



การผลิตพลังงานจากขยะ (Waste to Energy; WTE)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกศักดิ์ เอี่ยมโอภาส

27 มกราคม 2569

การผลิตพลังงานจากขยะ (Waste to Energy; WTE)

1. กระบวนการทางความร้อน (Thermal process)
 - ☐ Incineration
 - ☐ Gasification
 - ☐ Pyrolysis
2. กระบวนการทางชีวเคมี (Biochemical process)
 - ☐ การหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion; AD)
 - ☐ ก๊าซจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill gas, LFG)

โรงไฟฟ้า
จากก๊าซบ่อฝังกลบขยะ



โรงไฟฟ้า
จากการหมักแบบไร้อากาศ



โรงไฟฟ้าจากเตาเผาขยะ





Landfill Gas to Energy (LFGTE)

ระบบรวบรวมก๊าซขยะสำหรับแหล่งฝังกลบขยะอย่างถูกหลักสุขาภิบาล
(Gas Extraction System for Sanitary Landfill)

Landfill Gas to Energy (LFGTE)

การฝังกลบขยะของประเทศไทย

- บ่อฝังกลบขยะอย่างถูกหลัก
สุขาภิบาล (Sanitary Landfill)
- การฝังกลบแบบเทกอง (Open
Dumping)
- การฝังกลบแบบเทกองควบคุม
(Controlled Landfill)



ระบบดักก๊าซขยะจาก Landfill คืออะไร?

นิยาม:

- การดักก๊าซขยะจาก Landfill (Landfill Gas Extraction) คือ กระบวนการรวบรวมและจัดการก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะในหลุมฝังกลบ
- ก๊าซที่ได้มีองค์ประกอบหลักเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

วัตถุประสงค์:

- การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- ผลิตเป็นพลังงานทดแทน

ประโยชน์:

- ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการขยะ
- สร้างรายได้จากการขายพลังงาน และคาร์บอนเครดิต

Landfill gas

**** มีข้อเสีย**

**** มีพิษ**

แต่ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้
(Green energy)

1. การลุกไหม้ หรือการระเบิด
(Fire/Explosion)
2. การเคลื่อนย้ายของก๊าซ
(migration)
3. เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีระดับ
ความรุนแรงมากกว่าก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์ 28 เท่า
(GWP)



การลุกไหม้ของกองขยะ
และก๊าซขยะ



หลักการทำงาน

ขั้นตอนการทำงาน

- การประเมินปริมาณก๊าซทางทฤษฎี
- การทดสอบปริมาณก๊าซเบื้องต้น
- การก่อสร้างระบบท่อรวบรวมก๊าซ
- การปรับปรุงคุณภาพก๊าซ
- การนำไปใช้ประโยชน์/เผาทิ้ง

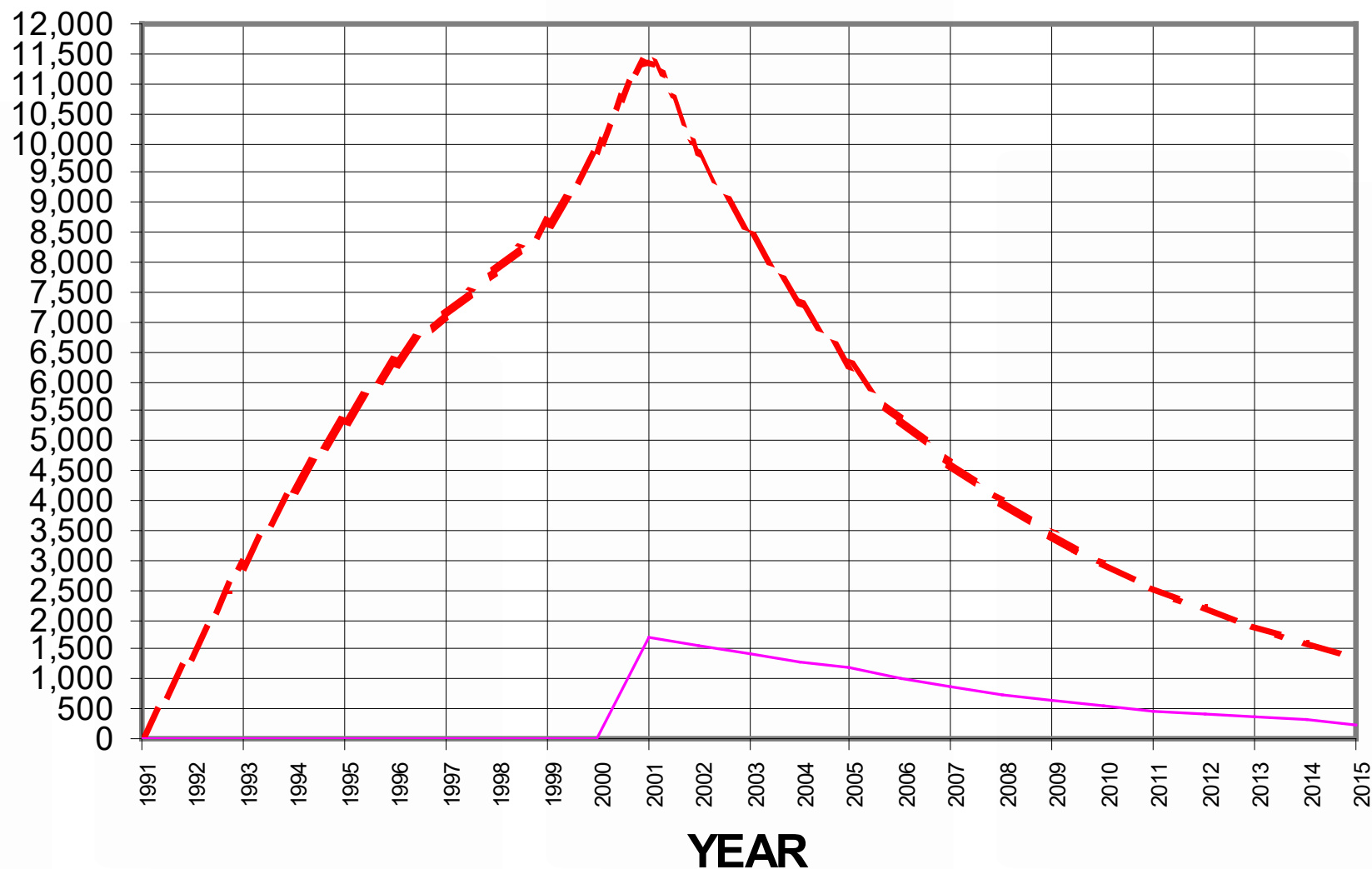
อุปกรณ์หลักในระบบ:

- ระบบท่อดูดก๊าซ
- ระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซ
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือระบบผลิตพลังงาน
(Gas engine-generator set)
- ระบบต่อเชื่อมกับสายส่งไฟฟ้า
(Grid connection)



LFG GENERATION AND RECOVERY ESTIMATE KAMPHANGSAEN LANDFILL

LFG m³/hr

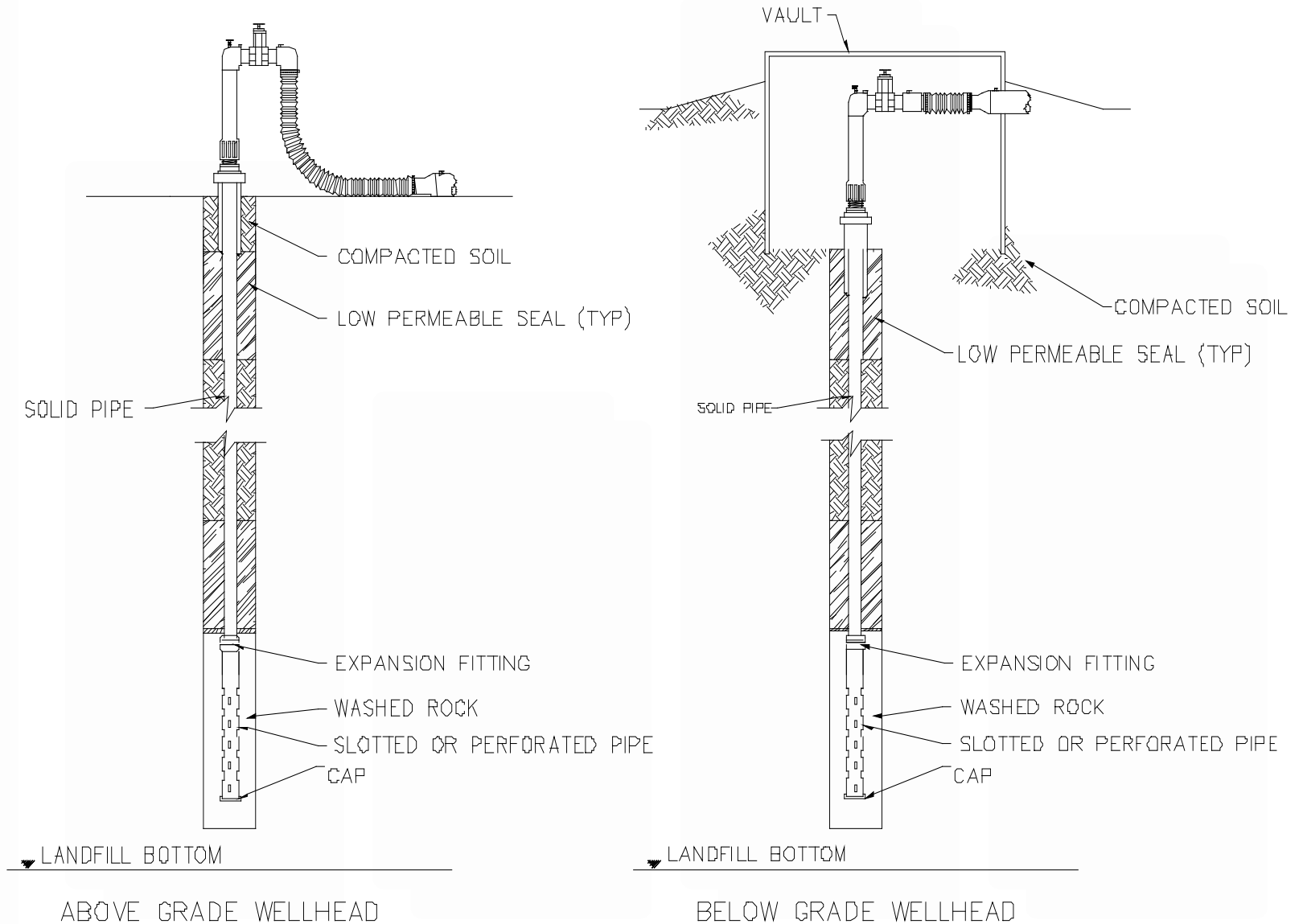


กระบวนการเกิด Landfill Gas และองค์ประกอบของก๊าซขยะ

1. กระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนหลังจากการฝังทับด้วยดินหรือ HDPE
2. องค์ประกอบของ Landfill Gas
 1. CH_4 45-55 %
 2. CO_2 30-40 %
 3. O_2 <1 %
 4. Trace gases (ประมาณ 100 ชนิด)

