การจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจก ระดับเมือง

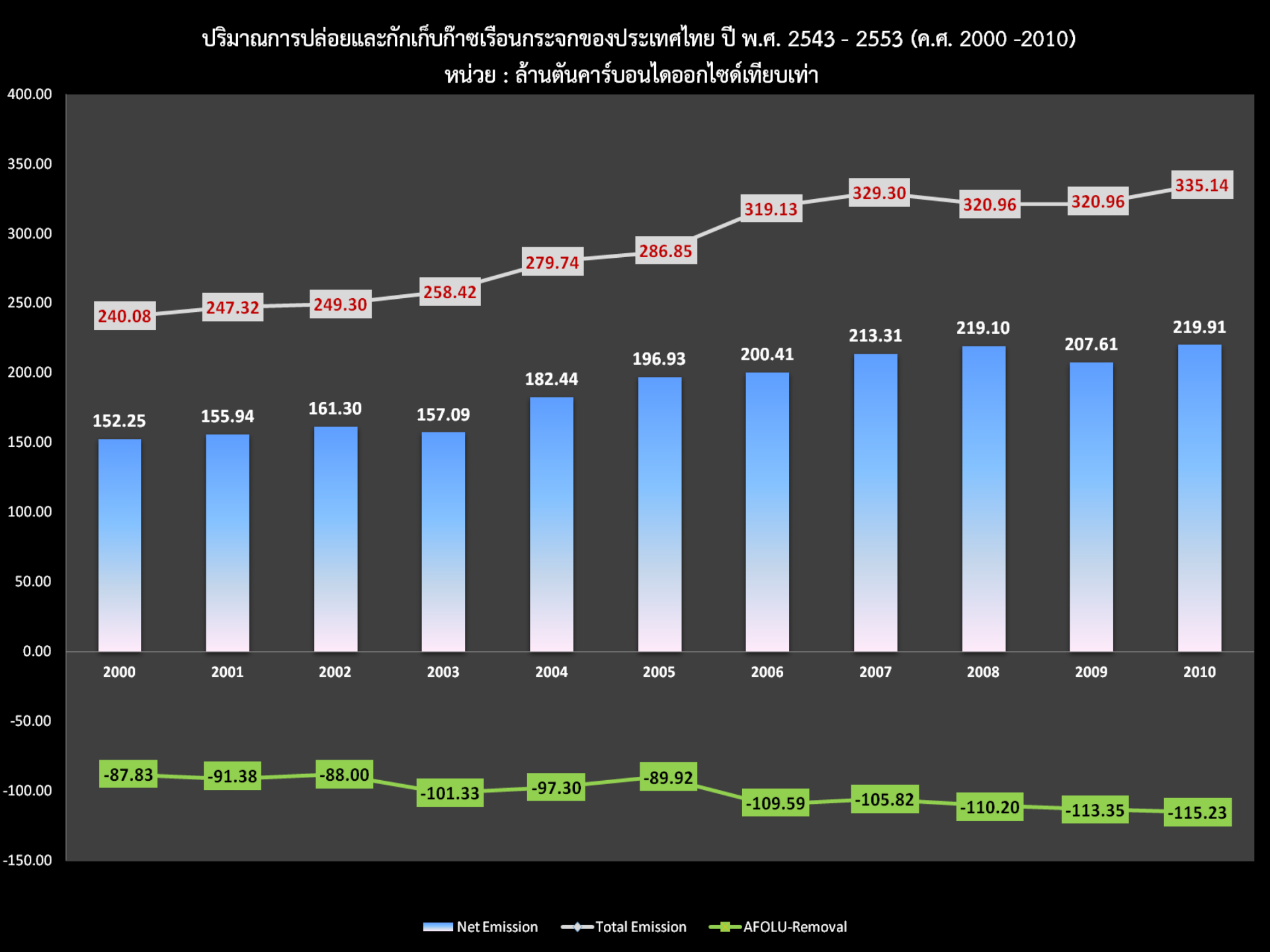
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน)

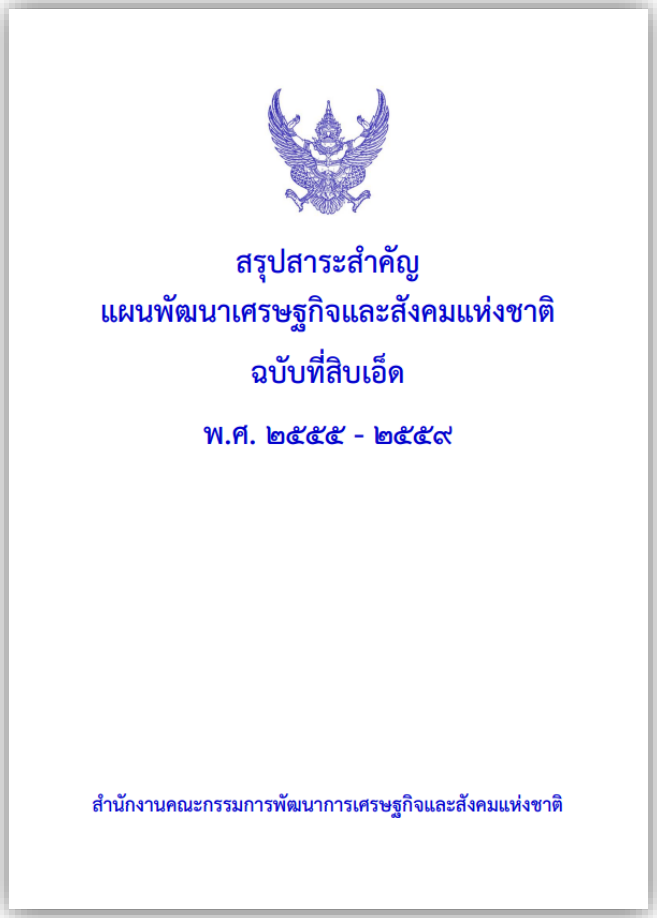
หัวข้อนำเสนอ

- บทนำ
- กระบวนการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง
- การสำรวจข้อมูล
- การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- การทวนสอบ

บทนำ

ความเป็นมาของโครงการ


ปริมาณการปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543 - 2553 (ค.ศ. 2000 -2010)
หน่วย : ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
400.00
350.00
300.00
250.00
200.00
150.00
100.00
50.00
0.00
-50.00
-100.00
-150.00
240.08
247.32
249.30
258.42
279.74
286.85
319.13
329.30
320.96
320.96
335.14
152.25
155.94
161.30
157.09
182.44
196.93
200.41
213.31
219.10
207.61
219.91
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
-87.83
-91.38
-88.00
-101.33
-97.30
-89.92
-109.59
-105.82
-110.20
-113.35
-115.23
Net Emission
Total Emission
AFOLU-Removal



แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555 – 2559) นับเป็นแผนพัฒนาระดับชาติที่ให้ความสำคัญต่อเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างมาก มีเนื้อหาในหลายส่วนที่เกี่ยวโยงกับเรื่องนี้ในด้านวัตถุประสงค์และแนวทางการพัฒนา ได้ระบุอย่างชัดเจนที่จะมีการปรับกระบวนทัศน์การพัฒนาและขับเคลื่อนประเทศเพื่อเตรียมพร้อมไปสู่การเป็น **“เศรษฐกิจและสังคมคาร์บอนต่ำ”** และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งแนวทางการพัฒนาภายใต้ยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อให้ “เมือง/เทศบาล” ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในขอบเขตการปกครอง
- เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ “เมือง/เทศบาล” มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการจัดทำข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง
- เมืองสามารถดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจก และดำเนินการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทางตรง

- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมหลักภายในเมือง
- สามารถระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในเมือง
- สามารถระบุได้ว่ากิจกรรมใดภายในเมืองมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด
- สามารถนำไปคาดการณ์ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ทางอ้อม

- ยกระดับคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในเมืองและคุณภาพชีวิตของประชาชน ในเขตเมือง

ความหมายของปริมาณก๊าซเรือนกระจก

“บัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก Greenhouse Gas Inventory)” คือ การแสดงแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก แหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของเมือง

ก๊าซที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

CO_2 : ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

CH_4 : ก๊าซมีเทน

N_2O : ก๊าซไนตรัสออกไซด์

HFCs : ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน

PFCs : เพอฟลูโอโรคาร์บอน

SF_6 : ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์

NF_3 : ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์

กระบวนการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง

- รวบรวมข้อมูลและการจัดกลุ่มกิจกรรมหลัก
- สำรวจกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก
- คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง
- การจัดการคุณภาพของข้อมูลที่นำมาคำนวณ
- คาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง
- วิเคราะห์และประเมินศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก
- นำเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การกำหนดขอบเขต

การจัดกลุ่มกิจกรรมและกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

การเผาไหม้แบบอยู่กับที่

1. การใช้พลังงานในส่วนที่พักอาศัย
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าของถนนสาธารณะ
3. การใช้พลังงานภาคธุรกิจการค้า
4. การใช้พลังงานหน่วยงานภาครัฐและเอกชน
5. การใช้เชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงาน
6. การใช้พลังงานภาคอุตสาหกรรมการผลิต

การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่

7. การใช้พลังงานภาคการขนส่งทางถนน
8. การใช้พลังงานภาคการขนส่งทางระบบราง
9. การใช้พลังงานภาคการขนส่งทางน้ำ
10. การใช้พลังงานภาคการขนส่งทางอากาศ

การจัดการของเสีย

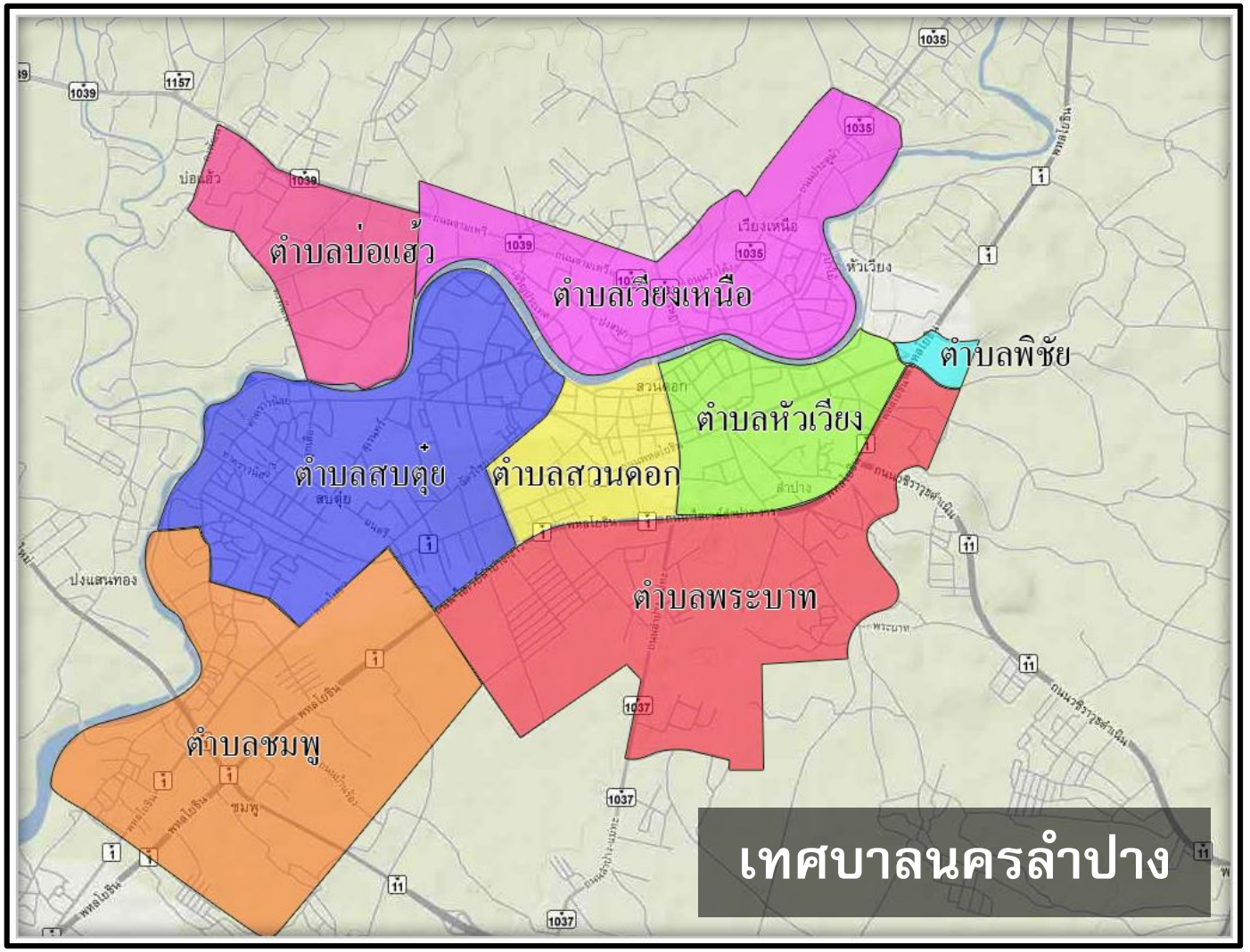
11. การจัดการของเสียด้วยวิธีฝังกลบ
12. การจัดการของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ
13. การจัดการของเสียด้วยวิธีการเผาไหม้
14. การจัดการน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง

เกษตร ป่าไม้

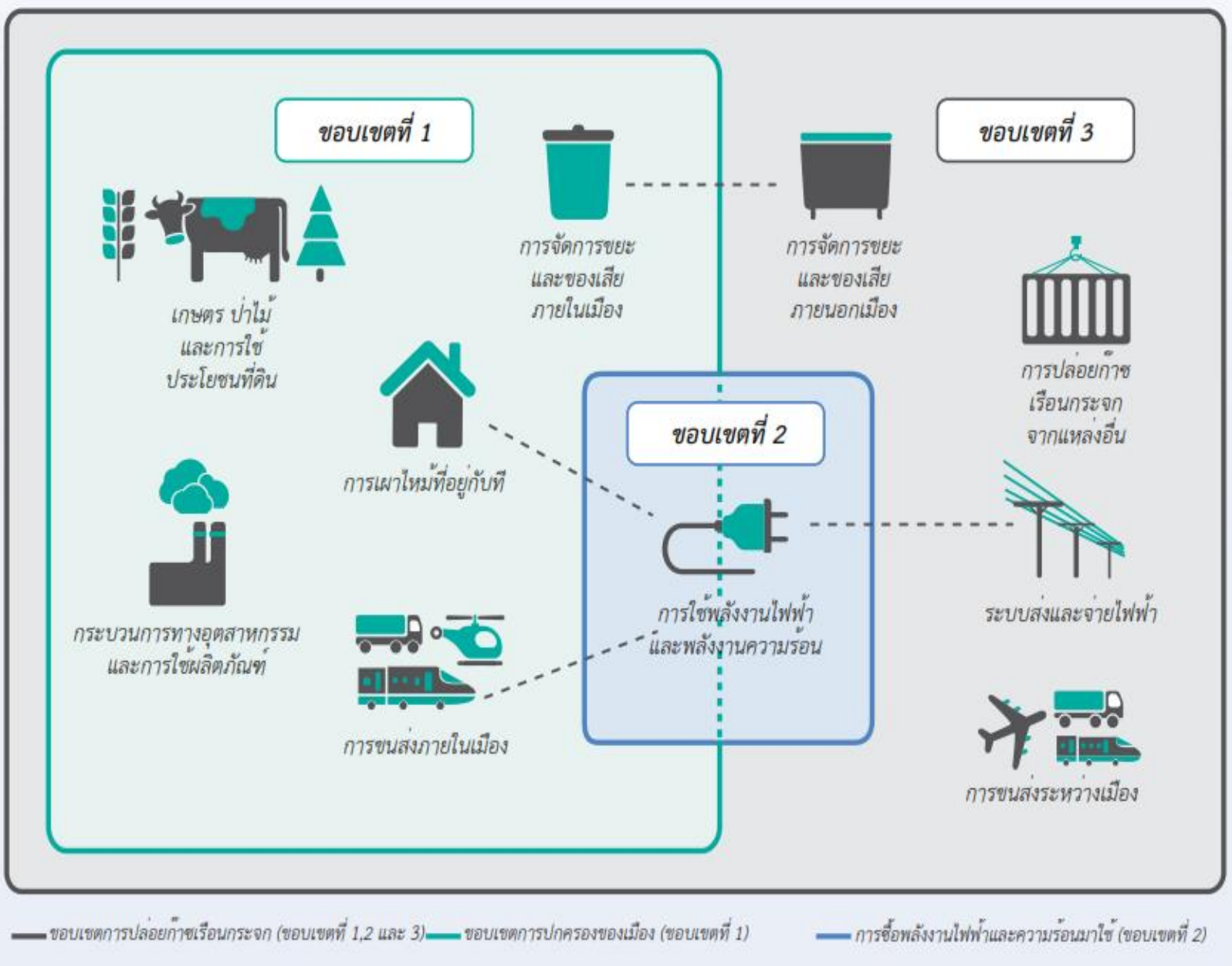
15. การเลี้ยงและการจัดการปศุสัตว์
16. การเพาะปลูกข้าว
17. พื้นที่ป่าไม้

การกำหนดขอบเขตเมือง

ขอบเขตการศึกษา = อาณาเขตตามภูมิศาสตร์การเมือง (geopolitical territory)



ขอบเขตการบริการจัดการก๊าซเรือนกระจก


ขอบเขตที่ 1
ขอบเขตที่ 2
ขอบเขตที่ 3
เกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน
การจัดการขยะและของเสียภายในเมือง
การจัดการขยะและของเสียภายนอกเมือง
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอื่น
การเผาไหม้ที่อยู่กับที่
กระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์
การใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน
ระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า
การขนส่งภายในเมือง
การขนส่งระหว่างเมือง
ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ขอบเขตที่ 1,2 และ 3)
ขอบเขตการปกครองของเมือง (ขอบเขตที่ 1)
การซื้อพลังงานไฟฟ้าและความร้อนมาใช้ (ขอบเขตที่ 2)

ขอบเขตที่ 1 (SCOPE 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตเทศบาล (Municipal Boundary)

ขอบเขตที่ 2 (SCOPE 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม ที่เกิดจากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตเทศบาล (Municipal Boundary) และมีการนำพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนมาจากนอกเขตเทศบาล

ขอบเขตที่ 3 (SCOPE 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ นอกเหนือจากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน ตามขอบเขตที่ 2

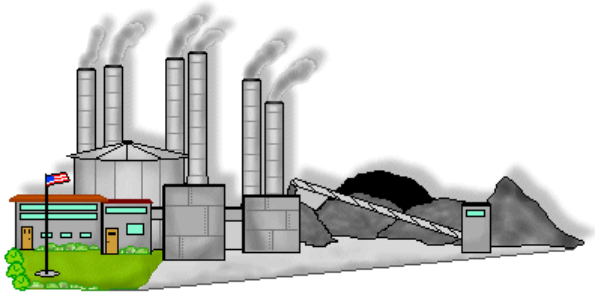
การสำรวจข้อมูล

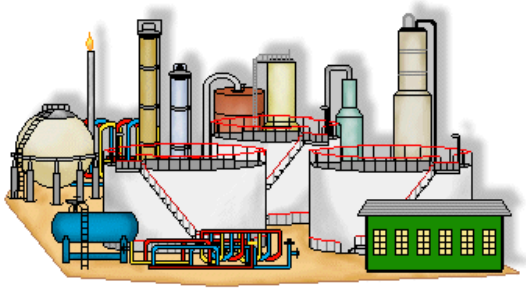
แหล่งข้อมูล

1. ข้อมูลจริง
2. ข้อมูลจากกลุ่มประชากรตัวอย่าง
3. ข้อมูลจากการใช้แบบจำลอง
4. การหาสัดส่วนจากข้อมูลในระดับประเทศ

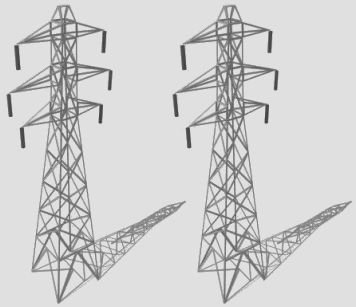
การสำรวจข้อมูลการใช้พลังงานในรูปแบบอยู่กับที่

