การประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินผลกระทบ

Life Cycle Impact Assessment

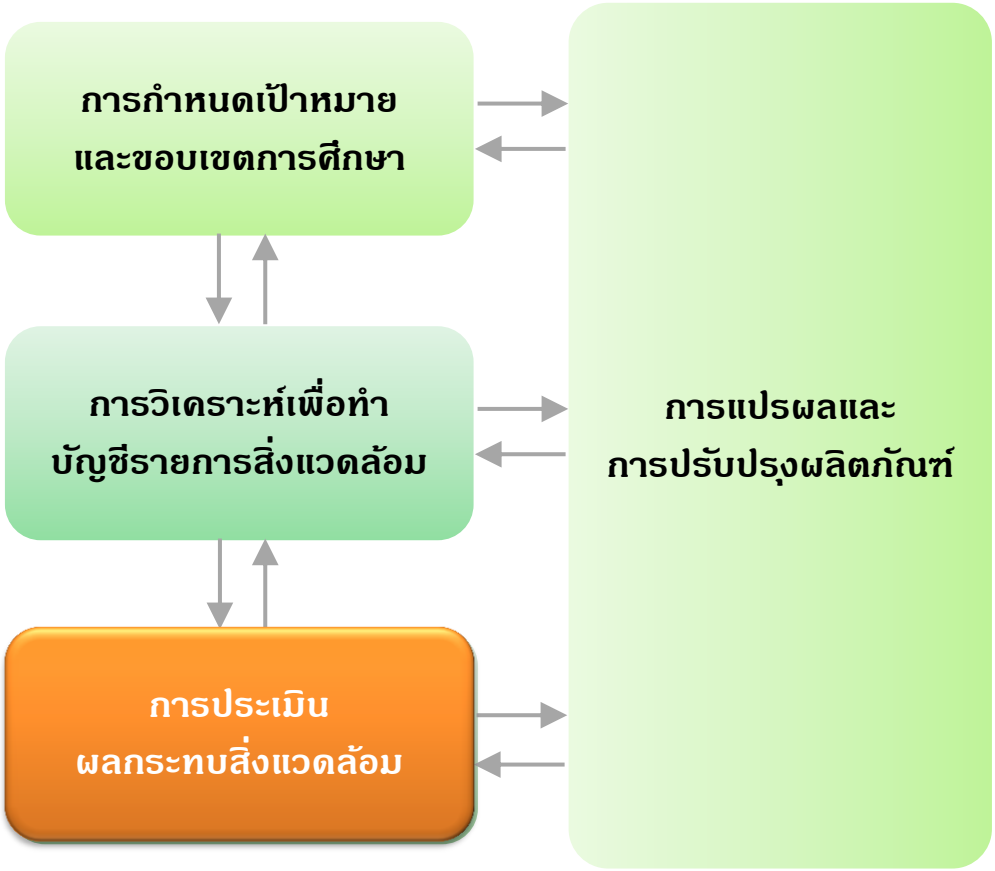
Punnamee Sachakamol, Ph.D
e-mail: fengpmsa@ku.ac.th

การประเมินผลกระทบ

Life Cycle Impact Assessment

✓	1	**Life Cycle Impact Assessment**
	2	โครงสร้างการประเมินผลกระทบ
	3	กลุ่มผลกระทบ
	4	ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ
	5	การประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตของถุงกระดาษและถุงพลาสติก LDPE
	6	อุปสรรคและข้อจำกัด

กรอบการดำเนินงานของ LCA



Life Cycle Impact Assessment

- Life Cycle Impact Assessment (LCIA) เป็นขั้นตอนที่มีเป้าหมายเพื่อประเมินระดับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมว่าผลกระทบด้านใดที่มีความสำคัญในระบบผลิตภัณฑ์ที่พิจารณา

- โดยจะแปรข้อมูลบัญชีรายการ (ค่าปริมาณของของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด ตลอดจนวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้) ให้อยู่ในรูปของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

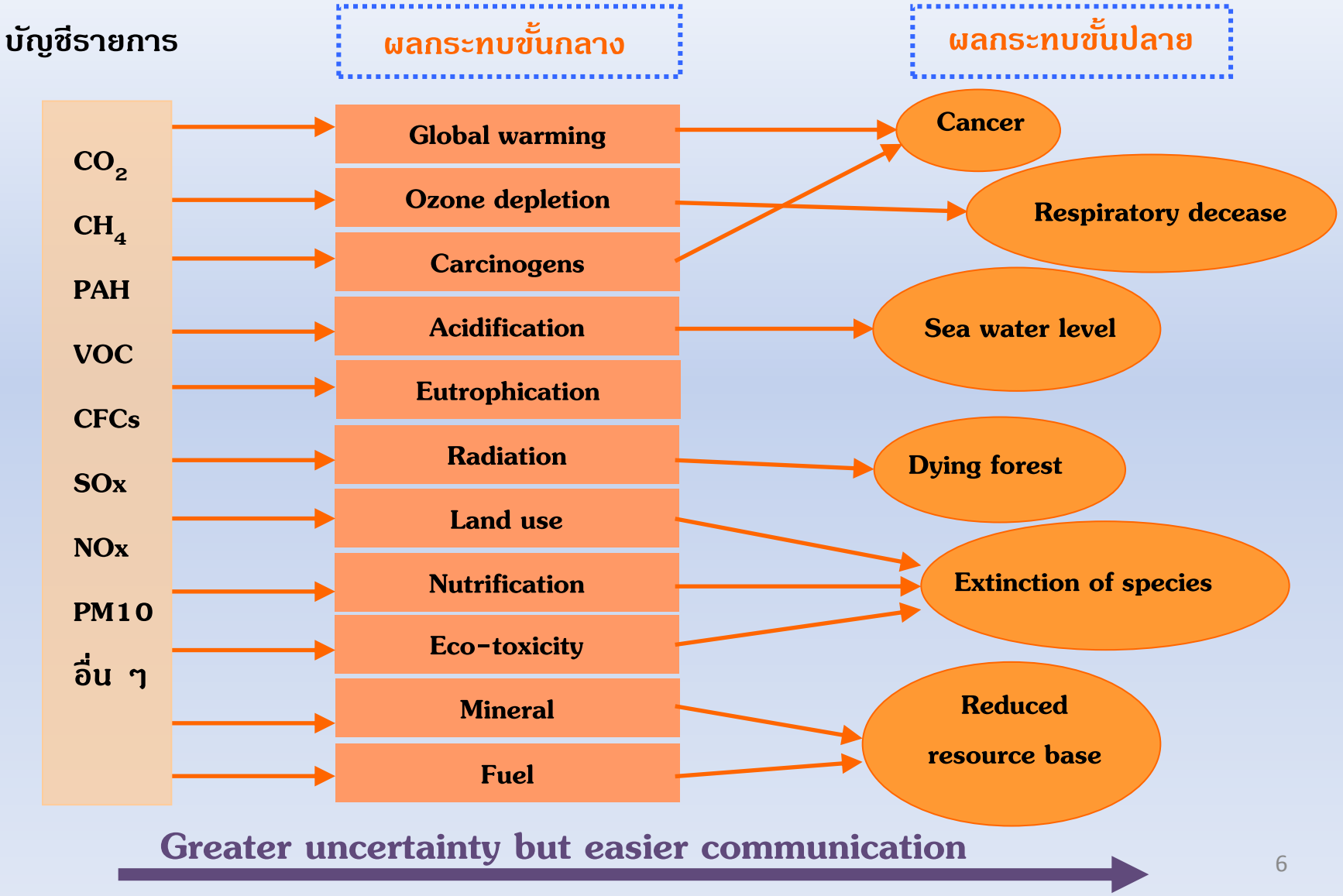
fppt.com

การประเมินผลกระทบ

Life Cycle Impact Assessment

1. Life Cycle Impact Assessment
2. ✓ **โครงสร้างการประเมินผลกระทบ**
3. กลุ่มผลกระทบ
4. ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ
5. การประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตของถุงกระดาษและถุงพลาสติก LDPE
6. อุปสรรคและข้อจำกัด

โครงสร้างการประเมินผลกระทบ



ผลกระทบขั้นกลาง

- ผลกระทบขั้นกลาง (Midpoint Impact)
  - เป็นผลกระทบในด้านที่แสดงถึงปัญหาที่เกิดกับสิ่งแวดล้อม เช่น การเกิดรูรั่วโอโซนในชั้นบรรยากาศ การที่สาหร่ายเติบโตมากเกินไป แร่ธาตุมีปริมาณลดลง

ผลกระทบ	หน่วย
Global warming	Kg CO_2
Ozone depletion	Kg CFC 11
Carcinogens	Kg B(a)P
Acidification	Kg SO_2
Eutrophication	Kg PO_4
Heavy metal	Kg Pb
Mineral	Kg
Fuel	MJ

ผลกระทบขั้นปลาย

- ผลกระทบขั้นปลาย (Endpoint Impact)
  - เป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากผลกระทบขั้นกลางแสดงในด้านความเสียหาย เช่น ความเสียหายต่อสุขอนามัย ความเสียหายต่อระบบนิเวศ ฯลฯ

ผลกระทบ	หน่วย
Human health	DALY
Ecosystem quality	PDF*m^2yr
Resource	MJ surplus energy

DALY= Disability adjusted life years; this means different disability caused by diseases are weighted

PDF*m^2yr; PDF= Potentially Disappeared Fraction of plant species

MJ surplus energy= Additional energy requirement to compensate lower future ore grade

การประเมินผลกระทบ

Life Cycle Impact Assessment

1. Life Cycle Impact Assessment
2. โครงสร้างการประเมินผลกระทบ
3. ✓ **กลุ่มผลกระทบ**
4. ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ
5. การประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตของถุงกระดาษและถุงพลาสติก LDPE
6. อุปสรรคและข้อจำกัด

กลุ่มผลกระทบ

- กลุ่มผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับสารขาเข้า

ผลกระทบ	ตัวอย่าง	ระดับความสำคัญ
ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่มีชีวิต (Abiotic resources)	เชื้อเพลิงฟอสซิล แร่ธาตุ	global
ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีชีวิตลดลง (Biotic resources)	สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ป่าไม้	global
การใช้พื้นที่ (Land use)		global/region/local
การใช้น้ำ (Water use)		global/region/local

กลุ่มผลกระทบ (2)

- กลุ่มผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับสารขาออก

ผลกระทบ	ตัวอย่าง	ระดับความสำคัญ
การทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential)	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs)	global
การทำให้เกิดรูรั่วโอโซน (Ozone layer depletion)	คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) ไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (HCFC) เมธิลโบรไมด์ (CH_4Br)	global
การทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโต้ออกซิเดชั่น (Photo-oxidant formation)	ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ใช่มีเทน (NMHC)	local

กลุ่มผลกระทบ (3)

- กลุ่มผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับสารขาออก

ผลกระทบ	ต.ย.	ระดับความสำคัญ
การทำให้เกิดภาวะกรด (Acidification)	ซัลเฟอร์ออกไซด์ (SOx) ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) กรดไฮโดรครอลิก (HCl)	region/local
การทำให้แร่ธาตุในน้ำมากเกินไป (Eutrophication)	สารประกอบฟอสเฟต (PO_4^-) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) แอมโมเนีย (NH_3)	country/region/local
การก่อให้เกิดกลิ่น (Odour)		local
การก่อให้เกิดเสียง (Noise)		local

การประเมินผลกระทบ

Life Cycle Impact Assessment

1. Life Cycle Impact Assessment
2. โครงสร้างการประเมินผลกระทบ
3. กลุ่มผลกระทบ
4. ✓ **ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ**
5. การประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตของถุงกระดาษและถุงพลาสติก LDPE
6. อุปสรรคและข้อจำกัด

ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ

- การประเมินผลกระทบมีขั้นตอนสำคัญ ๆ ดังนี้
  - การกำหนดชนิด ประเภทของผลกระทบ (Category definition)
  - การจำแนกกลุ่มผลกระทบ (Classification)
  - การกำหนดบทบาท (Characterization)
  - การจัดกลุ่มและเทียบหน่วย (Normalization)
  - การให้น้ำหนักและความสำคัญ (Valuation, Weighting)