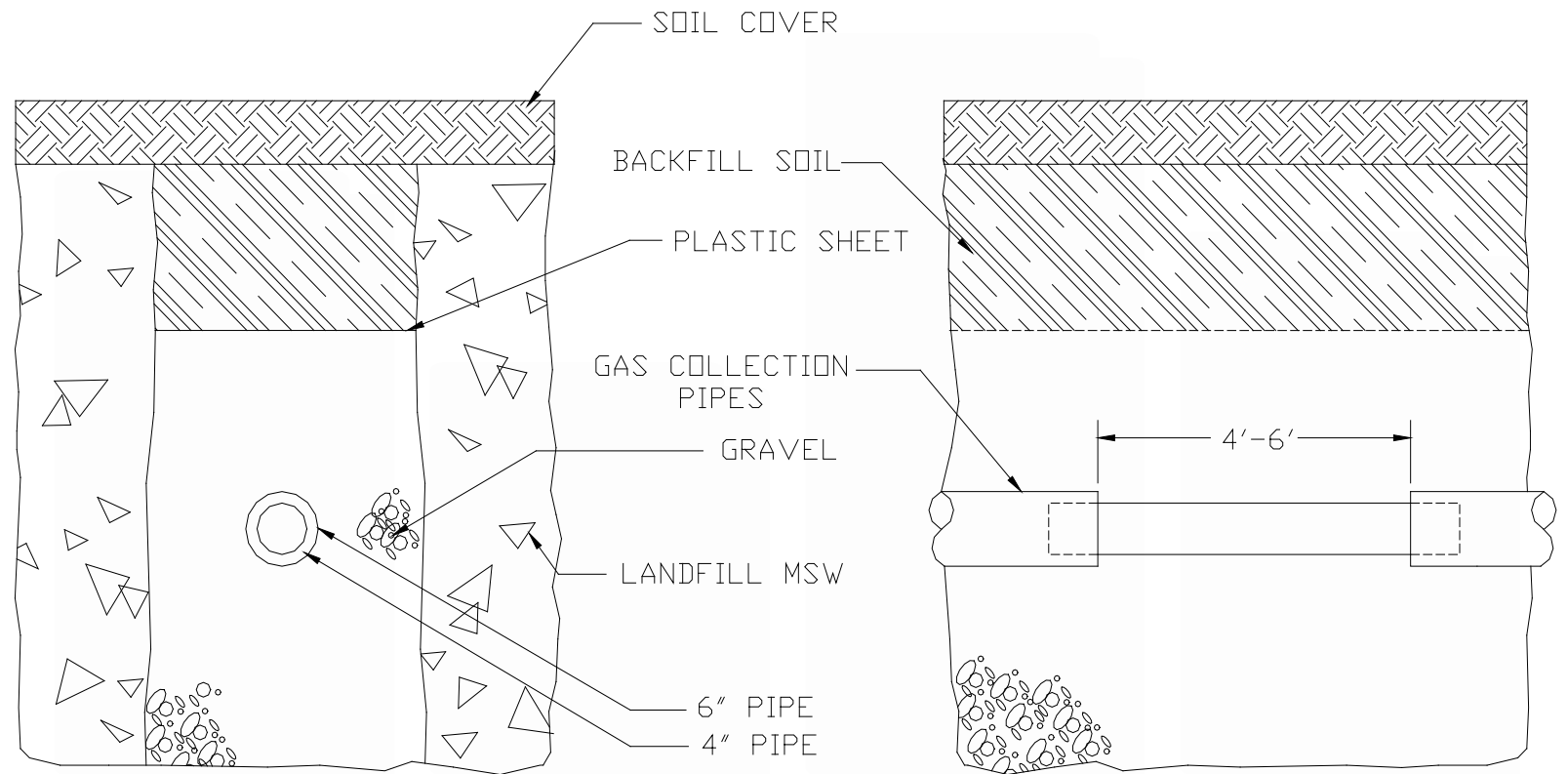


หลุมดูดก๊าซแนวตั้ง (Vertical well)



หลุมดูดก๊าซแวนอน

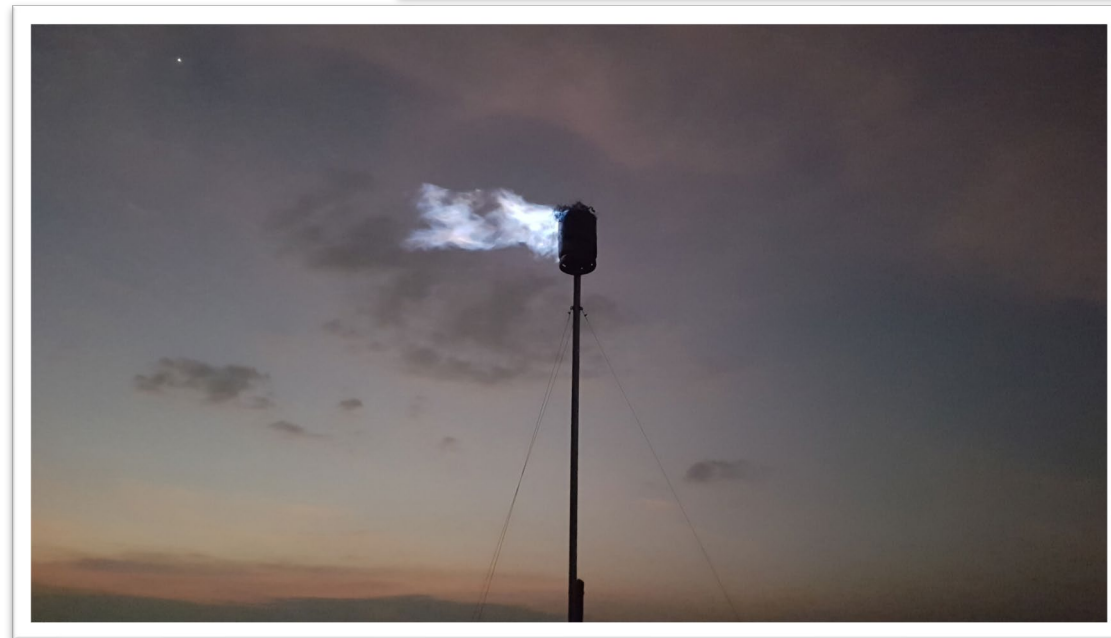
- ❑ Proven alternative design approach
- ❑ Incorporated leachate drainage by gravity
- ❑ Compatible with ongoing landfill operations



การก่อสร้างระบบรวบรวม
ก๊าซขยะ
(Pumping test)



การทดสอบ
ปริมาณก๊าซเบื่องตัน
(Pumping test)



โรงไฟฟ้าก๊าซขยะ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
(2000 - 2009)





ลักษณะของบ่อฝังกลบ
ที่เหมาะสมกับการ
รวบรวมก๊าซ

หลักการทำงาน

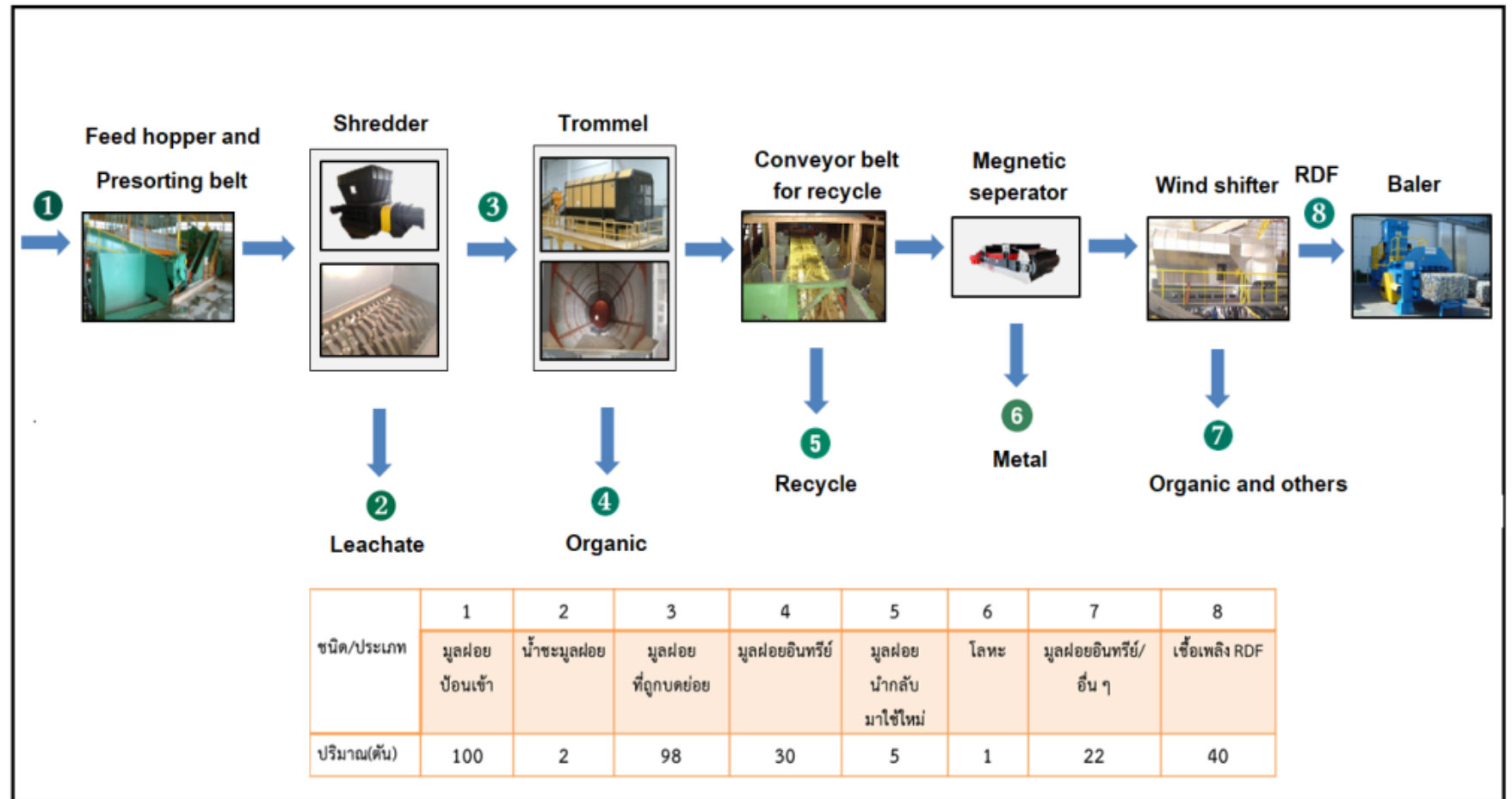
1. มีปริมาณขยะสะสม มากกว่า 500,000 ตัน
 - ☐ ความสูงของชั้นขยะมากกว่า 15 เมตร
 - ☐ ควรเป็นบ่อฝังกลบที่ปิดมาไม่ควรเกิน 2-3 ปี
2. ลักษณะของกองขยะ ควรสามารถปรับระดับชั้นบนให้เป็นพื้นราบได้
 - ☐ มีพื้นที่สำหรับก่อสร้างระบบหลุมดูดก๊าซ
 - ☐ ควรเป็นบ่อฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล เช่นมีการปิดทับด้านบนขยะ มีระบบระบายน้ำชะขยะ

โครงการโรงไฟฟ้า จากก๊าซขยะ ในประเทศไทย

- ☐ แหล่งฝังกลบมูลฝอยกำแพงแสน - ม. เกษตรศาสตร์ (230 kW)
- ☐ แหล่งฝังกลบมูลฝอย อ. กำแพงแสน (32 MW)
- ☐ แหล่งฝังกลบราชาเทวะ (1 MW)
- ☐ แหล่งพนมสารคาม (2.4 MW)
- ☐ แหล่งฝังกลบ จ. เชียงใหม่
- ☐ แหล่งฝังกลบไทรน้อย จ. นนทบุรี

Anaerobic Digestion

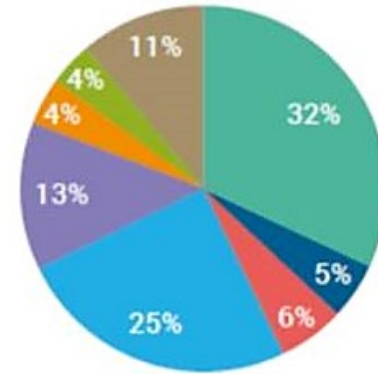
การวิเคราะห์ Mass balance ของระบบกำจัดมูลฝอย