Scope 1

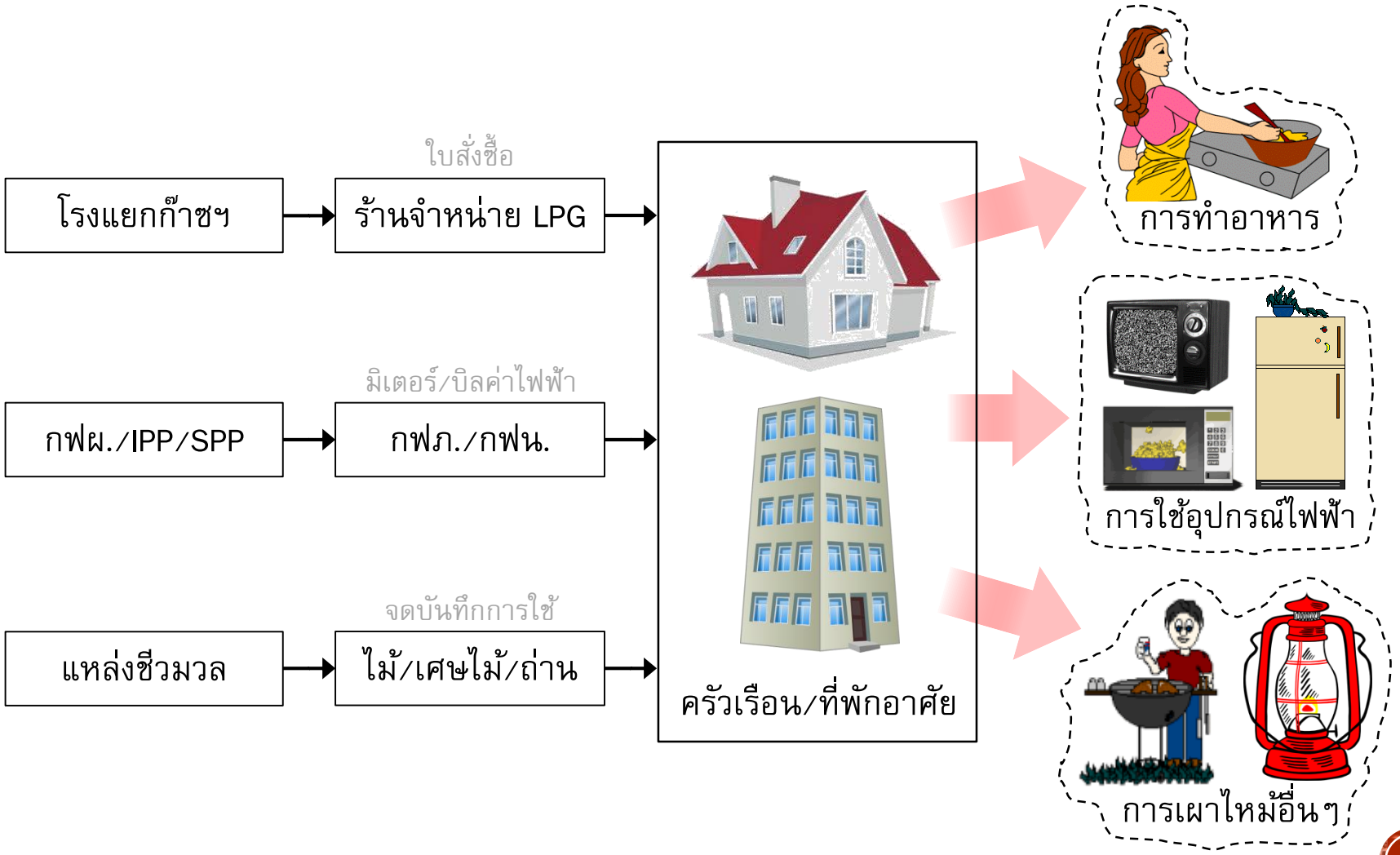




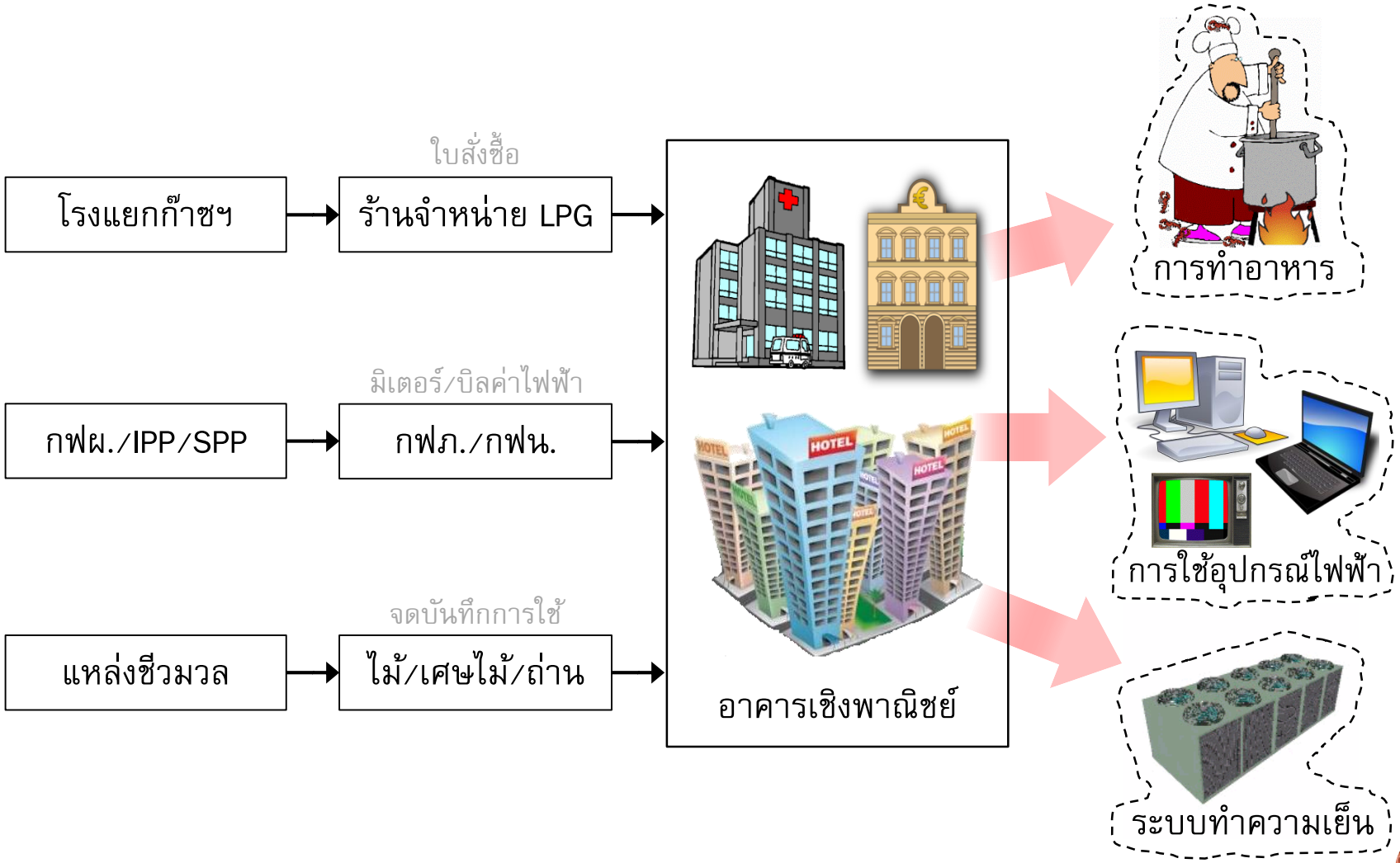
Scope 2



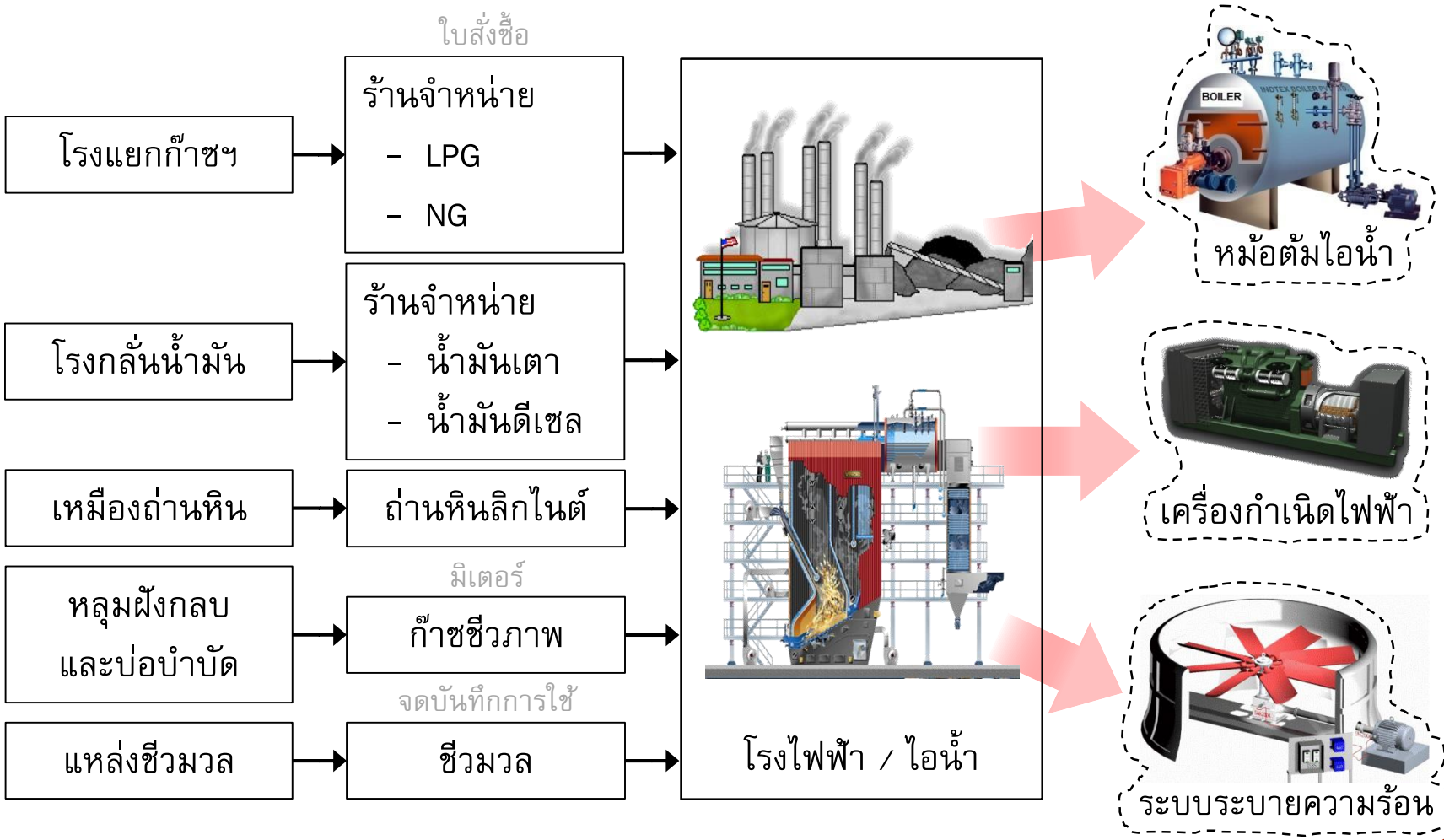
การสำรวจข้อมูลครัวเรือน / ไฟฟ้าสาธารณะ



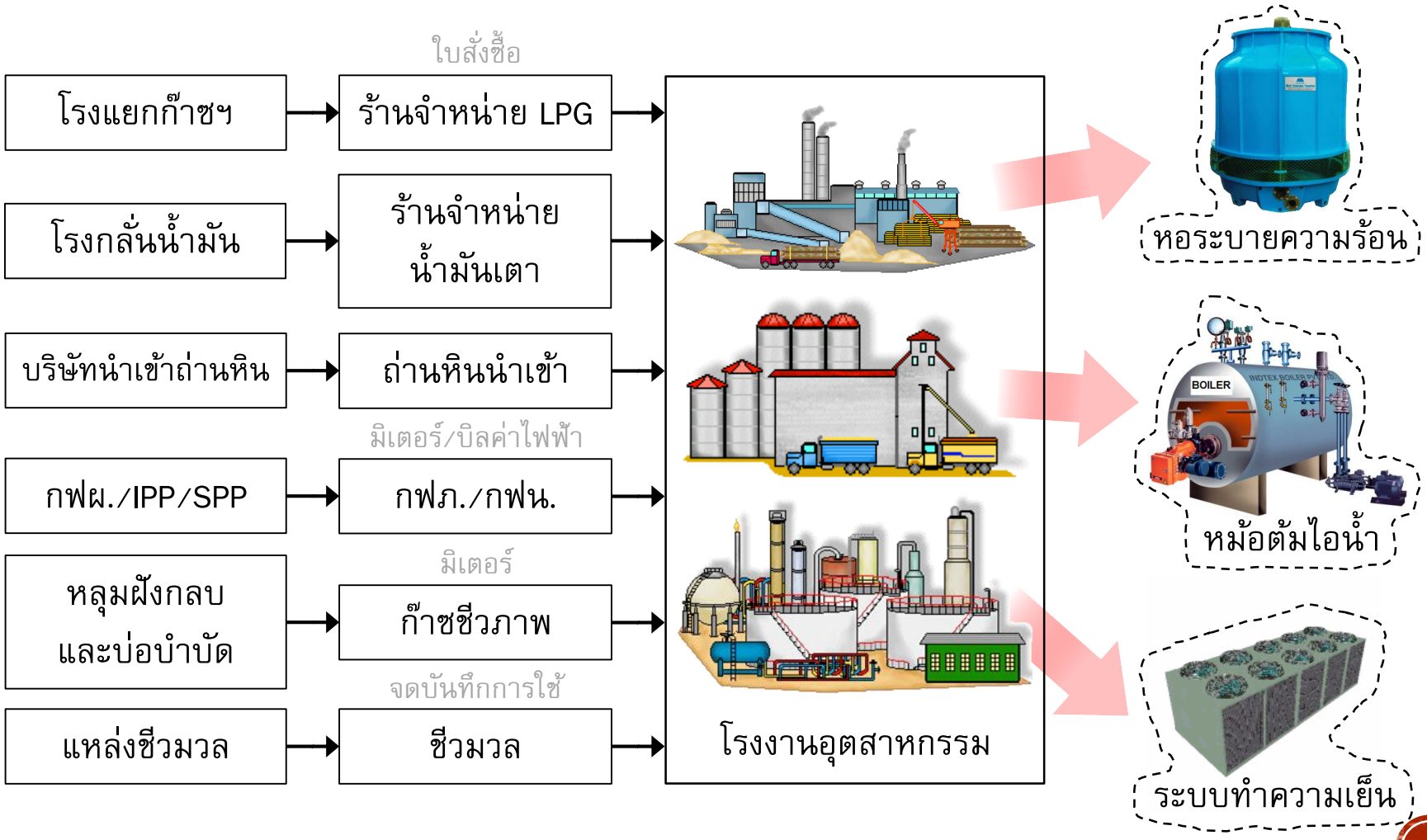
การสำรวจข้อมูลอาคารเชิงพาณิชย์ / อาคารของรัฐ