Mandatory elements

Optional elements

ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ

- การประเมินผลกระทบมีขั้นตอนสำคัญ ๆ ดังนี้
  - การกำหนดชนิด ประเภทของผลกระทบ (Category definition)
  - การจำแนกกลุ่มผลกระทบ (Classification)
  - การกำหนดบทบาท (Characterization)
  - การจัดกลุ่มและเทียบหน่วย (Normalization)
  - การให้น้ำหนักและความสำคัญ (Valuation, Weighting)

การกำหนดชนิด ประเภทของผลกระทบ

- เป็นการเลือกกลุ่มผลกระทบที่ต้องการศึกษาซึ่งประเภทของผลกระทบสำคัญ ๆ ที่มักมีการศึกษา ได้แก่

  - การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change)
  - การทำให้โลกร้อน (Global warming)
  - การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone depletion)
  - การสิ้นเปลืองทรัพยากร (Resources depletion)
  - การสิ้นเปลืองพลังงาน (Energy depletion)

การกำหนดชนิด ประเภทของผลกระทบ

- เป็นการเลือกกลุ่มผลกระทบที่ต้องการศึกษาซึ่งประเภทของผลกระทบสำคัญ ๆ ที่มักมีการศึกษาได้แก่
  - การเกิดภาวะความเป็นกรดในดินและในแหล่งน้ำ (Acidification)
  - การเกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Human toxicity)
  - การเกิดสภาวะที่เป็นพิษต่อนิเวศวิทยาทางทะเล (Ecotoxicity)
  - การเพิ่มภาระด้านแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำที่จะนำไปสู่การเกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำ (Eutrophication from nutrients)

ตัวอย่างการเลือกชนิด ประเภทของผลกระทบ

- ในการเปรียบเทียบการขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกและโดยรถไฟ มีประเด็นทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่
  - การใช้พื้นที่สำหรับก่อสร้างถนนและรางรถไฟ
  - การเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (< PM10) จากเครื่องยนต์ดีเซลและจากยางรถยนต์
  - การเกิดเสียงดัง

ตัวอย่างการเลือกชนิด ประเภทของผลกระทบ

- ในการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับผลิตไฟฟ้าและเครื่องยนต์ดีเซล มีประเด็นทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่
  - การเกิดภาวะโลกร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง
  - การเกิดภาวะความเป็นกรดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง
  - การเกิดความเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์และระบบนิเวศ รวมไปถึงการเกิดโอโซน
  - การใช้ทรัพยากรที่หมดไป เช่น เชื้อเพลิงฟอสซิล แร่ธาตุ

ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ

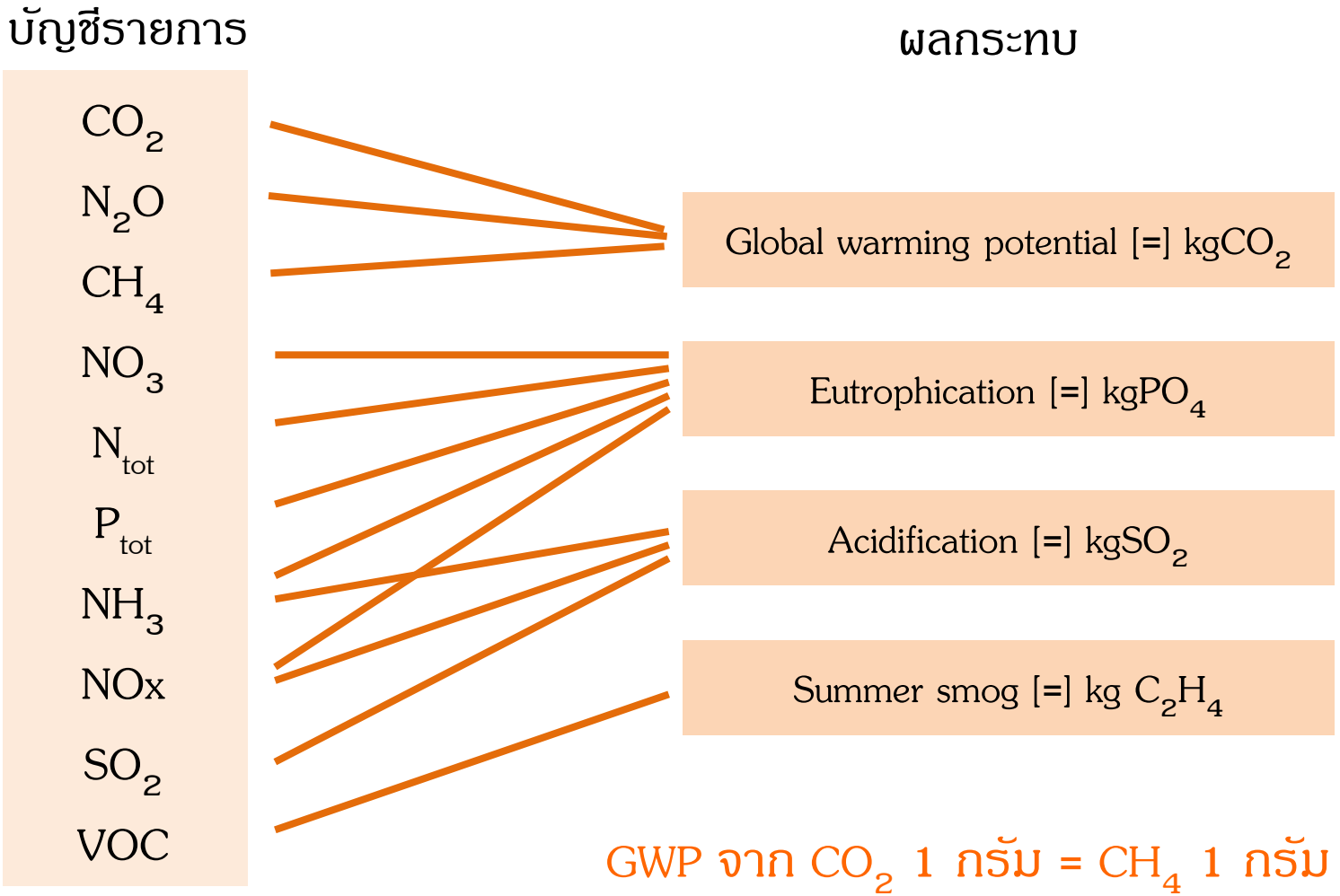
- การประเมินผลกระทบมีขั้นตอนสำคัญ ๆ ดังนี้
  - การกำหนดชนิด ประเภทของผลกระทบ (Category definition)
  - การจำแนกกลุ่มผลกระทบ (Classification)
  - การกำหนดบทบาท (Characterization)
  - การจัดกลุ่มและเทียบหน่วย (Normalization)
  - การให้น้ำหนักและความสำคัญ (Valuation, Weighting)

การจำแนกกลุ่มของผลกระทบ

- ทรัพยากรและวัตถุดิบที่ใช้ ตลอดจนของเสียที่เกิดขึ้นจากวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาจะถูกจัดกลุ่มตามกลุ่มผลกระทบ โดยพิจารณาจากศักยภาพที่สารเหล่านั้นจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่าง เช่น
  - ก๊าซ CO_2 และ CH_4 เป็นก๊าซเรือนกระจกจึงมีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน
  - สาร CFC มีผลให้เกิดการลดลงของชั้นโอโซนในบรรยากาศ

- มลสาร 1 ชนิดอาจก่อให้เกิดผลกระทบได้หลายด้าน
  - ก๊าซ NOx เป็นก๊าซที่จะทำให้เกิดภาวะความเป็นกรด และโดยคุณสมบัติของ NOx จะเป็นพิษต่อมนุษย์

การจำแนกกลุ่มของผลกระทบ



GWP จาก CO_2 1 กรัม = CH_4 1 กรัม ??

ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ

- การประเมินผลกระทบมีขั้นตอนสำคัญ ๆ ดังนี้
  - การกำหนดชนิด ประเภทของผลกระทบ (Category definition)
  - การจำแนกประเภท (Classification)
  - การกำหนดบทบาท (Characterization)
  - การจัดกลุ่มและเทียบหน่วย (Normalization)
  - การให้น้ำหนักและความสำคัญ (Valuation, Weighting)

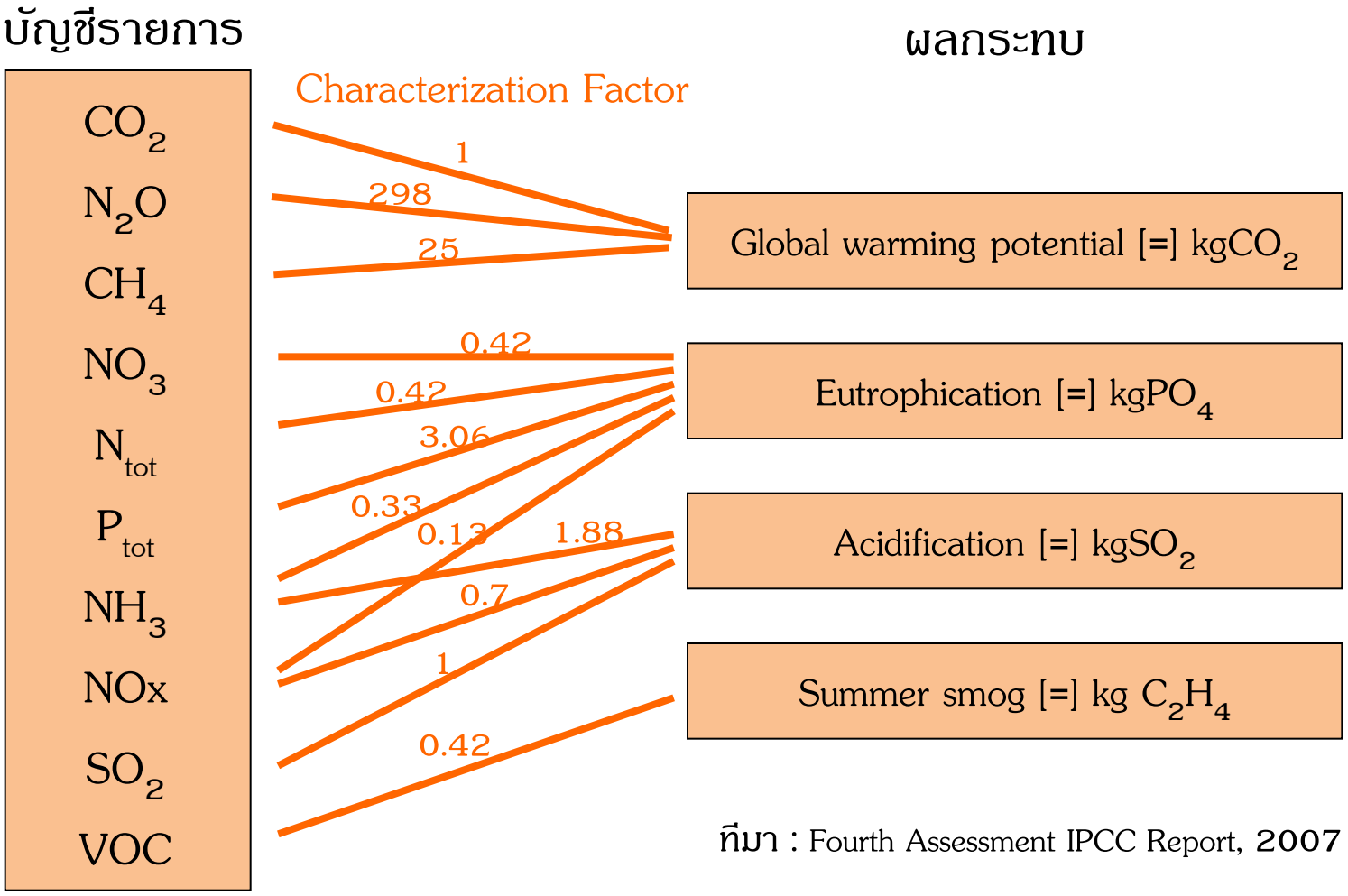
การกำหนดขอบเขต

- เป็นการพิจารณาถึงผลกระทบในเชิงปริมาณที่จะเกิดขึ้นจากสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและการกระจายของผลกระทบต่อกลุ่มผลกระทบต่าง ๆ ที่เป็นประเด็นที่สนใจในการศึกษา LCA ของผลิตภัณฑ์ใด ๆ จากการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

- ผลิตภัณฑ์ A มีผลกระทบในดัชนี GWP = ? เมื่อมีการปลดปล่อย
  - CO_2 = 20 กก.ต่อกก. ผลิตภัณฑ์
  - CH_4 = 2 กก. ต่อกก. ผลิตภัณฑ์
  - N_2O = 0.1 กก. ต่อกก. ผลิตภัณฑ์

GWP = 20 + 2 + 0.1 ???