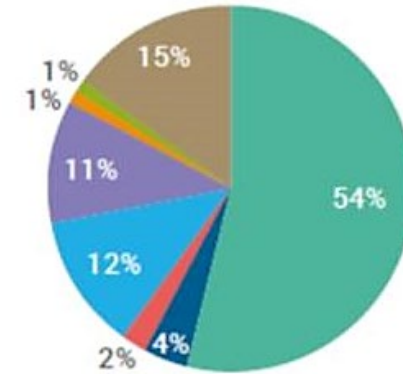
ตัวอย่างการวิเคราะห์ mass balance ของระบบ MBT ขยะใหม่ เพื่อผลิต RDF

Waste Compositions

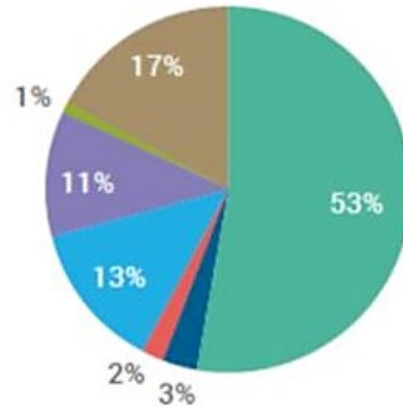
[a] High income



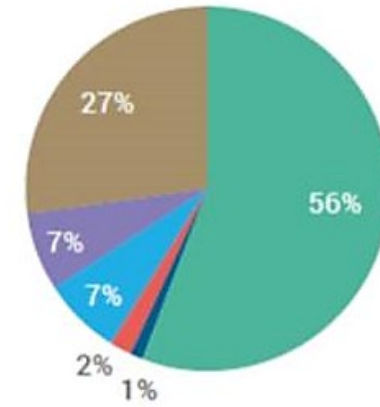
[b] Upper-middle income



[c] Lower-middle income



[d] Low income



Food and green Glass Metal Paper and cardboard
Plastic Rubber and leather Wood Other

Fig. 5 Country income levels and waste composition

(Source: revised by author based on World Bank (2018))

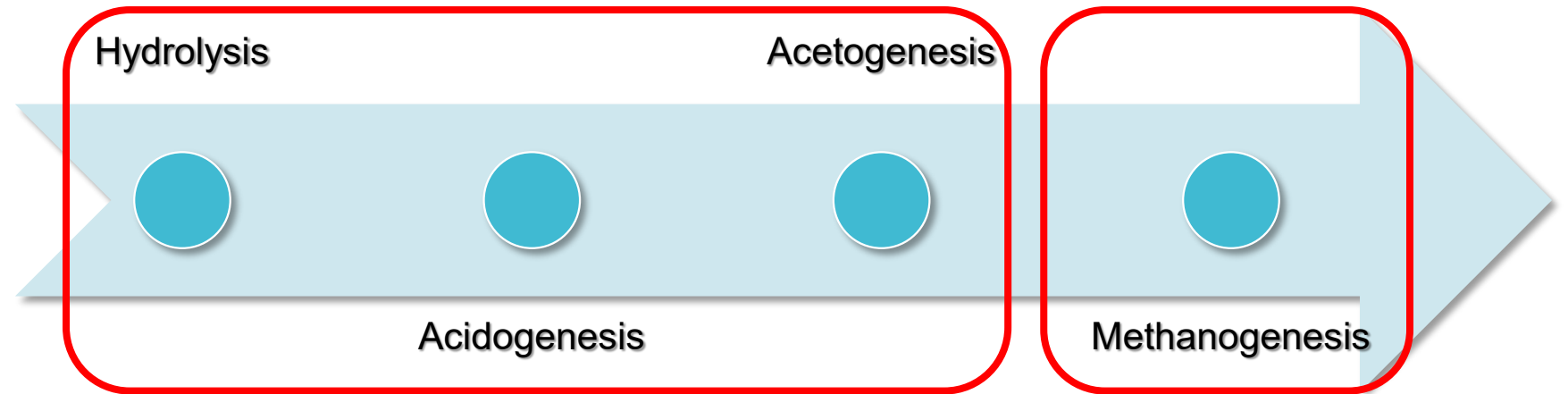
Types	Percentage (%)			
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
Plastics for pyrolysis (HDPE, LDPE, PP) **called pyrolysis plastics**	5.72	12.88	10.97	9.86
Plastics, not for pyrolysis (PS, PVC, and PET) **called non-pyrolysis plastics**	3.31	4.10		4.44
Organic waste	79.44	72.62	74.26	75.44
Others	11.53	10.40	8.86	10.26
Total	100.00	100.00	100.00	100.00



Anaerobic digestion

- Anaerobic digestion is the biological process by which microorganisms convert organic matter into biogas in an oxygen-free environment
- Degradation in a digestion system is caused by the decomposition of organic matter by microorganisms
- Key examples of dominant microbial genera
 - **Acidogenesis microorganisms (Acidogens)** : *Clostridium*, *Bacteroides*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*
 - **Acetogenesis microorganisms (Acetogens)** : *Acetobacterium*, *Syntrophobacter*, *Syntrophomonas*
 - **Methanogenesis microorganisms (Methanogens)** : *Methanosarcina*, *Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Methanosaeta*
- The degradation period is approximately **20 - 100 days**, depending on the type of organic matter and the control of the operating conditions.

Processes



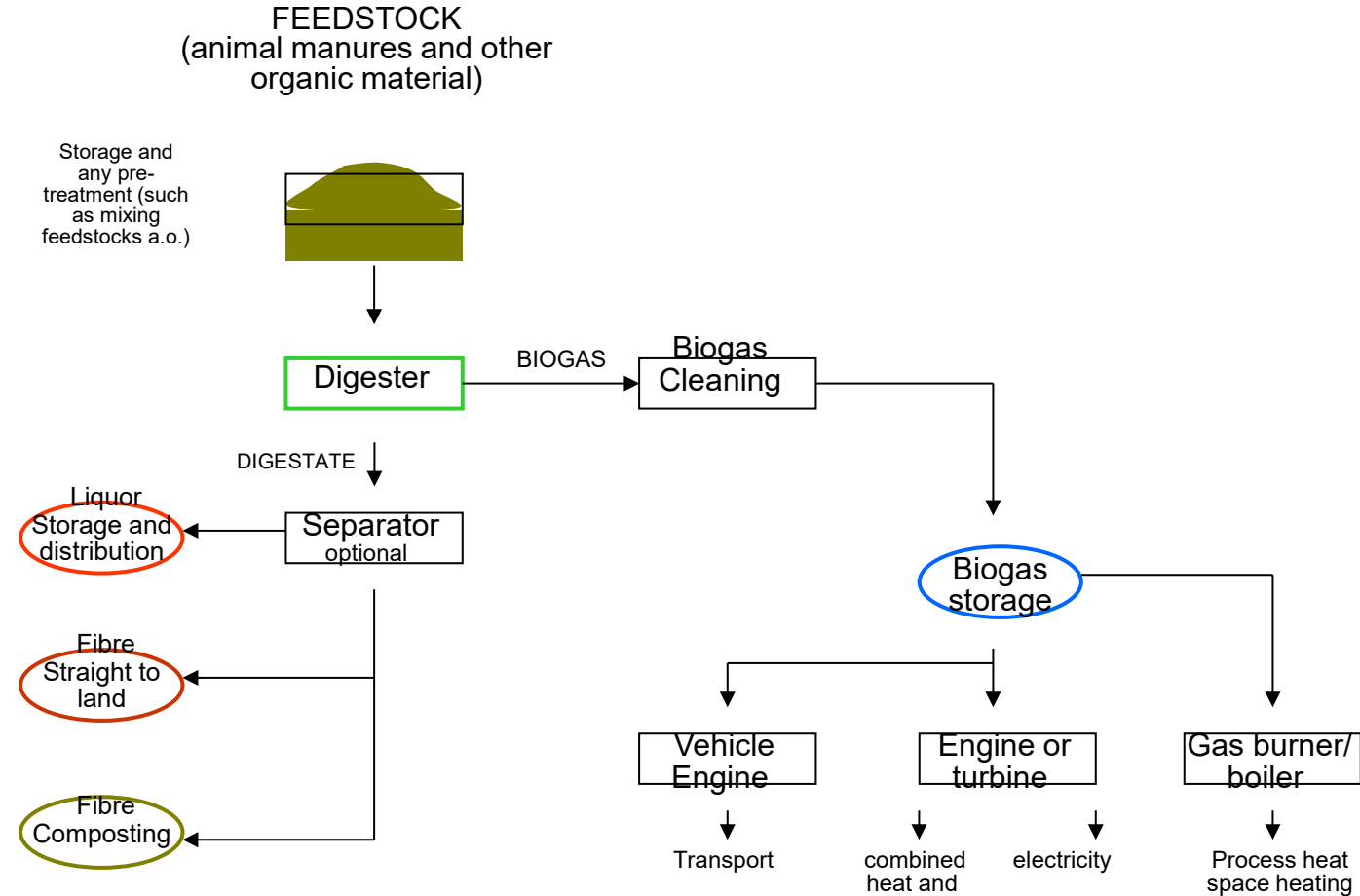
Digestion process

1. **Hydrolysis** : การย่อยสลายสาร โมเลกุลใหญ่ เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ที่มีโครงสร้างซับซ้อน เช่น แป้ง ไขมัน และโปรตีน ให้กลายเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล กลูโคส กรดอะมิโน และกรดไขมัน โดยใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์เป็นตัวย่อย
2. **Acidogenesis** (การสร้างกรด) : acidogens จะรับช่วงต่อจากขั้นตอนแรก โดยนำโมเลกุลขนาดเล็กเหล่านั้นมาเปลี่ยนให้เป็น **VFAs** CO_2 H_2
3. **Acetogenesis** : สารที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 จะถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนให้เป็น **กรดอะซิติก** ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการผลิต CH_4
4. **Methanogenesis** : Methanogens จะเปลี่ยนกรดอะซิติก CO_2 H_2 ให้กลายเป็น CH_4