การสำรวจข้อมูลการผลิตพลังงาน

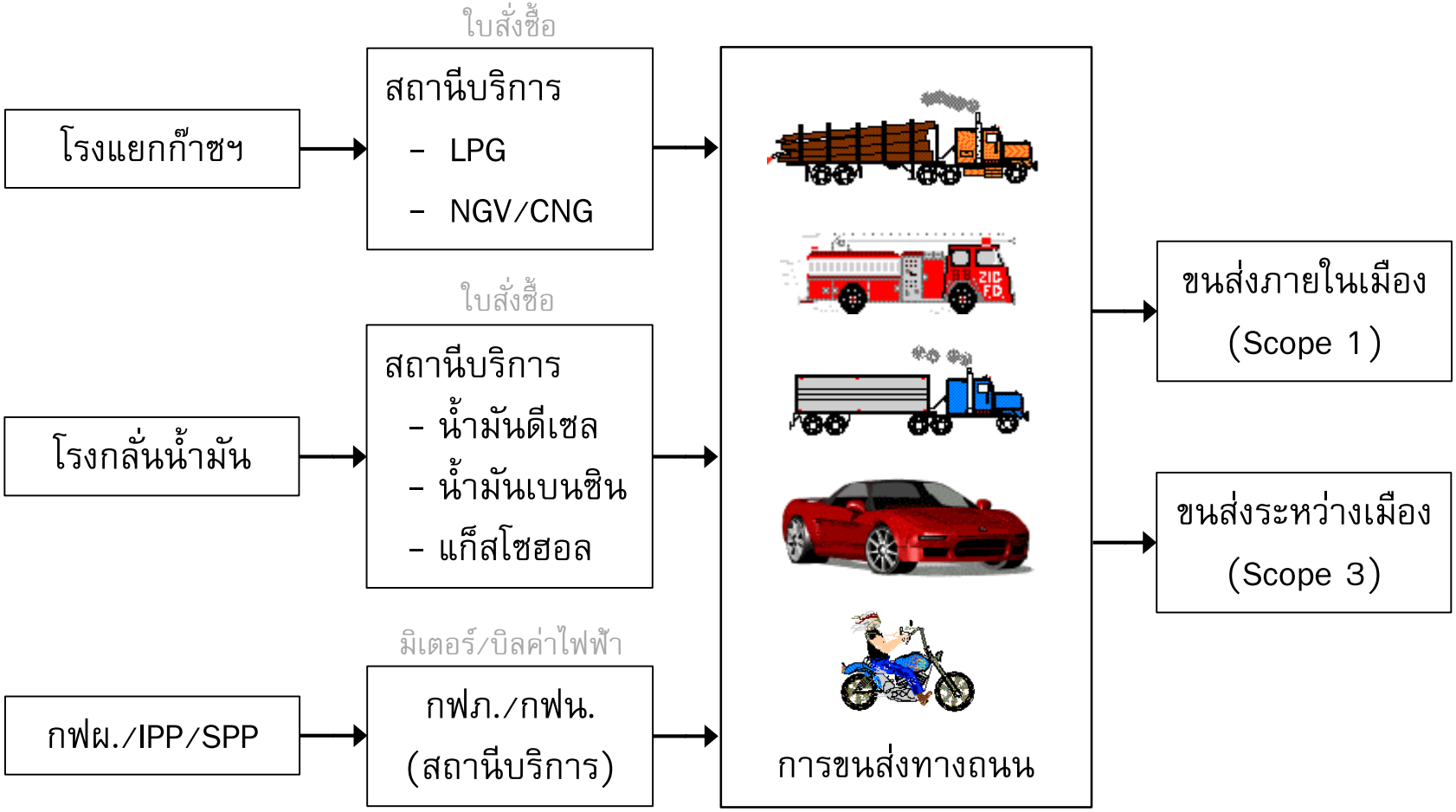


การสำรวจข้อมูลภายในอุตสาหกรรม

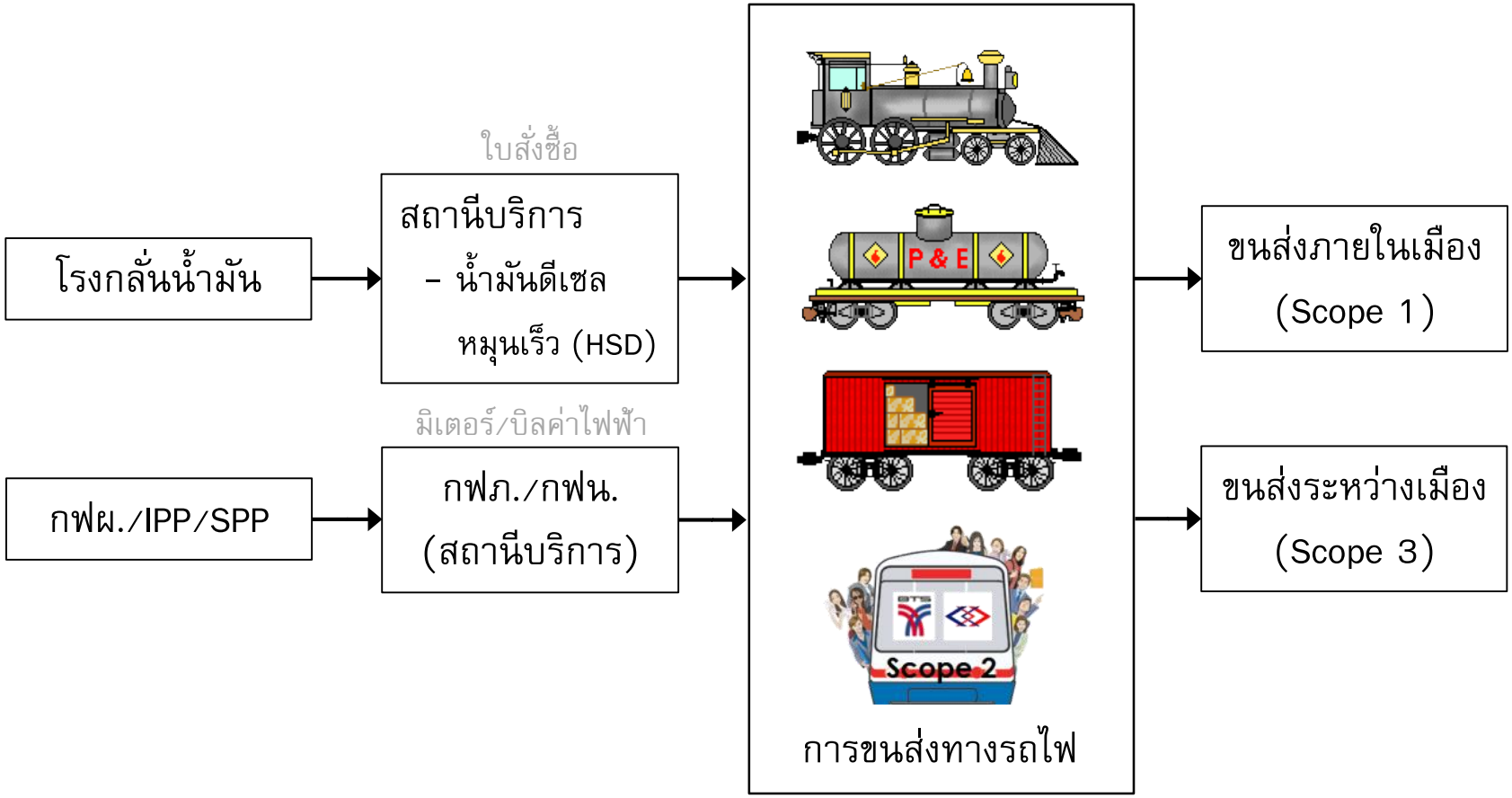


การสำรวจข้อมูลการใช้พลังงานในการขนส่ง

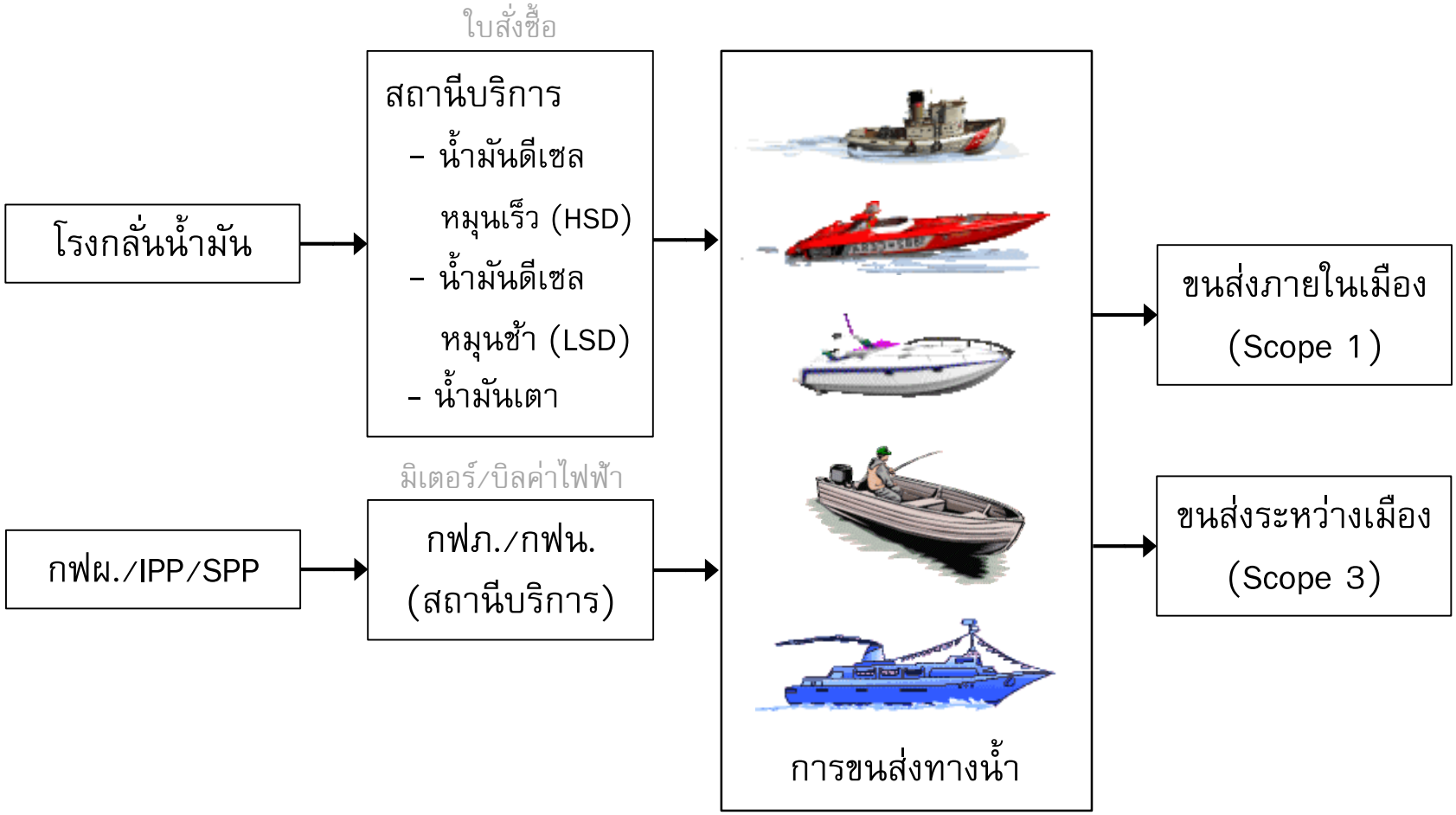
การสำรวจข้อมูลการขนส่งทางถนน



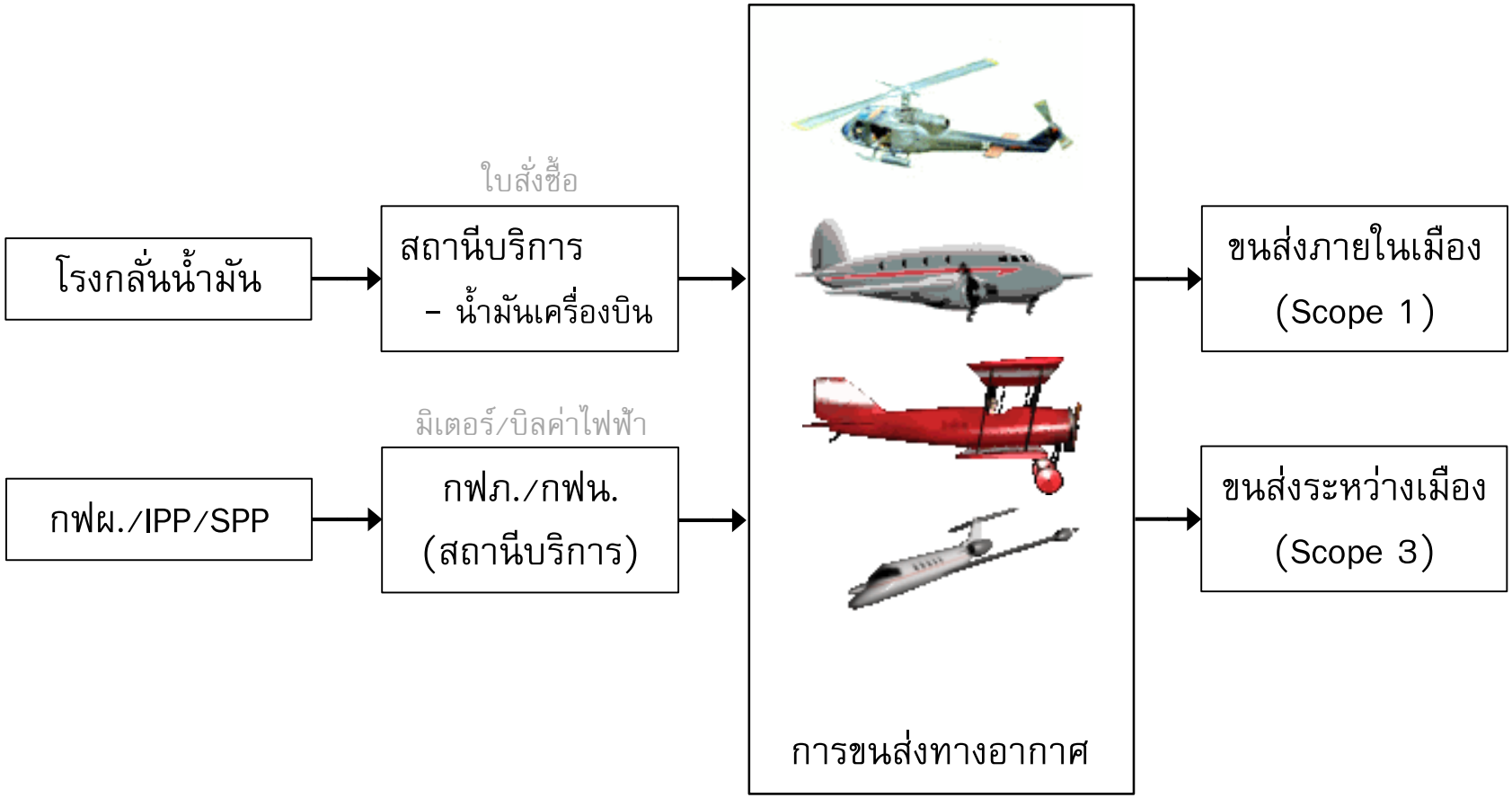
การสำรวจข้อมูลการขนส่งทางรถไฟ



การสำรวจข้อมูลการขนส่งทางน้ำ

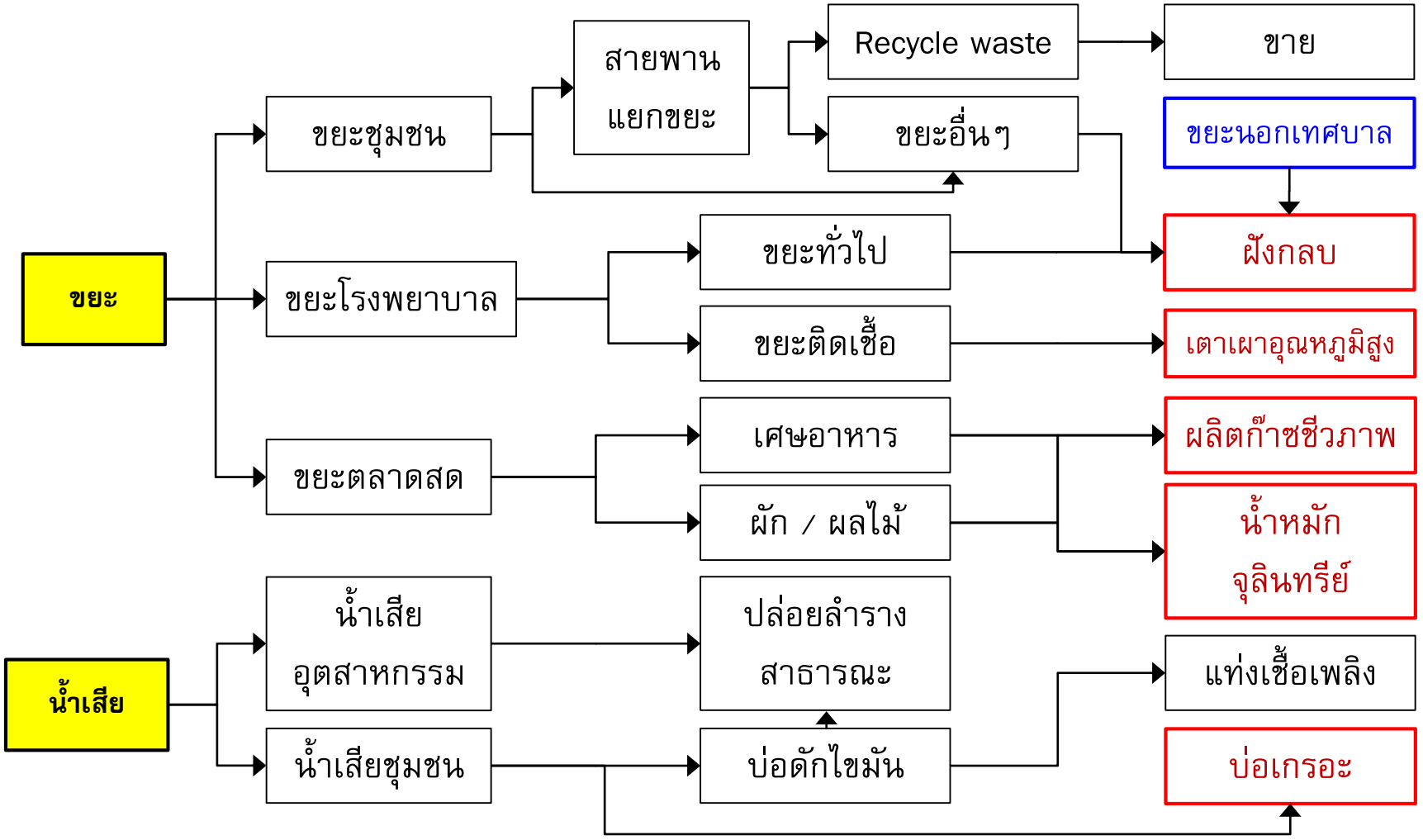


การสำรวจข้อมูลการขนส่งทางอากาศ



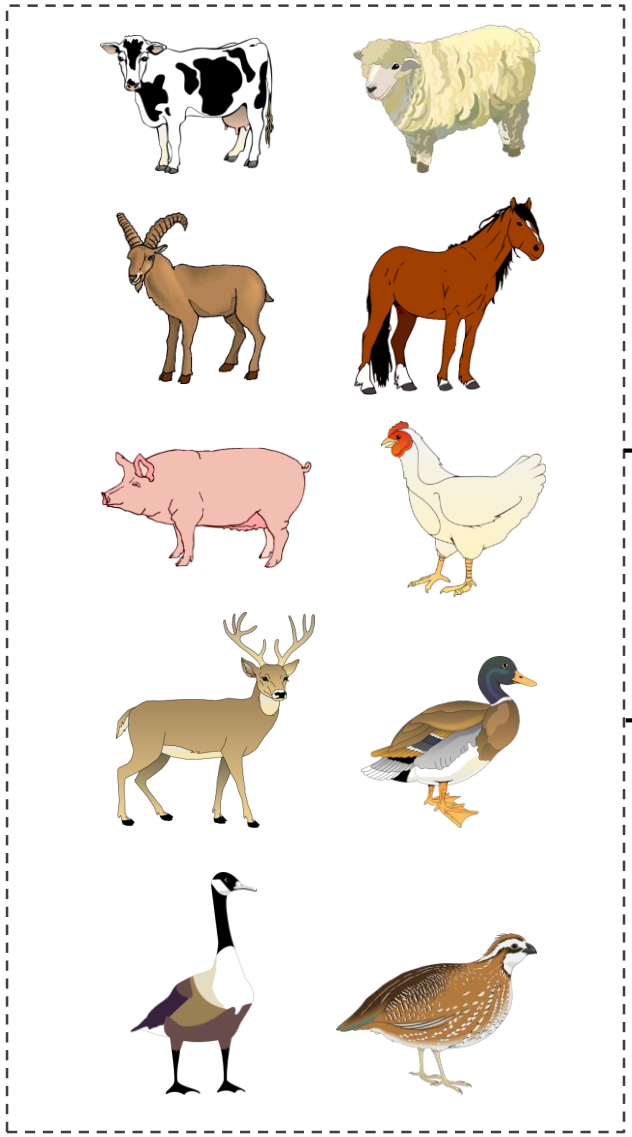
การสำรวจข้อมูลการจัดการขยะและของเสีย

การสำรวจข้อมูลขยะและของเสีย



การสำรวจข้อมูลการจัดการเกษตรและการจัดการปศุสัตว์

การสำรวจข้อมูลการจัดการปศุสัตว์



จำนวนปศุสัตว์

ระบบย่อยอาหารของสัตว์
(Enteric Fermentation)

