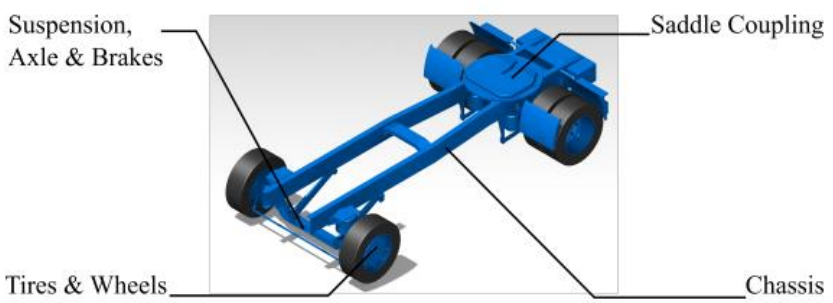


Table A3. Inventory data for the production and assembly of the chassis including suspension and steering system. Total mass is based on the model by Fries et al. [54,58,59]. Components are adapted and scaled based on *GREET* V2.7 [26] and verified by an expert interview [63]. The amount of energy results from Hawkins [44].

Category	Suspension	Unit	Value	Source
	Total Mass	kg	1600	[54,58]
Components	Rear Axle [1]	kg	750	[26,63]
	Front Axle [2]	kg	500	[26,63]
	Steering System	kg	100	[26,63]
	Suspension Front	kg	100	[26,63]
	Suspension Rear	kg	150	[26,63]
Materials	Steel Mass	kg	1150	[26,63]
	Iron Mass	kg	400	[26,63]
	Rubber Mass	kg	50	[26,63]
Energy	Steel	kWh	545	[56]
	Iron milling	kWh	59.2	[56]

[1] Including brakes, differential, driveshaft and housing; [2] including brakes.

Table A4. Inventory data for the production and assembly of the tires (315/70R22.5) and wheels (22.5 inch). Total mass is based on the model by Fries et al. [54,58,59]. Components are adapted and scaled based on Hawkins [44] and verified by an expert interview [63]. The amount of energy results from Hawkins [44].

Category	Tires & Wheels	Unit	Value	Source
	Total Mass	kg	658.8	[54,58]
Materials	Low-alloyed Steel Mass	kg	331.21	[26,44]
	Chromium Steel Mass	kg	108.1	[26,44]
	Rubber Mass	kg	109.74	[26,44]
	Acrylonitrile Mass	kg	109.74	[26,44]
Energy	Assembly	kWh	279.3	[44]
	Heat	kWh	1145	[44]
Additional Data	Compressed Air 6 bar	m^3	69.82	[44]
	Compressed Air 12 bar	m^3	125.7	[44]
	Oxygen	kg	0.08	[44]
	Acetylene	kg	0.014	[44]
	Carbon dioxide	kg	1.718	[44]
	Natural gas	kWh	3.98	[44]
	Water	m^3	13.5	[44]

Table A5. Inventory data for the other components of the vehicle glider. Total mass is the result of the components which were adapted from *GREET* V2.7 [26] and Hawkins [44]. The amount of fluid is in compliance with technical recommendations of a manufacturer of lubricants [65]. The total mass is the result of the components mass.

Category	Others	Unit	Value	Source
	Total	kg	825.6	
Components	Powertrain Thermal	kg	261.6	[26]
	Powertrain Electrical	kg	108.6	[26]
	Emission Control Electronics	kg	108.6	[26]
	Exterior electrical	kg	108.6	[26]
	Rear Underride Guard	kg	130	[26]
	Tool Kit	kg	25	[26]

Wolff, S., Seidenfus, M., Gordon, K., Álvarez, S., Kalt, S., & Lienkamp, M. (2020). Scalable life-cycle inventory for heavy-duty vehicle production. Sustainability, 12(13), 5396.

Step 4: Interpretation

© 2023 BSI. All rights reserved.

Step 4: Interpretation

- การแปรผล เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินวัฏจักรชีวิต ในขั้นตอนนี้ผู้ประเมินจะต้องแปรผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 (LCIA) เพื่อวิเคราะห์จุด hotspot ของแต่ละผลกระทบ หรือเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นระหว่างผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเป้าหมายและขอบเขตที่ได้ตั้งไว้ในขั้นตอนที่ 1
- การแปรผลควรจะสามารถนำไปสู่การกำหนดกลยุทธ์ในการปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ได้
- นอกจากนั้นประเด็นเรื่องคุณภาพของข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ และข้อจำกัดต่างๆ ที่พบระหว่างการดำเนินการควรได้นำมาอภิปรายในขั้นตอนนี้ได้

Sensitivity analysis

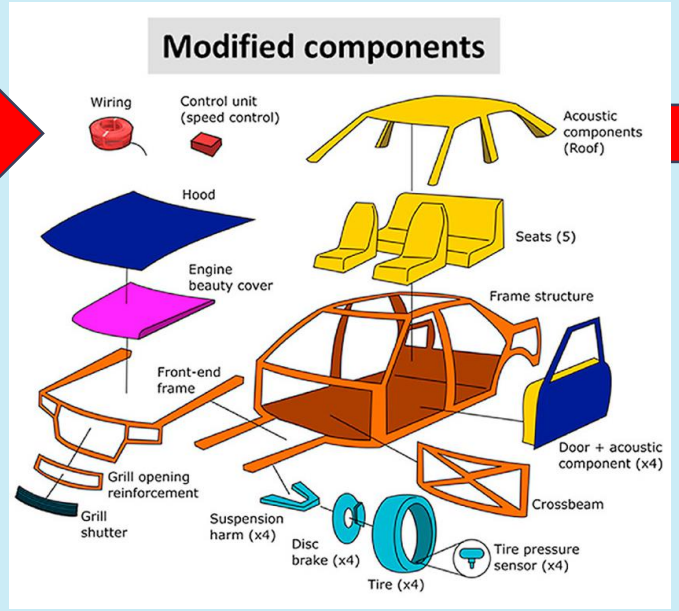
Uncertainty analysis

© 2023 BSI. All rights reserved.

สรุป LCA for automotive industry

Data

LCA



New product

Product Comparison

Launch to market

Better GHG performance

Better Cost

More environment ally friendly

Contact us

www.bsigroup.com/th-TH/

BSI Thailand

@bsithailand

Tel: 02 294 4889-92 Email: infothai@bsigroup.com