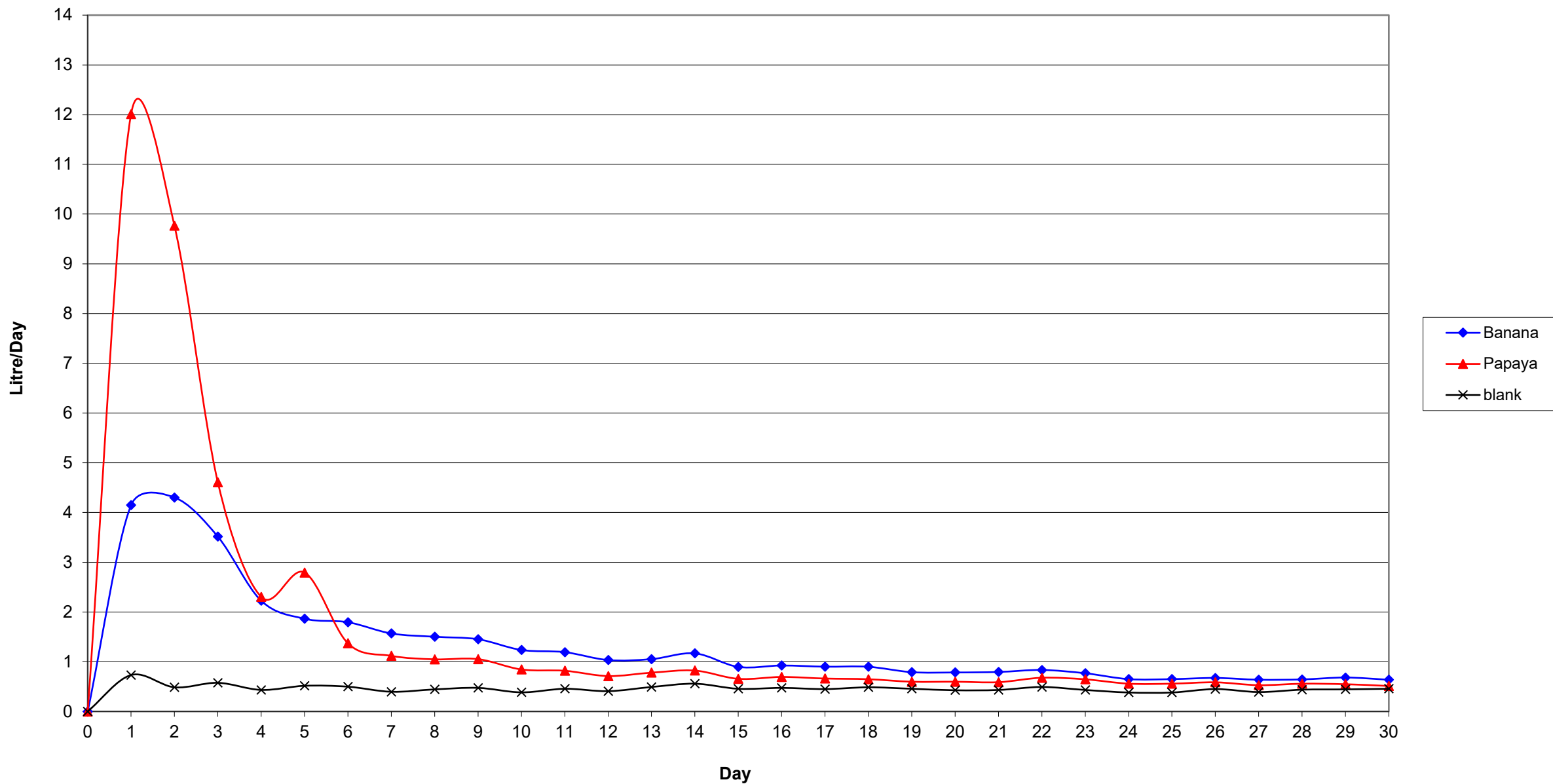
Factors to consider for digester system design

Feedstock Characteristics	Operating Conditions	Design and Equipment	Desired Products
- Type and Composition - Carbon-to-Nitrogen (C/N) Ratio	- Temperature - Hydraulic Retention Time (HRT) - Organic Loading Rate (OLR)	- Tank Size and Shape - Mixing System - Temperature Control - Gas Management System	- Biogas Utilization - Digestate Management

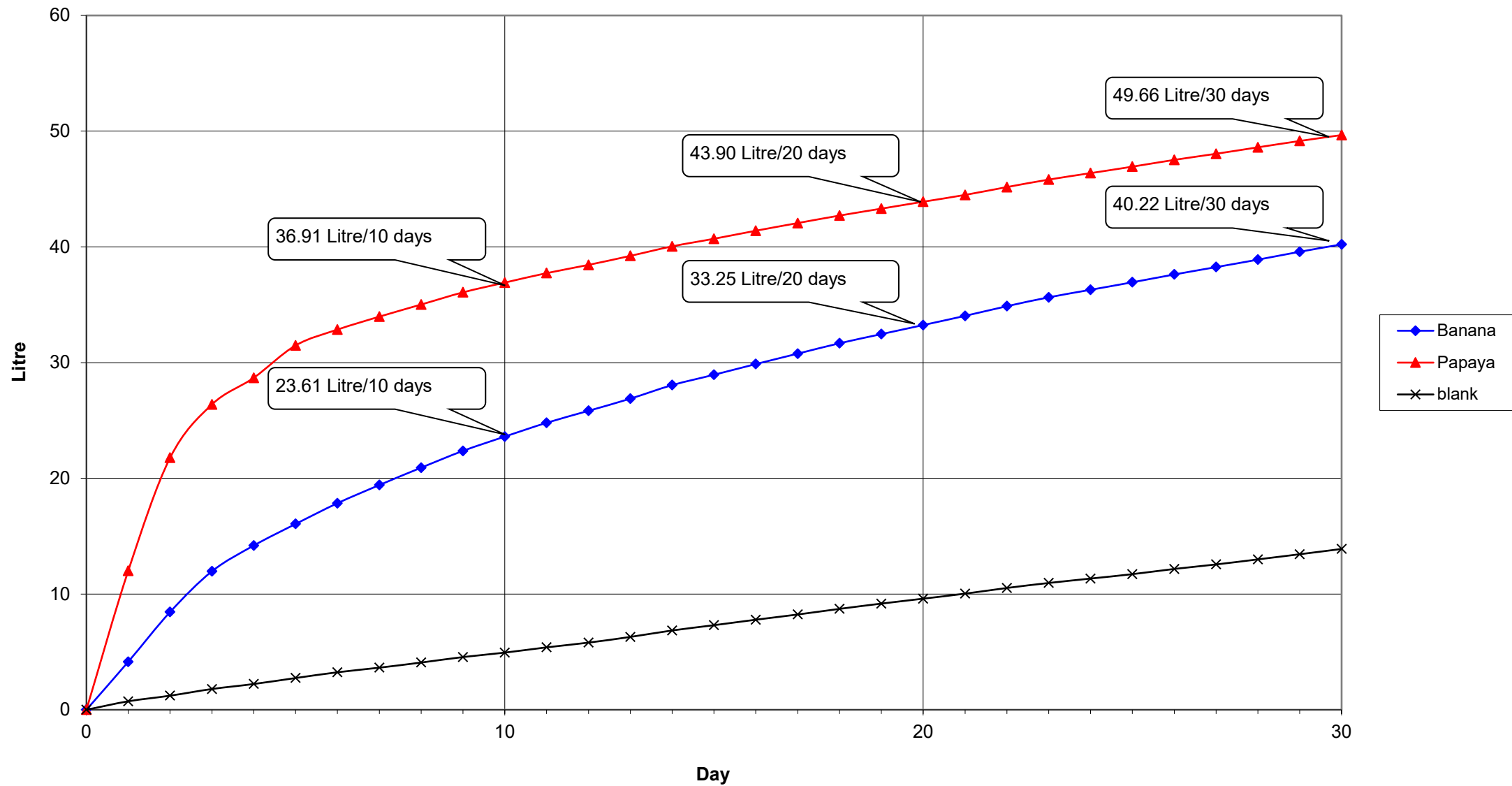
Options for Anaerobic digestion



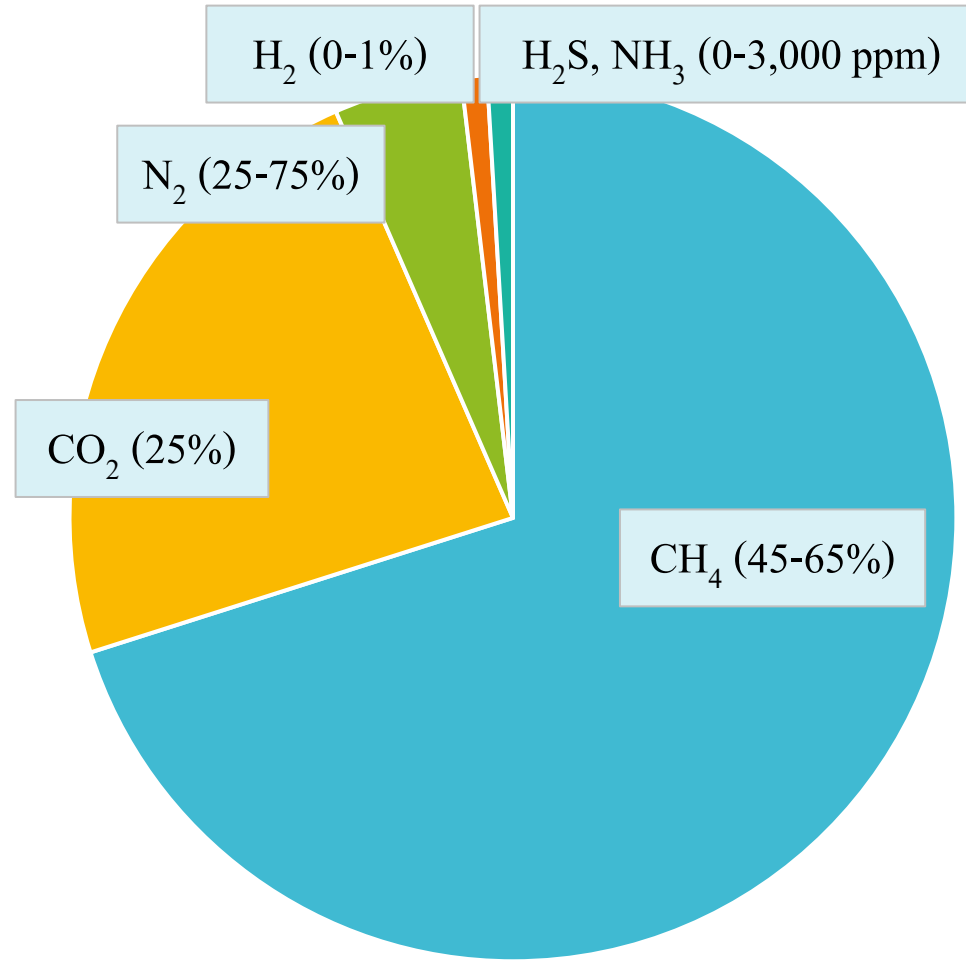
Average Gas Production (Banana & Papaya)



Av. Acc.Gas Production
(Banana & Papaya)



Biogas composition



- Depends on the type of organic matter entering the system and the control of the digestion process
- Note: LFG --> 45-55 %
Waste water --> 55-65%

Definitions relating to AD

Dry matter (DM or Total Solid, TS)

Amount of substance after water removal. The dry matter content is measured by drying the fresh substance (original sample) to constant weight at 105 °C

Volatile solids (VS)

the portion of total solids in a sample that are lost when heated to high temperatures (typically 550°C or 1020°F) in the absence of oxygen. This process is called ignition.

Digestate

Liquid or solid residues from the anaerobic treatment of biogenic waste streams

Retention Time

Retention time

Retention time in the anaerobic digestion (AD) process refers to the average amount of time that the organic material (or wastewater) remains inside the digester.

Hydraulic Retention Time (HRT) : The average time the liquid phase stays in the digester.