แฟคเตอร์สำหรับการกำหนดบทบาท



ที่มา : Fourth Assessment IPCC Report, 2007

แฟคเตอร์สำหรับการกำหนดบทบาท

- Characterization factor เป็นค่าแสดงศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบของแต่ละข้อมูล

- ต.ย. เช่น CH_4 มีค่า Characterization factor = 25 $kgCO_2/kgCH_4$ หมายความว่า CH_4 1 kg มีผลกระทบต่อ GWP เทียบเท่ากับ CO_2 25 kg หรือกล่าวคือ CH_4 มีผลกระทบต่อ GWP มากกว่า CO_2 ถึง 25 เท่า

แฟคเตอร์สำหรับการกำหนดบทบาท

- การคิดผลกระทบทำได้โดยรวมข้อมูลบัญชีรายการกับศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบเข้าด้วยกัน

Impact score = Characterization factor x Inventory value

การกำหนดบทบาท (GWP1)

- ผลิตภัณฑ์ A มีผลกระทบในดัชนี GWP = ? เมื่อมีการปลดปล่อย
  - CO_2 = 20 กก.ต่อกก. ผลิตภัณฑ์
  - CH_4 = 2 กก. ต่อกก. ผลิตภัณฑ์
  - N_2O = 0.1 กก. ต่อกก. ผลิตภัณฑ์

รายการข้อมูล	ปริมาณ (kg)	GWP Characterization factor ($kgCO_2/kg$)	GWP ($kgCO_2$)
CO_2	20	1	20x1 = 20
CH_4	2	25	2x25 = 50
N_2O	0.1	298	0.1x298 = 29.8
รวม			99.8

การกำหนดบทบาท (GWP2)

- ผลิตภัณฑ์ B มีผลกระทบในดัชนี GWP = ? เมื่อมีการปลดปล่อย
  - CO_2 = 50 กก.ต่อกก. ผลิตภัณฑ์
  - CH_4 = 0.5 กก. ต่อกก. ผลิตภัณฑ์
  - N_2O = 0.2 กก. ต่อกก. ผลิตภัณฑ์

รายการข้อมูล	ปริมาณ (kg)	GWP Characterization factor ($kgCO_2/kg$)	GWP ($kgCO_2$)
CO_2	50	1	50x1 = 50
CH_4	0.5	25	0.5x25 = 12.5
N_2O	0.2	298	0.2x298 = 59.6
รวม			**122.1**

การกำหนดบทบาท (ADP1)

- ผลิตภัณฑ์ A มีผลกระทบในดัชนี **ADP = ?** เมื่อมีการปลดปล่อย
  - NH_3 = 0.03 กก.ต่อกก. ผลิตภัณฑ์
  - NOx = 4.5 กก. ต่อกก. ผลิตภัณฑ์
  - SO_2 = 7 กก. ต่อกก. ผลิตภัณฑ์

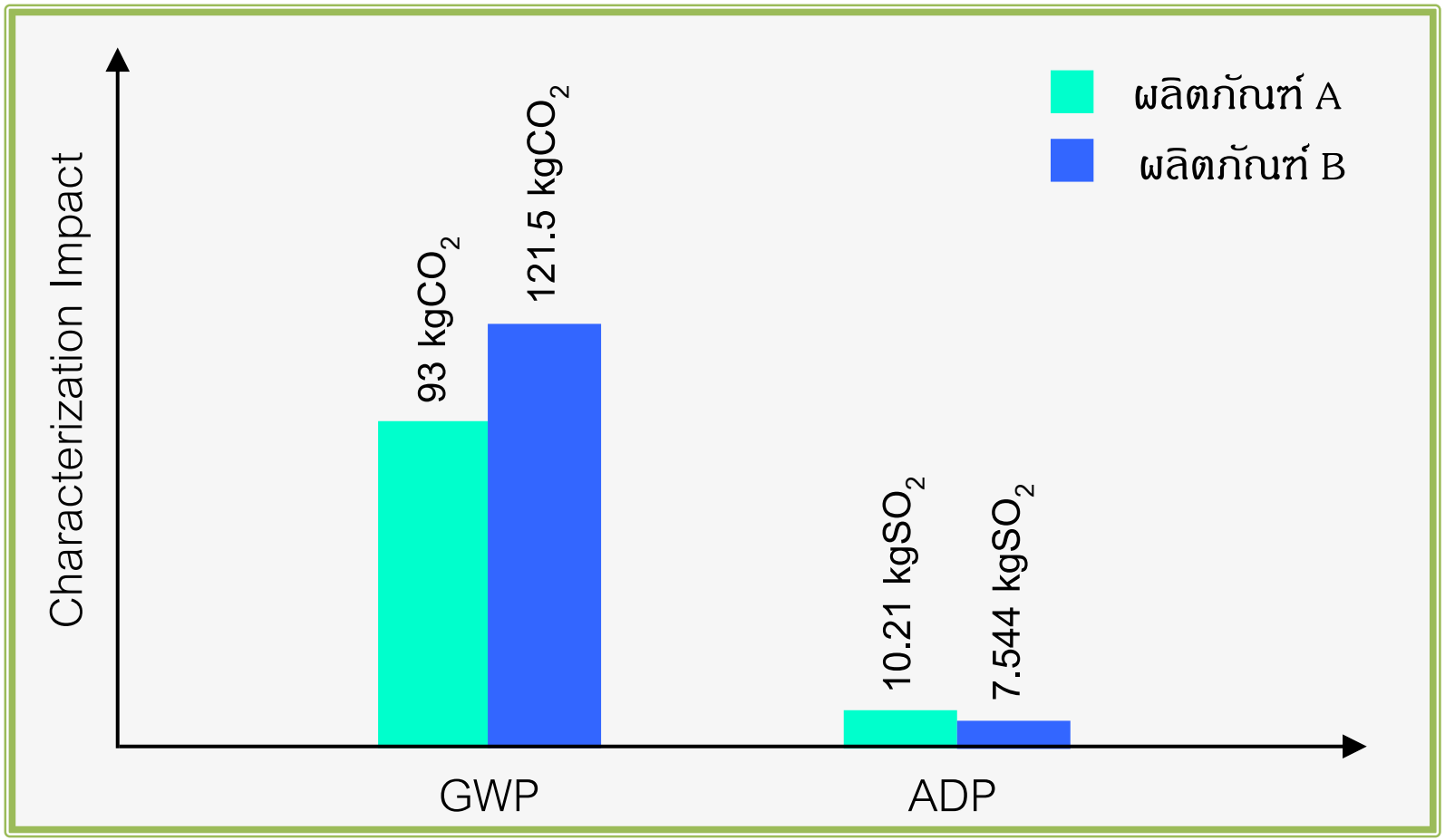
รายการข้อมูล	ปริมาณ (kg)	ADP Characterization factor ($kgSO_2/kg$)	ADP ($kgSO_2$)
NH_3	0.03	1.88	0.0564
NOx	4.5	0.7	3.150
SO_2	7	1	7
รวม			**10.2064**

การกำหนดบทบาท (ADP2)

- ผลิตภัณฑ์ A มีผลกระทบในดัชนี **ADP = ?** เมื่อมีการปลดปล่อย
  - NH_3 = 0.05 กก.ต่อกก. ผลิตภัณฑ์
  - NOx = 3.5 กก. ต่อกก. ผลิตภัณฑ์
  - SO_2 = 5 กก. ต่อกก. ผลิตภัณฑ์

รายการข้อมูล	ปริมาณ (kg)	ADP Characterization factor ($kgSO_2/kg$)	ADP ($kgSO_2$)
NH_3	0.05	1.88	0.094
NOx	3.5	0.7	2.45
SO_2	5	1	5
รวม			**7.544**

ผลกระทบจากการกำหนดบทบาท



ผลิตภัณฑ์ A หรือ B ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า ??

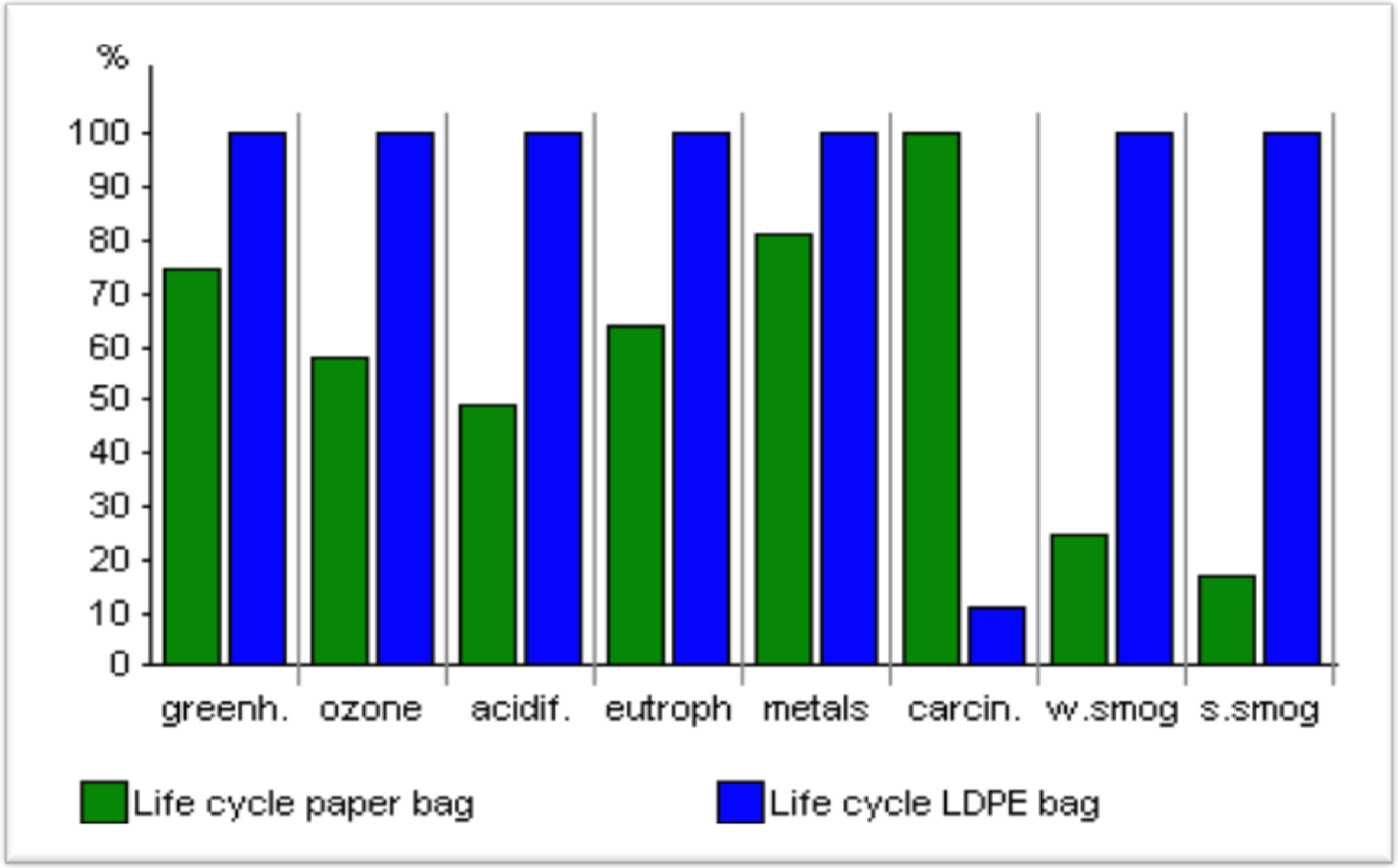
ผลกระทบจากการกำหนดบทบาท

- ผลกระทบที่ได้จากการกำหนดบทบาทของแต่ละผลกระทบจะมีหน่วยแตกต่างกันขึ้นกับประเภทของผลกระทบ
- หากต้องการเปรียบเทียบผลกระทบแต่ละประเภทที่ได้จากการกำหนดบทบาทของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ กัน จะแสดงผลในรูปเปอร์เซนต์เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบมาก (100%) กับผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบน้อยกว่า

ผลกระทบจากการกำหนดบทบาท

- การแปลผลกระทบที่ได้จากการกำหนดบทบาทจะเข้าใจได้ง่ายกว่าการแปลผลกระทบจากบัญชีรายการโดยตรง อย่างไรก็ตามปัญหาจะไม่เกิดขึ้นหากผลการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ได้สอดคล้องกันในทุกผลกระทบ แต่ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์หนึ่งให้ค่าผลกระทบสูงกว่าอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งในบางดัชนี จะก่อให้เกิดความสับสนในการสรุปผล

ตัวอย่างผลกระทบจากการกำหนดบทบาท ของวัฏจักรชีวิตของถุงกระดาษและถุงพลาสติก LDPE



ถุงกระดาษ/ถุงพลาสติก ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า ??

ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ

- การประเมินผลกระทบมีขั้นตอนสำคัญ ๆ ดังนี้
  - การกำหนดชนิด ประเภทของผลกระทบ (Category definition)
  - การจำแนกประเภท (Classification)
  - การกำหนดบทบาท (Characterization)
  - การจัดกลุ่มและเทียบหน่วย (Normalization)
  - การให้น้ำหนักและความสำคัญ (Valuation, Weighting)

การจัดกลุ่มและเทียบหน่วย

- เป็นการแสดงให้เห็นว่ากลุ่มผลกระทบแต่ละกลุ่มมีความสำคัญต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยรวมอยู่ในระดับใด ซึ่งจะช่วยตัดประเด็นปัญหาที่ต้องพิจารณาไปได้ในกรณีที่กลุ่มผลกระทบนั้นที่มีความสำคัญน้อยเมื่อเทียบกับปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยรวม

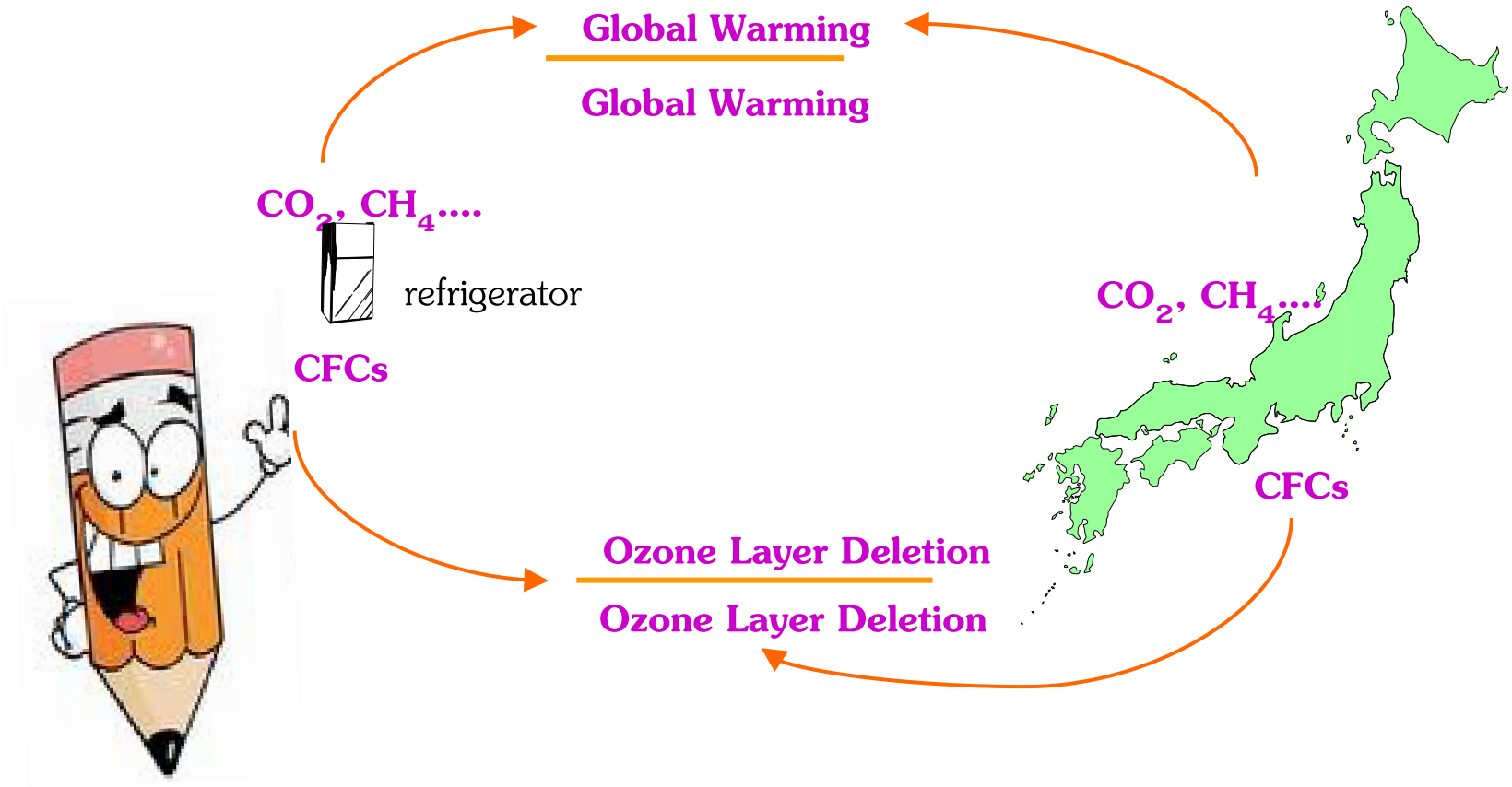
$$\text{Impact score} = \frac{\text{Category indicator for product}}{\text{Normalization value}}$$

ค่าสำหรับการจัดกลุ่มและเทียบหน่วย

- Normalization value เป็นค่าที่แต่ละประเทศต้องจัดทำขึ้นเอง ไม่มีค่าที่เป็นสากล

- Normalization value ได้จากการนำจำนวนประชากรในพื้นที่ที่ทำการวิจัยในช่วงนั้น ๆ มาเฉลี่ย หรืออาจกล่าวได้ว่านำผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่คำนวณได้จากขั้นตอน Characterization มาเปรียบเทียบว่าในจำนวนประชากร 1 คน ทำให้เกิดผลกระทบได้แค่ไหน

ค่าสำหรับการจัดกลุ่มและเทียบหน่วย

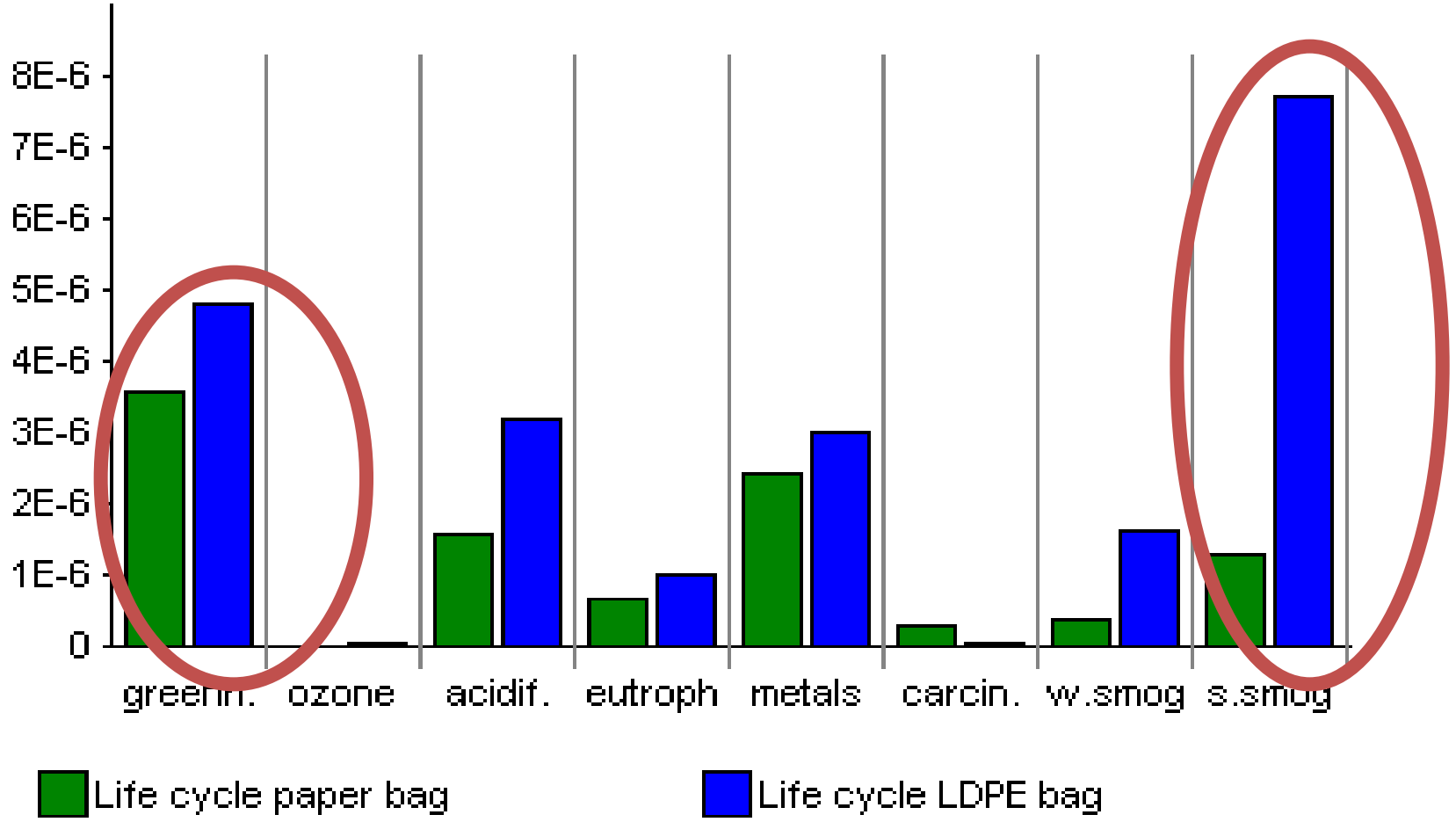


การจัดกลุ่มและเทียบหน่วย

จากการจัดกลุ่มเทียบหน่วย จะทำให้ผลกระทบที่แตกต่างกันสามารถเปรียบเทียบกันได้ในเชิงปริมาณ

กลุ่มผลกระทบ	ค่าผลกระทบจากการกำหนดบทบาท	Normalization value (Japan)	Results (Japan)
Global warming	8.63×10^{3}	1.36×10^{12}	6.38×10^{-8}
Ozone layer depletion	0.151	1.86×10^{6}	8.16×10^{-8}
Acidification	10.9	2.21×10^{9}	4.91×10^{-9}

ผลกระทบจากการจัดกลุ่มและเทียบหน่วยของวัฏจักรชีวิตของถุงกระดาษและถุงพลาสติก LDPE



ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ

- การประเมินผลกระทบมีขั้นตอนสำคัญ ๆ ดังนี้
  - การกำหนดชนิด ประเภทของผลกระทบ (Category definition)
  - การจำแนกประเภท (Classification)
  - การกำหนดบทบาท (Characterization)
  - การจัดกลุ่มและเทียบหน่วย (Normalization)
  - การให้น้ำหนักและความสำคัญ (Valuation, Weighting)

การให้น้ำหนักและความสำคัญ

- ค่าที่ได้จากการจัดกลุ่มและเทียบหน่วยจะช่วยให้ผลกระทบสามารถเปรียบเทียบกันได้ในเชิงปริมาณ แต่ไม่ได้คำนึงถึงความสำคัญ/ความรุนแรงของผลกระทบแต่ละกลุ่ม (ถือว่าทุกผลกระทบมีความสำคัญ/ความรุนแรงเท่ากันหมด) ซึ่งการให้น้ำหนักเป็นการกำหนดความสำคัญให้แก่ผลกระทบแต่ละกลุ่ม เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ระหว่างผลิตภัณฑ์ต่างชนิด

Impact score = Weighting factor x ค่าที่ได้จากการ Normalization

fppt.com

การให้น้ำหนักและความสำคัญ

- การให้ค่าน้ำหนักจะขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมหลาย ๆ ด้าน ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่จะมาจากผู้บริหารระดับสูงซึ่งเป็นผู้กำหนดนโยบาย

- การให้น้ำหนักนั้นมีจุดประสงค์เพื่อการจัดอันดับผลลัพธ์ของประเภทผลกระทบที่ต่างกัน การให้น้ำหนักนี้ไม่เป็น Technical หรือ Scientific อย่างไรก็ตามการให้น้ำหนักนี้อาจจะนำไปประยุกต์อย่างมีแบบแผนทางวิทยาศาสตร์ได้หรือรวมไปถึงเทคนิคการคิดที่เป็นวิธี

การให้น้ำหนักและความสำคัญ

- สมมติว่าในการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยฝ้ายกับเส้นใยพอลิเอสเตอร์พบว่าเส้นใยฝ้ายให้ผลกระทบในด้านของการใช้พื้นที่และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศค่อนข้างสูง ในขณะที่เส้นใยพอลิเอสเตอร์มีการใช้ทรัพยากรและศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูง จากผลนี้ทำให้เกิดคำถามว่าเส้นใยฝ้ายดีกว่าหรือเส้นใยพอลิเอสเตอร์ดีกว่ากันแน่ ???