รูปแบบการจัดการมูลสัตว์

การจัดการมูลสัตว์
(Manure Management)

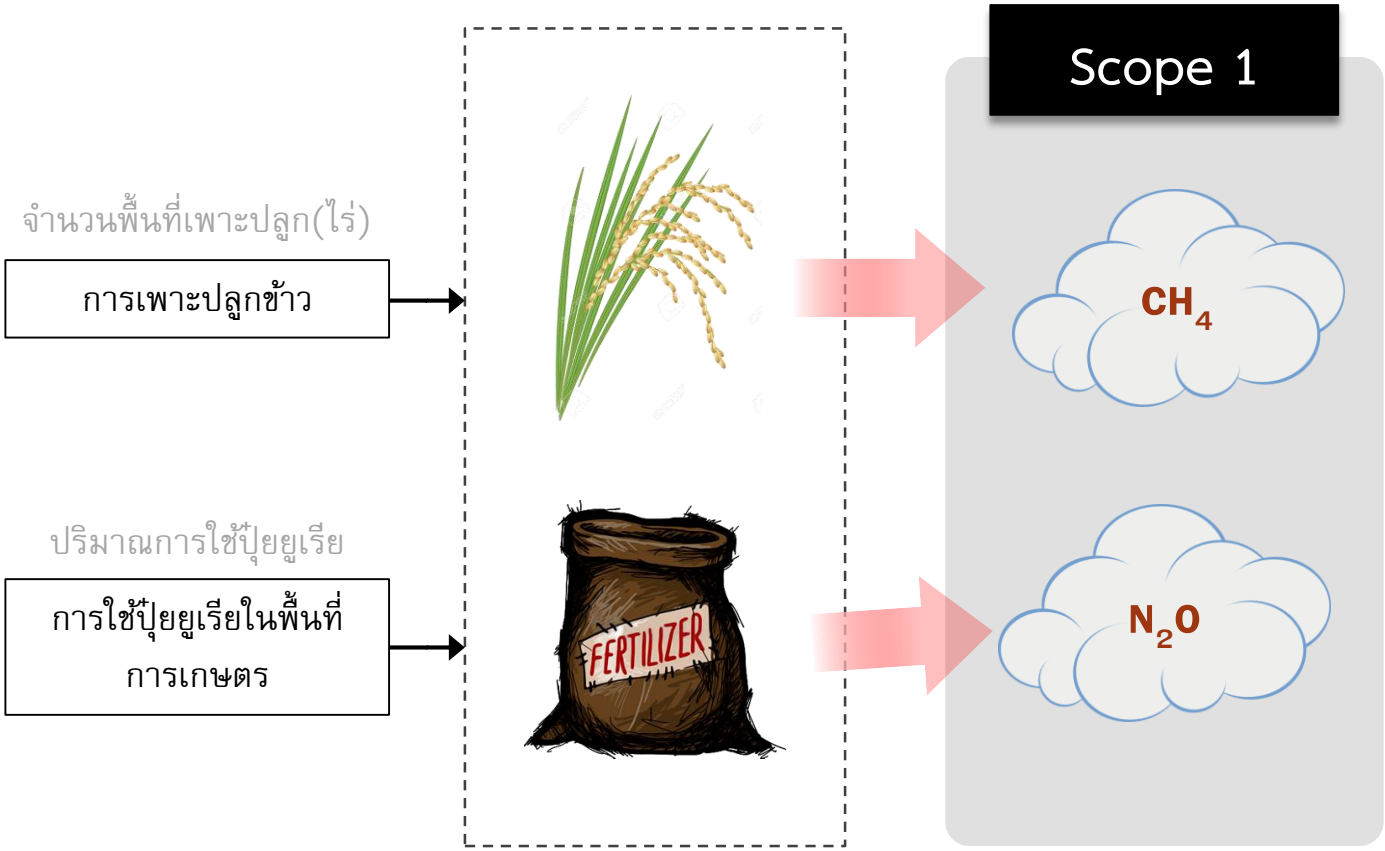
Scope 1

CH_4

CH_4

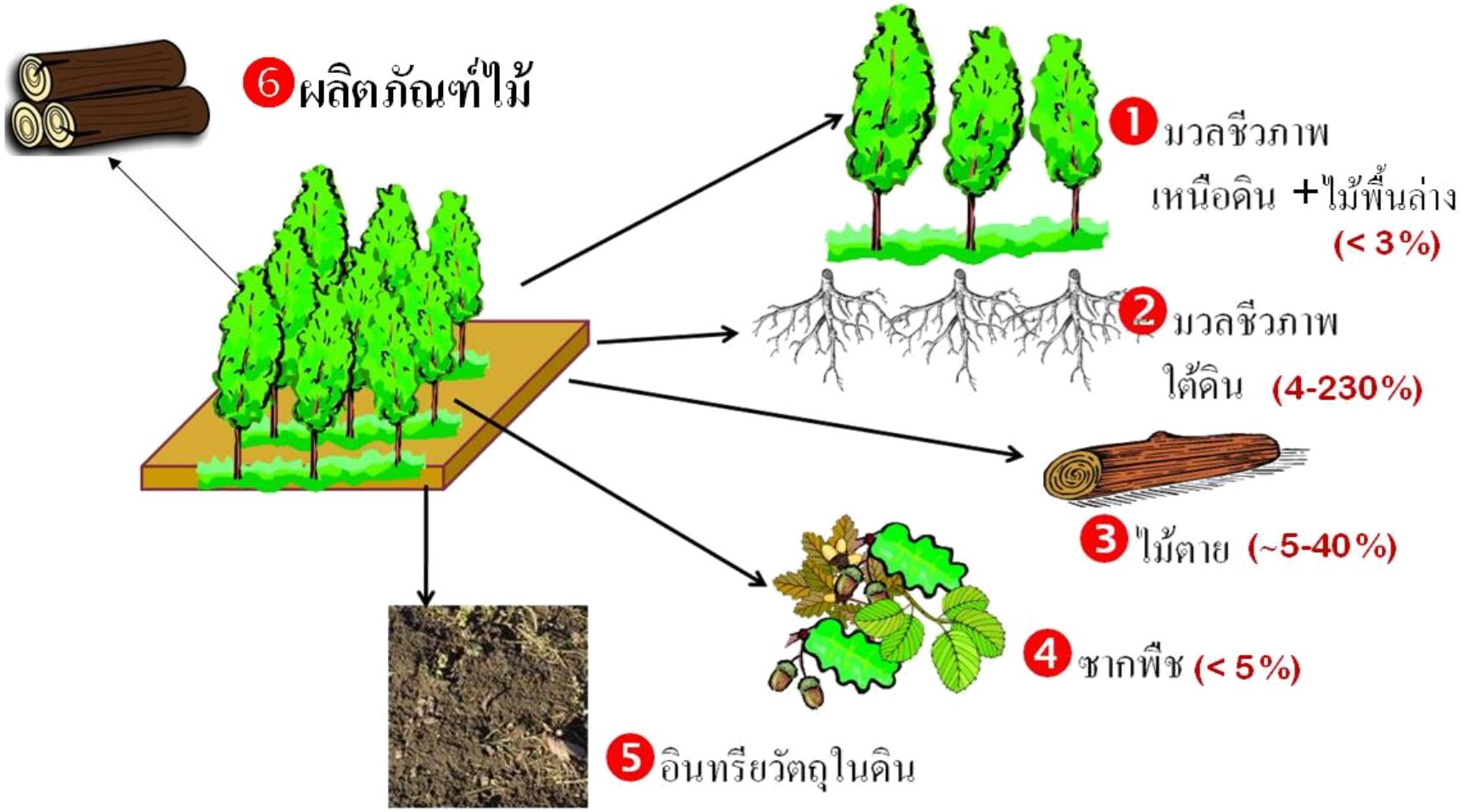
N_2O

การสำรวจข้อมูลการจัดการเกษตร

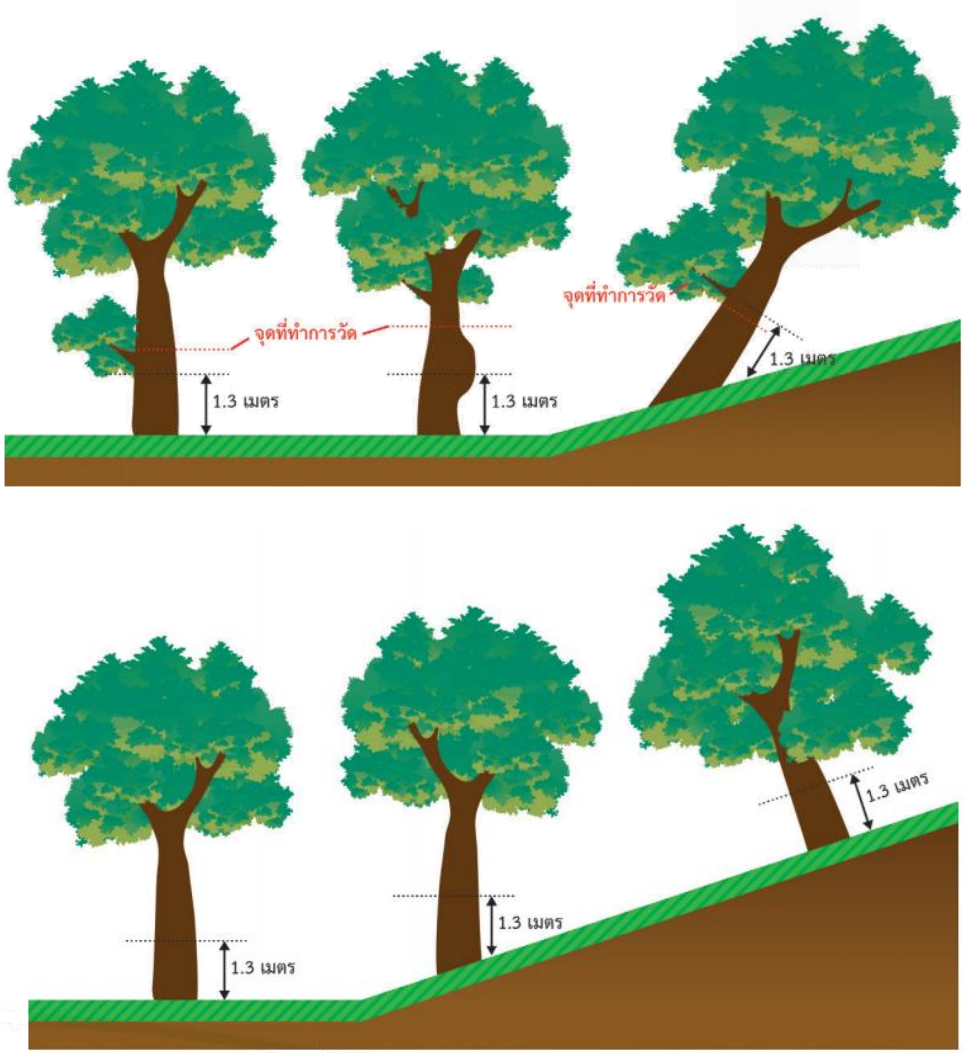


การสำรวจข้อมูลป่าไม้

แหล่งสะสมคาร์บอนในไม้

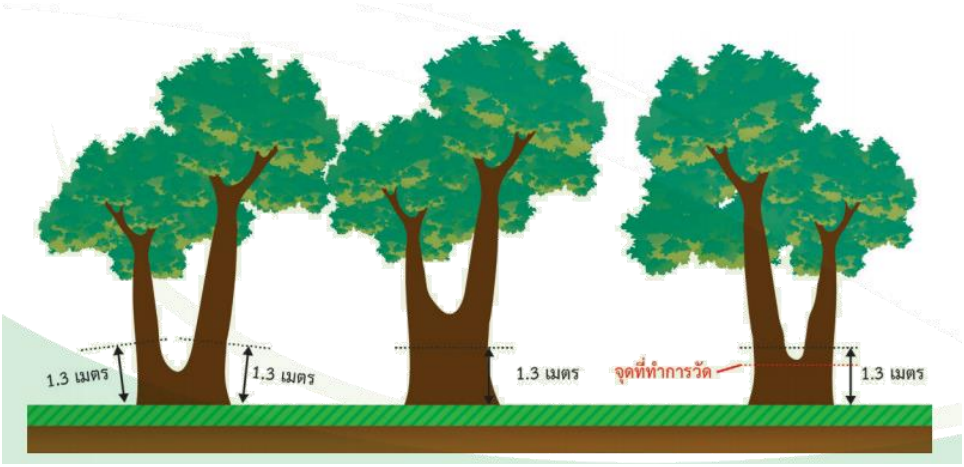


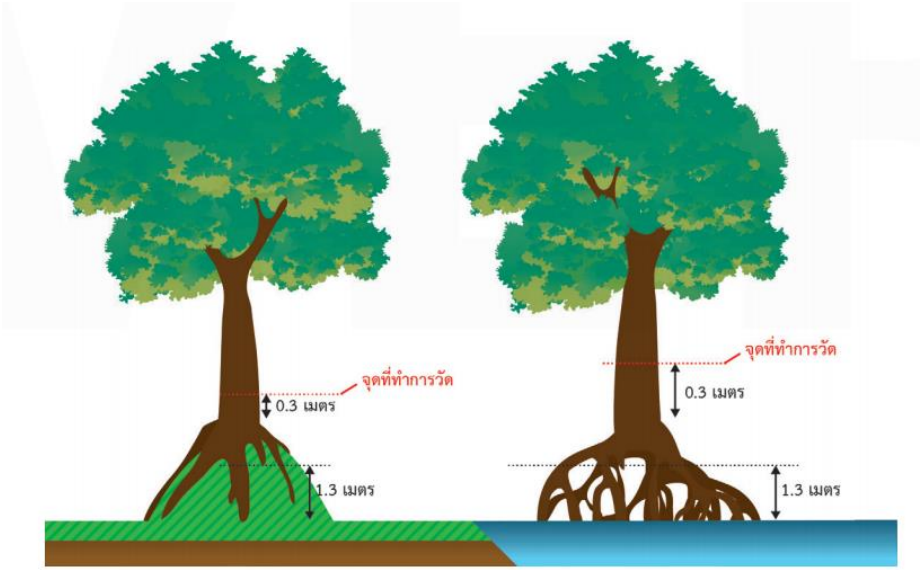
การวัดขนาดต้นไม้



อ้างอิงจากคู่มือการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร

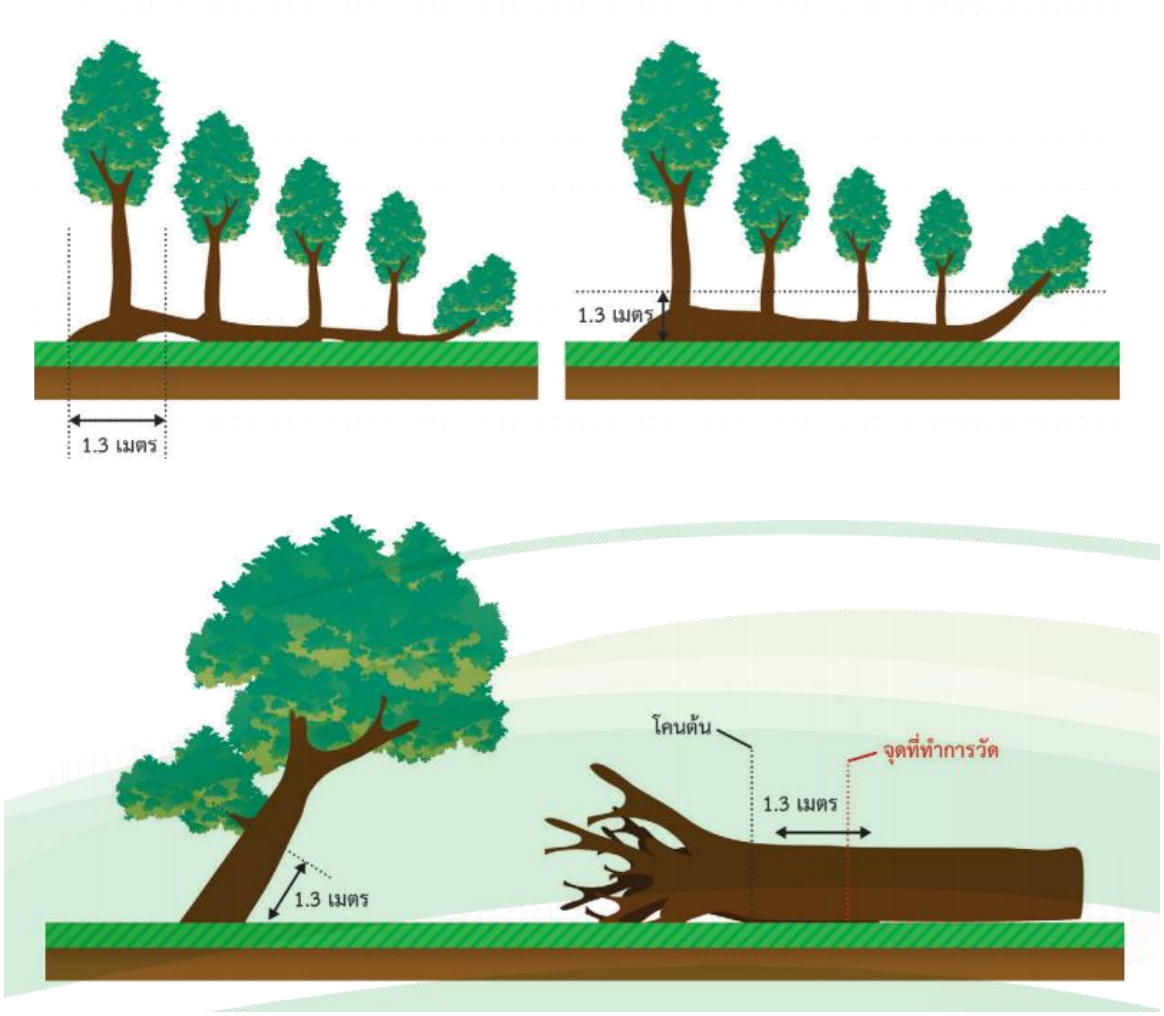
การวัดขนาดต้นไม้





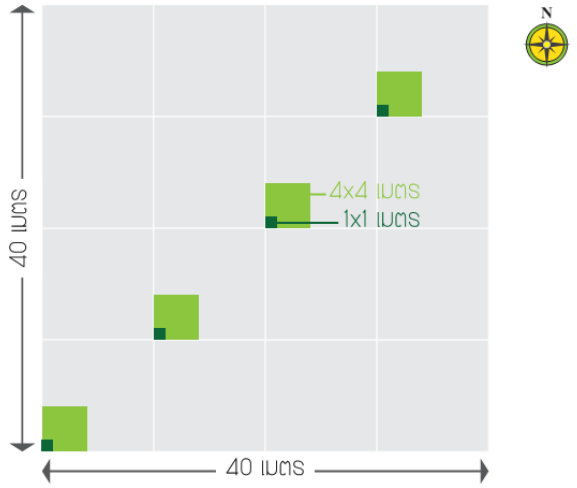
อ้างอิงจากคู่มือการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร

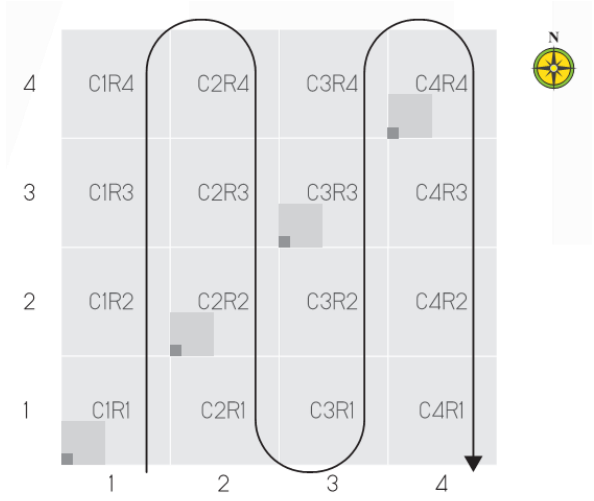
การวัดขนาดต้นไม้



อ้างอิงจากคู่มือการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร

การวางแปลงสำรวจข้อมูล





แนวทางการเก็บข้อมูลพันธุ์ไม้ในแปลงตัวอย่าง	
ขนาดแปลงตัวอย่าง	ชนิดข้อมูลที่สำรวจ
10 x 10 เมตร	ชนิด จำนวน ขนาดความโต และความสูงของไม้ใหญ่
4 x 4 เมตร	ชนิด จำนวน ขนาดความโต และความสูงของไม้หนุ่ม
1 x 1 เมตร	ขนาด ชนิดและจำนวนลูกไม้

อ้างอิงจากคู่มือการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร

ระดับการเก็บข้อมูล

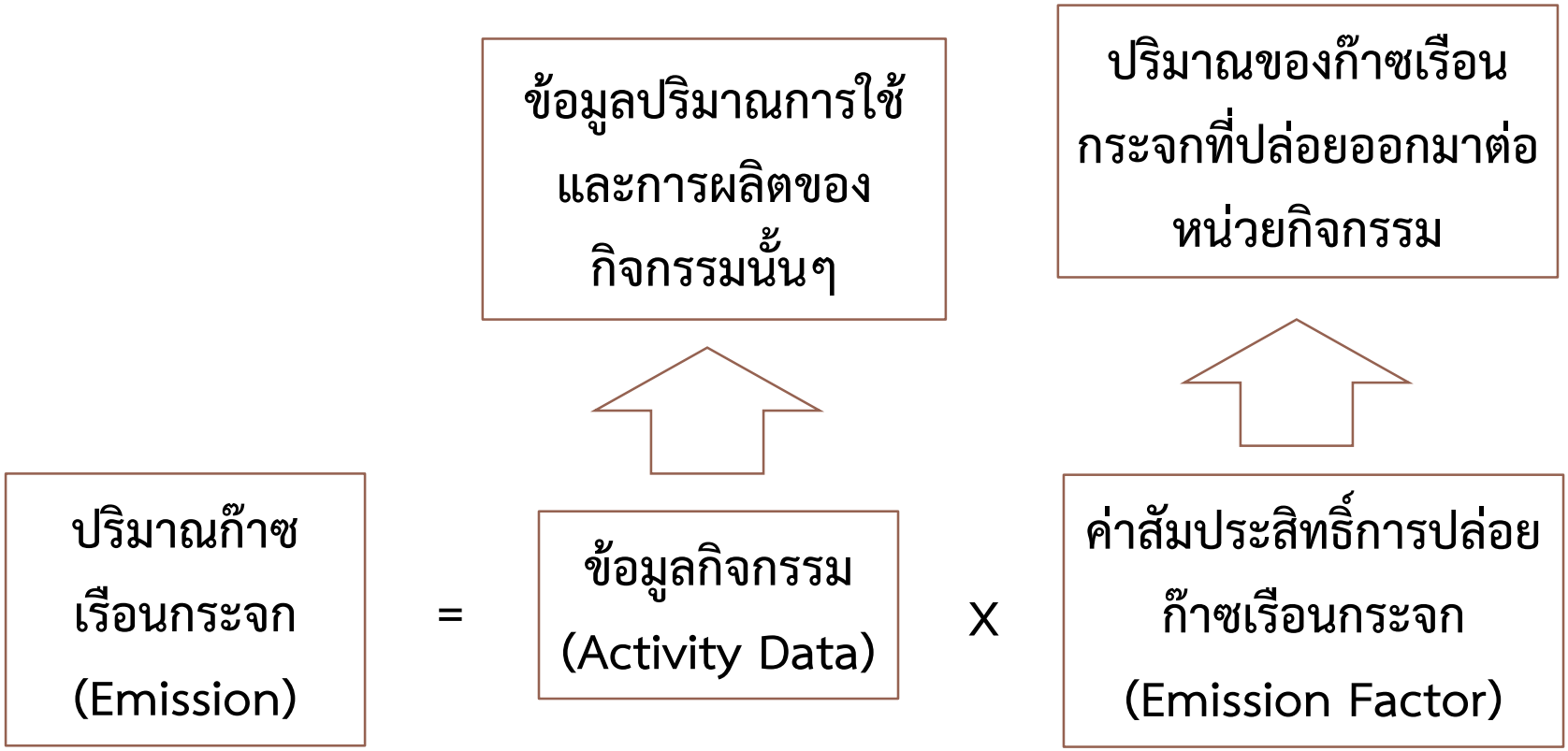
ระดับที่ 1 การเก็บข้อมูลต้นไม้เป็นพื้นที่

ระดับที่ 2 การเก็บข้อมูลต้นไม้โดยใช้วิธีเฉลี่ย

ระดับที่ 3 การเก็บข้อมูลต้นไม้โดยละเอียด

การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก


ข้อมูลปริมาณการใช้และการผลิตของกิจกรรมนั้นๆ
ปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาต่อหน่วยกิจกรรม
ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Emission)
=
ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)
X
ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)

GWP

ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potentials) นิยามของ GWP คือ ความสามารถของก๊าซเรือนกระจกใด ๆ ในการทำให้เกิดความอบอุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำหนักเท่ากัน

GWP

Name	Formula	AR2	AR3	AR4	AR5
Carbon dioxide	CO2	1	1	1	1
Methanec	CH4	21	23	25	28
Nitrous oxide	N2O	310	296	298	265
Sulfur hexafluoride	SF6	23,900	22,200	22,800	23,500
Carbon tetrafluoride	CF4	6,500	5,700	7,390	6,630
Hexafluoroethane	C2F6	9,200	11,900	12,200	11,100
HFC-23	CHF3	11,700	12,000	14,800	12,400
HFC-32	CH2F2	650	550	675	677
HFC-41	CH3F	150	97	92	116
HFC-125	C2HF5	2,800	3,400	3,500	3,170
HFC-134	C2H2F4	1,000	1,100	1,100	1,120
HFC-134a	CH2FCF3	1,300	1,300	1,430	1,300
HFC-143	C2H3F3	300	330	353	328
HFC-143a	C2H3F3	3,800	4,300	4,470	4,800
HFC-152a	C2H4F2	140	120	124	138
HFC-227ea	C3HF7	2,900	3,500	3,220	3,350
HFC-236fa	C3H2F6	6,300	9,400	9,810	8,060
HFC-245ca	C3H3F5	560	950	693	716
Nitrogen trifluoride	NF3	-	-	17,200	16,100