Calculated as :
$$\text{HRT} = \frac{\text{Digester tank volume}}{\text{Influence flow rate per day}}$$

ระยะเวลาย่อยสลาย ขึ้นอยู่กับสถานะในระบบหมัก เช่น อุณหภูมิ ชนิดของวัสดุ และอื่นๆ

Digestion Process

Temperature

- ☐ Psychrophilic digestion $< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☐ Mesophilic digestion $30\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (35/37 $^{\circ}\text{C}$)
- ☐ Thermophilic digestion $40\text{-}55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (55 $^{\circ}\text{C}$)

Digestion Process

Retention time

- ☐ Psychrophilic digestion --> 40 -100 days
- ☐ Mesophilic digestion --> 25 - 40 days
- ☐ Thermophilic digestion --> 15 - 25 days







ปริมาณกำลังไฟฟ้า
จากก๊าซชีวภาพ
ที่ 50% CH₄

Flow rate (Nm ³ /hr)	ประสิทธิภาพชุดเครื่องยนต์ ผลิตไฟฟ้า (%)	กำลังไฟฟ้า (MW)
600	40	1.20
600	35	1.05
600	30	0.90
600	25	0.75

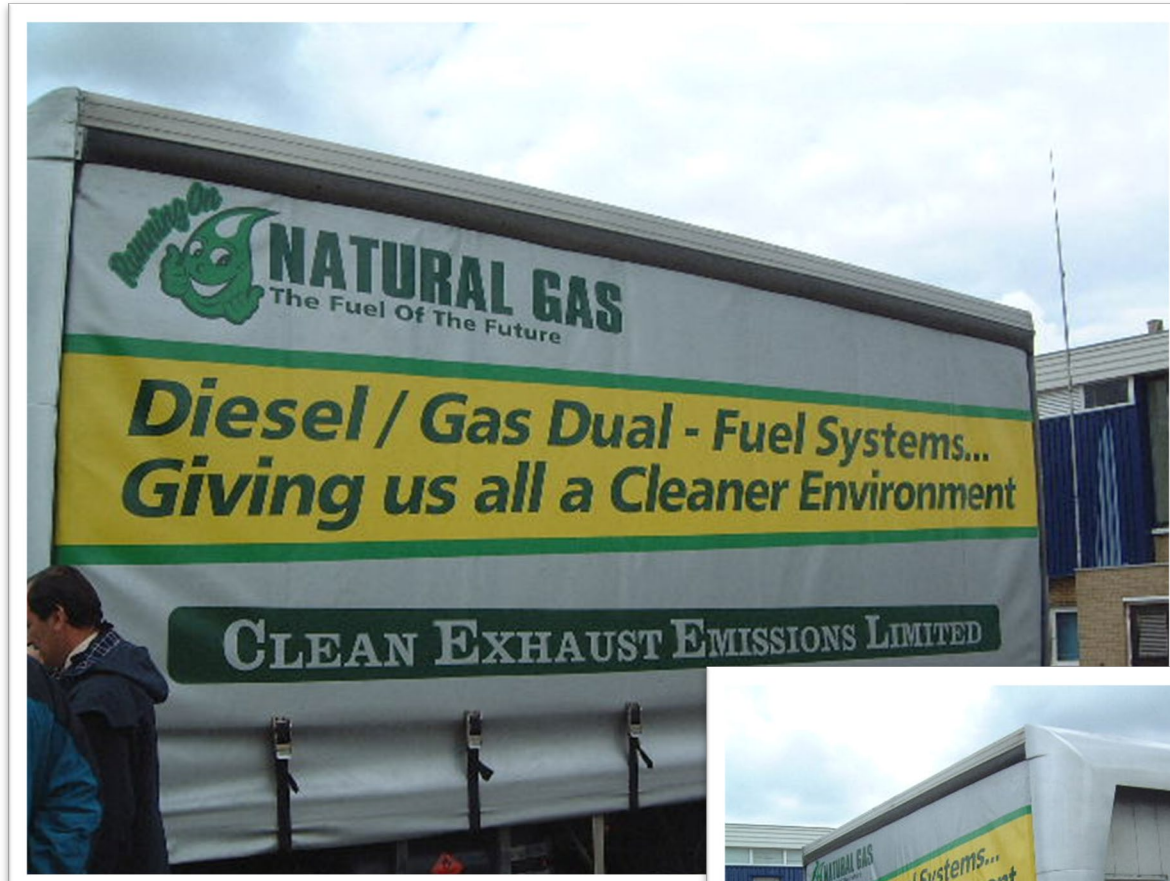
ปัจจัยสำคัญสำหรับ
การกำจัดขยะอินทรีย์
โดยใช้ระบบ
หมักก๊าซชีวภาพ

1. การคัดแยกขยะต้นทาง (Source Separation)
2. เทคโนโลยีที่เหมาะสม (Appropriate Technology) เช่น modular technological systems, 1-stage digestion, 2-stage digestion
3. บริบทของท้องถิ่น (Municipal Context)
4. นโยบายของรัฐบาล (Government Policy, laws, regulations, permits, pollution standards)
5. การลงทุน (Investment and Financial Support investors and energy pricing)

การใช้ประโยชน์จาก
ก๊าซขยะเพื่อเป็น
พลังงานทดแทนต่าง ๆ

1. การผลิตเป็นก๊าซชีวภาพอัด (Compressed Biogas, CBG)
2. การผลิตเป็นก๊าซชีวภาพเหลว (Liquified Biogas, LBG)
3. การผลิตเป็นก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen – SMR)

Biogas Utilization as CNG/CBG



CNG/CBG Plant from Biogas



CNG/CBG Plant from
Biogas (China:2011)



LFG and Biogas
Utilization (Hydrogen
Production)



Hydrogen Production Modules (SMR : Steam Methan Reformer)

Thermal WTE

and Biorefinery Concepts

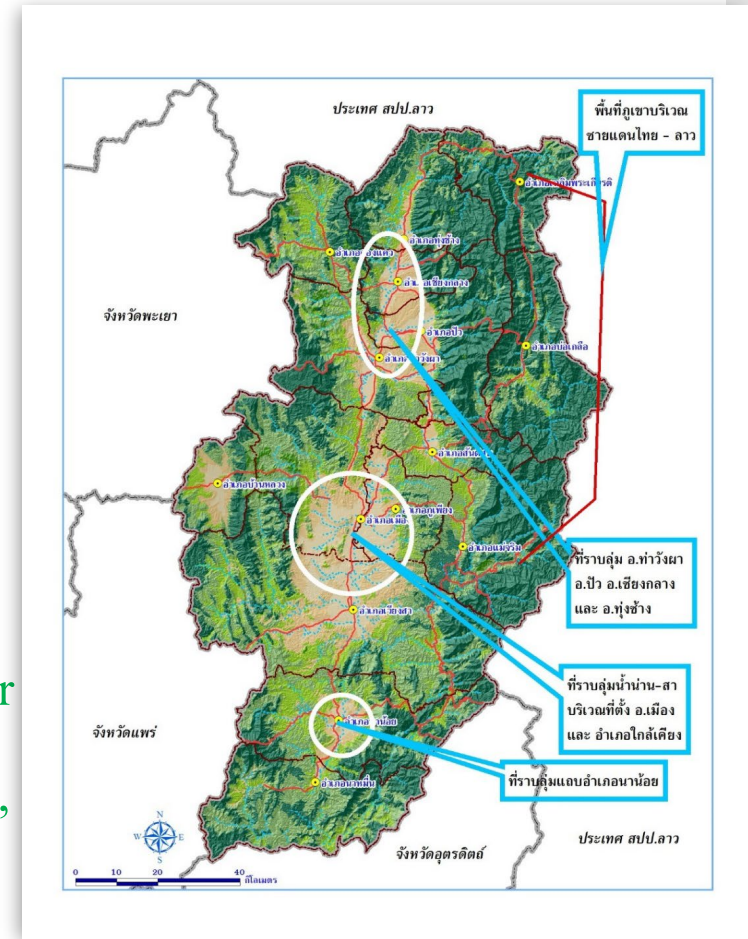


Factors to be considered

1. Waste quantity (t/d), characteristics/compositions, logistic
2. Available technologies (local/import) **Proven technology ??**
3. Environmental management (leachate/odors/digestate/ash/residues)
4. CAPEX and OPEX
5. IRR /payback period and Funding/investor
6. Energy policies (PPA, grid availability, FIT, Tipping fee)
7. Law and regulations (Permit, concession, environment impact)
8. GHG mitigation/carbon tax
9. Social acceptance (Public participation)
10. Politic

Waste quantity

- ❑ MBT Hub Northern zone : 90-100 t/d
 - ❑ MBT Hub Central zone: 110-120 t/d
 - ❑ MBT Hub Southern zone : 30 t/da
- A municipality in the central zone wants to produce electricity from waste??
 - Investment about 1,200 mB by private investor
 - Study tour/site visit at Nongkham incineration, BMA





The Three Pillars of Thermal WtE

Thermal WtE technologies are primarily differentiated by the level of oxygen used in the process, which dictates their primary goal and products.

Incineration

Full oxidation (excess oxygen).

Gasification

Partial oxidation (limited oxygen).

Pyrolysis

Thermal decomposition (no oxygen).

Incineration Fundamental Principle

กระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

- วัตถุประสงค์หลัก คือการลดปริมาณของขยะลง 80-90% และผลิตพลังงานในรูปแบบของความร้อนและไฟฟ้า



ระบบเตาเผาประกอบด้วย 5 กระบวนการ คือ

1. บ่อรองรับขยะ (waste pit) ก่อนป้อนเข้าสู่เตาเผา (furnace)
2. เตาเผา (incineration furnace) ทำการเผาที่อุณหภูมิ มากกว่า 850°C
3. ระบบใช้ความร้อน และระบบทำให้ก๊าซเย็นตัวลงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 200°C
4. ระบบทำความสะอาดก๊าซไอเสีย (flue gas cleaning system) รวมทั้ง ถุงกรองฝุ่น (bag filter)
5. ระบบลำเลียงเถ้าและกำจัดเถ้า (ash)