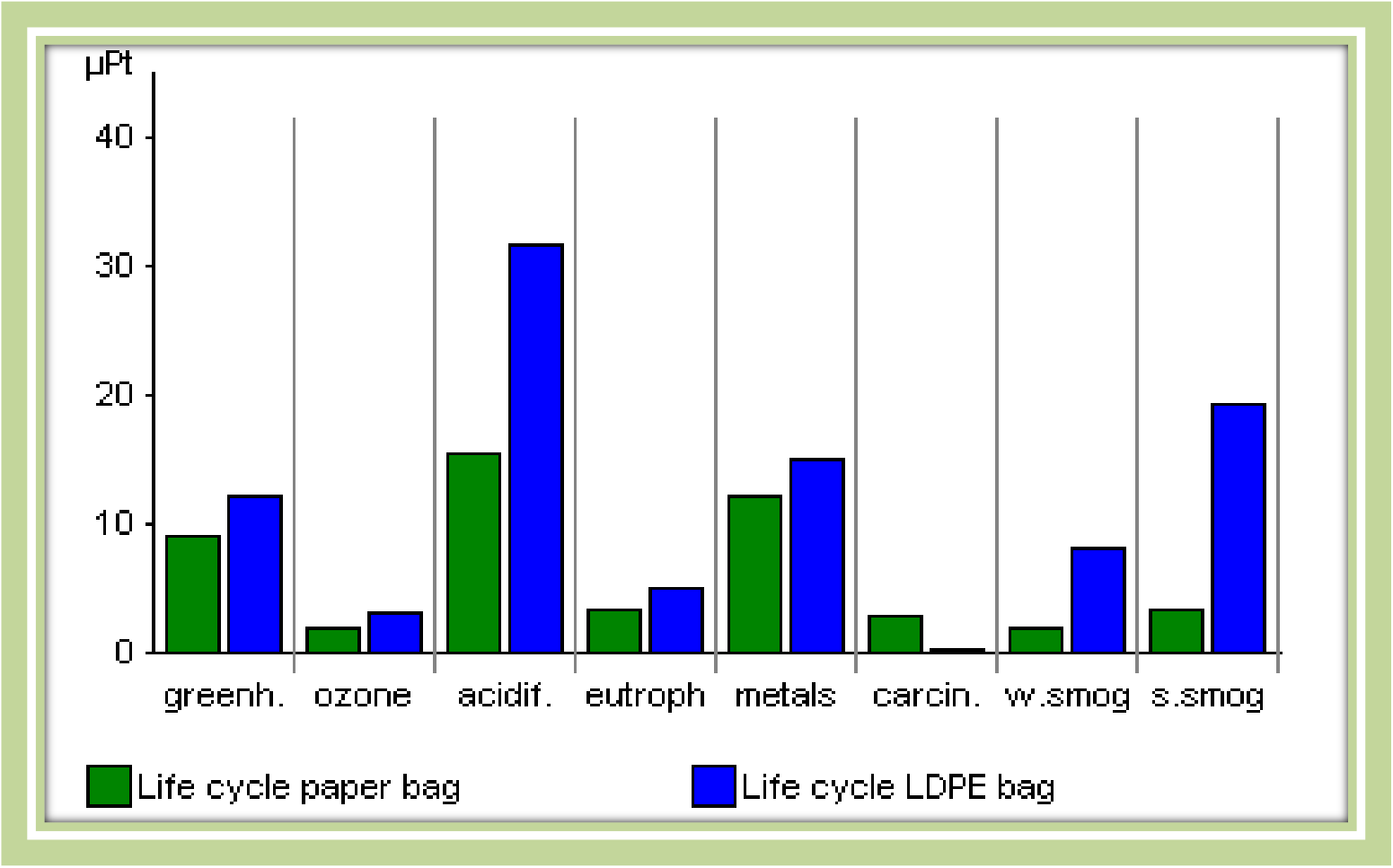
- เพื่อที่จะตอบคำถามดังกล่าวเราต้องพิจารณาว่าระหว่างระบบนิเวศกับการใช้ทรัพยากรและภาวะโลกร้อนเราให้น้ำหนักความสำคัญกับเรื่องใดมากกว่า ?

- หากให้ระบบนิเวศมีน้ำหนักมากกว่า ∴ เส้นใยพอลิเอสเตอร์ย่อมดีกว่า
- หากให้ระบบนิเวศมีน้ำหนักน้อยกว่า ∴ เส้นใยฝ้ายย่อมดีกว่า

ทำไมต้องให้น้ำหนักและความสำคัญ ??

- ✓ เพื่อช่วยในการตัดสินใจ
- ✓ เพื่อแสดงให้ผู้บริโภคทราบว่าผลิตภัณฑ์ชนิดใดดีกว่า
- ✓ เพื่อใช้ขอฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3

ผลกระทบจากการให้น้ำหนักของวัฏจักรชีวิตของถุงกระดาษและถุงพลาสติก LDPE

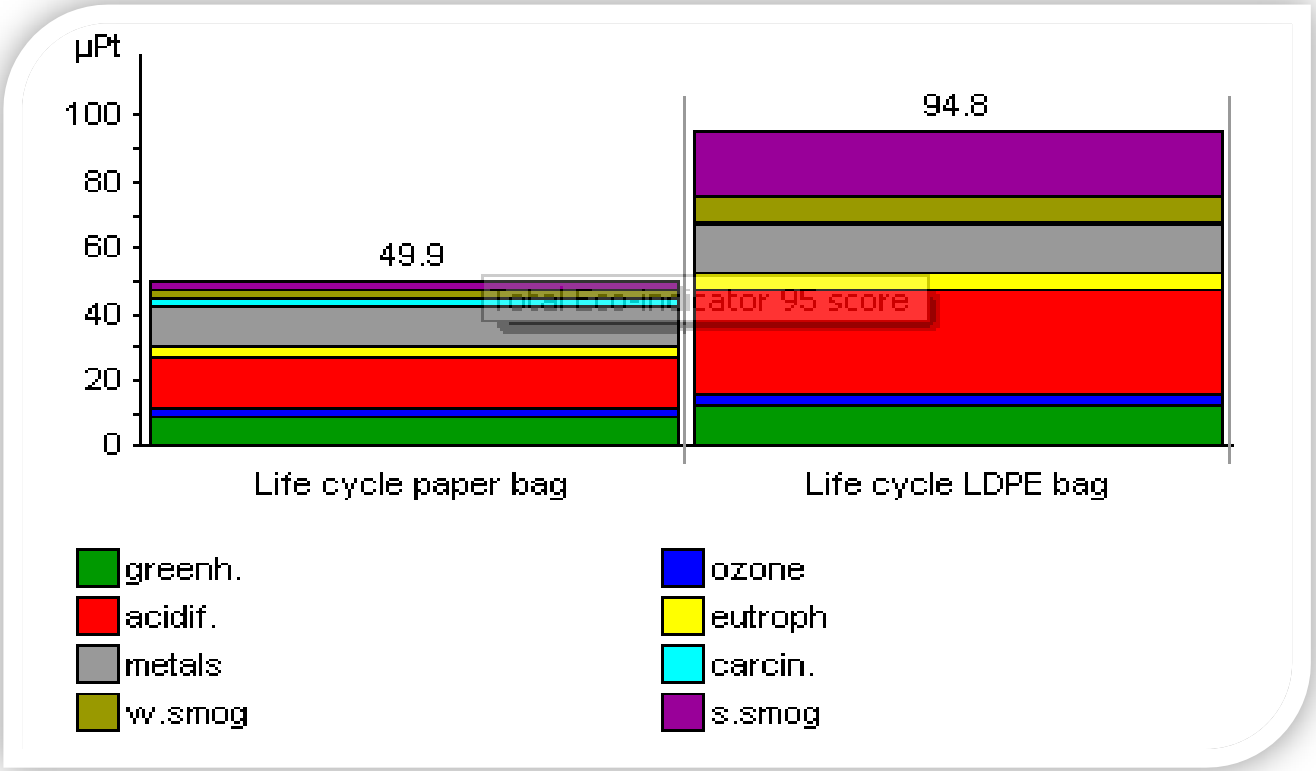


การประเมินผลกระทบ

Life Cycle Impact Assessment

	1	Life Cycle Impact Assessment
	2	โครงสร้างการประเมินผลกระทบ
	3	กลุ่มผลกระทบ
	4	ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ
✓	5	**การประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตของถุงกระดาษและถุงพลาสติก LDPE**
	6	อุปสรรคและข้อจำกัด

การประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิต ของถุงกระดาษและถุงพลาสติก LDPE



- เมื่อให้น้ำหนักแล้วจะพบว่าถุงพลาสติกให้ผลกระทบสูงกว่าถุงกระดาษ และผลกระทบที่มีค่ามากที่สุดในตย. นี้ ได้แก่ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ ในรูปของการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด และการเกิดหมอกควันพิษ

การประเมินผลกระทบ

Life Cycle Impact Assessment

1. Life Cycle Impact Assessment
2. โครงสร้างการประเมินผลกระทบ
3. กลุ่มผลกระทบ
4. ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ
5. การประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตของถุงกระดาษและถุงพลาสติก LDPE
6. ✓ **อุปสรรคและข้อจำกัด**

อุปสรรคและข้อจำกัด

- ผลการศึกษา LCIA เน้นเฉพาะประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกระบุในเป้าหมายและขอบเขตเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่ได้เป็นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

- ผลการศึกษา LCIA จะขึ้นกับความเป็นไปได้ทางเทคนิคและทางวิทยาศาสตร์ การเลือกสุ่มผลกระทบ แบบจำลองการกำหนดบทบาท และข้อมูลที่นำมาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบในการเปรียบเทียบอ้างอิง

อุปสรรคและข้อจำกัด

- ผลการศึกษา LCIA ไม่สามารถแสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มผลกระทบต่าง ๆ เนื่องจาก
  - ข้อจำกัดของการพัฒนาแบบจำลองการทำ characterization
  - ข้อจำกัดของขั้นการวิเคราะห์ LCI เช่น การกำหนดขอบเขตของระบบที่ไม่ครอบคลุมกระบวนการย่อยที่เป็นไปได้ทั้งหมดสำหรับ 1 ระบบผลิตภัณฑ์ หรือการรวมสารขาเข้าและสารขาออกทั้งหมดของทุก ๆ กระบวนการย่อย หรือการที่ข้อมูลขาดหายไป

อุปสรรคและข้อจำกัด

- ข้อจำกัดของขั้นการวิเคราะห์ LCI เช่น คุณภาพของข้อมูลที่ผันแปรตามขั้นตอนการปันส่วนและการรวบรวมข้อมูล

- ข้อจำกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการที่เหมาะสมและเป็นตัวแทนของผลกระทบในแต่ละกลุ่ม

fppt.com

LCA Case Study

fppt.com

An LCA Case Study

Subject product: Water Kettle

Water kettle TEFAL model(A)

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Defining the Goal

The LCA study of a water kettle was undertaken to secure data for improving environmental aspects of a product and for communicating environmental aspects of the product to the market. The LCA data will then be used to identify environmentally weak points for product improvement for product designers, developers, and managers within the company. In addition, environmental aspects of a product will be communicated to retail level as well as institutional level consumers in the form of environmental product declaration (EPD).