การเผาไหม้แบบอยู่กับที่

สมการที่ 2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอยู่กับที่

$$Emissions_{GHG,fuel} = Fuel\ Consumption_{fuel} \times Emission\ Factor_{GHG,fuel}$$

โดยที่

$Emissions_{GHG,fuel}$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานแบบเผาไหม้อยู่กับที่
$Fuel\ Consumption_{fuel}$	=	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าประเภท *i*
$Emission\ Factor_{GHG,fuel}$	=	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภท *i*
i	=	ประเภทของเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้า

การเผาไหม้แบบที่มีการเคลื่อนที่

สมการที่ 3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง

$$Emission = \sum_{a} [Fuel_a \times EF_a]$$

โดยที่

Emission	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง หน่วย กิโลกรัมต่อปี; kg/yr
Fuel $_a$	=	เชื้อเพลิงประเภท a หน่วย เทระจูล; TJ
EF_a	=	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภท a หน่วย กิโลกรัมต่อเทระจูล; kg/TJ
a	=	ประเภทของเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน หรือก๊าซ LPG

สมการที่ 4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการขนส่ง

$$Emission = AD \times EF$$

โดยที่

Emission	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการขนส่ง
AD	=	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขนส่ง
EF	=	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

การจัดการขยะและของเสีย

สมการที่ 5 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการขยะมูลฝอย

$$CH_4\ Emissions = \left[\sum_x CH_4\ generated_{x,T} - R_T\right] \times (1 - R_T)$$

โดยที่

CH_4 *Emissions*	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ในปีที่จัดทำบัญชีรายการ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$
CH_4 *generated*	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ปีที่จัดทำบัญชีรายการ (คำนวณได้จากสมการที่ 6)
R_T	=	ปริมาณก๊าซ CH_4 ที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น นำก๊าซ CH_4 ไปทำเป็นก๊าซชีวภาพ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$
T	=	ปีที่จัดทำบัญชีรายการ
x	=	ประเภทของขยะในพื้นที่ที่นำไปจัดการ

สมการที่ 6 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายของขยะในปีที่พิจารณา

$$CH_4 generated_T = DDOCmdecomp_T \times F \times {}^{16}/_{12}$$

โดยที่

$CH_4\ generated_T$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการย่อยสลายของขยะ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$

$DDOCmdecomp_T$ = ปริมาณสารอินทรีย์ในขยะที่สามารถย่อยสลายได้ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$

F = สัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากบ่อฝังกลบ (ใช้ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ)

$16/12$ = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจากคาร์บอน (C) ไปเป็นก๊าซมีเทน (CH_4)

สมการที่ 7 และ 8 การประเมินหาปริมาณอินทรีย์สารในขยะที่สามารถย่อยสลายได้ในปีที่เริ่มฝังกลบ

$$DDOCm\ decomp_T = DDOCma_{T-1} \times (1 - e^{-k})$$

$$DDOCma_T = DDOCmd_T \times (DDOCma_{T-1} \times e^{-k})$$

โดยที่

$DDOCma_{T-1}$ = ปริมาณการสะสมของขยะมูลฝอย ณ สิ้นปีของปีที่พิจารณา หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$

$DDOCma_T$ = ปริมาณการสะสมของขยะมูลฝอย ณ สิ้นปีของปีที่เริ่มมีการจัดการขยะ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$

$DDOCmd_T$ = ปริมาณการสะสมของอินทรีย์สารที่สามารถย่อยสลายได้ในปีที่พิจารณา หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$

k = ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา โดย $k = \ln(2)/t_{1/2}$ (y^{-1})

$t_{1/2}$ = Half-life time (ปี)

สมการที่ 9 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการจัดการของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

$$CH_4\ Emissions = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R$$

โดยที่

$CH_4\ Emissions$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$
M_i	=	ปริมาณขยะที่ถูกจัดการด้วยวิธีการทางชีวภาพ หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr
EF	=	ค่าการปล่อยก๊าซ CH_4 หน่วย กรัมมีเทนต่อกิโลกรัมขยะ; gCH_4/kg_{waste}
i	=	รูปแบบของการนำขยะไปบำบัด เช่น การนำขยะไปทำเป็นปุ๋ย หรือการนำขยะไปย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศ
R	=	ปริมาณก๊าซ CH_4 ที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น นำก๊าซ CH_4 ไปทำเป็นก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า หรือความร้อน หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี ;$GgCH_4/yr$

สมการที่ 10 การประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการจัดการของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

$$N_2O\ Emissions = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3}$$

โดยที่

$N_2O\ Emissions$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O หน่วย กิกะกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อปี; GgN_2O/yr
M_i	=	ปริมาณขยะที่ถูกจัดการด้วยวิธีการทางชีวภาพ หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr
EF	=	ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O หน่วย กรัมไนตรัสออกไซด์ต่อกิโลกรัมของขยะ;gN_2O/kg_{waste}
i	=	รูปแบบของการนำขยะไปบำบัด เช่น การนำขยะไปทำเป็นปุ๋ย หรือการนำขยะไปย่อย สลายภายใต้สภาวะไร้อากาศ

สมการที่ 11 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาขยะในพื้นที่ในกรณีที่มีการเก็บข้อมูลปริมาณขยะจำแนกตามชนิดของขยะ

$$CO_2\ Emissions = MSW \times \sum_j (WF_j \times dm_j \times CF_j \times FCF_j \times OF_j) \times {}^{44}/_{22}$$

โดยที่

CO_2 *Emissions*	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หน่วย กิกะกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ; $GgCO_2/yr$
MSW	=	ปริมาณขยะมูลฝอยที่นำไปเผาในเตาเผาและนำไปเผาในที่โล่ง (น้ำหนักเปียก) หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr
WF_j	=	สัดส่วนของขยะแต่ละประเภท
dm_j	=	สัดส่วนมวลแห้งของขยะชนิด j ในขยะมูลฝอยทั้งหมดที่นำไปเผา
CF_j	=	สัดส่วนของคาร์บอน (C) ในน้ำหนักมวลแห้งของขยะชนิด j
FCF_j	=	สัดส่วนของฟอสซิลคาร์บอน (Fossil Carbon[3]) ในปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่มีอยู่ในขยะมูลฝอยชนิด j ในขยะมูลฝอยที่นำไปเผา
OF_j	=	สัดส่วนของก๊าซคาร์บอน (C) ที่ถูกออกซิไดซ์ (Oxidation factor)
44/12	=	ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจากคาร์บอน (C) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
j	=	องค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกนำไปเผาในเตาเผาและที่ถูกเผาในที่โล่ง เช่น กระดาษ สิ่งทอ เศษอาหาร ไม้ ยาง และเศษหนังสัตว์

สมการที่ 13 การคำนวณหาสัดส่วนของคาร์บอนในขยะชุมชน

$$CF = \sum_i (WF_i \times CF_i)$$

โดยที่

CF	=	ปริมาณรวมของคาร์บอนในขยะชุมชน
WF_i	=	สัดส่วนของขยะชนิด i ในขยะชุมชน
CF_i	=	ปริมาณคาร์บอน (C-content) ในขยะชุมชนชนิด *i*

สมการที่ 14 การคำนวณหาสัดส่วนฟอสซิลคาร์บอน (Fossil Carbon) ในขยะชุมชน

$$FCF = \sum_i (WF_i \times FCF_i)$$

โดยที่

FCF	=	ปริมาณ Fossil Carbon ในขยะชุมชน เช่น พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ และยางสังเคราะห์
WF_i	=	สัดส่วนของขยะชนิด i ในขยะชุมชน
CF_i	=	สัดส่วนของ Fossil Carbon ของขยะชนิด i ในขยะชุมชน

สมการที่ 15 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากปริมาณขยะทั้งหมดที่นำไปเผา

$$CO_2\ Emissions = \sum_i (SW_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times {}^{44}/_{12}$$

โดยที่

$CO_2\ Emissions$	=	ปริมาณการปล่อย CO_2 จากการเผาขยะ หน่วย กิกะกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี; $GgCO_2/yr$
SW_i	=	ปริมาณของขยะชนิด i (น้ำหนักเปียก) ที่ถูกนำไปเผา หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr
dm_i	=	สัดส่วนมวลแห้งของขยะชนิด i (น้ำหนักเปียก) ที่ถูกนำไปเผา
CF_i	=	สัดส่วนของคาร์บอน (C) ของขยะชนิด i
FCF_i	=	สัดส่วนของ Fossil Carbon ที่มีอยู่ในปริมาณคาร์บอนของขยะชนิด i
OF_i	=	สัดส่วนของคาร์บอนที่ถูกออกซิไดซ์ (Oxidation Factor) ของเชื้อเพลิงเหลวชนิด i
44/12	=	ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจากคาร์บอน (C) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
i	=	ประเภทของขยะที่นำไปเผาในเตาเผาและนำไปเผาในที่โล่ง เช่น ขยะมูลฝอยชุมชน ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม กากตะกอน ขยะอันตราย และขยะจากสถานพยาบาล

สมการที่ 16 การปล่อยก๊าซมีเทนโดยการใช้เตาเผาและการเผาขยะในที่โล่ง

$$CH_4\ Emissions = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

โดยที่

$CH_4\ Emissions$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$
IW_i	=	ปริมาณของขยะชนิด i (น้ำหนักเปียก) ที่ถูกนำไปเผา หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr
EF_i	=	ค่าการปล่อยก๊าซ CH_4 จากการเผาขยะ หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อกิกะกรัมขยะ; $kgCH_4/Gg_{waste}$
10^{-6}	=	ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนหน่วยจากกิโลกรัม (kg) เป็นกิกะกรัม (Gg)
i	=	ประเภทของขยะที่นำไปเผาในเตาเผาและนำไปเผาในที่โล่ง เช่น ขยะมูลฝอยชุมชน ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม กากตะกอน ขยะอันตราย และขยะจากสถานพยาบาล

สมการที่ 17 ประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการเผาขยะ

$$N_2O\ Emissions = \sum_i (IW_i \times EC_i \times FGV_i) \times 10^{-9}$$

โดยที่

N_2O *Emissions*	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O หน่วย กิกะกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อปี; GgN_2O/yr
IW_i	=	ปริมาณของขยะชนิด i (น้ำหนักเปียก) ที่ถูกนำไปเผา หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr
EC_i	=	ค่าความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซ N_2O จากไอเสียหรือก๊าซทิ้งจากการเผาขยะชนิด *i* หน่วย มิลลิกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อลูกบาศก์เมตร; MgN_2O/m^3
FGV_i	=	ปริมาณไอเสียหรือก๊าซทิ้งจากการเผาขยะชนิด *i* หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อมิลลิกรัม; m^3/Mg
i	=	ประเภทของขยะที่นำไปเผาในเตาเผาและนำไปเผาในที่โล่ง เช่น ขยะมูลฝอยชุมชน ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม กากตะกอน ขยะอันตราย และขยะจากสถานพยาบาล

สมการที่ 18 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการบำบัดน้ำเสียชุมชน

$$CH_4\ Emissions = \left[\sum_{i,j}\left(U_i \times T_{i,j} \times EF_j\right)\right](TOW - S) - R$$

โดยที่

$CH_4\ Emissions$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี ; $GgCH_4/yr$
TOW	=	ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย หน่วย กิโลกรัมบีโอดีต่อปี; kgBOD/yr (คำนวณได้จากสมการที่ 20)
S	=	ปริมาณกากตะกอนในน้ำเสีย หน่วย กิโลกรัมบีโอดีต่อปี; kgBOD/yr
U_i	=	สัดส่วนของจำนวนประชากรจำแนกตามกลุ่มรายได้ i
T_{ij}	=	ความสามารถของเทคโนโลยี หรือระบบที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจำแนกตามกลุ่มประชากรในกลุ่ม i
i	=	ประชากรตามกลุ่มรายได้: ประชากรในพื้นที่ชนบท ประชากรในชุมชนเมืองผู้มีรายต่ำ ประชากรในชุมชนเมืองผู้มีรายได้สูง
j	=	ระบบที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย
EF_j	=	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CH_4 หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อกิโลกรัมบีโอดี;$kgCH_4/kgBOD$ (คำนวณได้จากสมการที่ 19)
R	=	ปริมาณก๊าซ CH_4 ที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น นำก๊าซ CH_4 ไปทำเป็นก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อปี; $kgCH_4/yr$

สมการที่ 19 การคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการบำบัดน้ำเสียชุมชน

$$EF_j = B_o \times MCF_j$$

โดยที่

EFi	=	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CH_4 จากการบำบัดน้ำเสียชุมชน หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อกิโลกรัมบีโอดี; $kgCH_4/kgBOD$
B_o	=	ความสามารถในการทำให้เกิดก๊าซ CH_4 ของระบบที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อกิโลกรัมบีโอดี; $kgCH_4/kgBOD$
MCF_j	=	Methane Correction Factor
j	=	ระบบบำบัดหรือเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการน้ำเสีย

สมการที่ 20 การคำนวณหาสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

$$TOW = P \times BOD \times 0.001 \times I \times 365$$

โดยที่

TOW	=	ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย หน่วย กิโลกรัมบีโอดีต่อปี ; kgBOD/yr
P	=	จำนวนประชากรในปีที่พิจารณา หน่วย คนต่อปี ; Person/yr
BOD	=	อัตราการปล่อยน้ำเสีย หน่วย กรัมต่อคนต่อปี ; g/person/yr
0.001	=	ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจากหน่วยกรัม(g) เป็นกิโลกรัม (kg)
i	=	Correction factor