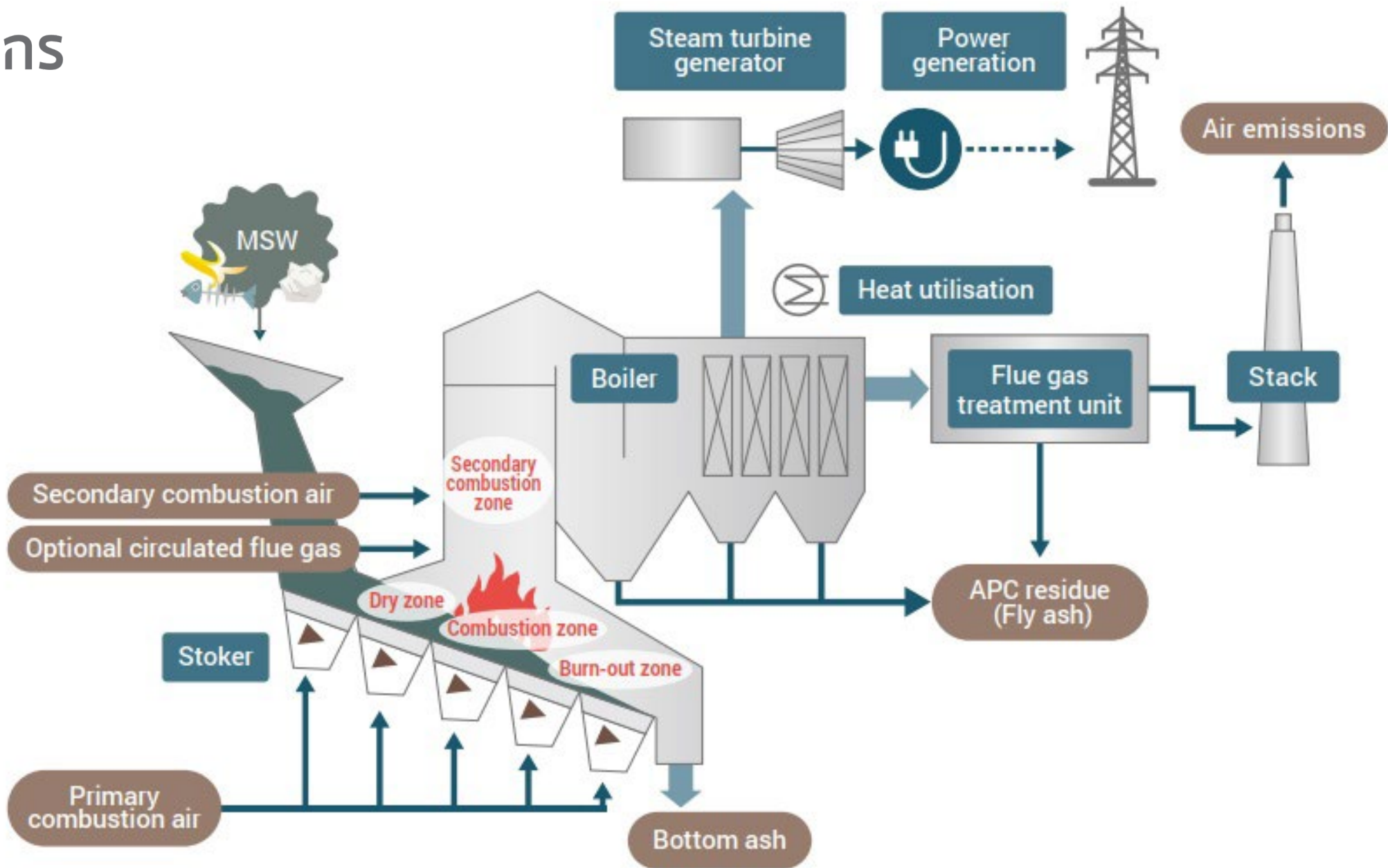


Fig. 8 Example of a stoker-type incinerator

Stoker - type incinerator

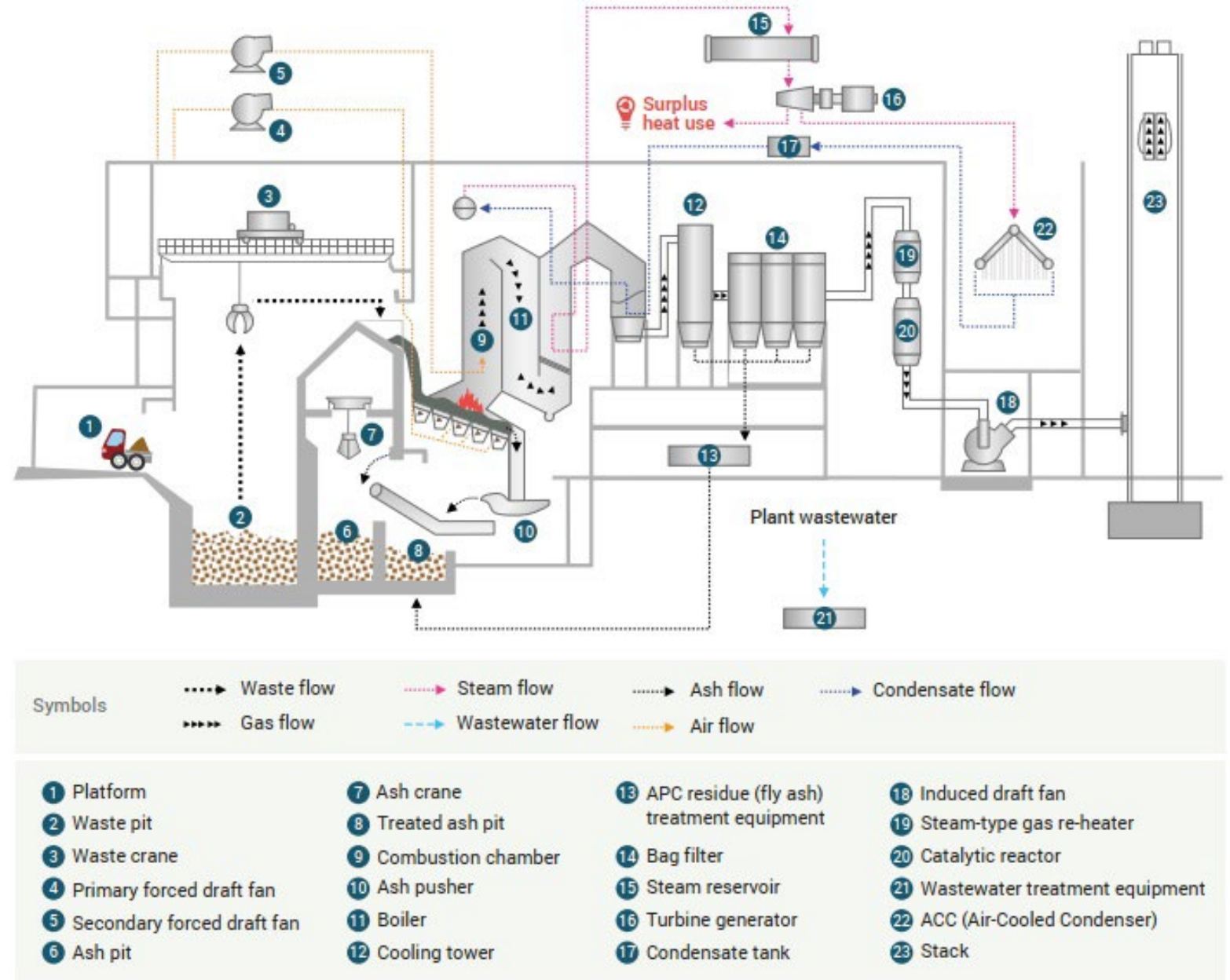
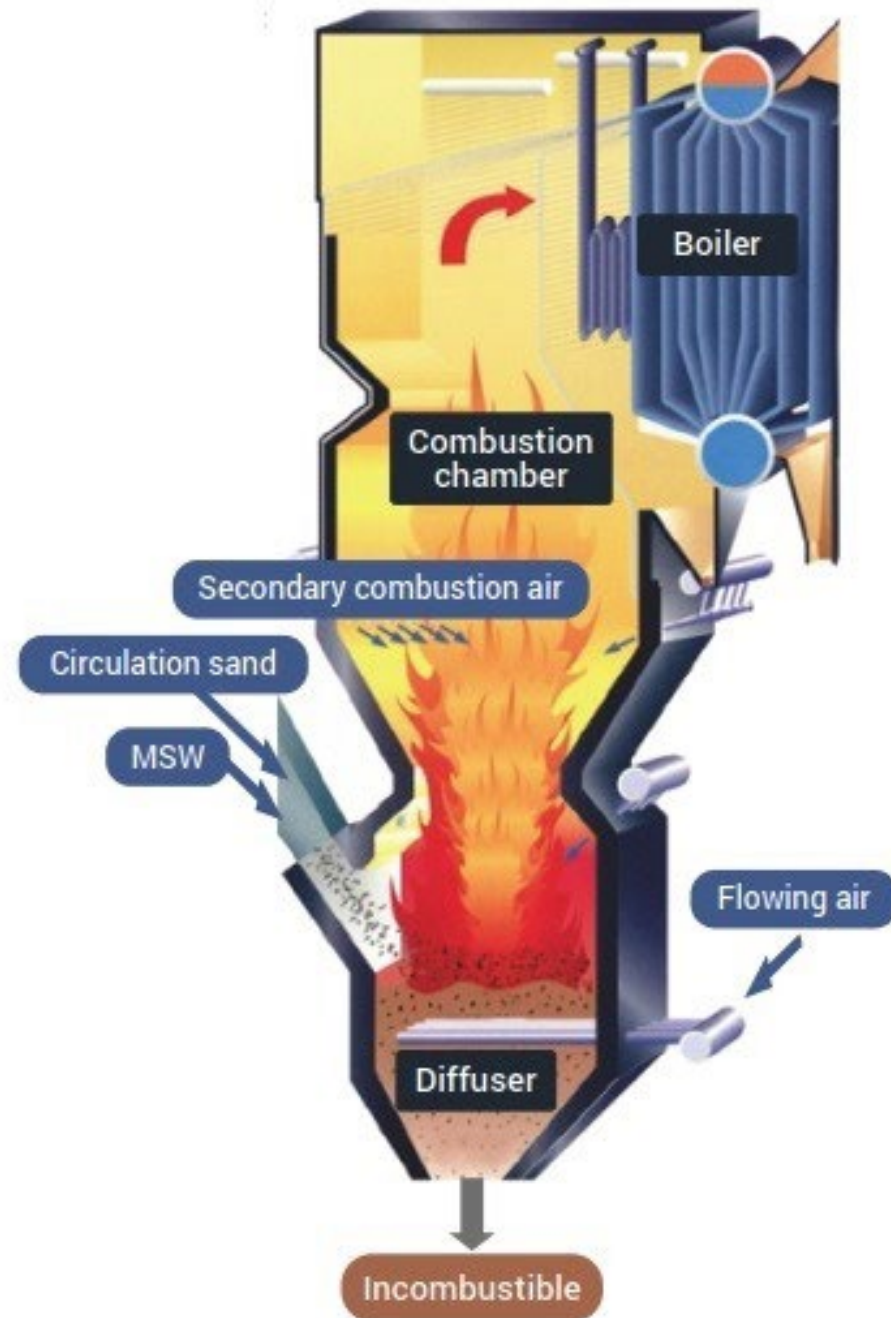
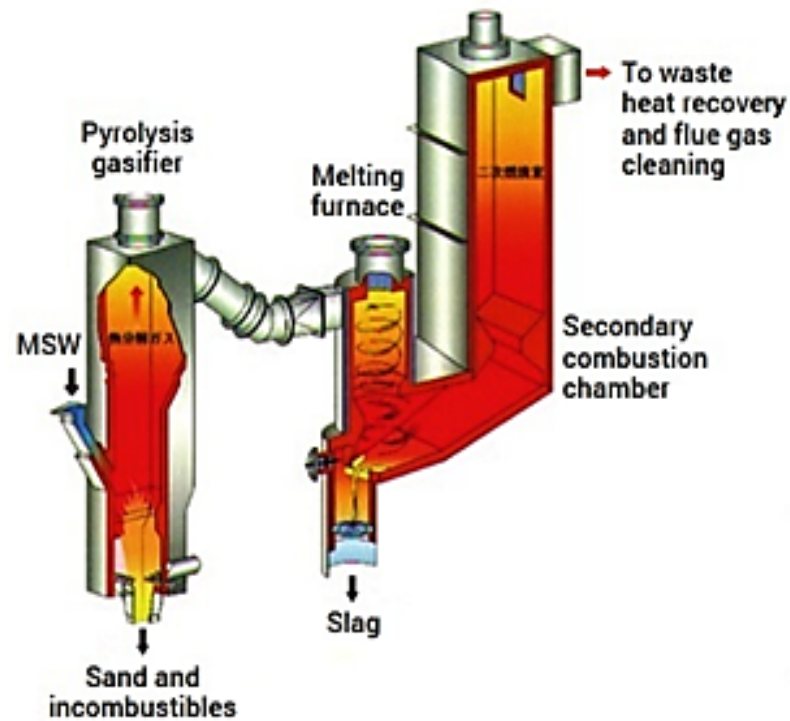