Why do you undertake LCA study?

To secure data and to identify environmentally weak points for improving environmental aspects of a product.

To compare the disposal method based on the scenario.

Who are the potential audience?

Product designers, developers, and managers within the company

What are the application areas of the LCA results?

To be communicated to retail level as well as institutional level consumers in the form of environmental product declaration (EPD)

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Defining the Scope of the study

Product:
Water kettle TEFAL model(A)

Product system:
Water kettle TEFAL plus its upstream and downstream processes.
- components and materials manufacturing, distribution, use and disposal.
-all transport occurring and energy used not only for the product but also for all elements.

Function:
Heating portable water for preparing tea or coffee

Functional unit (fu):
Heating 0.5 liter of portable water to boiling point (100℃)

Reference flow of the water kettle:
The function of the water kettle can only be realized by one water kettle. Thus, one water kettle is the reference flow.

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Defining the Scope of the Study

System boundaries:

(Cut-off) Decision rule for mass contribution is made to exclude less important processes from the product system using the following criteria.

i) Include all unit processes up to 75 % cumulative weight of the total product weight. (cut off is 25%). This turns out that we took only three components, "Housing w/handle", "Packaging" and "Heater" under the decision rule for mass contribution in this study

Component	Material	Weight (g)	Mass (%)
Housing w/ handle	PP	330.00	38%
Packaging	Card board	200.00	23%
Heater	Stainless steel	120.00	14%
Ground plate	PP	80.00	9%
Cable (PVC)	PVC	72.00	8%
Cable (Cu)	Cu	48.00	6%
Switch unit	PA	20.00	2%
Total		870.00	100%

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Defining the Scope of the Study

System boundaries:

(Cut-off) Decision rule for mass contribution is made to exclude less important processes from the product system using the following criteria.

ii) If the unit process, however, is considered environmentally significant (e.g. toxic chemicals), then the process should be included in the product system. If we find the environmentally significant items later in the Life Cycle Inventory Analysis and Impact assessment, we should include those in the study.

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

fppt.com

Defining the Scope of the Study

Environmental Impact Category & Inventory Parameter

Environmental Impact Types	Inventory Parameter
Global warming	CH_4, CO_2, N_2O, CFC-11, Halon-1301, HCFC-134a, ….
Ozone layer depletion	CFC-11, Halon-1301, HCFC-134a, SF_6, ….
Acidification	NH_3, HCl, HF, NOx, SOx, ….
Eutrophication	NH_3, HCl, NOx,COD, Total N, Total P, ….
Photochemical oxidant	111-TCE, CH_4, NOx, MVOC, CO….
Abiotic resource depletion	Crude oil, Coal, Iron, Chromium, ….

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Defining the Scope of the Study

Characterization Factor

Impact category	Symbol	Characterization factor unit
Global warming	GWP	g CO_2-eq/g
Ozone layer depletion	ODP	g CFC11-eq/g
Acidification	AP	g SO_2-eq/g
Eutrophication	EP	g PO_4^{3-}-eq/g
Photochemical Oxidant	POCP	g C_2H_4-eq/g
Abiotic resource depletion	ADP	U_j/D_j

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

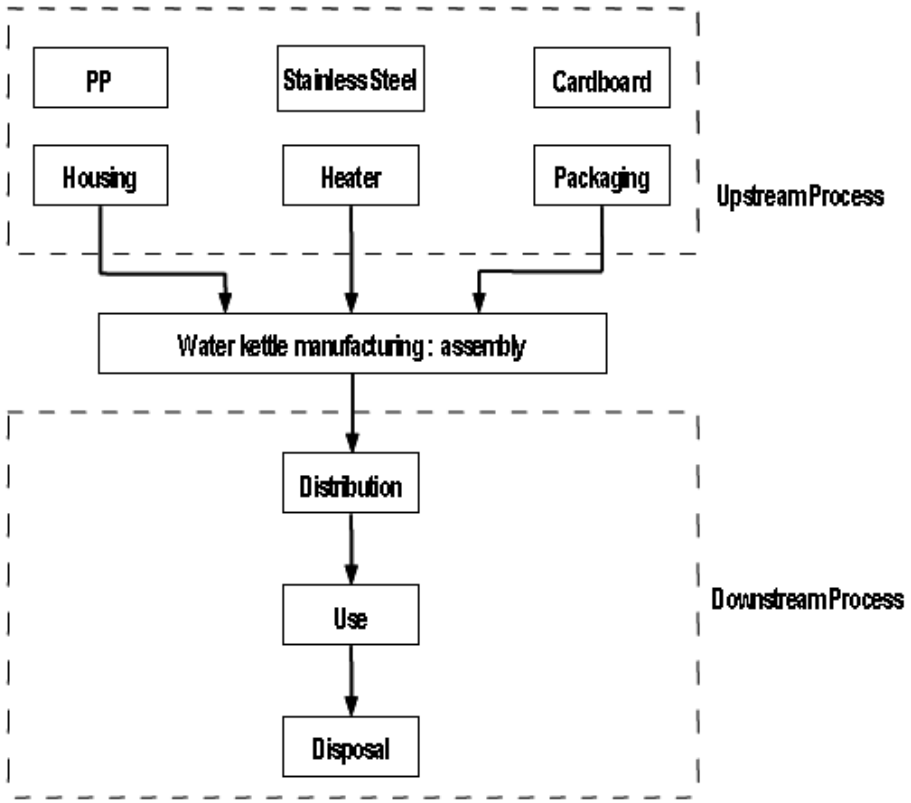
Defining the Scope of the Study

Limits

- The used data are on the waterkettle assembly technology of our company. Therefore, the manufacturing processes of our company may be different from other companies.
- As for electric power, the average figure in Korea is used. Though electric power energy differs depending on regions, the regional differences are not considered for the research.
- As for transportation, import of raw materials and transportation of waste products are excluded.
- The implementation of the LCIA has reached to "weighting" The results are to be used only for internal use.
- The results of "characterization" do not indicate impact volume at the end point of the category.

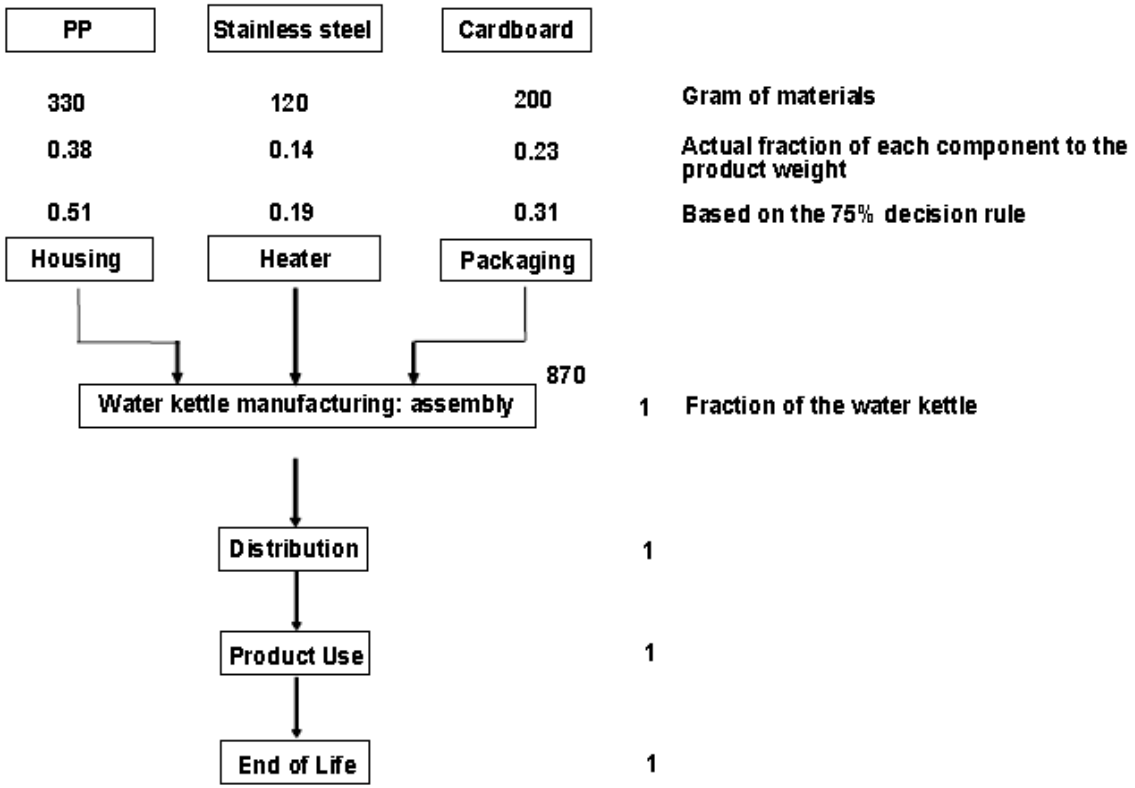
Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Process Tree



Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Process Tree *with material balance*



Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Data Collection

Collecting data (foreground)

		Data
Manufacturing data (including components manufacturing)	*The manufacturing is mostly dominated by injection molding of housing / handle / ground plate / switch unit* *Note: The weight of each component is shown in material composition table in chapter 1. Up to 75 % cumulative weight is considered in this study(25% decision rules for mass contribution)*	*There are two types of product assembled, model A and model B. Production volume of model A and B is 7650 and 8900 units/month, respectively. Total electricity consumed in manufacturing is 10,000kWh per year.* *Note: This will be allocated to Model (A) based on economic value.*
Distribution data	*The distribution distance is approximately 3000 km within Europe by 40 ton trucks*	
Use data	*Use scenario* *- preparing ½ liter of tea in an office (requires 54.5 Wh)* *- 3 times a day* *- 5 days a week* *- 50 weeks a year* *- the total uses sum up to a 2250 times over 3 years lifetime of the product*	*Electricity consumed 0.0545 kWh/time* *Note: This electricity consumption is the data based on scenario, which should be checked in the sensitivity analysis in the section of Chapter 4, Life Cycle Interpretation.*
Disposal data	*Disposal via municipal waste*	*The ratio of recycling, incineration, and landfill is 50%, 20%, and 30%, respectively*

Example of the LCI database(1)

	Parameter	Category	Unit	Total
PP (1 kg)	Crude oil	Raw	g	1,200
	CO_2	Air	g	1,800
	NO_X (as NO_2)	Air	g	10
	SO_X (as SO_2)	Air	g	11
	VOC	Air	g	9.60
Cardboard (1 kg)	Crude oil	Raw	g	114
	CO_2	Air	g	467
	NO_X	Air	g	3.96
Stainless steel (1 kg)	Crude oil	Raw	g	294
	Coal	Raw	g	779
	Chromium	Raw	g	203
	Iron ore	Raw	g	655
	CO_2	Air	g	3,650
Electricity (1 kWh)	Coal	Raw	g	50
	CO_2	Air	g	290
	Methane	Air	g	0.53
	SO_2	Air	g	1.18
Transport (40t Truck, 1ton-km, 50% loaded)	Crude oil	Raw	g	28
	CO	Air	g	0.51
	CO_2	Air	g	93

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Example of the LCI database(2)

	Parameter	Category	Unit	Total
Incineration (20%) (1kg waste)	Coal	Raw	g	0.16
	Crude oil	Raw	g	0.70
	CO_2	Air	g	3.56
	NO_X (as NO_2)	Air	g	0.13
Landfill (30%) (1kg waste)	Crude oil	Raw	g	0.95
	CO_2	Air	g	19
	Methane	Air	g	1.97
	SO_X (as SO_2)	Air	g	0.03
Recycling (50%) (1kg waste)	Coal	Raw	g	7.88
	Crude oil	Raw	g	-75
	Iron (ore)	Raw	g	-106
	CO_2	Air	g	-200

Note: A negative value for the recycling means that there is an environmental benefit or positive environmental impact accrued from recycling, not adverse environmental impacts.