สมการที่ 21 การประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการจัดการน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง

$$N_2O\ Emissions = N_{EFFLUENT} \times EF_{EFFLUENT} \times {}^{44}/_{28}$$

โดยที่

$N_2O\ Emissions$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อปี; gN_2O/yr

$N_{EFFLUENT}$ = ปริมาณไนโตรเจน (N) ในน้ำเสีย หน่วยกิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี; kgN/yr

$EF_{EFFLUENT}$ = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O จากการบำบัดน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ในรูปของไนโตรเจนต่อกิโลกรัมไนโตรเจน; $kgN_2O\text{-}N/kgN$

$44/28$ = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจาก $kgN_2O\text{-}N$ ไปเป็น kgN

สมการที่ 22 การคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน (N) ในน้ำเสีย

$$N_{EFFLUENT} = (P \times Protein \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}) - N_{SLUDGE}$$

โดยที่

$N_{EFFLUENT}$ = ปริมาณก๊าซไนโตรเจน (N) ในน้ำเสียต่อปี

P = จำนวนประชากรในพื้นที่ หน่วย คนต่อปี; Person/yr

$Protein$ = ปริมาณการบริโภคโปรตีนของประชากรในพื้นที่ หน่วยกิโลกรัมโปรตีนต่อคนต่อปี; kgprotein/person/yr

F_{NPR} = สัดส่วนของไนโตรเจน (N) ในโปรตีน (Default = 0.16) หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัมโปรตีน ; $kgN/kg_{protein}$

$F_{NON-CON}$ = สัดส่วนของน้ำเสียที่ไม่มีโปรตีนปะปนอยู่

$F_{IND-COM}$ = สัดส่วนของร้านค้า อาคารพาณิชย์ และโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยโปรตีนลงสู่ท่อระบายน้ำ

N_{SLUDE} = ปริมาณ N ที่ถูกกำจัดออกมาให้อยู่ในรูปของกากตะกอน หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี; kgN/yr

การจัดการเกษตรและการจัดการปศุสัตว์

สมการที่ 23 การปล่อยก๊าซมีเทนจากกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์แต่ละชนิด

$$Emissions = EF_{(T)} \times \left(\frac{N_{(T)}}{10^6}\right)$$

โดยที่

$Emissions$ = ปริมาณก๊าซมีเทนจากกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$

$EF_{(T)}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับสัตว์แต่ละประเภทของปศุสัตว หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อประชากรสัตว์ต่อปี ; $GgCH_4/head/yr$

$N_{(T)}$ = จำนวนสัตว์ในแต่ละชนิดของปศุสัตว์ในประเทศ

T = ชนิดสัตว์ของปศุสัตว์ในประเทศ

สมการที่ 24 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมด จากกระบวนการย่อยของสัตว์

$$TotalCH_{4Enteric} = \sum_i E_i$$

โดยที่

$TotalCH_{4Enteric}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมด จากกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี $GgCH_4/yr$

E_i = ปริมาณมีเทนที่ปล่อยออกมาจากสัตว์แต่ละชนิด

- การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการจัดการมูลสัตว์ การจัดการมูลสัตว์ในแต่ละรูปแบบวิธี มีผลก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งสามารถประเมินการปล่อยก๊าซดังกล่าว ได้จากสมการที่ 25 – 26

สมการที่ 25 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากการจัดการมูลสัตว์

$$CH_{4Manure} = \sum_{(T)} \frac{(EF_{(T)} \times N_{(T)})}{10^6}$$

โดยที่

$CH_{4Manure}$ = ปริมาณมีเทนที่ปล่อยออกมาจากระบบการจัดการมูลสัตว์ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; $GgCH_4/yr$

$EF_{(T)}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับสัตว์แต่ละประเภทของปศุสัตว์ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อตัวต่อปี; $GgCH_4/head/yr$

$N_{(T)}$ = จำนวนสัตว์ในแต่ละชนิด หน่วย ตัวต่อปี; $Head/yr$

T = ชนิดสัตว์ของสัตว์ที่พิจารณา

สมการที่ 26 การประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ในทางตรงจากการจัดการมูลสัตว์

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T \left(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}\right)\right] \times EF_{3(S)}\right] \times \frac{44}{28}$$

โดยที่

$N_2O_{D(mm)}$ = ปริมาณไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยออกมาโดยตรงจากระบบการจัดการมูลสัตว์ หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อปี; kgN_2O/yr

$N_{(T)}$ = จำนวนสัตว์ในแต่ละชนิด หน่วย ตัวต่อปี; $Head/yr$

$Nex_{(T)}$ = ค่าเฉลี่ยประจำปีของไนโตรเจนในมูลสัตว์ต่อตัวสัตว์แต่ละชนิด หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตัวต่อปี ; $kgN/animal/yr$

$MS_{(T,S)}$ = เศษส่วนของจำนวนไนโตรเจนในมูลสัตว์ทั้งหมดรายปีในสัตว์แต่ละประเภท T โดยผ่านระบบการจัดการมูลสัตว์ S

$EF_{3(S)}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการปล่อยไนตรัสออกไซด์ออกมาโดยตรงจากระบบการจัดการมูลสัตว์ (S), $kgN_2O\text{-}N/kgN$ ในระบบการจัดการมูลสัตว์

S = ระบบการจัดการมูลสัตว์

T = ชนิดสัตว์ของปศุสัตว์ในประเทศ

$44/28$ = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจาก $kgN_2O\text{-}N$ เป็น kgN_2O

สมการที่ 35 การประเมินปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใส่ปุ๋ยยูเรีย

$$CO_2\text{-}C\ Emissions = M_{Urea} \times EF \times {}^{44}/_{12}$$

$$M_{Urea} = Area \times Urea_{Apply}$$

โดยที่

CO_2-C Emission	=	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยยูเรีย หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonne C/yr
EF	=	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วย ตันคาร์บอนต่อตันยูเรีย; หน่วย $tonne_C$ /$tonne_{Urea}$ (ค่า Default Value = 0.2)
M_{Urea}	=	ปริมาณปุ๋ยยูเรีย หน่วย ตันยูเรียต่อปี ; $tonne_{Urea}$/yr
Area	=	พื้นที่เพาะปลูกพืชที่มีการใช้ปุ๋ยยูเรีย (ha; 1 ha = 6.25 ไร่, 1 ไร่ = 1,600 ตร.ม.)
$Urea_{Apply}$	=	ปริมาณการใช้ปุ๋ยยูเรียต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หน่วย ตันยูเรีย
44/12	=	ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนหน่วยจากคาร์บอน (C) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)

การกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในภาคป่าไม้

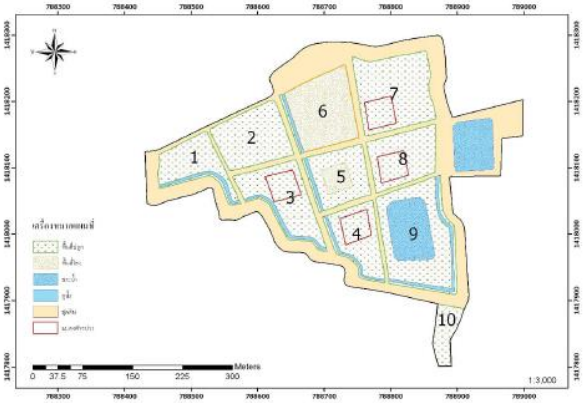
หลักพื้นฐานในการคำนวณการกักเก็บคาร์บอน

Activities data X Emission Factor

ข้อมูลเชิงพื้นที่

ปริมาณคาร์บอน/
มวลชีวภาพต่อพื้นที่

ปริมาณคาร์บอนจะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งหรือ ร้อยละ 47 ของปริมาณมวลชีวภาพ



มวลชีวภาพของพืช คือ เนื้อเยื่อพืชที่สร้างขึ้นมาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงมักวัดในรูปของน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่

วิธีการหาค่าชีวภาพ

มวลชีวภาพรวม = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน + มวลชีวภาพใต้ดิน

มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน = จากค่าสัมประสิทธิ์ในตาราง (ตามชนิดไม้)

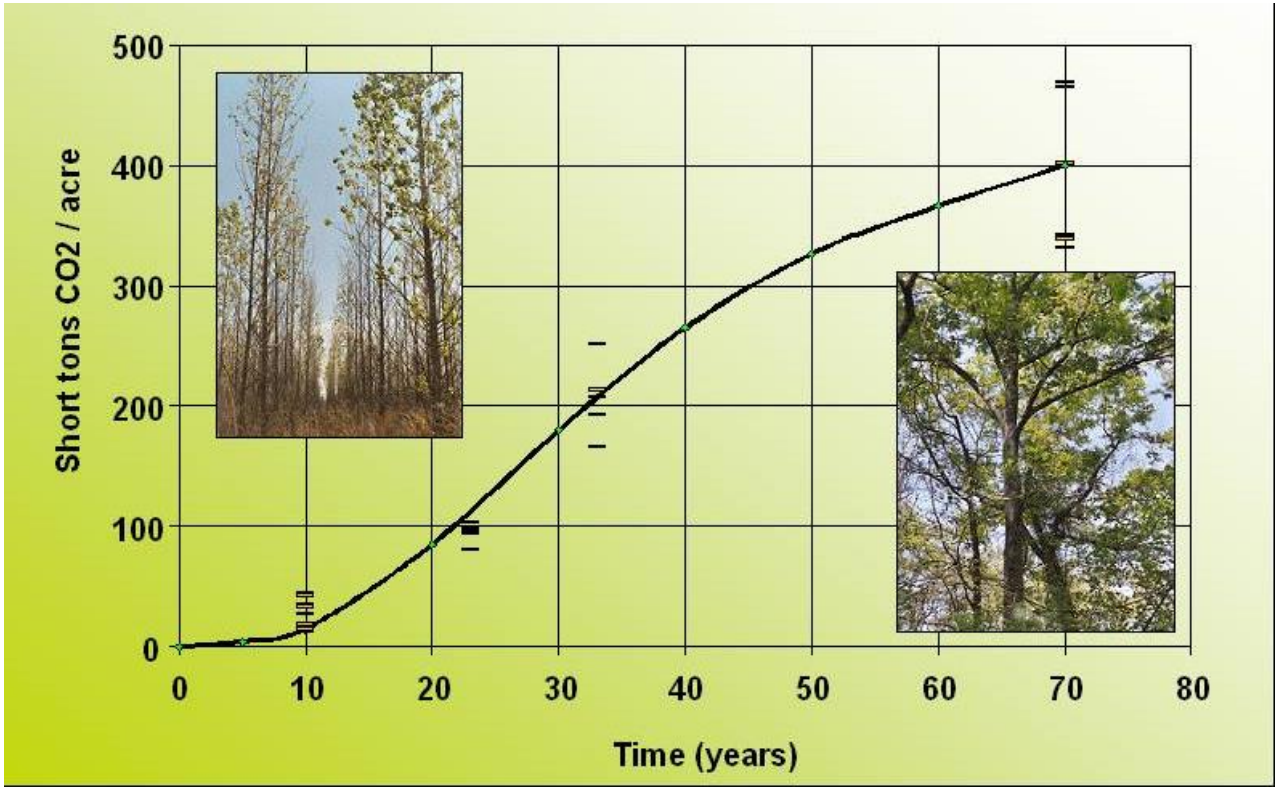
มวลชีวภาพใต้ดิน = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน x สัดส่วนราก/ลำต้น

ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้ (ตัน C / ปี)	=	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	x	มวลชีวภาพที่เพิ่มพูน (ตัน/ไร่/ปี)	x	ปริมาณคาร์บอน (%)

ปริมาณ CO_2 ที่กักเก็บได้ (ตัน CO_2 / ไร่/ปี)	=	ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้ (ตัน C/ไร่/ปี)	x	44/12

การหามวลชีวภาพจากสมการแอลโลเมตรี

สมการแอลโลเมตรี คือ สมการทางคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและรูปร่าง เช่น น้ำหนักกับเส้นผ่าศูนย์กลาง ของต้นไม้ สมการที่มีส่วนใหญ่เป็นการประเมินรายต้น



การหามวลชีวภาพจากสมการแอลโลเมตรี

ป่าดิบแล้ง	สมการ	ที่มา
ต้นไม้ใหญ่มีขนาด DBH มากกว่า 4.5 cm	$Ws = 0.0509\ DBH^2Ht^{0.919}$ $Wb = 0.00893\ DBH^2Ht^{0.977}$ $Wl = 0.0140\ DBH^2Ht^{0.669}$ $Wr = 0.0313\ DBH^2Ht^{0.805}$	Tsutsumi *et al.* (1983)
ต้นไม้หนุ่มมีขนาด DBH น้อยกว่า 4.5 cm	$Ws = 0.0702\ DBH^2Ht^{0.8737}$ $Wb = 0.0093\ DBH^2Ht^{0.9403}$ $Wl = 0.0244\ DBH^2Ht^{1.0517}$	**ธิติ และชลธิดา (2547)**

โดยที่ Ws = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (kg) Wb = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (kg)

Wl = มวลชีวภาพส่วนของใบ (kg) Wr = มวลชีวภาพส่วนของราก (kg)

DBH = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (cm) Ht = ความสูงของต้นไม้ (m)

การทวนสอบข้อมูล

การควบคุมคุณภาพข้อมูล

1. จัดตั้งผู้ตรวจสอบข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก
2. ปรับปรุงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก
3. ทบทวนโดยผู้บริหาร

การควบคุมคุณภาพข้อมูล

1. จัดตั้งผู้ตรวจสอบข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก
2. ปรับปรุงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก
3. ทบทวนโดยผู้บริหาร

ข้อมูลติดต่อ

- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
- ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก
- โทรศัพท์ : 02 141 9836-40
- โทรสาร : 02 143 8405
- Email : adminccfo@tgo.or.th
- Website : www.tgo.or.th