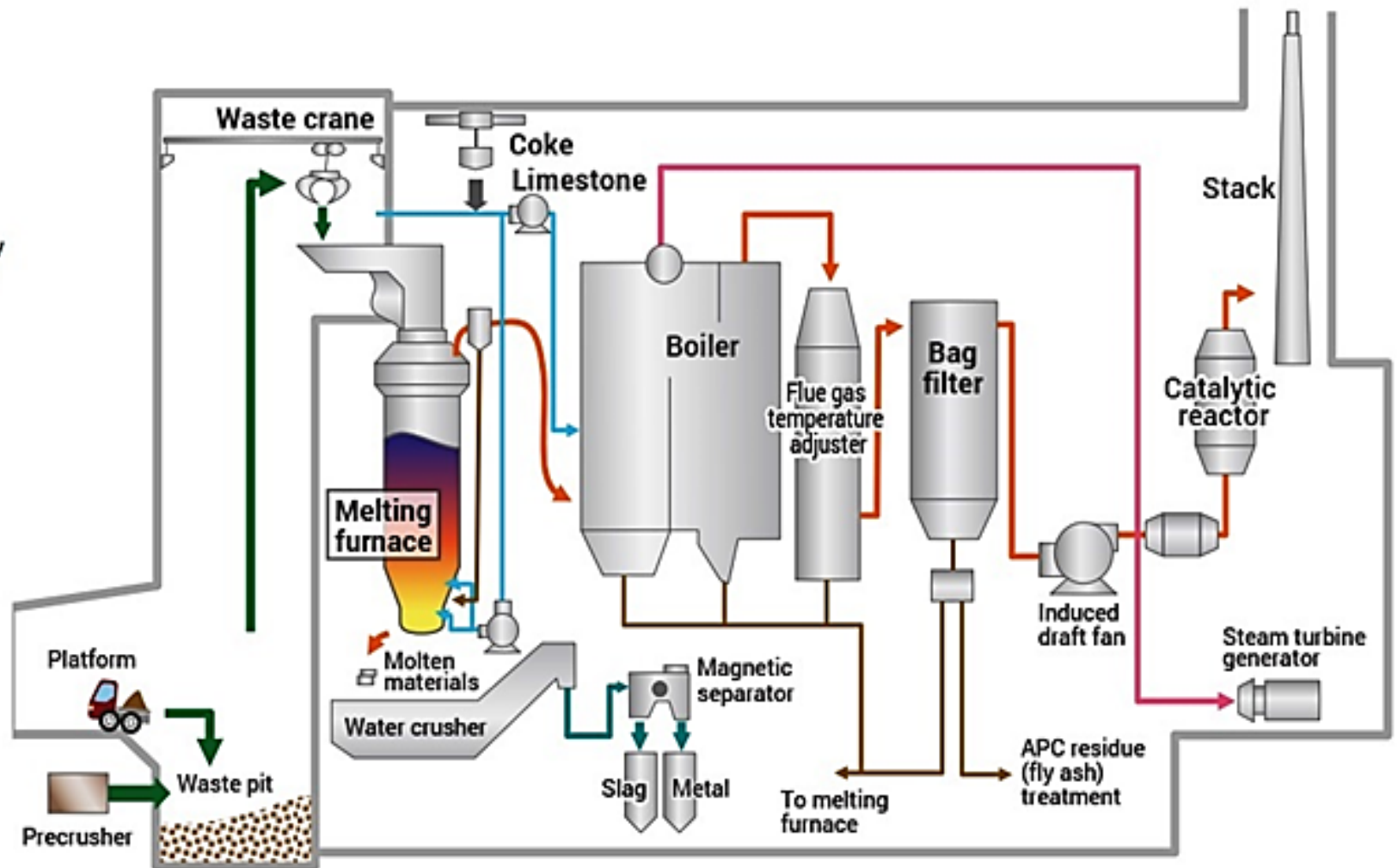
Fig. 7 Example of a conventional incineration plant configuration – Stoker type furnace

Fluidized bed - type incinerator

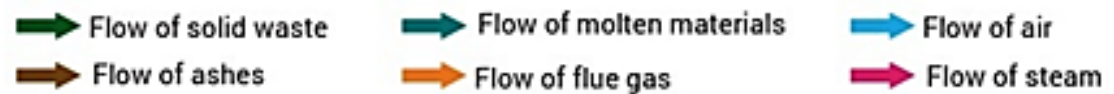




[a] Fluidised bed-type gasification melting furnace: Main components



[b] Shaft furnace-type gasification melting furnace system



Combustion principles

1. The typical air ratio of primary air supplied to a solid combustion chamber is 1.2 to 1.4
2. In order to prevent incomplete combustion of flue gas, a temperature of **850 °C or more and a retention time of two seconds** or longer with enough turbulence are required in the secondary combustion zone

Pollution Control

มลพิษทางอากาศที่ต้องควบคุมประกอบด้วย

1. ฝุ่น (dust)
2. ก๊าซที่เป็นกรด (acid gases) เช่น HCl , SO_2
3. ออกไซด์ของไนโตรเจน NO_x
4. ไดออกซิน Dioxins (เกิดในปฏิกิริยา De Novo Synthesis)
- 5.ปรอท Mercury , Hg

❑ ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ที่สำคัญคือ ถุงกรองฝุ่น (bag filters)

❑ หลักการทำงานของระบบถุงกรองฝุ่น คือ

- ไอเสียที่จะถูกส่งเข้าถุงกรองฝุ่น จะถูกผสมกับ lime powder และ powdered activated carbon
- ประโยชน์ของการฟุ้งสารดังกล่าวคือ ก๊าซที่เป็นกรด เช่น HCl และ SO_2 ทำปฏิกิริยากับด่าง และถูกบำบัด
- สารไดออกซิน และปรอท ถูกจับบนผิวของ powdered activated carbon และถ่ายเทออกจากระบบ

หมายเหตุ ในช่วงปี พ.ศ. 2533 (ค.ศ.1990) ระบบถุงกรองฝุ่นจึงถูกนำมาใช้แทน electrostatic precipitator ซึ่งมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานที่อุณหภูมิ 200°C หรือต่ำกว่า เพื่อป้องกันการเกิดสารไดออกซิน ยิ่งกว่านั้นสารปรอท ซึ่งเป็นโลหะที่ระเหยได้ ถูกจับด้วยถุงกรองฝุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ทำงานที่อุณหภูมิต่ำ

Pollutant		Unit	Emission Limit	
			Existing Incinerators (≥50 tons/day)	New Incinerators (≥50 tons/day)
1.	Total Suspended Particulate (TSP)	mg/m ³	Not Exceeding 120	Not Exceeding 70
2.	Sulfur Dioxide (SO ₂)	ppm	Not Exceeding 30	Not Exceeding 30
3.	Nitrogen Oxide (No _x as NO ₂)	ppm	Not Exceeding 250	Not Exceeding 180
4.	Hydrogen Chloride (HCl)	ppm	Not Exceeding 80	Not Exceeding 25
5.	Mercury (Hg)	mg/m ³	Not Exceeding 0.05	Not Exceeding 0.05
6.	Cadmium (Cd)	mg/m ³	Not Exceeding 0.5	Not Exceeding 0.005
7.	Lead (Pb)	mg/m ³	Not Exceeding 0.5	Not Exceeding 0.5
8.	Dioxin Compounds (PCDD/PCDFs) calculated as Toxic Equivalent (I-TEQ)	ng/m ³	Not Exceeding 0.5	Not Exceeding 0.1
9.	Opacity	Percentage (%)	Not Exceeding 10	Not Exceeding 10

Air Pollution Control (APC)

- Residue often called “fly ash”
- APC residue (fly ash) must be disposed properly as hazardous waste (Secure landfill)
- Bottom ash ~ 15% approx
- Fly ash ~ 5% approx

First Incineration in Thailand (Phuket) 250-300 t/d





Gasification Fundamental Principle

- Gasification is a thermochemical conversion process that uses partial oxidation to convert carbonaceous waste into a combustible gas.
- **Primary Goal:** To produce a versatile fuel/chemical intermediate called "syngas" (synthesis gas).



Gasification Products & By- products

- **Primary Product:**
- **Syngas:** A mixture primarily composed of carbon monoxide (CO) and hydrogen (H_2), with smaller amounts of CO_2 , methane (CH_4), and nitrogen (N_2) (if air is used).
- **By-products:**
- **Tar:** A complex mixture of heavy hydrocarbons that can condense and cause operational problems. Tar removal is a major technical challenge.
- **Ash/Slag:** Solid inorganic residue.

Limitations of gasification

1. Homogeneous feedstocks
2. Low MC (preferable $< 20\%$)
3. Uniform sizes of feedstock
4. Low LHV about $4\text{-}6 \text{ MJ/Nm}^3$

Equivalence Ratio (Φ):

- Defined as: Actual fuel-air ratio/ theoretical fuel –air ratio
- $\Phi > 1 \rightarrow$ *Rich mixture* (more fuel than needed for complete combustion)
- $\Phi < 1 \rightarrow$ *Lean mixture* (less fuel than needed)

Lambda (λ):

- Defined as: Actual air-to-fuel ratio/ Theoretical air-fuel ratio
- $\lambda > 1 \rightarrow$ *Lean mixture* (excess air)
- $\lambda < 1 \rightarrow$ *Rich mixture* (deficient air)

Practical Insight

- Both are dimensionless and used to assess combustion efficiency, emissions, and flame stability.
- Engineers often use λ in automotive and engine diagnostics (especially with oxygen sensors), while Φ is more common in combustion modeling and academic analysis.
- For example, in gasoline engines:
- Stoichiometric A/F $\approx 14.7:1 \rightarrow \lambda = 1, \Phi = 1$
- Rich burn ($\lambda = 0.85$) $\rightarrow \Phi \approx 1.18$
- Lean burn ($\lambda = 1.2$) $\rightarrow \Phi \approx 0.83$

Pyrolysis: Fundamental Principle

- Pyrolysis is the thermal decomposition of organic materials in the **complete absence of an oxidizing agent (like oxygen)**
- **Primary Goal:** To break down large organic molecules into smaller, more valuable molecules in solid, liquid, and gaseous forms
- It acts as a "material fractionation" platform, separating waste into distinct chemical streams



Type of Plastic	Properties/Characteristics	Examples of Typical Usage	Note
PET (Polyethylene Terephthalate)	Clear, strong, tough, resistant to tear, and preventing the permeation of carbon dioxide	• Drinking water bottles	Can be recycled to make thread and fabric.
HDPE (High Density Polyethylene)	Strong, tough, opaque, slightly flexible like LDPE	• Milk bottles • Shampoo/detergent bottles • Trash bins • Chemical bottles/tanks	
PVC (Polyvinyl Chloride)	Can be made to be flexible or hard, depending on the application	• Water pipes • Electrical insulation • Wires/cables	Used for making equipment and components that are not intended for contact with food.
LDPE (Low Density Polyethylene)	Tough, flexible, and more opaque than HDPE	• Shopping bags • Food packaging • Toys	

Type of Plastic	Properties/Characteristics	Examples of Typical Usage	Note
LLDPE (Linear Low Density Polyethylene)	Properties are intermediate between LDPE and HDPE	• School equipment • Shrink film	
PP (Polypropylene)	Hardest plastic, very tough, and resistant to heat (can be used in microwave ovens)	• Straws • Plastic chairs • Food containers/lids	
PS (Polystyrene)	Clear, shatters easily, poor resistance to chemicals, cannot be used in a microwave oven	• Foam • Food trays (e.g., for eggs), CD cases • Hangers	Plastic that should be avoided because it takes a very long time to decompose.
Other plastics that are not included in the 6 types of standard plastics (which are all plastics labeled with the number 7)	Plastics that are not specified but are tougher and more flexible than the 6 standard types	• Reusable water bottles • Medical equipment • Electrical components	





Pyrolysis system – Batch type, 3 ton/day

Parameters	Values	Remark
1. Waste input (kg)	3,160 kg	3.16 ton
2. Composition of waste		
2.1 Plastics (%)	65.88 %	Wet basis
2.2 Non-plastics(%)	34.22 %	Wet basis
2.3 Moisture (%wb)	43.92 %	Wet basis
2.4 Waste density (kg/m ³)	111.94 (kg/m ³)	Bulk density
3. Operating time (hrs)	18 hrs	
4. Pyrolysis oil (output) ,Litre	1,980 Litre	Measured in storage tanks
5. Density of pyrolysis oil	787 kg/m ³	Hydrometer at 31.5 °C
6 Performance (Litre/kg waste)	0.6267	
Or L/ton of waste	626.7	Output depends on percentage of plastics
7. System specification	See catalog	

Greenhouse Gas Mitigation





แผนปฏิบัติการ ด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. ๒๕๖๔ - ๒๕๗๓

(NDC Action Plan on Mitigation 2021 - 2030)