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Data from Disposal stage

20% of the water kettle will go into incineration, 30% to landfill and the remaining 50 % into recycling

Calculation of environmental load (EL) for the scenario B:
DB incineration (20%)/kg × 0.87kg/unit water kettle
DB landfill (30%)/kg × 0.87kg/unit water kettle
DB recycling (50%)/kg × 0.87kg/unit water kettle

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

fppt.com

Life Cycle Inventory of the water kettle

calculation

a) EL from the upstream processes

Parameter	Housing		Packaging manufacturing		Heater manufacturing		Total
	PP	Electricity	Card-board	Electricity	Stainless steel	Electricity	EL/ 0.75
Crude oil	3.96E+02		2.29E+01		3.53E+01		6.05E+02
Coal		2.48E+01		9.90E+00	9.35E+01	7.43E+01	2.70E+02
Chromium					2.44E+01		3.25E+01
Iron					7.86E+01		1.05E+02
CO_2	5.94E+02	1.45E+02	9.34E+01	5.80E+01	4.38E+02	4.35E+02	2.35E+03
Methane		2.66E-01		1.06E-01		7.98E-01	1.56E+00
CO							
VOC	3.17E+00						4.22E+00
NO_x (Air)	3.30E+00		7.92E-01				5.46E+00
SO_x (Air)	3.63E+00	5.90E-01		2.36E-01		1.77E+00	8.30E+00

Note: 0.75 is the mass fraction included in the product system as defined by the decision rule for mass contribution. 75%.

*Life Cycle Inventory of the **water** kettle*

b) EL from the manufacturing stage

Parameter	Manufacturing	Total
	Electricity	
Crude oil		
Coal	2.47E+01	2.47E+01
Chromium		
Iron		
CO_2	1.45E+02	1.45E+02
Methane	2.66E-01	2.66E-01
CO		
VOC		
NO_x (Air)		
SO_x (Air)	5.90E-01	5.90E-01

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Life Cycle Inventory of the water kettle

c) EL from the distribution stage

Parameter	Distribution	Total
	Transport	
Crude oil	7.33E+01	7.33E+01
Coal		
Chromium		
Iron		
CO_2	2.41E+02	2.41E+02
Methane		
CO	1.33E+00	1.33E+00
VOC		
NO_x (Air)		
SO_x (Air)		

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Life Cycle Inventory of the water kettle

d) EL from the use stage

Parameter	*Use*	*Total*
	Electricity	
Crude oil		
Coal	*6.07E+03*	*6.07E+03*
Chromium		
Iron		
CO_2	*3.56E+04*	*3.56E+04*
Methane	*6.52E+01*	*6.52E+01*
CO		
VOC		
NO_x *(Air)*		
SO_x *(Air)*	*1.45E+02*	*1.45E+02*

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Life Cycle Inventory of the water kettle

e) EL from the disposal stage

Parameter	Disposal			Total
	Incineration (20%)	Landfill (30%)	Recycling (50%)	
Crude oil	6.11E-01	8.30E-01	-6.51E+01	-6.37E+01
Coal	1.40E-01		6.86E+00	7.00E+00
Chromium				
Iron			-9.22E+01	-9.22E+01
CO_2	3.10E+00	1.63E+01	-1.74E+02	-1.55E+02
Methane		1.71E+00		1.71E+00
CO				
VOC				
NO_x (Air)	1.10E-01			1.10E-01

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

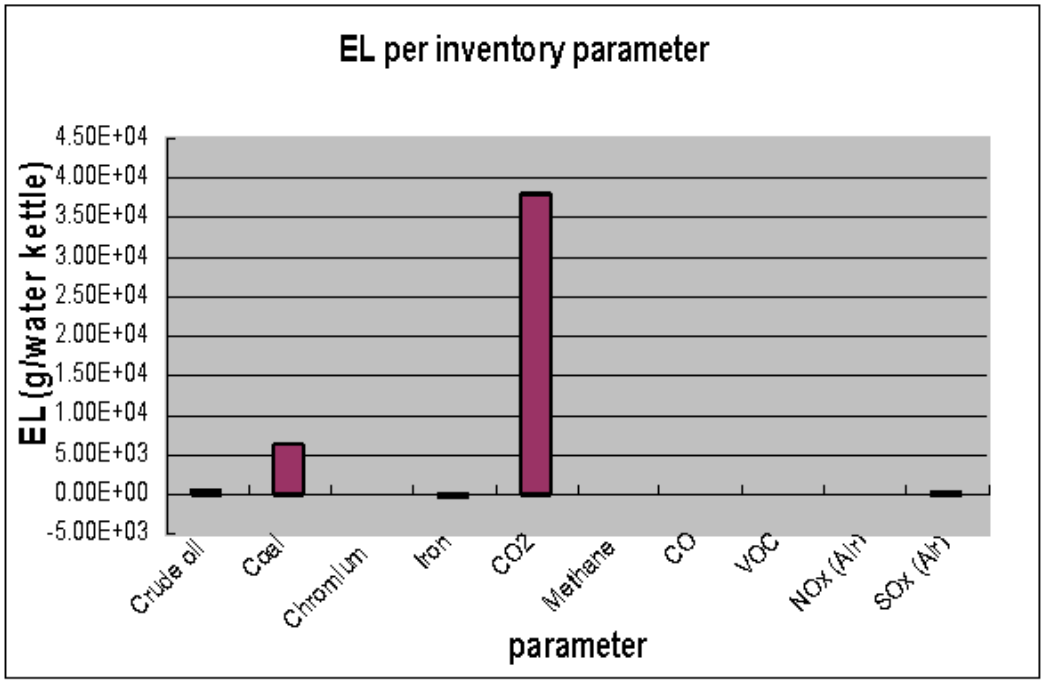
Life Cycle Inventory of the water kettle

Inventory results

f) Sum of EL

Parameter	Use of raw Material	Manufacture	Distribution	Product Use	End of life	Total
Crude oil	605.48		73.34		-63.71	615.11
Coal	124.64	169.94		6,069.94	7.00	6,371.52
Chromium	32.48					32.48
Iron	104.80				-92.22	12.58
CO_2	1500.53	995.59	241.43	35,561.25	-154.93	38,143.87
Methane		1.83		65.24	1.71	68.78
CO			1.33			1.33
VOC	4.22					4.22
NO_x (Air)	5.46				0.11	5.57
SO_x (Air)	4.84	4.05		144.70	0.03	153.62

Life Cycle Inventory of the water kettle



Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Environmental load of the entire product system per inventory parameter

LCIA: Classification

parameter	Characterization categories					
	GW	OD	AD	EU	POC	ARD
Crude oil						v
Coal						v
Chromium						v
Iron						v
CO_2	v					
Methane	v				v	
CO					v	
VOC					v	
NO_x (Air)			v	v	v	
SO_x (Air)			v			

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

Characterization

LCIA: Characterization factor

Parameter	Characterization factor				
	GWP (g CO_2 eq/g)	AP (g SO_2 eq/g)	EP (g PO_4^{3-} eq/g)	POCP (g ethene eq/g)	ADP (1/yr) Reserve-to-Use method
Crude oil					0.0248
Coal					0.00344
Chromium					0.00381
Iron					0.00721
CO_2	1.00				
Methane	23.00			0.006	
CO				0.027	
VOC				0.416	

LCIA: Characterization

Characterization

Parameter	Load	Characterized Impact (CI)									
		GW ($g\ CO_2$ eq/water kettle)		AD ($g\ SO_2$ eq/ water kettle)		EU ($g\ PO_4^{3-}$ eq/ water kettle)		POC (g ethene eq/ water kettle)		ARD (g/ water kettle -yr)	
		GWP	CI	AP	CI	EP	CI	POCP	CI	ADP	CI
Crude oil	615.11									0.0248	15.25
Coal	6,371.52									0.00344	21.92
Chromium	32.48									0.00381	0.12
Iron	12.58									0.00721	0.09
CO_2	38,143.87	1.00	38,143.87								
Methane	68.78	23.00	1,581.94					0.006	0.41		
CO	1.33							0.027	0.04		
VOC	4.22							0.416	1.76		
NO_x (Air)	5.57			0.70	3.90	0.13	0.72	0.028	0.16		
SO_x (Air)	153.62			1.00	153.62						
Total			39,725.81		157.52		0.72		2.37		37.38

fppt.com

LCIA: Characterized Impact per life cycle stage

Impact category		Life cycle stage					Total
		Use of raw Material	Manufacture	Distribution	Product Use	End of Life	
GW	g CO_2 eq/ water kettle	1,500.53	1,037.65	241.43	37,061.70	-115.50	39,725.81
AD	g SO_2 eq/ water kettle.	8.66	4.05		144.70	0.11	157.52
EU	g PO_4^{3-} eq/ water kettle	0.71				0.01	0.72
POC	g ethene eq/ water kettle	1.92	0.00	0.04	0.40	0.01	2.37
ARD	g/ water kettle-yr	16.32	0.58	1.82	20.88	-2.22	37.38

LCIA: Normalization

a) Normalization reference (N_i)

Impact Category	N_i		
	Geographical boundary	Value	Unit
GW	Global	5.66E+06	g CO_2 eq/PE·yr
AD	Regional	5.64E+04	g SO_2 eq/PE·yr
EU	Regional	8.90E+03	g PO_4^{3-} eq/PE·yr
POC	Regional	7.37E+03	g ethene eq/PE·yr
ARD	Global	1.87E+04	g/PE·yr^2

References
1. Reference year = 1995
2. World population = 5,675,675,676
3. Regional population (certain region in Western Europe) = 45,093,000

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification)
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting)
↓
Interpretation

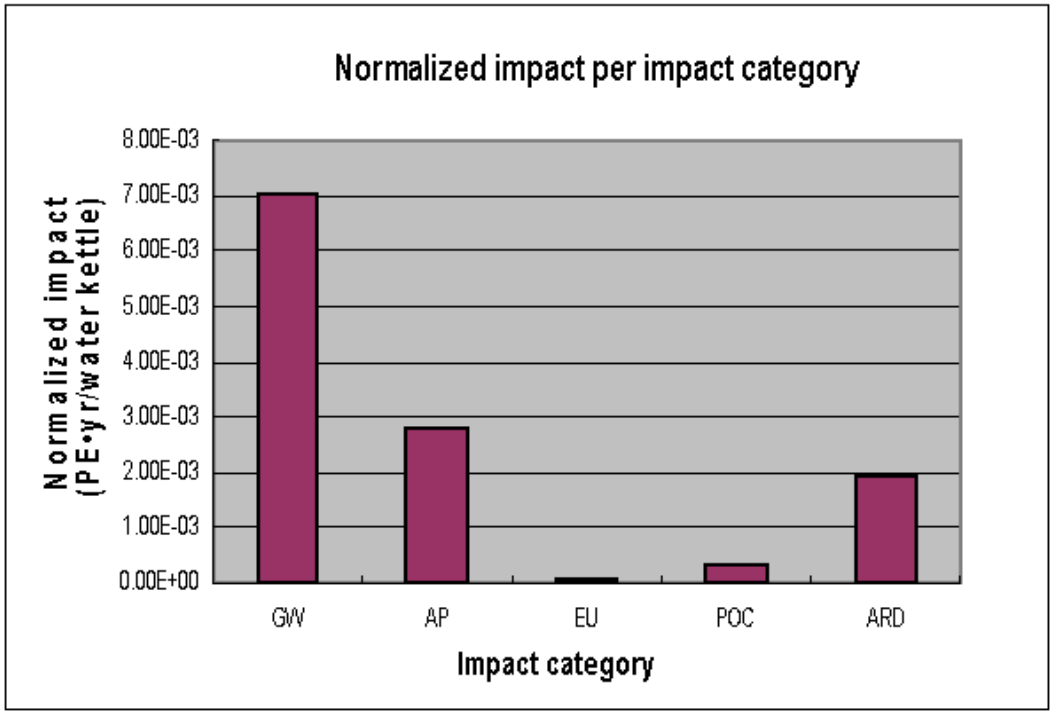
LCIA: Normalization

b) Normalized Impact

Normalized Impact $(NI_i) = CI_i / N_i$

Impact category	Total (million pe-yr/water kettle)					
	Use of raw Material	Manufacture	Distribution	Product Use	End of Life	Total
GW	265.12	183.33	42.66	6,548.00	-20.41	7,018.70
AD	153.52	71.83		2,565.60	1.95	2,792.90
EU	79.78				1.12	80.90
POC	259.46	0.00	5.41	54.05	1.35	320.27
ARD	872.49	31.26	97.33	1,116.58	-118.72	1,998.94

LCIA: Normalization



- Defining the goal
- Defining the scope
- Establishing boundaries of the system
- Collecting data (foreground)
- Collecting data (background)
- calculation
- Inventory Results
- Classification)
- Characterization
- *Normalization*
- Weighting)
- Interpretation

Normalized impact of water kettle in its entire life cycle per impact category

LCIA: Weighting

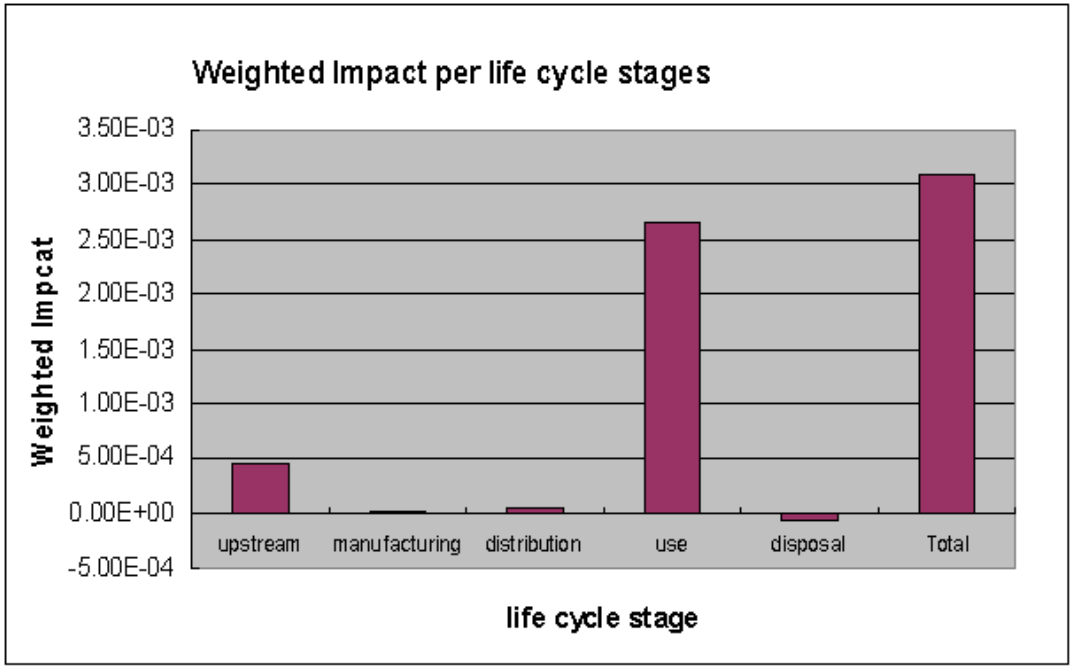
a) Weight of Impact categories (W_i) based on the panel method

EXAMPLE

Impact Category	*Weight (W_i)*
GW	*0.29*
AD	*0.16*
EU	*0.14*
POC	*0.13*
ARD	*0.28*

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting
↓
Interpretation

LCIA: Weighting



Weighted impact per life cycle stage

- Defining the goal
- ↓
- Defining the scope
- ↓
- Establishing boundaries of the system
- ↓
- Collecting data (foreground)
- ↓
- Collecting data (background)
- ↓
- calculation
- ↓
- Inventory Results
- ↓
- Classification
- ↓
- Characterization
- ↓
- ***Normalization***
- ↓
- Weighting
- ↓
- Interpretation

Interpretation

- Identification of the significant issues based on the results of the LCI and LCIA phases of LCA,
- Evaluation which considers completeness, sensitivity and consistency checks,
- Conclusions, recommendations and reporting.

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting
↓
Interpretation

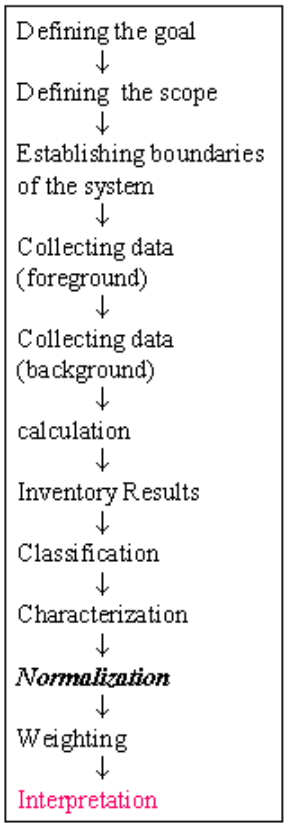
LCIA: Characterized Impact per life cycle stage (Interpretation)

inventory parameter	Raw materials	manufacture	distribution	product use	end of life	total
Global warming [g CO_2 equivalent]						
CO_2	1500.53	995.53	241.43	35561.25	-155.93	38143.81
Methane		42.06		1500.45	39.43	1581.94
Total [%]	***3.77***	***2.61***	***0.61***	***93.30***	***-0.29***	***100.00***
Acidification [g SO_2 equivalent]						
NO_X	3.82				0.08	3.90
SO_X	4.84	4.05		144.70	0.03	153.62
Total [%]	***5.50***	***2.57***		***91.85***	***0.07***	***100.00***
Eutrophication [g PO_4^{3-} equivalent]						
NO_X	0.71				0.01	0.72
Total [%]	***98.01***				***1.99***	***100.00***
Photochemical oxidant creation [g ethene equivalent]						
Methane		0.01		0.40		0.41
CO			0.04			0.04
VOC	1.76					1.76
NO_X	0.15				0.01	0.16
Total [%]	***80.38***	***0.46***	***1.52***	***16.57***	***0.57***	***100.00***
Abiotic resource depletion [g]						
Crude oil	15.01		1.82		-1.58	15.25
Coal	0.42	0.58		20.88	0.02	21.92
Chromium	0.12					0.12
Iron	0.75				-0.66	0.09
Total [%]	***43.66***	***1.58***	***4.86***	***55.86***	***-5.94***	***100.00***

Interpretation

- Identification of the significant issues -

- Most of the impacts in the categories global warming (93,30%) and acidification (91,86%) occurs during product use, while most of the impacts in the category eutrophication (98,01%) and photochemical oxidant creation (80,88%) results from the raw material stage. Meanwhile, the impact on the abiotic resource depletion is almost equally distributed between product use (55,86%) and raw material stages (43,66%).
- CO2, SOx, NOx, VOC and crude oil are the most significant parameters in global warming, acidification, eutrophication, photo chemical oxidant creation, and abiotic resource depletion, respectively.



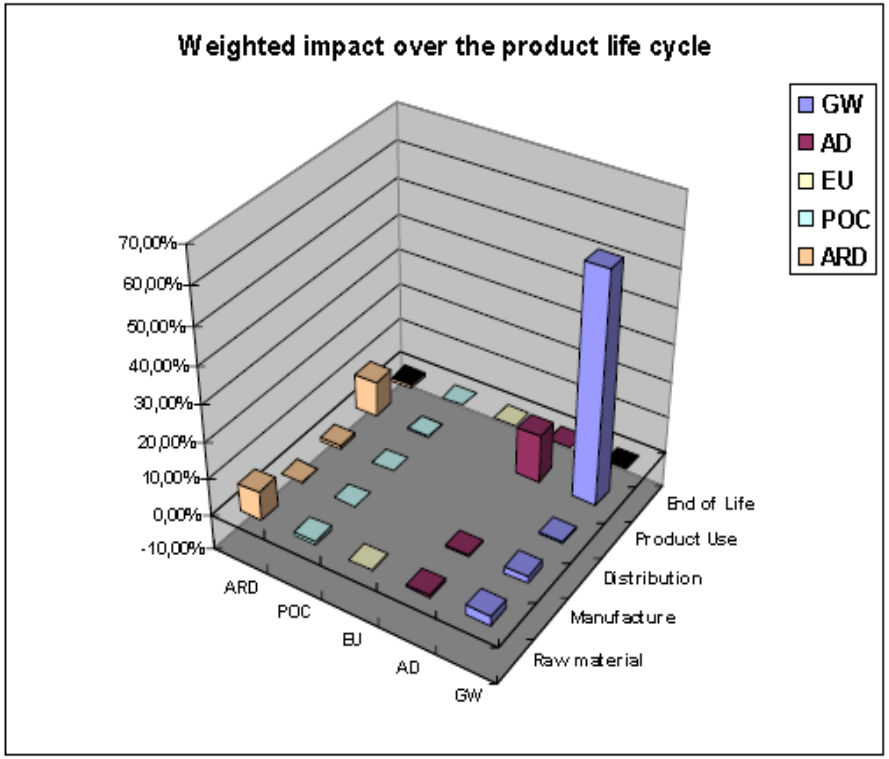
LCIA: Weighting (Interpretation)

Impact category	raw materials	manufacture	Distri-bution	product use	end of life	total
GW	76.03	54.02	12.37	1898.92	-5.92	2035.42
AD	24.73	11.32		410.50	0.31	446.86
EU	11.17				0.16	11.33
POC	33.73		0.70	7.03	0.18	41.64
ARD	242.37	10.68	27.25	312.64	-33.24	559.70
Total [%]	*12.54*	*2.45*	*1.30*	*84.95*	*-1.24*	*100.0*

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting
↓
Interpretation

Interpretation

- Identification of the significant issues -



Relative contribution of the different impact categories along of the water kettle

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting
↓
Interpretation

Interpretation

- Identification of the significant issues -

- The raw material stages causes only a 12,54% of the total impact whereas product use causes 84,95% of the total impact.
- Global warming is the most significant impact category – occurring in product use.
- The impact in the product use stage far outweighs the impact in the raw material stage. Impacts from the remaining three life cycle stages are negligible.

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting
↓
Interpretation

fppt.com

Interpretation

- Evaluation (Completeness Check) -

Unit process	Complete?	Action required
PP production	A	
Housing	B	Check inventory
Stainless steel production	A	
Heater manufacturing	B	Check inventory
Card board production	A	
Packaging	B	Check inventory
Electricity	A	
Manufacture	A	
Distribution	C	Check inventory
Product Use	B	Check inventory
Incineration	C	Check inventory
Landfill	C	Check inventory
Recycling	C	Check inventory

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting
↓
Interpretation

Interpretation

- Evaluation (Consistency Check) -

Item	Check		Action
Data source	Database	OK	No action
Data accuracy	Good	OK	No action
Database age	5 years	OK	No action
Characterization factor	OK		No action
Characterization method	OK		No action

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting
↓
Interpretation

Interpretation

- Evaluation (Sensitivity Check; Allocation) -

Allocation criteria	Weighted impact (unit : million pe.yr/ water kettle)
Economic criteria	3,094.95
Mass criteria	3123.41
Sensitivity (%)	0.92

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting
↓
Interpretation

fppt.com

Conclusions

- LCA of a waterkettle of which function unit is "*Heating 0.5 liter of portable water to boiling point (100℃)* " was implemented. The major findings were as follows:
- Most of the impacts in the categories global warming (93,30%) and acidification (91,86%) occurs during product use, while most of the impacts in the category eutrophication (98,01%) and photochemical oxidant creation (80,88%) results from the raw material stage. Meanwhile, the impact on the abiotic resource depletion is almost equally distributed between product use (55,86%) and raw material stages (43,66%).
- In our weighting method, The raw material stages causes only a 12,54% of the total impact whereas product use causes 84,95% of the total impact.

Global warming is the most significant impact category – occurring in product use.

The impact in the product use stage far outweighs the impact in the raw material stage. Impacts from the remaining three life cycle stages are negligible.

Differences of influence on total weighted impacts by allocations between economic value and mass basis were small.

Defining the goal
↓
Defining the scope
↓
Establishing boundaries of the system
↓
Collecting data (foreground)
↓
Collecting data (background)
↓
calculation
↓
Inventory Results
↓
Classification
↓
Characterization
↓
Normalization
↓
Weighting
↓
Interpretation