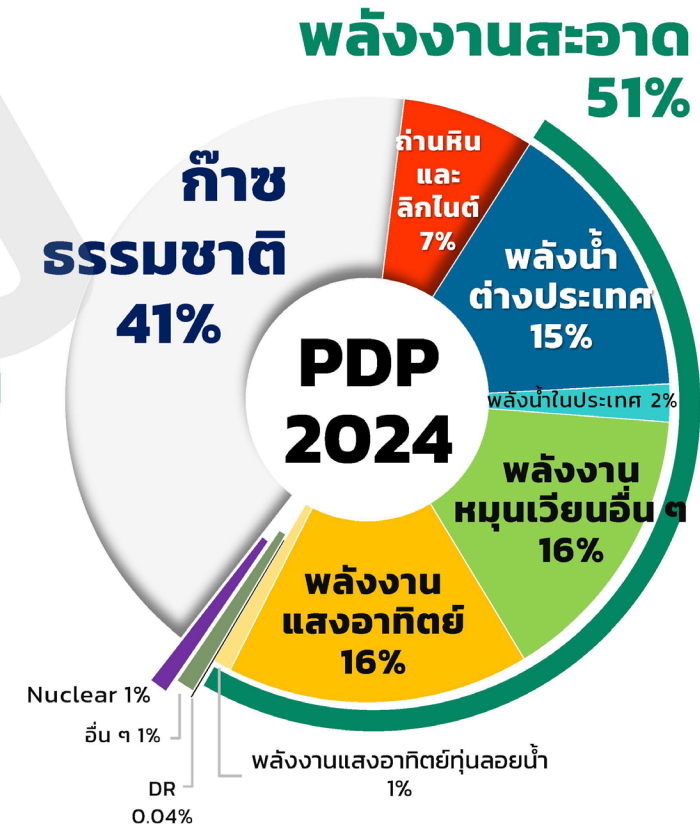
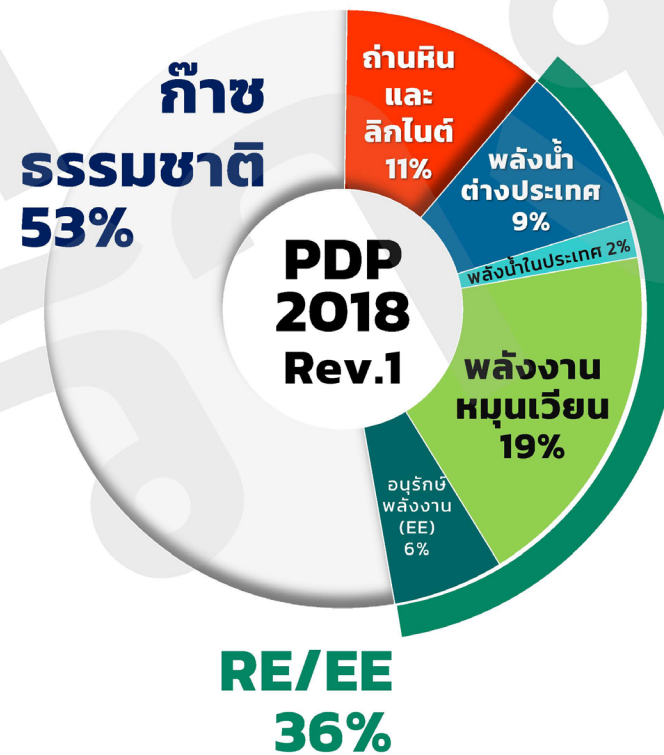
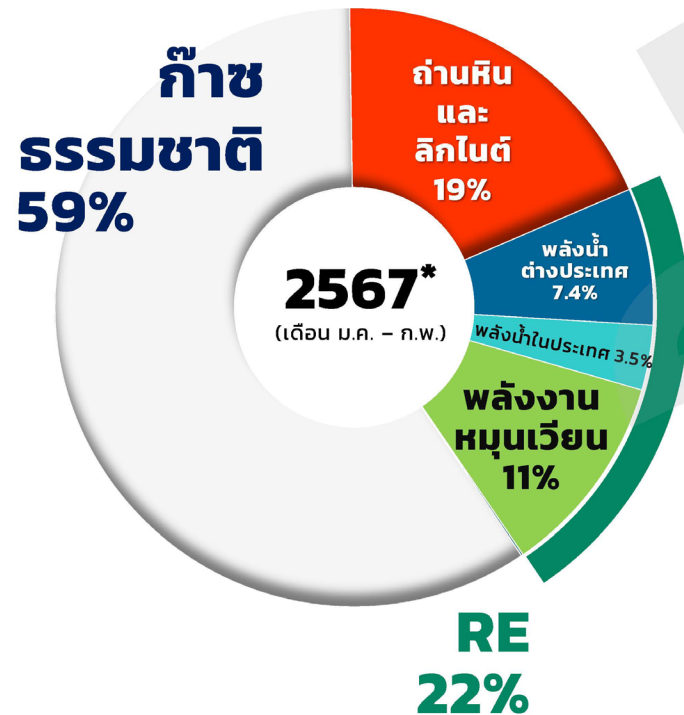


กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

- ☐ แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (ประกาศใช้ ตุลาคม 2563)
- ☐ Power Development Plan, PDP 2018 Rev 1
- ☐ ปัจจุบัน กำลังร่าง แผน PDP 2024 (2567-2580)



เปรียบเทียบสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้า แยกตามประเภทเชื้อเพลิง ณ ปี 2580



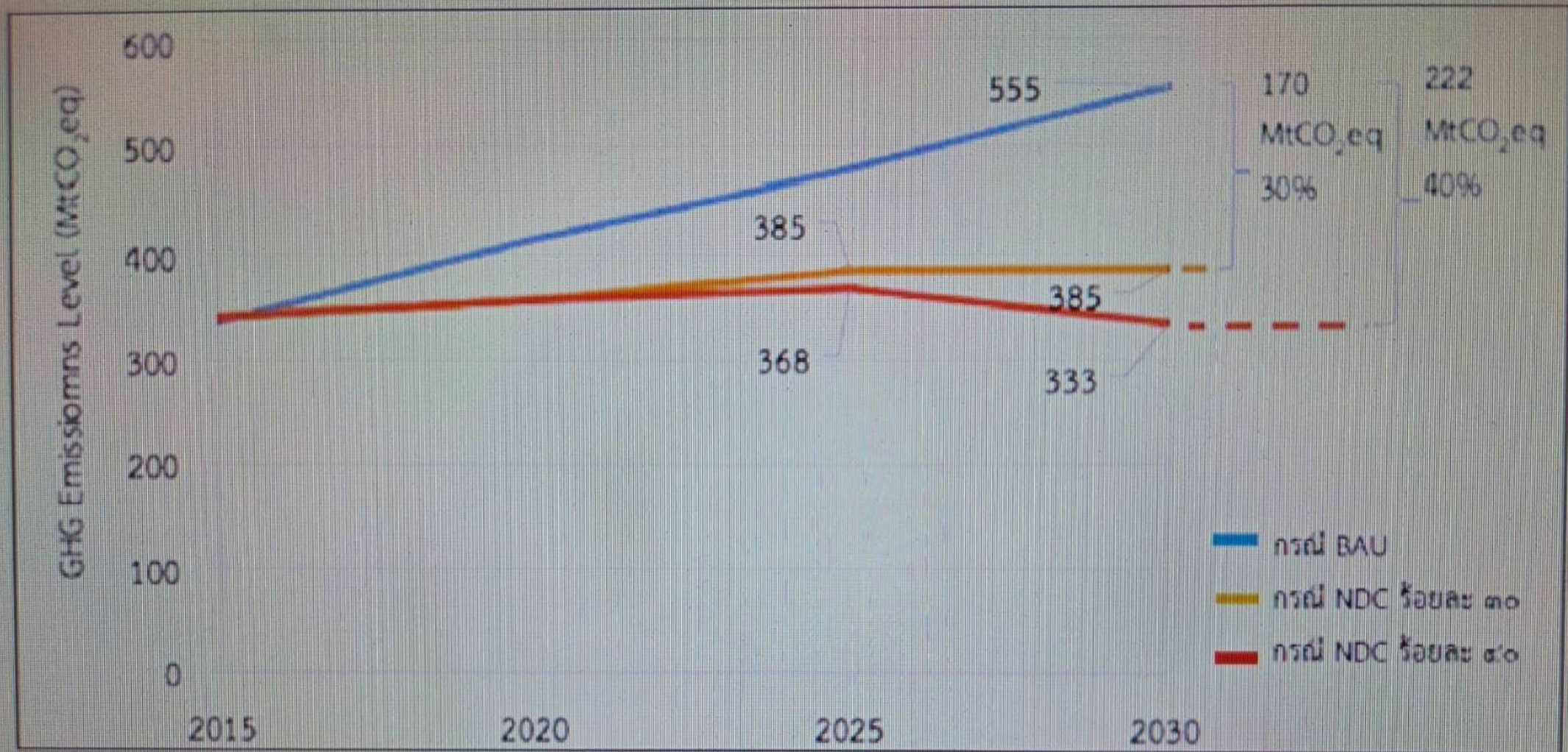
Greenhouse Gases

1. Carbon dioxide (CO_2) ----- GWP 100 ปี = 1
2. Methane (CH_4) ----- GWP = 28
3. Nitrous Oxide (N_2O) ----- GWP = 273
4. Hydrofluorocarbons (HFCs) ----- GWP = 12,000 - 12,400
5. Perfluorocarbons (PFCs) ----- GWP = 6,630 - 11,100
6. Sulfur Hexafluoride (SF_6) ----- GWP = 22,800 - 25,200
7. Nitrogen Trifluoride (NF_3) ----- GWP = 17,400

ไฟฟ้า 1 หน่วย
เทียบเท่า
ก๊าซเรือนกระจก
0.4 - 0.5 กก. CO₂



ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (MtCO ₂ eq))							
สาขา	พ.ศ.	๒๕๔๘	๒๕๕๓	๒๕๕๘	๒๕๖๓	๒๕๖๘	๒๕๗๓
ภาคพลังงาน		๒๐๐.๓๙๒	๒๒๐.๘๕๖	๒๔๐.๓๓๒	๓๐๘.๕๘๗	๓๖๒.๑๐๗	๔๒๕.๖๔๙
ภาคของเสีย		๑๒.๘๗๘	๑๓.๐๑๑	๑๔.๔๘๙	๑๖.๑๓๕	๑๗.๙๖๘	๒๐.๐๑๐
ภาค IPPU		๑๙.๕๖๕	๒๑.๔๐๘	๒๓.๗๓๗	๒๖.๓๐๔	๒๙.๑๔๘	๓๒.๓๖๐
ภาคเกษตรกรรม		๔๖.๒๙๔	๕๒.๓๑๖	๕๗.๕๕๔	๖๓.๓๑๖	๖๙.๖๕๖	๗๖.๖๓๐
รวม		๒๗๙.๑๒๙	๓๐๗.๕๙๑	๓๓๖.๑๑๒	๔๑๔.๓๔๒	๔๗๘.๘๗๙	๕๕๔.๖๔๙



รูปที่ ๔-๑๑ ระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติ และกรณีที่มีการดำเนินการตาม NDC ของประเทศไทย

**NDC action plan
for mitigation
2021 - 2030
(MSW sector)**

Waste management methods	Mitigation target (MtCO ₂ e)
	total target 5.11
1. LFG (Flaring, electricity generation and others)	1.86
2. Thermal process (Incineration)	2.13
3. Semi-aerobic landfill	0.00
4. Composting	0.44
5. Anaerobic digestion (AD)	0.01
6. MBT	0.67



ขอขอบคุณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกศักดิ์ เอี่ยมโอภาส

International Consultant

E-mail : smathi.eam@gmail.com

Mobile : +66 81 648 0544